

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

*На правах рукописи*



**Солодушенкова Татьяна Сергеевна**

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

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой  
промышленности

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Научный руководитель**  
д-р техн. наук, доцент  
Н.Л. Корнилова

Иваново – 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1 ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ.....	14
1.1 Обобщение и анализ сведений о структуре льняного волокна и причинах его повышенной жесткости.....	14
1.2 Характеристика методов преодоления природной жесткости льняного волокна..	18
1.3 Характеристика метода биохимического мягчения льняных материалов.....	21
1.4 Анализ методов проектирования формы одежды с учетом свойств материалов.....	24
1.5. Характеристика комбинированных технологий швейного производства.....	27
ГЛАВА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗОН ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	33
2.1 Характеристика методики нормирования жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы.....	33
2.2 Анализ значений показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента.....	37
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТНОГО СПОСОБА МЯГЧЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ.....	44
3.1 Разработка рецептур ферментной композиции для жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов.....	44
3.2 Разработка лабораторных технологических режимов жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов.....	49
3.3 Изучение влияния жидкостного способа мягчения на упруго- деформационные и технологические свойства льняных тканей.....	53

3.4 Исследование влияния жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов на жесткость швов.....	60
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА МАЛОМОДУЛЬНОГО СПОСОБА МЯГЧЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ.....	73
4.1 Разработка рецептур ферментной композиции для маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов.....	73
4.2 Разработка лабораторных технологических режимов маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов.....	76
4.3 Изучение влияния режимов маломодульного мягчения льняных полуфабрикатов и на упруго-деформационные и технологические свойства льняных тканей.....	82
4.4 Исследование влияния маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов на жесткость швов.....	89
ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗОНАЛЬНОГО МЯГЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА, СОВМЕЩЕННОЙ С ПРОЦЕССОМ ПОШИВА.....	98
5.1 Обоснование принципов зонального регулирования жесткости швейных изделий из льна путем мягчения отдельных деталей и узлов.....	98
5.2 Разработка технологии изготовления изделий из льняных материалов, совмещенной с процессами жидкостного зонального мягчения.....	109
5.3 Разработка технологии изготовления изделий из льняных материалов, совмещенной с процессами маломодульного зонального мягчения.....	121
5.4 Практическая апробация технологии в условиях ООО «ЛидерТекс».....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	133
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	136
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методика и результаты определения оптимальных значений показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Оценка эффективности применения жидкостного способа мягчения ткани.....	156

ПРИЛОЖЕНИЕ В Оценка эффективности применения маломодульного способа мягчения ткани.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Трудоемкость изготовления изделия с учетом введенных операций мягчения.....	200
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Образцы отшитых моделей.....	209
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Пошивочные свойства исходных и обработанных льняных материалов.....	218
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Техничко-экономические показатели.....	222

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

Гц – содержание гемицеллюлозных соединений

Л – содержание лигнина

П – содержание пектиновых веществ

ЦСД – целлюлозосвязывающий домен молекулы фермента

КД – каталитический домен молекулы фермента

*EI* – показатель жесткости ткани

р. – рубли

ФС – формовочная способность

Н – несминаемость

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире большое внимание уделяется вопросам сокращения антропогенного влияния и бережного отношения к окружающей среде. Используемая человеком продукция должна оказывать как можно меньшую нагрузку на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла: при ее производстве, транспортировке, использовании и утилизации. С этой точки зрения, лён имеет значительное преимущество перед другими распространенными видами тканей, так как льняная одежда является биоразлагаемой.

Сегодня к льняной ткани, символизирующей естественность и экологичность, возвращается популярность, в том числе благодаря ориентированности на экологию и заботе о натуральности. Льняное волокно ценится из-за своих качеств [1]. И, несмотря на такие недостатки, как жесткость, сминаемость, усадка, сложность обработки, лен по-прежнему остается очень востребованным материалом. В последнее время льняная ткань широко применяется в концепции «устойчивой моды» и используется в производстве эко-одежды. Дизайнеры используют льняные материалы в своих коллекциях. Поддержка развития отечественной льняной промышленности происходит на государственном уровне [2].

Проблема изготовления льняной одежды связана с природной жесткостью льняного волокна. 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 [3]. На рынке представлен ассортимент умягченных льняных тканей с применением силиконовых препаратов и энзимной обработки [4], которые характеризуются высокой деформируемостью материала, ухудшающей раскрой деталей.

Известна технология энзимной обработки готовых швейных изделий, осуществляемая в стиральной машине [5, 6]. Основной ее недостаток - усадка материала до 15 % и появляющийся эффект помятости [7].

**Актуальность работы.** Традиционные технологии изготовления швейных изделий из отечественных льняных материалов не обеспечивают возможности изготовления широкого модельного ряда из-за природной жесткости льняного сырья и повышенной деформируемости тканей, подвергнутых умягчающей обработке. Для решения проблемы расширения ассортимента и повышения потребительских свойств швейных изделий из льна необходима разработка технологии, обеспечивающей изготовление моделей различных объемно-силуэтных форм.

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 жидкостного и маломодульного мягчения в процесс пошива позволит обеспечить зональное регулирование жесткости полуфабриката. Благодаря варьированию режимов мягчения можно 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, уделено большое внимание российских и зарубежных ученых. Изучению свойств льняных тканей, структуры лубоволокнистых растений и её изменению в процессе переработки направлены работы Артемовой А. В., Михеевой О. А. [1], Ординой Н. А. [8], Алеевой С. В., Кокшарова С. А. [9 – 14], Смирновой Н. А. [15], Койтовой Ж. Ю. [16], Рыклина Д. Б. [17] и др. Решение проблемы умягчения тканей рассматриваются в работах Ленко К. А., Ясинской Н. Н., Скобовой Н. В. [18], Головиной Л. А. [19], Барышевой Н. В. [20].

Разработка биохимических способов подготовки льняных текстильных материалов рассмотрена в ряде работ Алеевой С. В., Кокшарова С. А. [21 – 23], Чешковой А. В. [24], Кричевского Г. Е. [25, 26], Садова С. Ф. [27].

Проектирование формы одежды с учетом закономерностей тектоники представлено в работах Гусевой М. А. [28], Пашкевич К. Л. [29], Чагиной Л. Л., Замышляевой В. В. [30], Арбузовой А. А., Радченко О. В. [31].

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. [32 – 35], Веселова В. В. [36 – 38], Хамматовой В. В. [39 – 42].

Однако до настоящего времени проблема изготовления широкого модельного ряда изделий из льняных материалов остается нерешенной. Актуальна разработка технологии зонального мягчения полуфабрикатов непосредственно в швейном производстве с использованием специализированных биопрепаратов, свойства которых обеспечивали бы целенаправленное воздействие на многокомпонентную систему льняного волокна для уменьшения жесткости ткани в сочетании с улучшением других технологических и потребительских свойств материала.

**Цель работы.** Целью работы является преодоление природной жесткости волокна для расширения ассортимента швейных изделий из 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 технологические и технические 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.

**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 статистических методов обработки результатов исследований. Экспериментальные исследования выполнены на традиционных приборах.

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) [43], определение разрывных характеристик льняных материалов при одноосном растяжении (ГОСТ 3813-72) [44], несминаемости (ГОСТ 19204-73) [45], стойкости к истиранию по плоскости (ГОСТ 15967-70 [46] и ГОСТ 18976-73 [47]), изменения размеров после мокрой обработки (ГОСТ 30157.0-95 [48], ГОСТ 30157.1-95 [49]), а также формовочной способности текстильного материала (патент RU №2343477 [50]).

**Научная новизна.** 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 из 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.

**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 и публикации.** Результаты работы докладывалась на:

- национальной молодежной научно-технической конференции «ПОИСК», в 2021, 2022, 2023 годах, ФГБОУ ВО ИВГПУ, г. Иваново;
- научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 30 апреля 2021 г., ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа;
- XXIV Международном научно-практическом форуме «SMARTEX», в 2021, 2024 годах, г. Иваново;
- международной научно-практической конференции «Традиции и инновационные процессы в индустрии моды», 3 декабря 2021 г., ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа.

По результатам работы опубликованы 6 статей в сборниках материалах конференций и 8 статей в журналах из перечня ВАК и Scopus:

- 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.

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, Н. Л. Корнилова, Е. Н. Никифорова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2022. — № 6 (402). — С. 98-105.

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.

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.

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 [Text] / O. V. Radchenko, N. L. Kornilova, T. S. Solodushenkova, E. A. Sholokhova, A. A. Bikbulatova // AIP Conference Proceedings. Ser. «International Conference on Textile and Apparel Innovation, ICTAI 2021. — 2022.— С. 090004.

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.

7) Солодушенкова, Т. С. Влияние последовательности операций стачивания деталей и биообработки полуфабрикатов на жесткость льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В.

Радченко, Е. В. Зобнина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2024. — № 1 (409). — С. 138-145.

8) Солодушенкова, Т. С. Эффективность комбинированных механоферментативных обработок при градиентном мягчении деталей льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, Е. В. Зобнина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2024. — № 2 (410). — С. 86-94.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, включает 45 рисунков, 54 таблицы. Список использованной литературы содержит 116 наименований библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 74 страницах.

# 1. ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ

## 1.1. Обобщение и анализ сведений о структуре льняного волокна и причинах его повышенной жесткости

Техническое льняное волокно, обрабатываемое на текстильных предприятиях, представляет собой разделенные и параллелизованные при прочёсе лубяные пучки (комплексы), которые состоят из соединенных клеящим веществом растительных клеток, называемых элементарными волокнами. Длина таких пучков в среднем составляет 500...750 мм, а поперечный размер достигает 300 мкм. Каждый пучок содержит 10...30 элементарных волокон, продольный и поперечный размер которых составляет соответственно 10...26 мм и 12...30 мкм. Льняные комплексы имеют неоднородное строение, неравномерную толщину, а также характеризуются различной плотностью прилегания растительных клеток.

В соответствии с [9-14] элементарные волокна имеют граненую поверхность и могут очень плотно прилегать друг к другу в лубяном пучке, толщина разделяющих их срединных пластинок не превышает 100 нм. В льняном комплексе встречаются участки, заполненные межклетными образованиями, поперечный размер которых составляет 1...15 мкм (рис. 1а), а также примесные образования, называемые инкрустами (рисунок 1б).

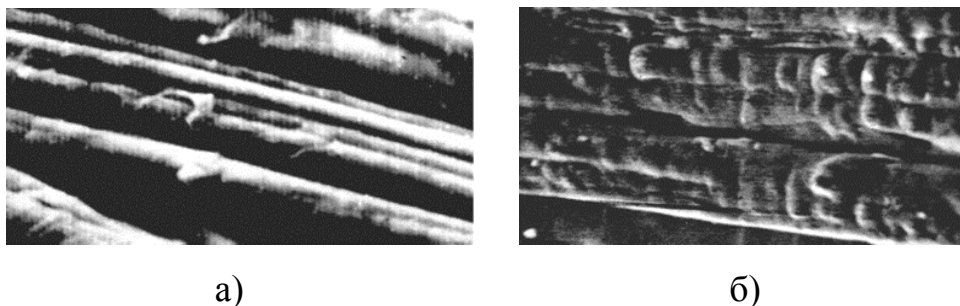


Рисунок 1 – Электронно-микроскопические снимки внутренней (а) и внешней (б) поверхности раздробленного лубяного пучка (СЭМ-600)

Показатель содержания инкрустов является одним из основных параметров при оценке качества чесаного льна в соответствии с ГОСТ Р 53549-2009 [51], его значение варьируется в пределах от 2 до 4,5 %.

Остатки покровных тканей располагаются на поверхности лубяного пучка как сплошным слоем (рисунок 2а), так и дискретными образованиями (рисунок 2б), скрепляющими периферийные группы элементарных волокон [52].

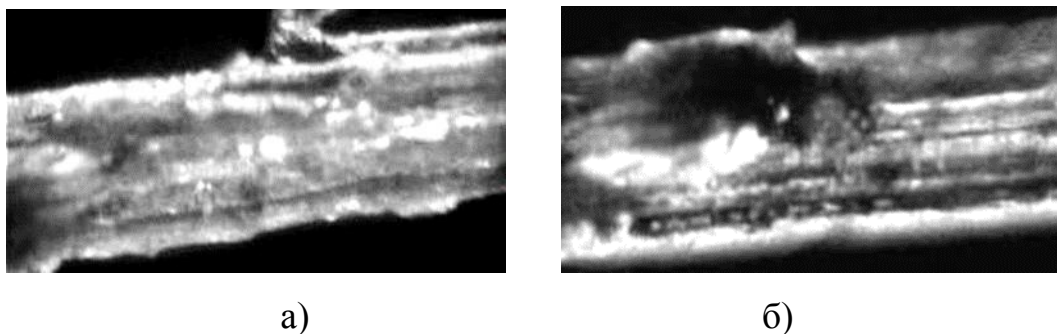


Рисунок 2 – Отложения инкрустов на поверхности лубяного пучка

На рисунке 3 отображено современное представление о химико-морфологическом строении комплексного льняного волокна.

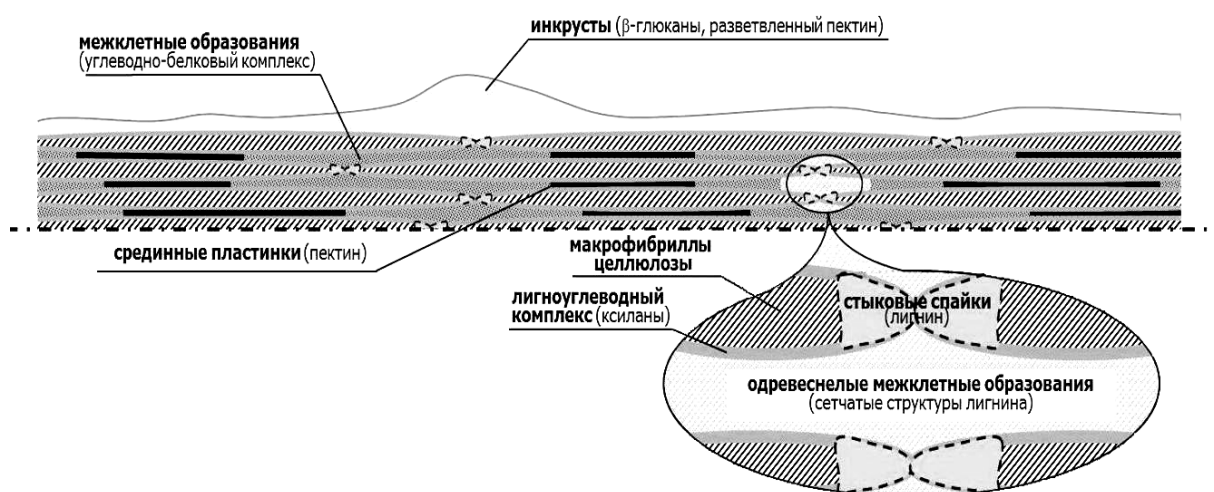


Рисунок 3 – Схема химико-морфологического строения комплексного льняного волокна

Главными полимерными компонентами участков инкрустов считаются гемицеллюлозы и пектиновые вещества [52-56], а также лигнин, расположение

которого представлено в выноске на рисунке 3. Лигнин образуется в углах клеток элементарных волокон, обеспечивая их продольное сцепление, а затем разрастается вглубь клеточной стенки и в межклетные образования [52, 57, 58]. Спайки обеспечивают деформационную способность стыковых креплений, предотвращающую их разрушение в процессах кручения пряжи [52]. В зонах межклетных образований формируются локальные области, называемые лигнинсодержащими одревеснениями [59-61], которые значительно ухудшают прядильную способность волокна, повышают неровноту и обрывность пряжи [8], а также ее жесткость.

Авторами [52] предложена градация связующих веществ в волокнистой составе лубяных пучков, представленная на рисунке 4.



Рисунок 4 – Структурные составляющие комплексного льняного волокна



Схема многослойного строения элементарного льняного волокна в соответствии с [62-67] представлена на рисунке 5. Первичная клеточная стенка волокна (PW) формируется на начальной стадии увеличения длины клеток элементарного волокна, в конце которой клетка достигает в диаметре не более 5 мкм. Слои вторичной клеточной стенки S1, S2 и Gn формируются на последующей стадии утолщения клеточной стенки до поперечных размеров, достигающих 37 мкм. Под действием увеличивающегося внутреннего давления возникает вытягивание аморфных областей и нарастание внутренних напряжений в целлюлозных фибриллах стенки PW. Это вызывает превращение первичной клеточной стенки в напряженный жесткий корсет, который способствует повышению устойчивости стебля к деформирующим нагрузкам, но, вместе с тем, предопределяет и низкие деформационные свойства льняных волокон в перерабатываемых текстильных материалах.

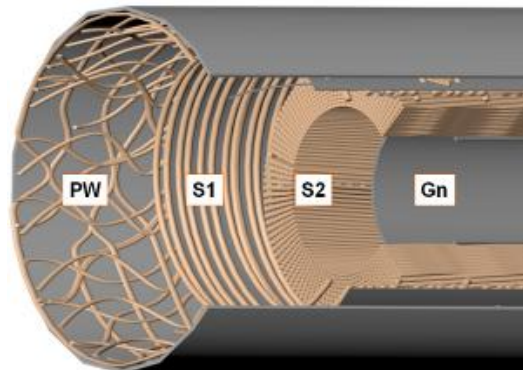


Рисунок 5 – Схема многослойного строения льняного волокна и расположения microfibrill целлюлозы в первичной клеточной стенке (PW) и в слоях вторичной клеточной стенки (S1, S2 и Gn)

Таким образом, в процессе мягчения необходимо разрушать лигниновые одревеснения и инкрусты, но при этом следует избегать разрушения лигнина в зонах стыковых спаек, а также в клеточных стенках элементарного волокна.

## 1.2. Характеристика методов преодоления природной жесткости льняного волокна

Изучению свойств льняных тканей, прежде всего жесткости, уделено большое внимание российских и зарубежных ученых [1, 6, 8-24]. Это объясняется большой значимостью вопросов для совершенствования технологического процесса образования ткани, рационального использования свойств сырья.

Для умягчения льняных тканей используют следующие методы (рисунок 6):



Рисунок 6 – Методы мягчения льняной ткани

Применение мягчителей является известным и широко применяемым методом для повышения устойчивости к смятию целлюлозных текстильных материалов и изделий. Используют следующие виды мягчителей (рисунок 7):

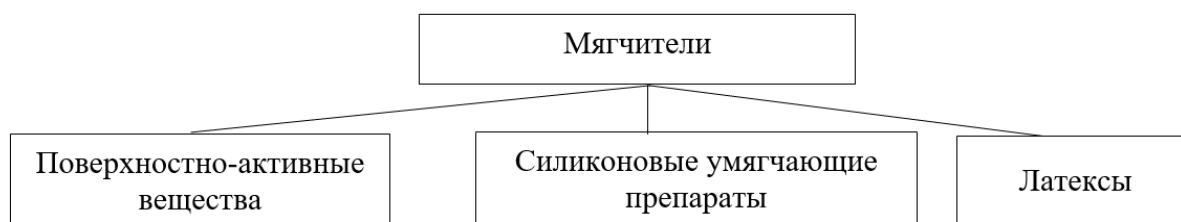


Рисунок 7 – Применяемые смягчители

В целях уменьшения жесткости льняного волокна используют поверхностно-активные вещества (ПАВ) различной природы.

Так, способ облегчения удаления морщин с ткани [67] основан на ее обработке водно-спиртовым раствором, содержащим глицерин и неионное поверхностно-активное вещество; способ упрощения ухода за изделием [68] заключается в уменьшении морщин после высыхания за счет использования композиции на основе полиолов. Известно использование для ухода за хлопчатобумажными и льняными тканями композиций, содержащих анионный полигалактоманнан [69], или полисахаридов с 1,3- $\beta$ -гликозидными связями, имеющих специфическую шаровидную структуру [70, 71].

Недостатком использования ПАВ для смягчения льняных материалов является их вымывание в процессе стирки.

Популярным способом является применение силиконовых умягчающих препаратов [72-76]. Недостатки использования силиконовых препаратов - низкая устойчивость обработки к стирке изделия, ухудшение гидрофильности материала и повышение его электризуемости.

В [77] описано применение неионных полимерных латексов для увеличения несминаемости тканей и изделий из них. Недостатком данного способа является ухудшение влагопоглощения материалов, что нежелательно для одежды, контактирующей с телом человека. Меньший эффект наблюдается при обработке льняного полотна композициями наночастиц полимерного латекса с размером частиц от 10 до 500 нм, предпочтительно от 20 до 50 нм [78].

Таким образом, для всех типов химических смягчителей характерны недостатки, связанные с вымыванием реагентов из материала при последующих стирках и ухудшением водопоглощающих свойств.

Интенсивные механические воздействия, в частности, с применением способа «stone wash» (стирка с камнями), так же способствуют умягчению льняного материала [79].

Наиболее приемлемыми для достижения поставленных в работе целей являются способы смягчения льняных тканей с применением ферментативных препаратов. На данный момент имеются сведения о положительном влиянии различных видов ферментов на структуру льняного волокна.

Комплексному исследованию изменения структуры, жесткости и прочностных свойств льняных материалов под действием ферментативных препаратов целлюлазного действия посвящена работа [19]. В ней показано, что биомодификация позволяет добиться снижения жесткости тканей, но при этом происходит снижение прочности на разрыв и истирание. При этом установлено, что композиция на основе препарата Cellusoft APL (ф. Novozymes, Дания) оказывает более мягкое воздействие, а нежелательное снижение прочности прослеживается наиболее заметно при обработке отечественными препаратами Целловиридин Г2х и Целловиридин Г20х. Это может быть обусловлено сложным многокомпонентным составом полиферментной композиции отечественных препаратов, что показано в работе Барышевой Н. В. [20].

В работе [17] проведена оценка влияния целлюлазных препаратов Энзитекс (компания ООО «Фермент», Беларусь) и Vactosol (фирма «Archroma Management GmbH», Швейцария) на уменьшение жесткости льняных тканей и увеличение драпируемости. Исследования показали, что показатель драпируемости льняной ткани увеличивается при снижении жесткости.

В работе [11] показана возможность ворсования льняных тканей, подвергнутых ферментативной обработке. Подобраны режимы воздействия, обеспечивающие проникновение ферментов в клеточную стенку элементарных волокон только на ограниченных участках, выступающих на опорную

поверхность тканого полотна. Это позволяет локально разрушить лигноуглеводные комплексы и обеспечить высвобождение только малой части элементарных волокон при воздействии игловорсового оборудования.

Известен ферментативный способ заключительной умягчающей отделки льняных тканей с использованием композиции карбогидраз [80]. Способ позволяет снизить величину показателя жесткости ткани на изгиб в 3,5-5 раз одновременно с повышением прочности материала. При этом обработка умягченных тканей в швейном производстве затруднена из-за высокой подвижности нитей и повышенной деформируемости ткани.

Поэтому в швейном производстве целесообразно осуществлять раскрой исходной ткани, а мягчение совместить с процессами пошива.

### **1.3. Характеристика метода биохимического мягчения льняных материалов**

Известны способы ферментативного мягчения готовых швейных изделий из льняных тканей [81, 82] путем стирки в бытовых или промышленных стиральных машинах. Недостатком их является усадка материала до 15 %, деформация материала в швах, что приводит к потере формы. При проведении энзимной стирки на промышленных стиральных агрегатах появляется трудно устранимый «креш»-эффект – эффект помятости.

Данный способ предполагает обработку изделия в большом объеме раствора биопрепарата, обеспечивающем набухание льняного волокна, поэтому его можно определить, как жидкостной способ ферментативного мягчения.

Известно несколько вариантов жидкостного способа обработки:

- капиллярное впитывание при погружении без циркуляции жидкости и без механических воздействий на материал;
- пропитка под давлением;
- циркуляция раствора, в т.ч. реверсивная;
- механическое перемешивание раствора с механическим воздействием на материал жесткими элементами - *stone wash*.

Выбор способа обработки определяет глубину и интенсивность происходящего воздействия на льняное волокно.

В работе [11] приведены сведения о маломодульном способе ферментативного мягчения – это способ (технология) обработки деталей изделия малым объемом раствора биопрепарата, обеспечивающий заполнение межнитяных и межволоконных пространств ткани без набухания льняного волокна. Для реализации данного вида обработки используют методы поверхностного нанесения ферментной композиции, например, текстильной печати.

Биохимические процессы мягчения льняных материалов – это относительно новое направление использования ферментативного катализа. В связи с этим биохимической промышленностью в настоящее время не выпускается специальный ассортимент биопрепаратов, свойства которых обеспечивали бы целенаправленное воздействие на многокомпонентную биополимерную систему льняного волокна для уменьшения жесткости ткани в сочетании с улучшением других технологических и потребительских свойств материала. С учетом возможностей селективного действия ферментов на определенные виды полимеров необходимо определить компоненты льняного волокна, которые подлежат биокатализируемому расщеплению, либо улучшают упруго-деформационные свойства ткани и должны быть сохранены. Определение критериев подбора состава и свойств полиферментных систем позволит разработать новую технологию мягчения с применением биопрепаратов.

Задачи умягчающей обработки связаны с нарушением целостности сетчатой структуры целлюлозных микрофибрилл в периферийном слое РW. Это определяет требования к ферментной композиции: они должны обеспечить локализованное воздействие биокатализаторов в слое РW клеточной стенки льняного волокна без проникновения в слои вторичной клеточной стенки. [84, 85].

Для обеспечения возможности изготовления широкого ассортимента изделий из чистольняных тканей необходима разработка технологии зонального

умягчения полуфабриката, обеспечивающей целенаправленное управление жесткостью изделия на различных участках.

Эффект зонального мягчения при использовании жидкостной технологии ферментативной обработки может достигаться посредством варьирования условий массопереноса, а также изменения последовательности операций заготовки полуфабриката и биомодификации отдельных деталей.

Эффект зонального мягчения при использовании маломодульной технологии ферментативной обработки может достигаться посредством избирательного нанесения раствора биокатализатора на определенные зоны деталей кроя или узлов изделия и при необходимости дополнительной операции поверхностного ворсования. Маломодульный способ биомодификации можно реализовать с применением различных приемов, в частности, пенной или аэрозольной технологии и др.

В комплексе технологических операций может быть использован прием ворсовального умягчения – вспомогательная операция повышения мягкости ткани и/или швов при помощи механических щеток для получения бархатистой поверхности.

Комплекс оригинальных технических решений позволит реализовать два технологических направления:

- технология зонального мягчения с жидкостной биомодификацией;
- технология зонального мягчения с маломодульной биомодификацией.

## 1.4. Анализ методов проектирования формы одежды с учетом свойств материалов

Одной из основополагающих задач, решаемых в процессе производства швейных изделий, является создание стабильных объемных форм с минимальными затратами.

В конструировании одежды используют следующие основные способы формообразования (рисунок 8):

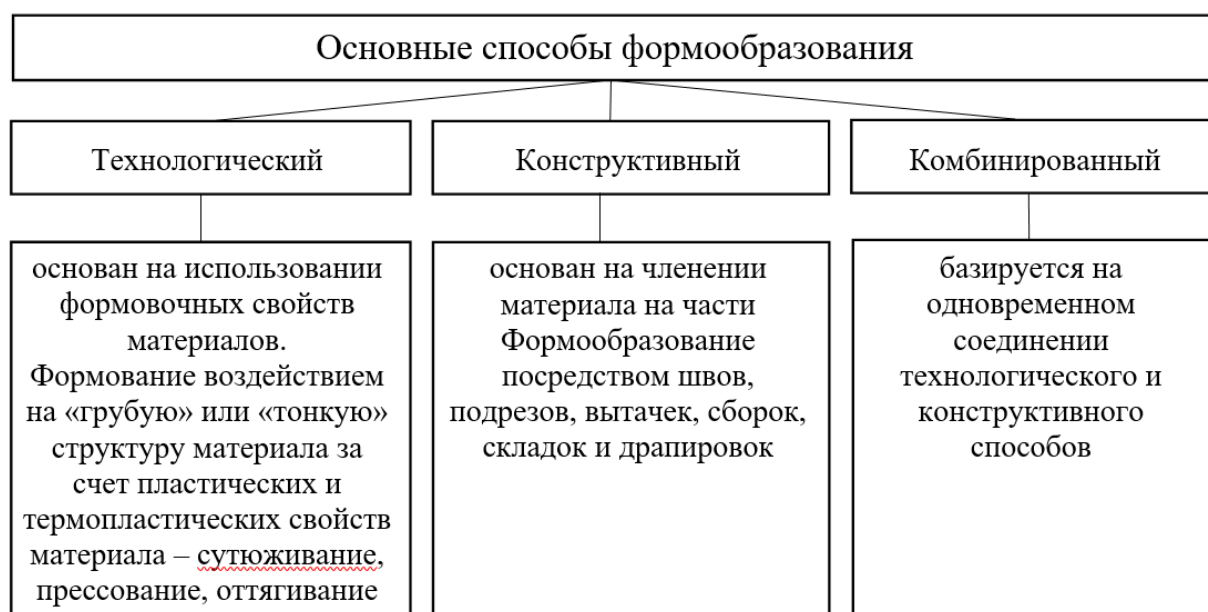


Рисунок 8 – Основные способы формообразования

Недостатком технологического способа формообразования является сложность применения при проектировании одежды сложных форм, что ограничивает область его применения.

Конструктивный способ формообразования универсален и применим для различных материалов. Его реализация не требует сложного специального оборудования. Характер членения одежды на составные части определяется сложностью поверхности одежды и тела человека, практиками конструирования, особенностями конкретной модели и требованиями художественной выразительности.



При проектировании одежды преобладает комбинированный способ формообразования, сочетающий технологические и конструктивные способы. Такое формообразование обеспечивает высокую точность изготовления швейных изделий.

Следует отметить, что тот или иной способ формообразования нужно выбирать с учетом характеристик ткани, требований моды и условий эксплуатации, технологии и рациональной организации производства, а также особенностей телосложения заказчика [28, 29, 86-88].

Возможность получения той или иной пространственной формы одежды зависит от формовочных способностей исходных материалов [89]. Для оценки этого используются следующие показатели: изменение сетевого угла, драпируемость, растяжимость, жесткость, упругость [89]. Арбузовой А. А. предложен показатель «формовочная способность» (ФС), характеризующий относительный размер области повторения материалом (пакетом) объемной поверхности при определенном способе формообразования [89].

Устойчивость формы швейного изделия в процессе эксплуатации зависит от способа закрепления объемной формы, которое может быть осуществлено следующими способами (рисунок 9) [89].



Рисунок 9 – Способы закрепления формы

В соответствии с видами воздействий выделяют следующие способы формозакрепления: фиксирование формы соединениями и прокладками, термическое фиксирование с использованием тепла, влаги и химических средств [89]. Для более

устойчивого закрепления формы используют несколько слоев прокладок, выкроенных под разными углами к нити основы.

Оценку формоустойчивости проводят с использованием деталей узлов и готовых швейных изделий.

Жесткость является ключевой характеристикой, используемой для оценки возможности переработки текстильных материалов, так как определяет поведение материала и изделий при дальнейшей обработке и эксплуатации.

Как показано в [90-94], все многообразие моделей одежды в соответствии с жесткостью объемной формы и степенью ее прилегания к фигуре в различных точках может быть подразделено на мягко-пластичные, мягко-фиксированные и жестко-фиксированные (каркасные) формы (рисунок 10):

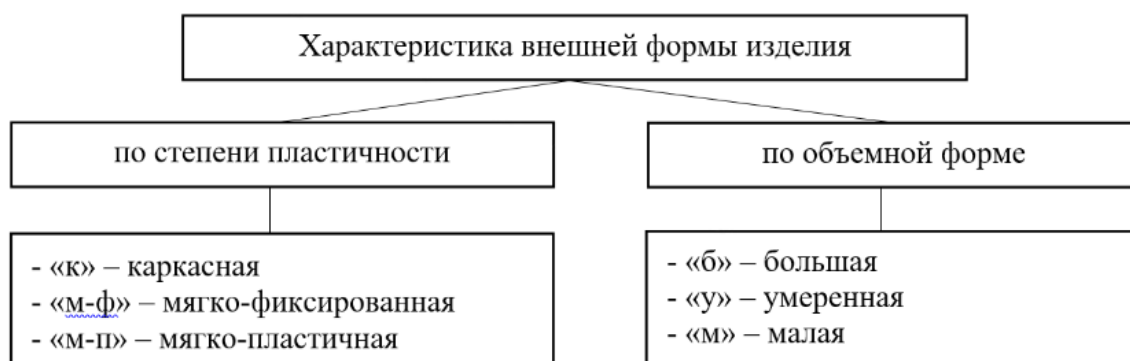


Рисунок 10 – Характеристика внешней формы изделия

Сочетание указанных критериев дает в результате девять вариантов объемно-силуэтного решения швейных изделий.

Для мягко-пластичных форм преимущественно используют мягкие материалы, хорошо повторяющие форму фигуры и образующие мягкие струящиеся складки в области свободного падения или драпировки.

Каркасные формы изделий изготавливают из жестких материалов для придания изделию формы, отличной от формы фигуры, и обеспечения устойчивости в предполагаемых условиях эксплуатации одежды.

Жесткость материалов влияет на выбор силуэтной формы изделия и отдельных его деталей. Для большинства изделий костюмного и платьево-

блузочного ассортимента характерно сочетание различных требований к жесткости материала на отдельных участках: на опорной поверхности изделие должно иметь более жесткую форму, чем в области свободного падения [90-94].

Таким образом, жесткость является свойством, определяющим создаваемую форму изделия, при этом четкие рекомендации по выбору материалов для определенных объемно-силуэтных форм в литературе отсутствуют. Кроме того, необходимо отметить, что жесткость является свойством, ограниченным с двух сторон на шкале желательности: излишняя жесткость так же не позволит получить требуемую объемную форму, как и недостаточная. В связи с этим, чтобы обоснованно провести выбор материалов, для создания необходимой объемно-пространственной формы нужны соответствующие исследования.

### **1.5. Характеристика комбинированных технологий швейного производства**

Решение проблемы проектирования конструктивно-технологических решений, обеспечивающих создание требуемой объемно-силуэтной формы изделий из льняных материалов возможно путем разработки новых технологий швейного производства, основанных на использовании достижений в области придания текстильным материалам определенных физико-механических свойств методами биохимического мягчения, и адаптации их к особенностям процессов швейного производства.

Так, например, Хамматовой В.В. предложен метод повышения прочности клеевых соединений путем введения в технологический процесс швейного производства операций воздействия на термоклеевой прокладочный материал потока плазмы пониженного давления. [42].

На кафедре «Технология швейных изделий» Ивановской государственной текстильной академии были разработаны комбинированные технологии с элементами физико-химических процессов, построенные на новых принципах организации производства и направленные на повышение функциональных или

декоративных потребительских свойств швейных изделий [95]. Технологии показали хорошие результаты, открыв новое направление совершенствования швейных технологий – химизацию технологических процессов швейного производства [96]. «Химические технологии швейного производства» в настоящее время называют в узком смысле технологии, основанные на применении химических веществ и материалов, не используемых ранее в швейной промышленности, а в широком смысле непосредственное перенесение физико-химических воздействий из других производств в процессы изготовления одежды и разработка на их базе новых швейных технологий [97]

Цель комбинированных технологий швейного производства – использование новых нетрадиционных физико-химических подходов для повышения эффективности процессов производства швейных изделий за счет снижения трудоемкости их изготовления, повышения производительности труда, расширения ассортимента продукции, повышения ее качества и надежности.

В [95] описаны алгоритмы группирования деталей по технологическим процессам, представленные графами-структурами. Новые операции по изменению физико-механических свойств ткани должны быть гармонично встроены в технологический процесс швейного предприятия с учетом особенностей его структуры и функционирования и отвечать ряду общих требований [97]. В таблице 1 представлены основные группы требований с учетом проектируемой совмещенной технологии пошива и биохимического мягчения.

Таблица 1 – Общие требования к химическим материалам и веществам, физическим воздействиям в швейном производстве

Группа требований	Содержание требования
1	2
Эстетические	- отсутствие отрицательного влияния на внешний вид материалов и швейных изделий - получение требуемой объемно-силуэтной формы - сохранение достигнутого эффекта в процессе эксплуатации
Технологические	- высокая функциональность - универсальность действия - отсутствие необходимости предварительной подготовки, простота хранения, переработки, транспортировки

## Окончание таблицы 1

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сохранение функциональных свойств при длительном хранении</li> <li>- мягкие технологические режимы</li> <li>- минимальное количество технологических переходов при применении</li> <li>- устойчивость к технологическим воздействиям на других операциях</li> <li>- отсутствие агрессивного воздействия на оборудование, инструменты и приспособления</li> </ul>
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> <li>- невысокая себестоимость</li> <li>- доступность и не дефицитность</li> <li>- незначительное расходование</li> <li>- отсутствие специальных условий подготовки,</li> <li>- безотходность при использовании</li> </ul>
Экологические	<ul style="list-style-type: none"> <li>- пожаробезопасность</li> <li>- отсутствие неблагоприятного воздействия на здоровье человека и окружающую среду</li> <li>- отсутствие запаха</li> <li>- непривлекательность для насекомых, грызунов и т.п.</li> </ul>
Эксплуатационные	<ul style="list-style-type: none"> <li>- устойчивость к различного вида воздействиям, агрессивным средам, высоким и низким температурам</li> </ul>

С целью эффективного применения химических веществ и материалов в швейном производстве Метелевой О.В. разработана методика проектирования концентрированных операций [97], способствующих разработке новых комбинированных технологий, представленная на рисунке 11.

Концентрированная операция – это вновь спроектированная операция, в которой для повышения эффективности производства объединены параллельно, последовательно или одновременно две, или более технологически неделимых операции за счет создания специальных технических средств [97].



Рисунок 11 – Структура концентрированной операции с элементами физико-химического воздействия

При проектировании комбинированных технологий швейного производства изготовления льняных изделий наиболее приемлемо вводить дополнительные операции физико-химического воздействия с проектированием параллельных и одновременных методов обработки.

Применение комбинированных технологий швейного производства позволяет регулировать свойства (жесткость, драпируемость и т.д.) отдельных деталей и узлов швейного изделия, что позволяет технологическими средствами управлять его формой.

### **Выводы по главе**

1. Чистое льняное волокно обладает повышенной жесткостью, что ограничивает модельный ряд проектируемых изделий. 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.

2. Известно большое число методов мягчения. Химические методы мало эффективны по причине легкости вымывания препаратов из волокнистого материала и потребности в повторном нанесении после стирки, ухудшения гидрофильности материала и повышения его электризуемости. Механические приводят к существенному снижению прочности на разрыв и истирание. Наиболее рациональным является ферментативный способ заключительной умягчающей отделки льняных тканей. Недостатком ферментативного метода является повышение гладкости волокнистого материала, что приводит к смещению полотен в настиле и ухудшению точности раскроя деталей одежды, а также повышенная усадка. Поэтому в дальнейшей работе предложено разработать совмещенную технологию, при которой можно осуществлять раскрой исходной ткани, а мягчение выполнять не всего изделия, а полуфабриката.

3. Биохимической промышленностью в настоящее время не выпускается специальный ассортимент биопрепаратов, свойства которых обеспечивали бы целенаправленное воздействие на многокомпонентную систему льняного волокна для уменьшения жесткости ткани в сочетании с улучшением других технологических и потребительских свойств материала. Поэтому необходимо осуществить подбор ферментных композиций, способных обеспечить снижение жесткости материала при сохранении его прочности.

4. Применение комбинированных технологий швейного производства позволяет регулировать свойства отдельных деталей и узлов швейного изделия, что позволяет технологическими свойствами управлять его формой. Целесообразно совмещение процессов биохимического мягчения с процессами пошива в условиях швейных цехов малых предприятий при условии соблюдения требований к использованию химических композиций и разработки рациональных методов группирования деталей по технологическим процессам, обеспечивающих повышение качества изделий и эффективности их производства.

5. Для обеспечения возможности изготовления широкого ассортимента изделий из чистольняных тканей необходима разработка технологии зонального умягчения полуфабриката, обеспечивающей целенаправленное управление жесткостью изделия на различных участках. Реализация методов зонального мягчения при использовании ферментативной обработки возможна жидкостным и маломодульным способами.

6. Для разработки эффективных методов зонального мягчения необходимо точно знать требуемый уровень жесткости на каждом участке проектируемого изделия. В литературных источниках отсутствуют сведения о требуемых диапазонах жесткости тканей для изделий различных объемно-силуэтных форм, поэтому необходимо провести исследования для определения оптимальных значений показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы.

Таким образом, целью 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 необходимо решить следующие технологические и технические задачи:

- определить оптимальные значения жесткости основных конструктивных зон льняных изделий легкого и костюмного ассортимента в зависимости от их объемно-силуэтной формы;

- подобрать композиции для жидкостного и маломодульного способов ферментативной обработки, которые обеспечат воздействие исключительно в тонком слое первичной клеточной стенки элементарного льняного волокна без излишнего повреждения материала;

- обосновать лабораторные технологические режимы жидкостного и маломодульного способов биомодификации тканей;

- исследовать влияние жидкостного и маломодульного способов биомодификации тканей на их технологические и потребительские свойства;

- разработать технологию изготовления швейных изделий различной объемной формы, совмещенную с процессами зонального мягчения льняных полуфабрикатов.



## **2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗОН ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

### **2.1. Характеристика методики нормирования жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы**

Для экспериментального определения оптимальных (желаемых) показателей жесткости основных конструктивных зон женской одежды выбраны ткани, эталонные по совокупности показателей «формовочная способность» и «удобство в носке»:

1. хлопкольняные и льняные умягченные (импортного производства),
2. хлопчатобумажные,
3. хлопкополиэфирные,
4. вискозно-полиэфирные,
5. смесовые (три и более компонентов в смеси).

Для проведения исследований подобраны модели разной объемной формы, силуэта, покроя. Примеры моделей представлены в Приложении А.

Во всех изделиях выделены условные конструктивные зоны, отличающиеся по жесткости: опорная зона, подразделенная на область плеч и область груди и лопаток, зона силуэтного притягивания, зона свободного падения материала, зона низа. Разбивка конструкции изделий плечевой и поясной одежды показана на рисунках 12...14 и осуществлена следующим образом [72]:

- 1) на укрупненные основные детали:
  - «П» - детали переда платья или жакета, а также передние детали юбки или брюк;
  - «С» и «З» - детали спинки платья или жакета, задние детали юбки или брюк;
  - «Р» - детали рукава;
- 2) на условные зоны.

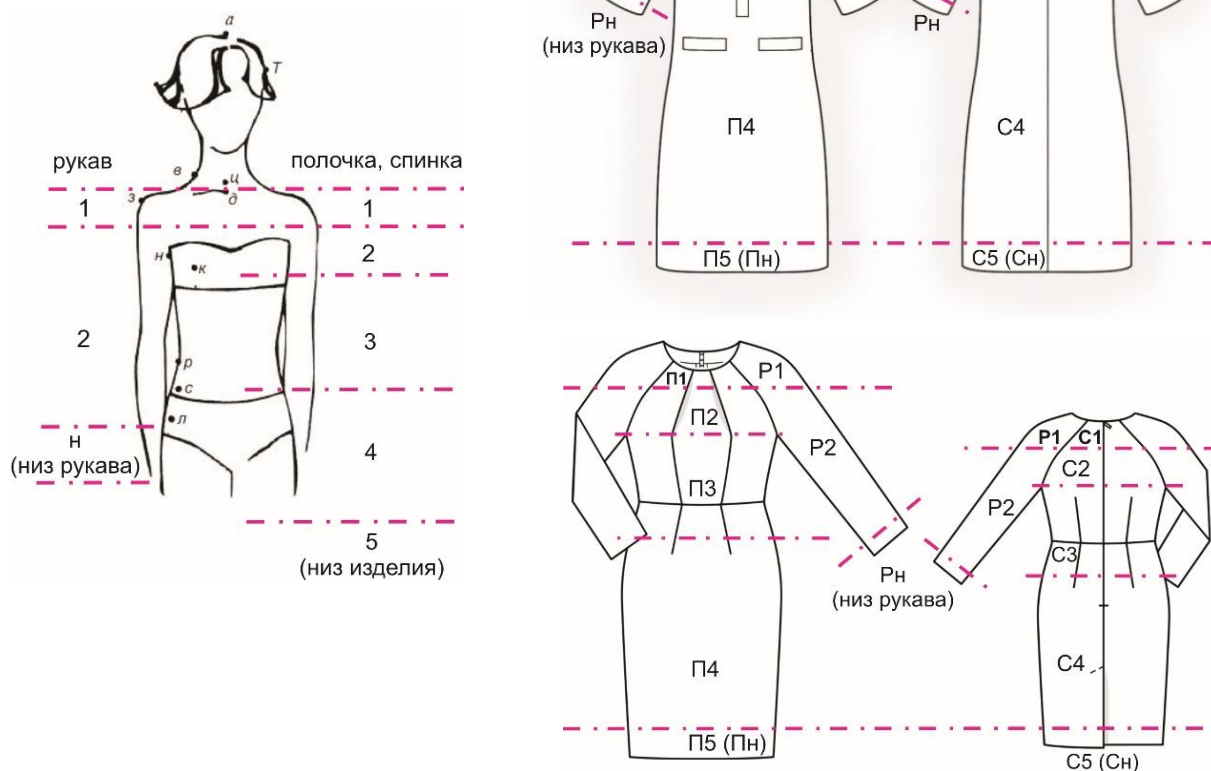


Рисунок 12 – Выделение условных зон в платье на фигуре и в моделях

Для деталей жакета характерно некоторое отличие в выделении зон переда из-за особенностей конструктивного решения. Зона 1 практически равна зоне 2, поэтому в жакете они объединены в зону П1\_ж. Соответственно зона П2\_ж располагается от уровня груди практически до низа. Наличие отрезной талии практически не влияет на жесткость модели, поэтому отдельно данная зона в жакете не вычленена. Отдельно выделена зона лацкана, которая в изделии перекрывается подбортом и форма создается в основном за счет подбора.

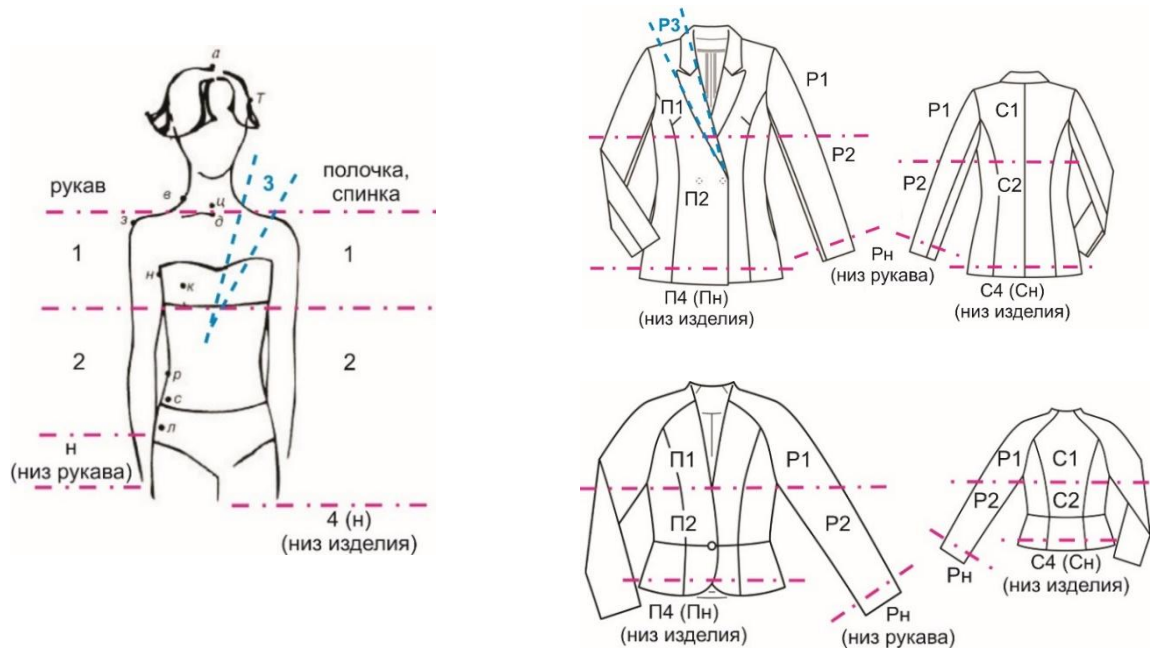


Рисунок 13 – Выделение условных зон в жакете

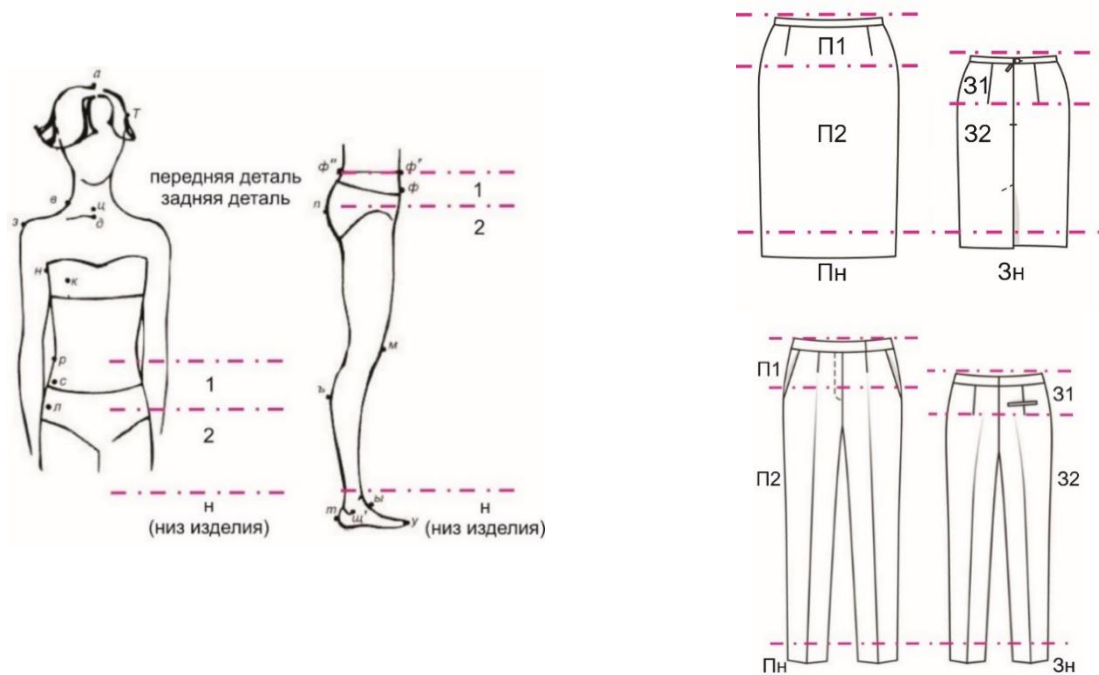


Рисунок 14 – Выделение условных зон в поясной одежде

Описание зон представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Описание условных зон в конструкции швейных изделий

Изделие (детали)	Условное обозначение	Описание
Платье (перед и спинка)	П1; С1	плечевая зона (от плечевого ската до уровня измерения ширины груди)
	П2; С2	зона груди и лопаток (от нижней границы 1-й зоны до уровня на 3 см ниже выступающих точек груди и лопаток)
	П3; С3	зона силуэтного притягивания (для изделий, прилегающих в области талии)
	П4; С4	зона свободного падения (от нижней границы 2-й зоны или от выступающих точек живота и ягодиц до низа)
	П5 (Пн); С5 (Сн)	зона низа
Платье, жакет (рукав)	Р1	опорная зона (от линии оката до контрольных точек на рукаве)
	Р2	зона свободного падения (от нижней границы 1-й зоны до уровня на 3...5 см выше линии низа)
	Рн	зона низа
Жакет (перед и спинка)	П1; С1	опорная зона (от точки основания шеи сбоку до линии груди)
	П2; С2	зона свободного падения (от линии груди до уровня на 3...5 см выше линии низа)
	П3	лацкан переда
	П4 (Пн); С4 (Сн)	зона низа
Юбка, брюки (передние и задние детали)	П1; З1	опорная зона (от уровня линии талии до остисто-подвздошных передних точек (ягодичной точки))
	П2; З2	зона свободного падения (от остисто-подвздошных передних точек (ягодичной точки)) до уровня на 3...5 см выше линии низа)
	Пн; Зн	зона низа

Для экспериментальных исследований жесткости различных зон изделий изготовлены варианты моделей из различных материалов. Изделия отшивали целиком для проведения примерки и по узлам для измерения показателей жесткости. Примеры отшитых изделий представлены на рисунках А.5-А.8 в приложении А.

Для получения количественной оценки диапазона значений показателя жесткость в пределах выделенных условных зон готовых изделий из разных материалов проведены измерения жесткости участков деталей (со швами и без них) консольным методом на приборе ПТ-2 в соответствии с ГОСТ 10550-93 [76]. Из каждой зоны изделия вырезали по 5 элементарных проб в различном долевом

направлении (со швом и без шва), поэтому в верхних зонах платья отшивали узлы в 3 экземплярах.

Расчет жесткости зоны  $EI_3$  ( $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ) осуществлен по формуле:

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

где  $EI_{\text{ТК}}$  – средняя жесткость ткани в направлении основы и утка,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$

$S_{\text{ТК}}$  – доля площади участка без швов, %

$EI_{\text{Ш}}$  – жесткость участка со швом определенной конструкции,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$

$S_{\text{Ш}}$  – доля площади участка со швом данной конструкции, %

$\Sigma$  – сумма всех швов на участке.

## 2.2. Анализ значений показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента

Результаты исследований требуемых значений жесткости в зонах женской одежды платьево-костюмного ассортимента в зависимости от объема и степени пластичности формы проектируемой модели представлены в таблицах 3-8.

Расчет статистической погрешности (ошибки) чистой случайной повторной выборки представлен в приложении А. Величина погрешности значительно меньше, чем разница между диапазонами, поэтому значения жесткости каждой зоны можно считать статистически достоверными.

Таблица 3 – Средние показатели жесткости условных зон женского платья различных объемно-силуэтных форм: детали переда и спинки

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ ( $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«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

Таблица 4 – Средние показатели жесткости условных зон женского платья различных объемно-силуэтных форм: детали рукава

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ (мН·см <sup>2</sup> ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
P1	2,5-7,0	5,1-12,0	10,1-31,5	1,7-4,2	3,6-9,0	7,6-23,0	1,1-2,7	2,1-6,0	5,1-15,2
P2	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
Pниз	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

Данные таблицы 3 и 4 позволяют сделать вывод о том, что с увеличением степени каркасности (при переходе от «м-п» к «м-ф» и далее к «к» внутри одной объемной формы), а также с увеличением объема (при переходе от малой формы к умеренной и большой при сохранении каркасности, например «м-ф») происходит увеличение требуемой жесткости ткани или пакета для сохранения заданной объемной формы. Максимальная жесткость наблюдается в плечевой зоне (П1, С1, Р1), минимальная – в зоне свободного расположения материала (П4, С4, Р2). Интервал значений показателя расширяется при увеличении степени каркасности, что обусловлено увеличением слоев пакета из-за использования прокладок, обтачек и других деталей.

Зона талии (П3, С3) в моделях прилегающего силуэта и отрезных по линии талии имеет повышенную жесткость за счет расположения на ней вытачек и швов. Аналогичная тенденция характерна для юбок и брюк (таблица 5).

Таблица 5 – Средние показатели жесткости условных зон поясной одежды различных объемно-силуэтных форм: юбки и брюки

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ (мН·см <sup>2</sup> ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
П1; С1	5,5-9,0	9,9-16,6	22,0-35,1	3,4-6,2	6,9-13,9	16,1-26,3	2,3-4,2	4,8-8,5	11,0-17,5
П2; С2	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
Пн; Сн	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

При проектировании технологии зонального регулирования жесткости необходимо определить значимые различия в жесткости отдельных деталей одного изделия (зоны). Для платьев, юбок и брюк мягко-пластичной и мягко-фиксированной

форм это значение составляет  $5 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ , для каркасных –  $10 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ . Следовательно внутри одного изделия, в котором все детали принадлежат одной объемно-пластичной форме, целесообразно проводить деление деталей на 2 зоны, согласно этому интервалу. Для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности (приложение А рисунки А.1-А.4), целесообразно выделение трех зон с различным уровнем жесткости.

Таблица 6 – Средние показатели жесткости условных зон женского жакета различных объемно-силуэтных форм: детали переда

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ ( $\text{мН} \cdot \text{см}^2$ ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
П1_ж	6,1-10,9	11,5-20,0	20,5-52,0	4,7-8,5	8,8-16,5	17,0-38,5	2,5-5,1	5,3-10,0	11,0-25,0
П2_ж	4,1-8,5	7,7-17,0	15,1-38,5	2,7-6,5	5,5-13,5	11,5-30,0	1,7-4,5	3,1-9,0	8,8-20,0
П3_ж (лацкан)	3,2-6,0	6,6-11,5	12,5-25,0	2,2-4,0	4,7-8,5	9,6-19,5	1,5-2,6	2,7-5,7	6,3-12,0
П4_ж (низ)	3,8-7,6	7,1-15,0	14,2-35,0	2,4-6,0	5,1-11,0	10,4-25,0	1,6-4,0	3,0-8,2	7,7-17,5

Таблица 7 – Средние показатели жесткости условных зон женского жакета различных объемно-силуэтных форм: детали спинки

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ ( $\text{мН} \cdot \text{см}^2$ ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
С1_ж	4,1-9,3	7,7-18,0	15,1-43,0	2,7-7,2	5,5-14,5	11,5-33,5	1,7-4,8	3,1-9,5	8,8-22,3
С2_ж	4,1-8,5	7,7-17,0	15,1-38,5	2,7-6,5	5,5-13,5	11,5-30,0	1,7-4,5	3,1-9,0	8,8-20,0
С3_ж	3,8-7,6	7,1-15,0	14,2-35,0	2,4-6,0	5,1-11,0	10,4-25,0	1,6-4,0	3,0-8,2	7,7-17,5

Таблица 8 – Средние показатели жесткости условных зон женского жакета различных объемно-силуэтных форм: детали рукава

Условная зона изделия	Величина показателя $EI_3$ ( $\text{мН} \cdot \text{см}^2$ ) для вариантов объемной формы изделия								
	«б»:			«у»			«м»		
	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к	м-п	м-ф	к
Р1_ж	3,2-8,1	6,6-15,6	12,5-39,0	2,2-6,4	5,5-14,5	11,5-33,5	1,7-4,8	3,1-9,5	8,8-22,3
Р2_ж	3,2-6,0	6,6-11,5	12,5-25,0	2,2-4,0	5,5-13,5	11,5-30,0	1,7-4,5	3,1-9,0	8,8-20,0
Рниз_ж	3,8-7,6	7,1-15,0	14,2-35	2,4-6,0	5,1-11,0	10,4-25	1,6-4,0	3,0-8,2	7,7-17,5

Жакеты изготавливают из более жестких тканей по сравнению с платьями, они могут иметь подкладку, и соответственно, могут дублироваться в отдельных участках прокладочными материалами, что обуславливает еще большее разнообразие технологических приемов, используемых для придания формы, а, следовательно, еще больший диапазон варьирования показателей.

Сравнение показателей жесткости полочки жакета с уровнем жесткости платья представлены на рисунке 15.

На циклограмме (рисунок 15) наглядно видно увеличение жесткости и диапазона ее варьирования с увеличением объемной формы (снизу-вверх) и уменьшением пластичности, характерное для всех видов изделий (платье, блуза, жакет, юбка, брюки). Отличие заключается только в величине самого показателя и интервала варьирования.

Для жакетов мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм значение значимого различия в жесткости отдельных деталей одного изделия (зоны) составляет  $10 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ , для каркасных –  $20 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ . Следовательно внутри одного изделия, в котором все детали принадлежат одной объемно-пластичной форме, целесообразно проводить деление деталей на 2 зоны, согласно этому интервалу. Для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности (приложение А рисунки А.1-А.4), возможно выделение как двух, так и трех зон в различным уровнем жесткости.



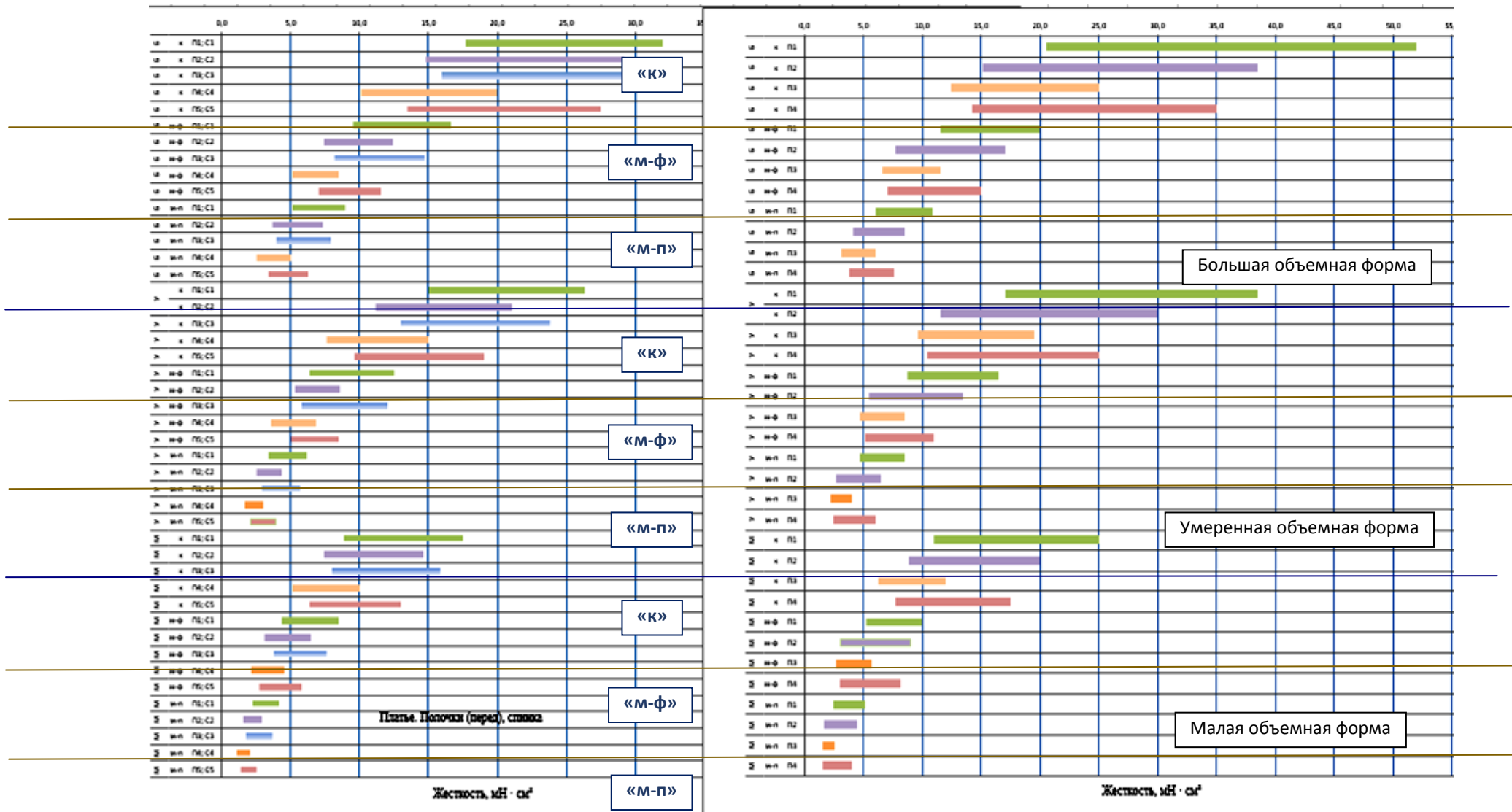


Рисунок 15 – Циклограммы варьирования жесткости условных зон переда женского платья и жакета для исследуемых вариантов объемной формы и степени пластичности изделий

Данные приведенных показателей жесткости зон исследуемых вариантов изделий показывают, что желаемые значения жесткости для большинства изделий мягко-пластичных и мягко-фиксированных форм значительно ниже, чем жесткость большинства льняных тканей отечественного производства.

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлены диапазоны варьирования жесткости участков деталей основного ассортимента швейных изделий, изготавливаемых из льняных тканей. Показатели, представленные в таблицах 3 – 8, являются эталонными при разработке технологии изготовления изделия заданной объемно-пластичной формы. В случае, если исходный материал обладает большей жесткостью, чем требуется для получения требуемой формы, необходимо применение технологий умягчения ткани. В случае, если исходный материал обладает меньшей жесткостью, чем требуется для получения требуемой формы, необходимо применение швов жестких конструкций, дополнительных деталей (обтачек и прокладок).

### **Выводы по главе**

1. Определены значения показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента в зависимости от их объемно-силуэтной формы. Установлено, что нарастание жесткости происходит с увеличением каркасности формы, а также с увеличением объема. Максимальная жесткость наблюдается в плечевой зоне, минимальная – в зоне свободного расположения материала. Интервал значений показателя расширяется при увеличении степени каркасности.

2. 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 требуемой формы, необходимо применение технологий умягчения ткани. Если исходный материал обладает меньшей жесткостью, чем требуется

для получения требуемой формы, необходимо применение швов жестких конструкций, дополнительных деталей (обтачек и прокладок).

3. Для проектирования технологии зонального регулирования жесткости определены значимые различия в жесткости отдельных деталей одного изделия (зоны). Для платьев, юбок и брюк мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм это значение составляет  $5 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ , 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 –  $20 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ . Внутри одного изделия, в котором все детали принадлежат одной объемно-пластичной форме, целесообразно проводить деление деталей на 2 зоны, согласно этому интервалу. Для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности целесообразно выделение трех зон в различном уровне жесткости.

4. Дальнейшее использование результатов состоит из принятия их за эталонные при разработке технологии изготовления изделия заданной объемно-пластичной формы и сравнения их с результатами после мягчения льняных полуфабрикатов жидкостным и маломодульным способами.

### **3. РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТНОГО СПОСОБА МЯГЧЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

#### **3.1. Разработка рецептур ферментной композиции для жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов**

Разработка режимов осуществлена совместно со специалистами Института химии растворов им. Г. А. Крестова РАН (г. Иваново), являющимися соавторами публикаций по данной теме [84, 98-100].

Ранее в данной работе показано, что величину параметра жесткости текстильных полуфабрикатов и льняной продукции неправомерно связывать только с присутствием в структуре волокнистых материалов лигнина. Упруго-деформационные свойства льняных материалов определяются также и содержанием гемицеллюлозных соединений, которые благодаря разветвленному строению макромолекулы обеспечивают подвижность макромолекулярных цепей и структурных фрагментов под действием внешних нагрузок.

С использованием сурового «серого» льняного полотна, артикул 07103, осуществлена оценка влияния лигнина (Л) и гемицеллюлоз (Гц) на жесткость ткани. Модельные эксперименты выполнены с использованием приемов селективного извлечения полимеров [98]. Измерение показателя жесткости материала осуществляли по ГОСТ 10550-93 [43].

На рисунке 16 кривая Л отражает результаты варьирования содержания лигнина при сохранении в образцах начальной массовой доли гемицеллюлоз. Для этого ткани подвергали экстракционной обработке диоксаном в течение разных промежутков времени. Во второй серии (кривая Гц) влияние селективного разрушения гемицеллюлоз изучали на образцах ткани после предварительной делигнифицирующей обработки диоксаном в течение времени, обеспечивающего выход на остаточное содержание  $L = 3,5 \text{ мас. \%}$ .

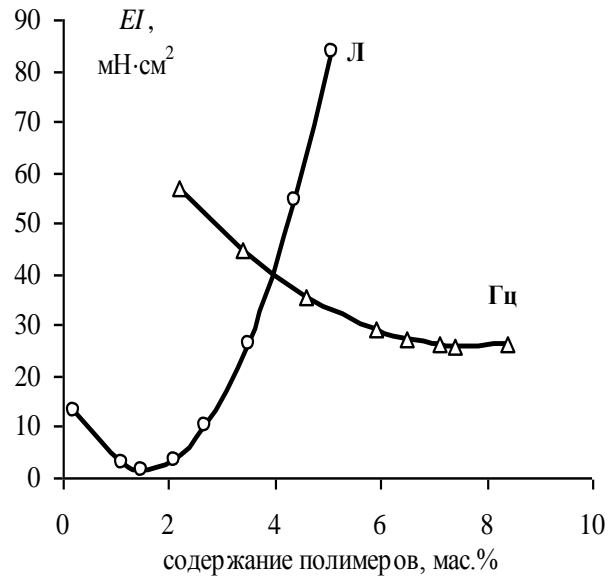


Рисунок 16 – Влияние селективного извлечения лигнина (Л) и гемицеллюлоз (Гц) на изменение жесткости (EI) льняной ткани

Кривая изменения жесткости льняной ткани при удалении лигнина носит экстремальный характер: минимальное значение наблюдается при величине его остаточного содержания в волокне 1,5 мас.%, затем происходит увеличение показателя. Уменьшение содержания гемицеллюлоз от 8,4 до 7...7,5 масс. % приводит к небольшому снижению жесткости ткани, при дальнейшем уменьшении доли наблюдается существенное возрастание жесткости [84]. Следовательно, оптимум остаточного содержания лигнина и гемицеллюлоз для обеспечения наименьшего уровня жесткости льняной ткани: Л = 1,0...1,5 мас. % и Гц = 6,5...7 мас. %.

Для дальнейших исследований выбраны 11 промышленно выпускаемых ферментных препаратов: Целловиридин Г20х (производитель - Бердский завод биологических препаратов, Россия; с 2003 г. реорганизован в ОАО ПО «Сиббиофарм», г. Новосибирск), ЦеллоЛюкс А, ЦеллоЛюкс F и Фидбест W (ПО «Сиббиофарм», г. Новосибирск), Ультрафло Коре (ООО «Русфермент», Москва), Cellusoft Ultra (ф. Novozymes, Дания), Conzyme ТМ90 (комп. «Sunson group», Китай), Rucolase ZLL («Rudolf Chemie», Германия), Целлюзим ультра («Энзим», Украина), Фитазим и Фекорд 2012С («Фермент», Беларусь), а также препаратов фирмы ICN на

основе гомогенных (высокоочищенных) ферментов из группы экзогенных (осахаривающих) гемицеллюлаз: экзоксилотидаза, экзогалактозидаза, арабинофуранозидаза. Принято решение использовать в работе обезличенную характеристику вышеперечисленных биопрепаратов, чтобы не связывать их с производителем, что может быть случайной рекламой при публикациях. Всем препаратам присвоены порядковые номера: целлюлазные препараты ЦП1 - ЦП11; гемицеллюлазные препараты ГП1 - ГП3.

Анализ применимости ферментов для обработки льняных тканей проведен по данным снижения разрывной нагрузки льняной ткани арт. 07103 после обработки в течение 40 мин. в растворах исследуемых биопрепаратов с одинаковым уровнем общей целлюлазной активности ( $AC = 15,8$  ед./мл), определяемой вискозиметрическим методом [101]. Величина разрывной нагрузки полосок ткани в направлении нитей основы и утка определена в соответствии с ГОСТ 3813-72 [44] на разрывной машине РТ-250М-2 (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты анализа изменения прочности льняной ткани при сопоставимых условиях биообработки

Препарат	Разрывная нагрузка ткани, P, Н		% снижения разрывной нагрузки, средний
	основа	уток	
ЦП1	594	371	42,38
ЦП2	728	627	18,48
ЦП3	745	619	18,01
ЦП4	633	584	26,66
ЦП5	823	718	7,26
ЦП6	652	578	25,95
ЦП7	866	784	0,61
ЦП8	858	767	16,58
ЦП9	612	539	30,71
ЦП10	785	774	5,90
ЦП11	844	751	3,96
ГП1	869	790	0,06
ГП2	868	787	0,30
ГП3	867	785	0,49

*Примечание:* Показатели разрывной нагрузки исходной ткани: основа – 870 сН; уток – 790 сН.

Выявлено отсутствие повреждающего влияния на материал гемицеллюлаз ГП1 – ГП3: снижение разрывной нагрузки составляет 0,06...0,49 %. Препараты

ЦП5, ЦП7, ЦП10 и ЦП11 показывают незначительное падение прочности.

Критерии отбора биопрепаратов для использования в процессах ферментативного мягчения учитывают необходимость диффузионного проникновения биокатализаторов в поровую структуру льняного волокна. С учетом того, при жидкостной обработке льняное волокно находится в набухшем состоянии, при котором средний диаметр мезопоровых пространств льняном волокне увеличивается до 30...40 нм [102] в качестве критерия, регламентирующего размерные параметры ферментов, использована величина суммарного объема фракций с размером частиц менее 30 нм  $V_m$  (%). По данным [103], выбранные препараты ЦП5, ЦП7, ЦП10, ЦП11 имеют не менее 10% таких фракций, что позволяет говорить о перспективности их применения.

Влияние обработки выбранными целлюлазными препаратами на факторы снижения жесткости льняной ткани представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Влияние обработки целлюлазными препаратами на факторы снижения жесткости льняной ткани арт. 07103

Препарат	Л, мас.%	Гц, мас.%	Жесткость ткани, $EI_{тк}$ , мН·см <sup>2</sup>
Исходная ткань	5,1	8,4	83,51
ЦП5	5,1	8,4	73,53
ЦП7	5,1	5,7	78,43
ЦП10	5,1	3,3	86,44
ЦП11	5,1	7,2	67,92

Из таблицы видно, что обработка только целлюлазными препаратами не приводит к изменению содержания лигнина в волокне, а уменьшение содержания гемицеллюлозы не дает требуемого снижения жесткости. Для умягчения льняных материалов с повышенным содержанием лигнина, таких как образец серого льняного полотна арт. 07103, предлагается дополнительно ввести ферменты ГП1 – ГП3 экзогенного (осахаривающего) действия.

Эффективность комбинированного варианта модификации оценена для экспериментальных полиферментных систем на базе препаратов ЦП5 и ЦП11 с добавкой смеси препаратов ГП1, ГП2 и ГП3. Модифицирование осуществляли

путем двустадийной обработки ткани, в которой после 40-минут ферментативного воздействия при температуре раствора 40°C (условия аналогичны обработке препаратами ЦП5 и ЦП11) осуществляется нагрев до 98-100°C с выдержкой в течение 20 мин для деполимеризации лигнина.

В таблице 11 представлены результаты анализа образцов, отобранных после 1-й стадии обработки, а также по завершении всего цикла.

Таблица 11 – Сопоставление эффективности использования полиферментных композиций на различных стадиях биообработки ткани арт. 07103

Препарат	Стадия	L, мас.%	G <sub>ц</sub> , мас.%	Жесткость ткани, EI <sub>тк</sub> , мН·см <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, P, Н		Разрывное удлинение, ΔL, мм	
					основа	уток	основа	уток
–	–	5,1	8,4	83,51	870	790	14	12
ЦП5 + ГП1, ГП2, ГП3	I	5,1	8,4	73,53	856	763	14	12
	II	3,7	4,0	34,66	848	771	16	14
ЦП11 + ГП1, ГП2, ГП3	I	5,1	7,2	67,92	844	756	13	11
	II	3,0	2,7	25,42	838	759	15	12
ЦП11 + ЦП5 (соотношение 1:1) + ГП1, ГП2, ГП3	I	5,1	8,0	62,92	854	761	14	11
	II	3,0	3,2	15,62	848	769	16	13

Полученные результаты позволяют сделать следующие заключения:

1. Оптимизация содержания лигнина является определяющим фактором умягчения льняных полотен, который обеспечивает около 2/3 общего снижения жесткости материала.
2. Делигнификация способствует увеличению разрывного удлинения, что отражает улучшение подвижности структуры материала.
3. Вариант комбинированного использования целлюлазных препаратов ЦП5 и ЦП11 в соотношении 50:50 % показал наилучший результат: получение максимального снижения показателя EI в 5,35 раза по сравнению с уровнем для исходного льняного материала.

По результатам исследования для жидкостного способа биообработки льняных полуфабрикатов рекомендовано использование композиции на основе препаратов ЦП5 и ЦП11 в смеси с соотношением 1:1 с добавкой смеси препаратов



ГП1, ГП2 и ГП3.

### 3.2. Разработка лабораторных технологических режимов жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов

Исследования проведены с использованием неумягченных льняных тканей, различающихся структурными характеристиками (таблица 12).

Таблица 12 – Характеристика испытуемых чистольняных одежных тканей

Обозначение ткани	Характеристика	Толщина пряжи, $T$ , Текс		Крутка, $Kp$ , круч./м	Переплетение	Поверхностная плотность, $M_s$ , г/м <sup>2</sup>
		основа	уток			
ОМ_1	полубелка*	69	56	523	полотняное	228
ОМ_2	отбеленная	56	50	682	полотняное	164
ОМ_3	гладкокрашенная	50	50	746	полотняное	124

\*Полубелка – ткань, технологический цикл облагораживания которой предусматривает щелочную отварку ровницы в прядильном производстве и крашение тканого полотна в темные тона без проведения процессов его беления

В ткани ОМ\_1 нити имеют наиболее рыхлую структуру с наименьшим числом кручений на одном метре пряжи и наименьшей степенью дробления льняных комплексов, что отражается в высоком значении толщины (линейной плотности) пряжи. Наиболее плотная структура характерна для нитей в ткани ОМ\_3, что обусловлено, прежде всего, высокой круткой пряжи, превышающей в 1,5 раза уровень показателя для ОМ\_1.

Результаты анализа массовой доли лигнина и гемицеллюлоз в совокупности с экспериментальными значениями жесткости материалов в направлении основных и уточных нитей представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристика исходных тканей по содержанию лигнина и гемицеллюлоз и жесткости

Направление измерения	Образец	<i>L</i> , мас. %	<i>Гц</i> , мас. %	Жесткость ткани <i>EI<sub>тк</sub></i> , мН·см <sup>2</sup>
основа	ОМ_1	3,5	2,6	39,2
	ОМ_2	0,2	1,5	48,8
	ОМ_3	2,1	2,2	34,8
уток	ОМ_1	3,2	2,8	30,1
	ОМ_2	0,7	2,1	34,4
	ОМ_3	1,9	1,8	38,7

Совместно со специалистами ИХР РАН разработан лабораторный режим жидкостного мягчения льняных полуфабрикатов, который включает процесс ферментативной обработки раствором ферментных композиций с соблюдением следующих технологических параметров:

1. Технологический раствор ферментного препарата приготовлен на умягченной (предпочтительно, дистиллированной) воде, нагретой до 40-45°С.
2. Значения весовой концентрации лабораторных образцов ферментных композиций ЛФК-1 – 3 г/л; ЛФК-2 – 5 г/л; ЛКФ-3 – 4 г/л.
3. pH раствора на уровне 4,5-5,0 обеспечен применением натрий-ацетатного буфера;
4. Содержание неионогенного смачивателя, предпочтительно, неонол 9-10 (ТУ 2483-077-05766801-98) [83], составляет 0,5 г/л.
5. Жидкостной модуль (соотношение объема раствора к массе обрабатываемого льноволокнистого материала) составляет 10.
6. Температура раствора поддерживается на уровне 40...45°С.
7. Длительность обработки составляет 40 мин.
8. Допускаются варианты жидкостной обработки без дополнительных гидродинамических воздействий, либо с интенсификацией массопереноса путем циркуляции раствора насосом или с использованием дополнительных сдвиговых и/или сжимающих усилий (stone wash) при условии, что технологическая усадка ткани в процессе обработки не превышает 5 %.

9. Промывка осуществляется теплой (40°C) водой.

10. Сушка осуществляется на воздухе или, предпочтительно, на термопрессе при температуре 80°C.

Циркуляционный режим жидкостного биомодифицирования льняных материалов осуществляли на лабораторном аппарате, изображенном на рисунке 17. Корпус аппарата оснащен рубашкой для жидкостного термостатирования и насосом для реверсного циркулирования рабочего раствора и промывной жидкости. Установка позволяет в периодическом режиме проводить обработку экспериментальных образцов льняных материалов массой до 2 кг.



Рисунок 17 – Внешний вид лабораторной установки для реализации жидкостного способа биообработки льняных материалов

Результаты исследования лабораторных режимов жидкостной биомодификации без гидродинамических воздействий и с циркуляцией раствора ферментной композиции представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Качественные показатели экспериментальных образцов тканей после жидкостного способа мягчения

Режим обработки	Ткань	L, мас. %		Гц, мас. %		Жесткость ткани, $EI_{mk}$ , мН·см <sup>2</sup>		Снижение жесткости, $\Delta EI$ , %		Технологическая усадка, U, %	
		основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
без циркуляции раствора	ОМ_1	3,5	3,2	2,2	2,4	26,1	16,9	33	44	1,8	1,6
	ОМ_2	0,2	0,7	1,5	1,9	30,5	17,0	38	51	1,5	1,5
	ОМ_3	2,1	1,9	2,1	1,8	14,8	18,9	57	51	1,6	1,7
с циркуляцией раствора	ОМ_1	3,5	3,2	1,9	2,0	24,0	15,6	39	48	3,7	3,3
	ОМ_2	0,2	0,7	1,3	1,5	18,5	1,2	62	70	3,0	3,2
	ОМ_3	2,1	1,9	2,0	1,6	12,1	15,2	65	61	3,2	3,5

По результатам проведенных исследований, установлено что:

1. Льняные материалы с рыхлой структурой пряжи способны к эффективному набуханию в растворе биопрепарата без дополнительных гидродинамических воздействий, что обеспечивает условия для модифицирования периферийного слоя первичной клеточной стенки элементарного волокна.

2. Использование циркуляционного режима повышает вероятность побочного проявления активности эндоглюканазы в отношении гемицеллюлоз. Снижение массовой доли Гц наиболее существенно (на 0,4 мас. %) проявляется для образца ОМ\_1 с рыхлой структурой пряжи.

3. Требуемый уровень снижения жесткости полуфабрикатов из тканей с поверхностной плотностью более 200 г/м<sup>2</sup> ( $\Delta EI_{mk}$  не менее 30 %) может быть достигнут при жидкостном способе мягчения без гидродинамических воздействий.

4. Применение циркуляционного режима обработки или других вариантов интенсификации межфазного переноса биокатализаторов во внутренней структуре волокнистого материала может быть рекомендовано для обработки льняных текстильных материалов повышенной жесткости

Величина технологической усадки испытуемых образцов льняных материалов не более 3,5 %. Следует отметить, что такие же значения изменения линейных размеров образцов получены и в сравнительных экспериментах обработки раствором смачивателя без введения ферментного препарата.

Следовательно, при проектировании деталей одежды необходимо учитывать величину бытовой усадки льняных тканей при обработке водными растворами, которая обусловлена снятием внутренних напряжений в структуре текстильного материала, возникающих в процессах текстильного производства.

### **3.3. Изучение влияния жидкостного способа смягчения на упруго-деформационные и технологические свойства льняных тканей**

Для проведения испытаний использованы льняные материалы, характеристика которых приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристика исходных тканей

Обозначение ткани	Характеристика	Переплетение	Поверхностная плотность, $M_s$ , г/м <sup>2</sup>
ОМ_1	гладкокрашенная	полотняное	228
ОМ_2	гладкокрашенная	полотняное	164
ОМ_3	гладкокрашенная	полотняное	124
ОМ_4	в полоску	полотняное	133
ОМ_5	гладкокрашенная	полотняное	88
ОМ_6	гладкокрашенная	полотняное	135
ОМ_7	с набивным рисунком	полотняное	142
ОМ_8	с набивным рисунком	полотняное	141

Проверка эффективности проведения жидкостного умягчения на технологические свойства материалов осуществлена по следующим показателям:

- жесткость (ГОСТ 10550-93) [43];
- одевающая способность (патент №2343477 Способ определения формовочной способности текстильного материала) [50];
- несминаемость (ГОСТ 19204-73) [45];
- изменение размеров после мокрой обработки (усадка после стирки) (ГОСТ 30157.0-95, ГОСТ 30157.1-95) [48,49];
- изменение жесткости после 5 аквастирок (ГОСТ 10550-93) [43];
- разрывная нагрузка (ГОСТ 3813-72) [44];
- стойкость к истиранию по плоскости (ГОСТ 18976-73) [47].

Исследованы и сопоставлены три режима ферментативной умягчающей обработки (рисунок 18, таблицы Б.1, Б3 приложения Б):

- режим Ж1 - интенсивное перемешивание путем циркуляции раствора насосом;
- режим Ж2 - интенсивное перемешивание механической мешалкой с введением в раствор керамических шариков для имитации эффекта «мокрое трение»;
- режим Ж3 - без гидродинамического воздействия с проведением после сушки механического ворсования материала с изнаночной стороны [104-106].

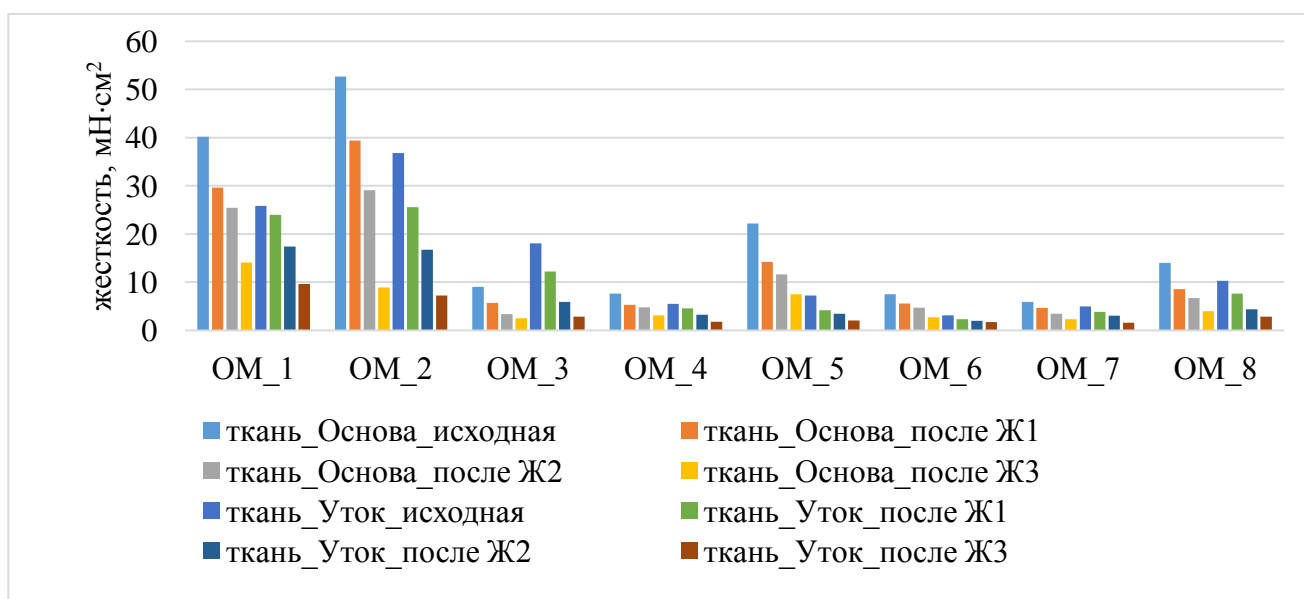


Рисунок 18 – Изменение показателя жесткости тканей ( $EI$ ,  $mN \cdot cm^2$ ) по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов (Ж1, Ж2, Ж3)

Эффективность снижения жесткости  $EI_{тк}$  модифицированных образцов при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия относительно значения уровня жесткости исходных тканей в направлении нитей основы и утка представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Эффективность снижения жесткости тканей при использовании сравниваемых режимов ферментативной умягчающей обработки

Показатель		ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
основа	Ж1	1,4	1,3	1,6	1,4	1,6	1,4	1,3	1,5
	Ж2	1,6	1,8	2,7	1,6	1,9	1,6	1,7	2,1
	Ж3	2,9	5,9	3,6	2,3	2,9	2,8	2,5	3,5
уток	Ж1	1,1	1,4	1,5	1,2	2,6	1,4	1,3	1,3
	Ж2	1,5	2,2	3,1	1,7	3,7	3,8	1,6	2,4
	Ж3	2,7	5,1	6,4	3,1	4,8	1,8	3,1	4,9

Как показывают данные таблицы 16, все режимы приводят к снижению жесткости исходного материала: режим Ж1 позволяет снизить жесткость в 1,1...2,6, Ж2 – 1,5...3,8, Ж3 – 1,8...6,4. Установлено, что наибольшая эффективность снижения жесткости характерна для режима ферментативной умягчающей обработки Ж3, что позволяет использовать данный режим при обработке тканей плотной структуры и повышенной жесткости.

Исследовано изменение показателя жесткости EI умягченных тканей после пяти аквастирок. Данное значение менее 5%, что говорит об устойчивости полученного эффекта мягчения в процессе эксплуатации.

Измерено значение формовочной способности (ФС) исходных и умягченных тканей в направлении нитей основы и нитей утка [107]. Результаты измерения приведены в таблице Б.5 приложения Б, и на рисунке 19. Эффективность изменения формовочной способности представлена в таблице 17.

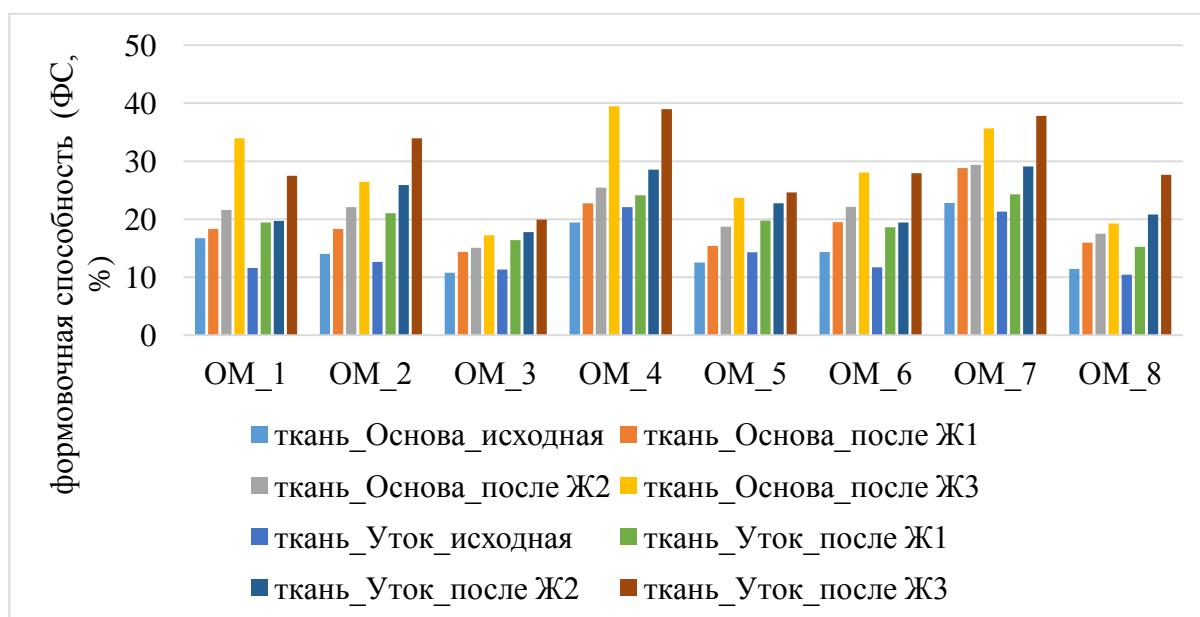


Рисунок 19 – Изменение показателя формовочной способности тканей (ФС, %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки (Ж1, Ж2, Ж3)

Таблица 17 – Эффективность изменения формовочной способности тканей при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия

Группа нитей	Режим обработки	Относительное повышение показателя ФС (разы) для умягченных образцов тканей							
		ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
основа	Ж1	1,1	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4	1,2	1,4
	Ж2	1,3	1,6	1,4	1,3	1,5	1,5	1,3	1,5
	Ж3	2,0	1,9	1,6	2,0	1,9	1,9	1,5	1,7
уток	Ж1	1,6	1,7	1,5	1,1	1,4	1,6	1,2	1,5
	Ж2	1,7	2,0	1,6	1,3	1,6	1,7	1,4	2,0
	Ж3	2,4	2,7	1,8	1,8	1,7	2,3	1,8	2,7

Данные таблицы 17 показывают, что в сравнении с изменениями показателя жесткости приращения формовочной способности имеют менее амплитудный характер и с меньшими различиями между сравниваемыми льняными полотнами. Максимально достигаемое повышение показателя ФС для режимов Ж2 и Ж3 составляет соответственно 2 и 2,7 раза, в абсолютной величине эти изменения имеют очень большое технологическое значение.

Следующий исследуемый показатель – несминаемость (Н, %). Результаты измерения несминаемости представлены в таблице Б.8 приложения Б и на рисунке 20.



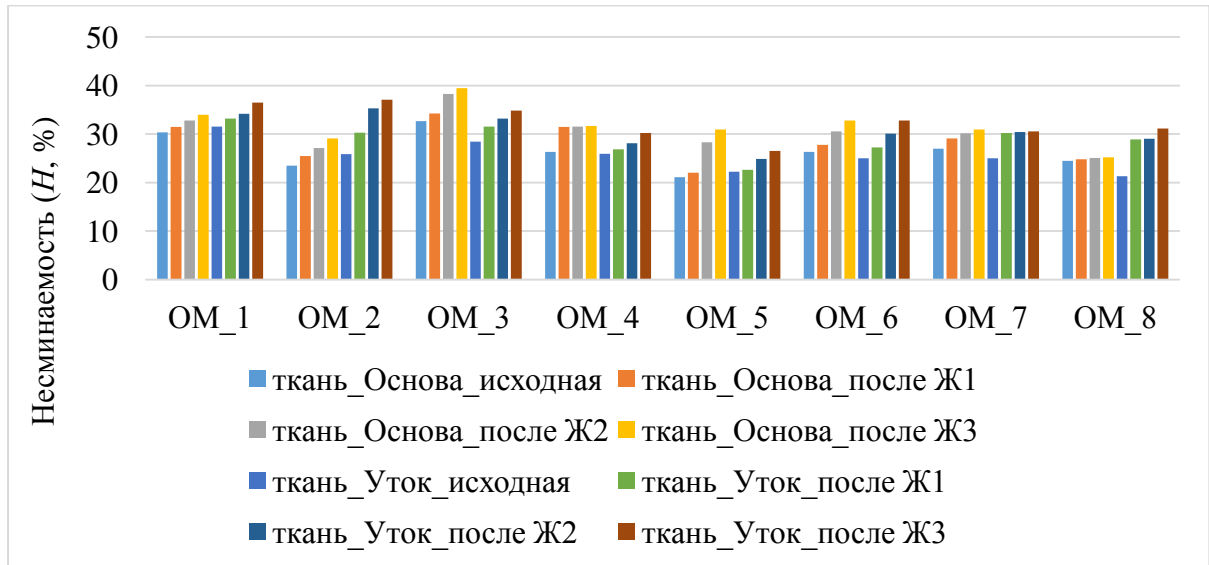


Рисунок 20 – Изменение показателя несминаемости ( $H$ , %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки (Ж1, Ж2, Ж3)

Относительные изменения показателя несминаемости для модифицированных тканей в сравнении с уровнем соответствующих значений для исходных тканей приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Эффективность изменения показателя несминаемости тканей при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия

Группа нитей	Режим обработки	Относительное повышение показателя $H$ (разы) для умягченных образцов тканей							
		ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
основа	Ж1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
	Ж2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1
	Ж3	1,1	1,2	1,2	1,2	1,5	1,3	1,1	1,1
уток	Ж1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,4
	Ж2	1,1	1,4	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4
	Ж3	1,1	1,4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,5

Как показывают данные таблицы 18, все режимы приводят к увеличению несминаемости исходного материала, наибольшее приращение несминаемости наблюдается у тканей с высокой исходной жесткостью, в частности, ткани ОМ\_2, ОМ\_5, ОМ\_8.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что все исследуемые режимы ферментативной умягчающей обработки льняных тканей позволяют обеспечить снижение жесткости, возрастание формовочной способности и несминаемости. Снижение показателя жесткости тканей варьируется от 20 до 83 %, увеличение формовочной способности составляет от 7 до 16 %, несминаемости от 4 до 17 % в зависимости от режима обработки.

Минимальные изменения обеспечивает режим обработки Ж1 (циркуляция раствора биопрепарата без механических воздействий на текстильный материал). Наибольшую амплитуду отклонений получаем при использовании режима Ж3 (обработка раствором биопрепарата без гидродинамических воздействий с дополнительной операцией механического ворсования высушенной ткани). Режим Ж2 с эффектом «мокрого трения» (механическая мешалка с введением керамических трущихся поверхностей) значительно превосходит результаты режима Ж1 и в среднем в 1,2-1,3 раза уступает эффективности режима Ж3.

Для оценки влияния умягчающей обработки на технологические и эксплуатационные параметры материалов проведены измерения наиболее важных физико-механических показателей: усадка после стирки ( $U$ , %); разрывная нагрузка полоски ( $P$ ,  $H$ ); стойкость к истиранию по плоскости ( $I$ , циклы). Результаты измерений представлены в таблице 20.

Проведенные исследования показали, что усадка обработанных тканей после стирки значительно меньше, чем у исходных тканей, что объясняется тем, что основная усадка происходит непосредственно в процессе умягчающей отделки. Это значительно повышает потребительскую ценность готовых умягченных изделий, т.к. усадка более 2%, характерная для льняных материалов, ведет к значительному искажению формы и размеров изделия. Данные таблицы 19 показывают, что разрывная нагрузка и стойкость к истиранию обработанных льняных материалов изменяются незначительно. При этом ворсование приводит к разрушению некоторого числа волокон, что сопровождается снижением показателей [104-106]. Значения разрывной нагрузки как исходных, так и умягченных материалов соответствуют требованиям ГОСТ 15968—2014 [108].



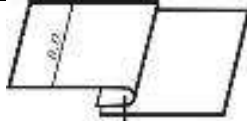


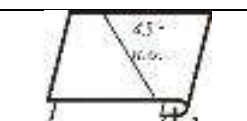


Таблица 19 – Физико-механические характеристики испытуемых тканей

Направление измерения	Режим обработки	Значение показателей для образцов тканей																							
		ОМ_1			ОМ_2			ОМ_3			ОМ_4			ОМ_5			ОМ_6			ОМ_7			ОМ_8		
		У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И
основа	исх. ткань	3,5	321	3652	3,7	225	2325	4,2	196	1750	3,8	207	1877	3,0	139	1246	4,1	185	1914	3,5	224	2275	3,8	237	2258
	Ж1	0,5	323	3684	0,6	229	2348	0,6	198	1767	0,6	208	1895	0,6	141	1250	0,6	183	1923	0,6	228	2297	0,7	239	2280
	Ж2	0,8	319	3661	0,9	226	2336	1,0	195	1762	0,9	206	1889	0,8	140	1247	0,8	180	1917	0,9	226	2291	0,9	236	2269
	Ж3	0,7	308	3396	0,7	212	2162	0,8	188	1627	0,8	199	1745	0,7	134	1158	0,7	174	1780	0,7	211	2125	0,8	227	2099
уток	исх. ткань	2,3	291	-	3,2	216	-	3,5	207	-	2,3	189	-	2,4	146	-	2,8	178	-	2,3	199	-	2,6	241	-
	Ж1	0,5	291	-	0,6	218	-	0,6	208	-	0,5	188	-	0,5	147	-	0,5	177	-	0,5	198	-	0,6	239	-
	Ж2	0,8	289	-	0,9	215	-	1,0	206	-	0,7	187	-	0,7	145	-	0,7	174	-	0,8	196	-	0,8	236	-
	Ж3	0,7	278	-	0,7	207	-	0,8	199	-	0,7	182	-	0,6	140	-	0,6	169	-	0,7	192	-	0,7	234	-

### 3.4. Исследование влияния жидкостного способа смягчения льняных полуфабрикатов на жесткость швов

Для исследований выбрано 8 конструкций соединительных и краевых ниточных швов (таблица 20). При выборе конструкций швов и технологических припусков на обработку учитывали особенности поузловой обработки легкой одежды, осыпаемость тканей (открытые срезы обметывали машинным цепным стежком), покрой и силуэт одежды, долевое направление в деталях края одежды [109, 110].

Таблица 20 – Конструкции исследуемых соединительных и краевых ниточных швов

№ шва	Наименование шва	Конструкция шва (изображение)
1	стачной вразутюжку вдоль нити основы	
2	стачной вразутюжку 45° к нити основы	
3	стачной взаутюжку вдоль нити основы	
4	настрочной 90° к нити основы	
5	обтачной вдоль нити основы	
6	обтачной 45° к нити основы	
7	обтачной 90° к нити основы с отделочной строчкой	
8	вподгибку 90° к нити основы	

Для достоверной оценки влияния швов на увеличение жесткости рассмотрены как одиночные швы, так и сложное соединение, включающее два шва.

Показатель жесткости швов измерен по аналогии с испытаниями образцов исследуемых льняных тканей в соответствии с ГОСТ 10550-93 [43] с использованием консольного метода на приборе ПТ-2. Корректность условий проведения измерений вытекает из обще употребляемой практики применения консольного метода для оценки жесткости многослойных пакетов, в которых основная ткань дублирована прокладочными материалами.

Результаты измерений жесткости швов для исходных неумягченных тканей представлены на рисунке 21, таблице Б.10 приложения Б.

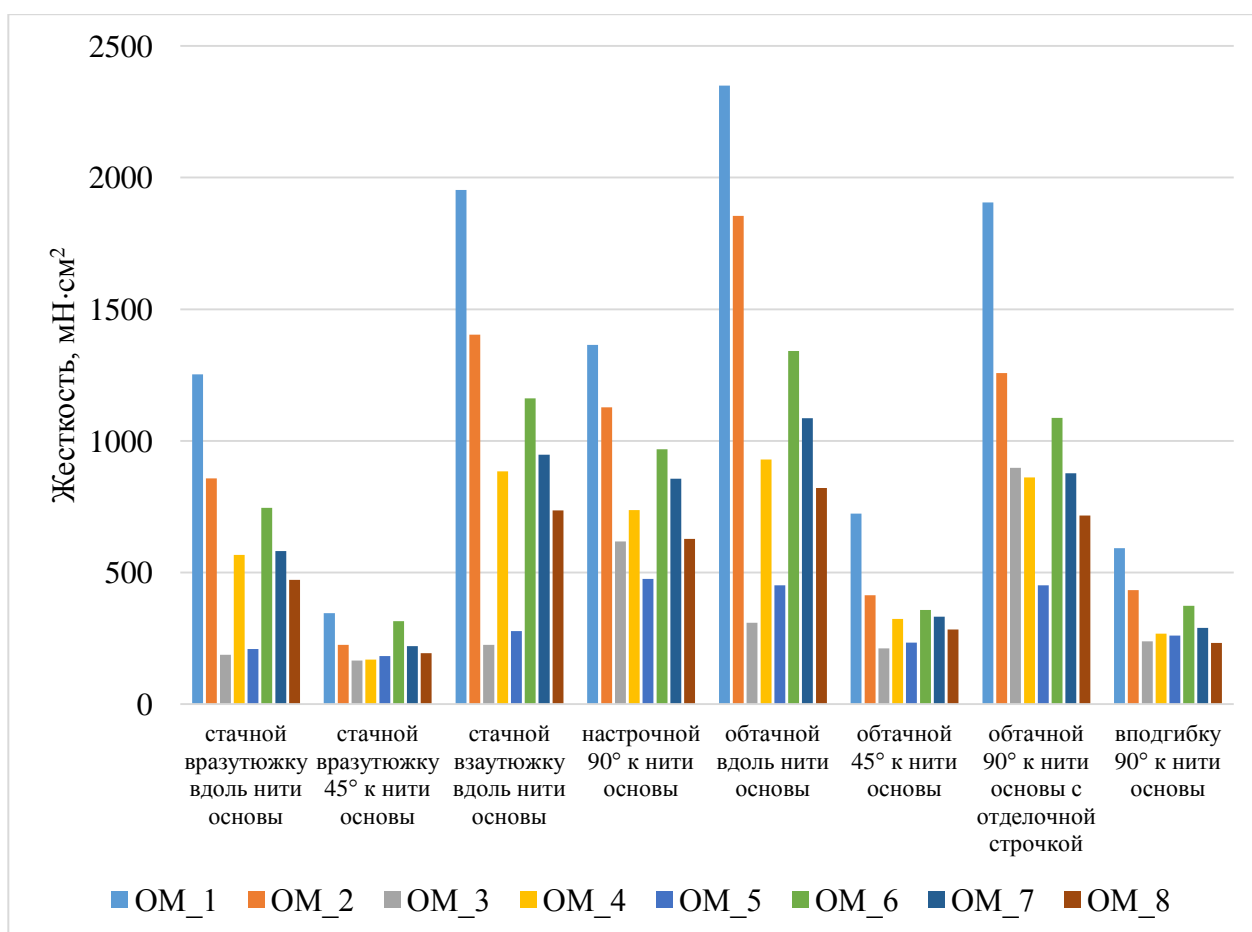


Рисунок 21 – Жесткость швов различной конструкции ( $EI_{шв}$ , мН·см<sup>2</sup>), выполненных из исходных (неумягченных) тканей

Установлено, что наибольшей жесткостью обладают швы, расположенные вдоль нити (основы или утка), имеющей большее значение показателя жесткости ткани в данном направлении, наименьшей для всех тканей – под углом 45 градусов, так как жесткость всех тканей в данном направлении минимальна. Высокая жесткость настрочного шва объясняется закладыванием припусков в одну сторону и наличием отделочной строчки.

Для большей наглядности полученных результатов проведен расчет приведенной жесткости шва  $EI^*$  (таблица 21), определяемой как соотношение значений жесткости шва и жесткости ткани по направлению шва:

$$EI^* = EI_{шв(i)} / EI_{тк(i)}, \quad (2)$$

где  $EI_{шв(i)}$  – величина жесткости шва,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ,

$EI_{тк(i)}$  – величина жесткости ткани по направлению шва,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ .

Таблица 21 – Значение приведенной жесткости швов различных конструкций на исходных (неумягченных) тканях

№ шва	Конструкция шва	Величина $EI^*$ (отн.ед.) для тканей							
		ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
1	стачной вразутюжку вдоль нити основы	31,17	16,28	20,77	31,2	21,98	18	21,02	33,71
2	стачной вразутюжку 45° к нити основы	18,63	10,12	13,68	30,73	10,08	36,94	20,77	12,38
3	стачной вразутюжку вдоль нити основы	48,58	26,64	24,86	37,37	35,41	21,87	28,4	51,86
4	настрочной 90° к нити основы	52,91	30,68	34,20	79,5	50,95	78,34	63,51	52,05
5	обтачной вдоль нити основы	58,46	35,18	34,14	52,24	40,32	55,73	51,23	58,64
6	обтачной 45° к нити основы	38,99	18,62	17,58	48,72	18,65	51,91	28,43	27,68
7	обтачной 90° к нити основы с отделочной строчкой	73,84	34,19	49,70	76,7	56,75	75,79	58,87	69,88
8	вподгибку 90° к нити основы	22,95	11,78	13,23	48,73	20,63	48,41	31,85	22,61

Из таблицы видно, что увеличение жесткости участка со швом по сравнению с жесткостью ткани составляет от 10 до 80 раз, швы различной конструкции по-разному влияют на увеличение жесткости.

Известно, что на жесткость шва влияют такие характеристики, как число слоев

ткани в шве, число строчек, тип и частота стежка, количество и вид нитей в стежке. Поскольку все швы были выполнены одними нитками (хлопко-лавсановыми №44ЛХ), одним типом стежка (стачивающий челночный) с одинаковой частотой (4 стежка в 1 см), основные факторы, влияющие на жесткость шва – число слоев ткани и число строчек.

По всем конструкциям швов получено уравнение регрессии, описывающее зависимость приведенной жесткости  $EI^*$  (относительного изменения жесткости шва по отношению к жесткости ткани), измеренной по направлению шва [111]:

$$EI^* = 0,088 \cdot M_s + 2,73 \cdot Nm + 8,4 \cdot Ns, \quad (3)$$

где  $M_s$  – поверхностная плотность ткани, г/м<sup>2</sup>,

$Nm$  – число слоев ткани в шве, ед.,

$Ns$  – количество строчек в шве, ед.

По величине приведенной жесткости швы условно разделены на 3 группы:

1) каркасные (приведенная жесткость составляет 30 и более раз для всех тканей) – настрочной и обтачной швы, расположенные вдоль нити основы или утка (например, № 4, 5, 7 таблица 21);

2) мягкие (увеличение жесткости не превышает 20-кратной величины для всех тканей) – стачные швы, расположенные под углом 45 градусов к нити основы или утка (например, № 2, № 8, таблица 21),

3) средней жесткости – остальные швы.

Для оценки влияния умягчающей отделки на жесткость шва подготовлены две группы образцов. В 1 группе образцы тканей сначала сшивались, а затем подвергались умягчающей обработке, во 2 группе осуществляли сначала обработку, а затем стачивание.

Изменение жесткости швов каркасной группы проиллюстрировано на рисунках 22 и 23, а также в таблицах Б.12, Б.14 приложения Б.

Влияние способа умягчения на изменение величины приведенной жесткости швов каркасной группы представлено в таблицах 22, 23.

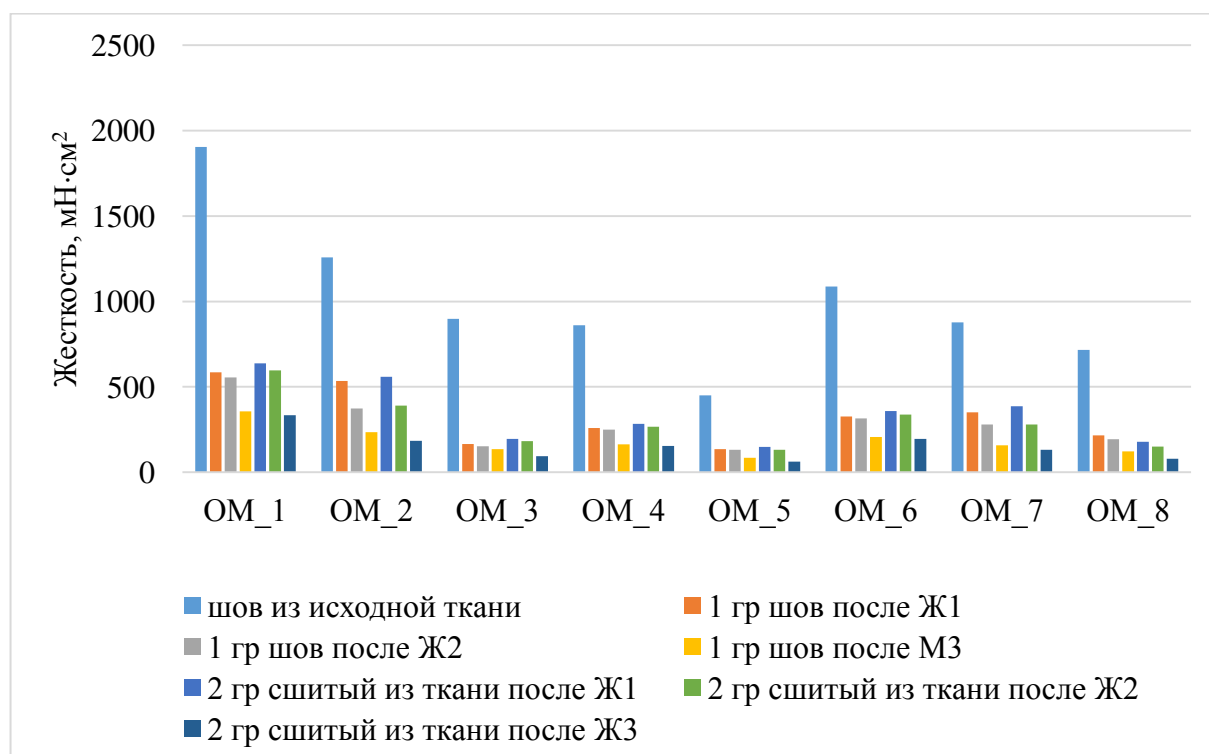


Рисунок 22 – Изменение жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 22 – Влияние способа умягчения на изменение величины приведенной жесткости шва №7

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	73,8	34,2	49,7	76,7	56,7	75,8	58,9	69,9
1 гр шов после Ж1	24,4	20,9	26,6	27,6	51,3	30,9	30,2	28,2
1 гр шов после Ж2	26,0	22,4	25,9	38,0	60,0	34,8	30,2	44,5
1 гр шов после Ж3	37,1	32,5	47,9	45,2	66,0	26,4	33,5	42,8
2 гр сшитый из ткани после Ж1	26,6	21,8	31,5	30,3	56,3	34,3	33,1	23,5
2 гр сшитый из ткани после Ж2	27,9	23,4	31,0	40,8	60,0	37,4	30,3	34,7
2 гр сшитый из ткани после Ж3	34,8	25,4	33,7	42,9	48,5	25,2	27,8	27,7



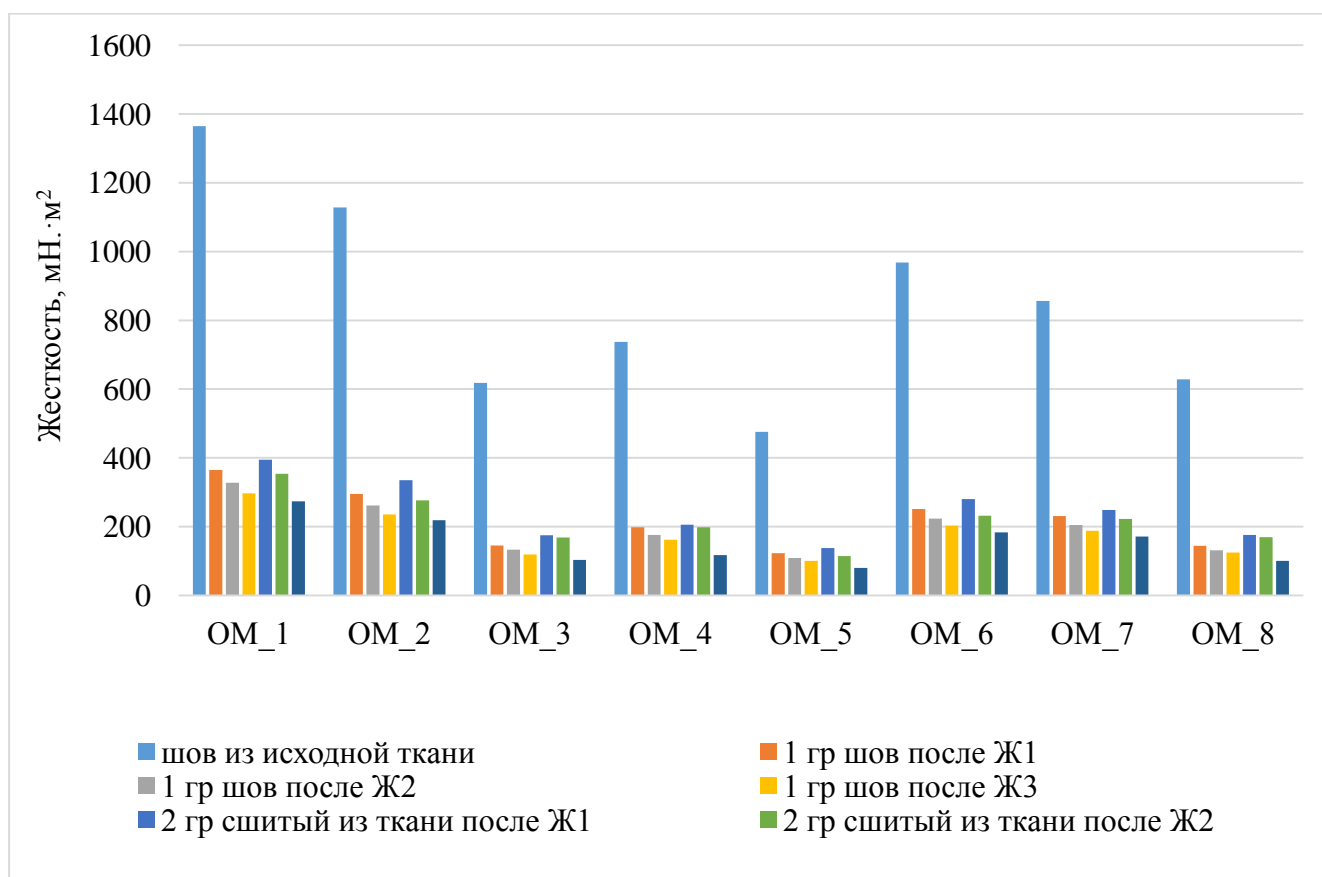


Рисунок 23 – Изменение жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 23 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва № 4

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	52,9	30,7	34,2	79,5	50,9	78,3	63,5	52,1
1 гр шов после Ж1	15,2	11,5	23,4	25,5	40,1	25,2	19,1	16,4
1 гр шов после Ж2	15,3	15,6	22,5	32,7	43,2	26,8	22,1	26,4
1 гр шов после Ж3	30,9	32,5	42,2	53,6	65,0	27,6	38,6	36,1
2 гр сшитый из ткани после Ж1	16,5	13,1	28,2	27,5	45,6	30,4	22,9	19,8
2 гр сшитый из ткани после Ж2	16,5	16,5	28,5	35,2	48,4	33,8	28,0	31,7
2 гр сшитый из ткани после Ж3	28,5	30,3	36,5	49,7	60,7	34,1	33,5	37,5

Результаты проведенных исследований показывают, что жесткость каркасной группы швов, выполненных из умягченных тканей, значительно снижается по сравнению с базовыми образцами для исходных тканей. Для обоснования подходов к

расширению модельного ряда одежды, выпускаемой из базового ассортимента тканей, следует отметить, что смена режима умягчающей обработки позволяет на группе каркасных швов варьировать изменение жесткости в максимально широких интервалах: 100-150 мН·см<sup>2</sup> (шов №4) 100-300 мН·см<sup>2</sup> (шов №7). Максимальное значение  $EI_{шв}$  характерно для швов, подвергнутых режиму мягчения Ж3. Данный режим сопровождается ворсованием изнаночной поверхности ткани и дает максимальный эффект мягчения. При этом ворсование мало воздействует на швы, имеющие закрытые припуски по причине наличия отделочных строчек. Следует отметить, что вторая группа швов (сшитых из ткани после мягчения) для режимов Ж1 и Ж2 отличается незначительным увеличением жесткости по сравнению с 1-й группой. Это объясняется тем, что при обработке сшитого образца нитки, находящиеся в структуре шва, также умягчаются, в то время как при соединении швов из умягченных тканей строчки выполняются исходной нитью (без умягчения).

Данные таблиц Б.16, Б.18 демонстрируют, что для группы каркасных швов изменение режима умягчающей обработки позволяет варьировать величину показателя приведенной жесткости в наиболее широких интервалах. Кратность превышения жесткости шва №7 над жесткостью ткани от практически неизменного соотношения можно максимально понизить на 24 относительные единицы для тканей с низкой поверхностной плотностью и на 50 отн. ед. для плотных тканей. Для шва №4 для плотных тканей величину  $EI^*$  максимально можно понизить на 40 отн. ед., а для тканей с низкой поверхностной плотностью можно увеличить превышение жесткости шва над жесткостью ткани на 8 отн. ед. или снизить соотношение на 12 отн. ед.

Значения жесткости группы мягких швов представлены на рисунках 24, 25 и в таблицах Б.16, Б.18 Приложения Б. Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости мягких швов представлено в таблицах 24, 25.

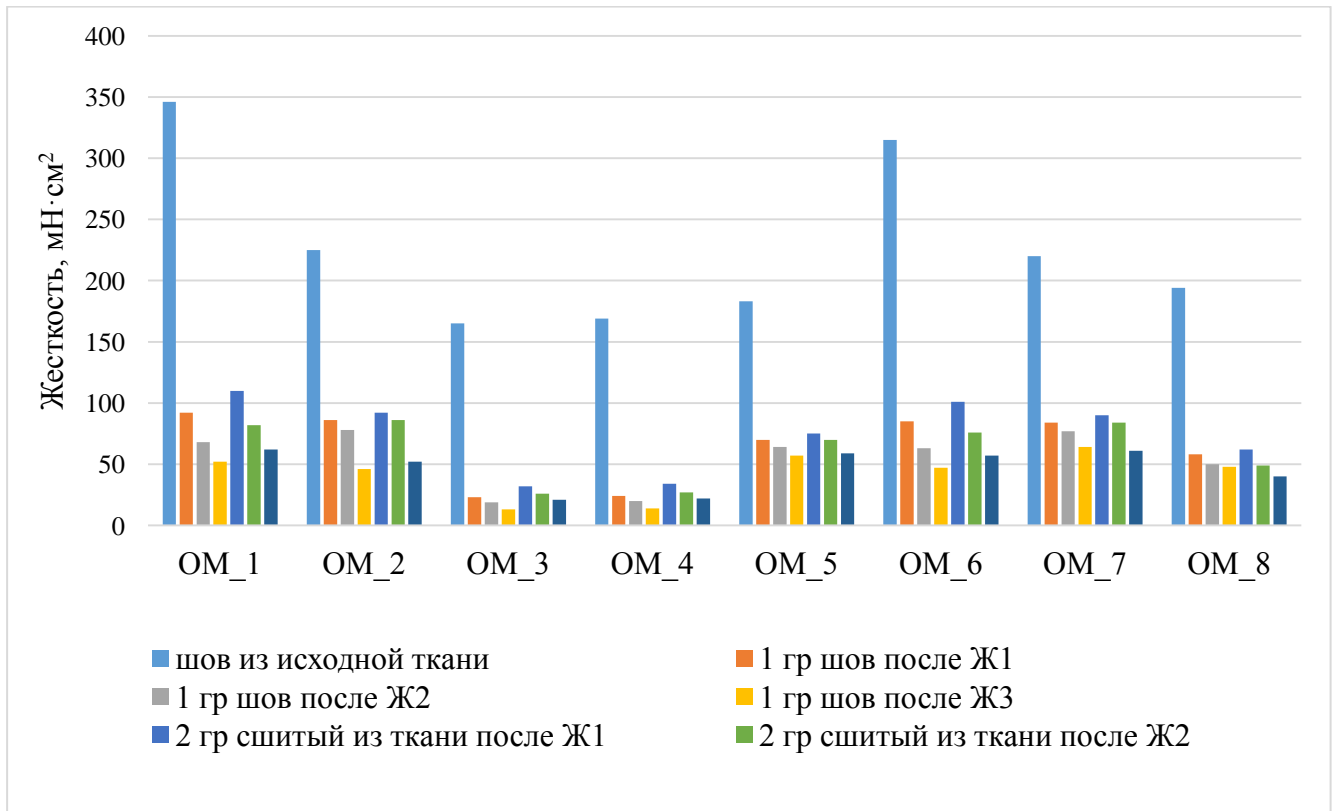


Рисунок 24 – Изменение жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 24 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва № 2

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	18,6	10,1	13,7	30,7	10,1	36,9	20,8	12,4
1 гр шов после Ж1	5,8	3,8	2,9	4,5	4,9	15,3	18,0	6,8
1 гр шов после Ж2	4,5	3,8	3,2	4,2	5,5	13,3	22,3	7,5
1 гр шов после Ж3	8,7	7,4	4,6	4,5	7,6	17,4	27,6	11,9
2 гр сшитый из ткани после Ж1	7,0	4,1	4,1	6,4	5,3	18,2	19,3	7,2
2 гр сшитый из ткани после Ж2	5,4	4,2	4,3	5,6	6,0	16,1	24,3	7,3
2 гр сшитый из ткани после Ж3	10,4	8,4	7,4	7,1	7,9	21,1	26,3	9,9

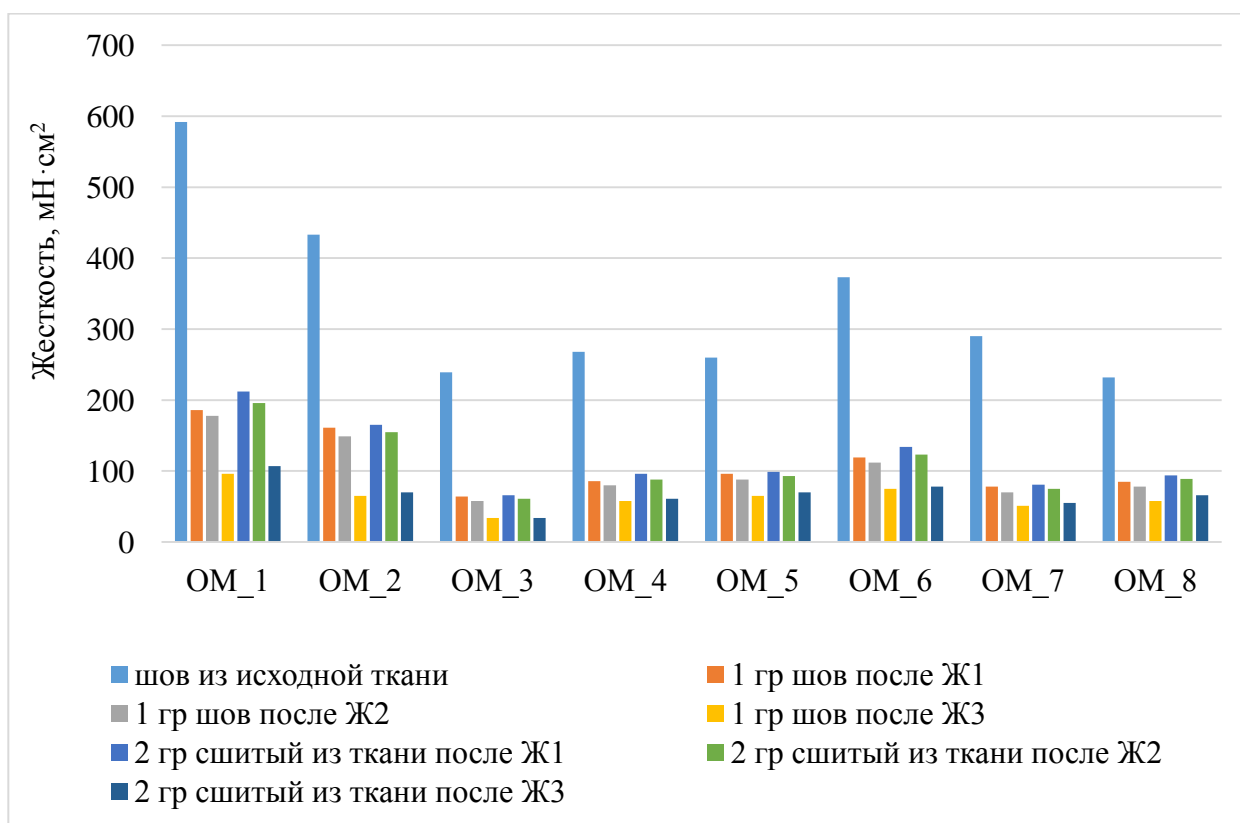


Рисунок 25 – Изменение жесткости шва № 8, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 25 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва №8

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	22,9	11,8	13,2	48,7	20,6	48,4	31,8	22,6
1 гр шов после Ж1	7,8	6,3	10,3	18,7	22,9	51,7	20,1	11,2
1 гр шов после Ж2	8,3	8,9	9,8	24,9	25,5	56,5	22,8	17,9
1 гр шов после Ж3	10,0	9,0	12,1	32,7	31,6	44,1	32,3	20,4
2 гр сшитый из ткани после Ж1	8,8	6,5	10,6	20,9	23,6	58,3	20,9	12,3
2 гр сшитый из ткани после Ж2	9,2	9,3	10,3	27,4	26,9	62,1	24,4	20,5
2 гр сшитый из ткани после Ж3	11,1	9,7	12,1	34,4	33,9	45,8	34,8	23,2

Группа мягких швов исходно имеет относительно невысокие значения жесткости. Поэтому при получении умягченных образцов интервалы снижения

жесткости небольшие: от 20...30 мН·см<sup>2</sup> для тканей с низкой поверхностной плотностью до 60...120 мН·см<sup>2</sup> для плотных тканей. Сопоставление значений показателя приведенной жесткости показывает, что тенденция к уменьшению кратности превышения жесткости шва над значением показателя  $EI_{mk}$  имеется для всех режимов умягчающей обработки, причем примерно в одинаковой степени. Например, для шва №8 интервал варьирования составляет 1,1...3,4 отн. ед. для легких тканей и 11,1...15,1 отн. ед. для одежных тканей с повышенной поверхностной плотностью. Это позволяет для обработки участков швейных изделий со швами данной группы рекомендовать наиболее легко реализуемые режимы биомодификации.

Влияние мягчения на изменение показателя жесткости для группы швов со средним уровнем жесткости представлено на рисунке 26, 27 и в таблицах Б.20, Б.22 Приложения Б. Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости швов средней жесткости представлено в таблицах 26, 27.

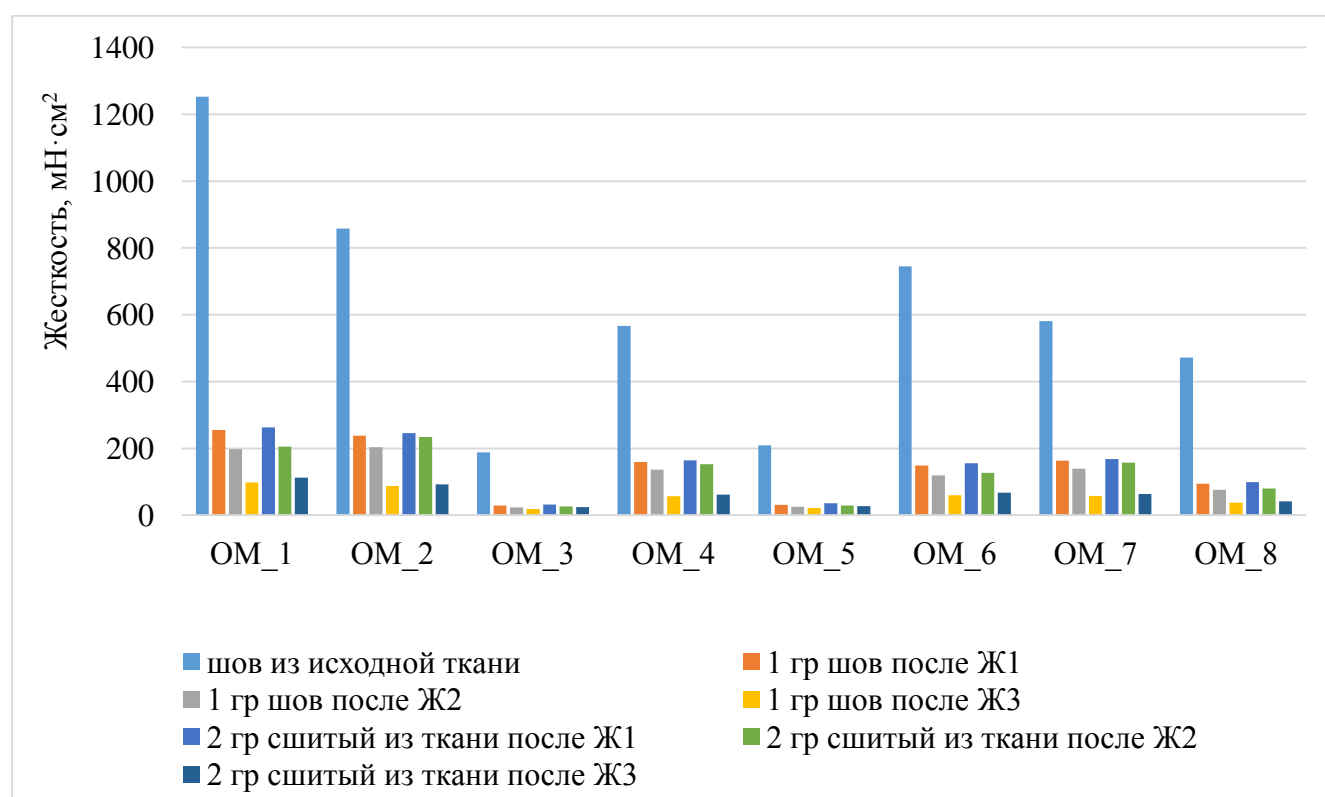


Рисунок 26 – Изменение жесткости с шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 26 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва № 1

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	31,2	16,3	20,8	31,2	22,0	18,0	21,0	33,7
1 гр шов после Ж1	8,6	8,1	7,8	6,9	9,5	3,8	4,1	12,1
1 гр шов после Ж2	7,8	7,0	6,8	5,0	9,9	3,6	4,3	12,9
1 гр шов после Ж3	7,0	9,9	7,6	7,7	10,6	5,2	5,6	14,4
2 гр сшитый из ткани после Ж1	8,9	8,4	8,6	7,5	9,8	4,1	4,5	12,4
2 гр сшитый из ткани после Ж2	8,1	8,1	7,7	6,8	12,2	4,0	4,9	13,5
2 гр сшитый из ткани после Ж3	7,9	10,3	9,6	9,6	12,3	6,3	6,9	15,5

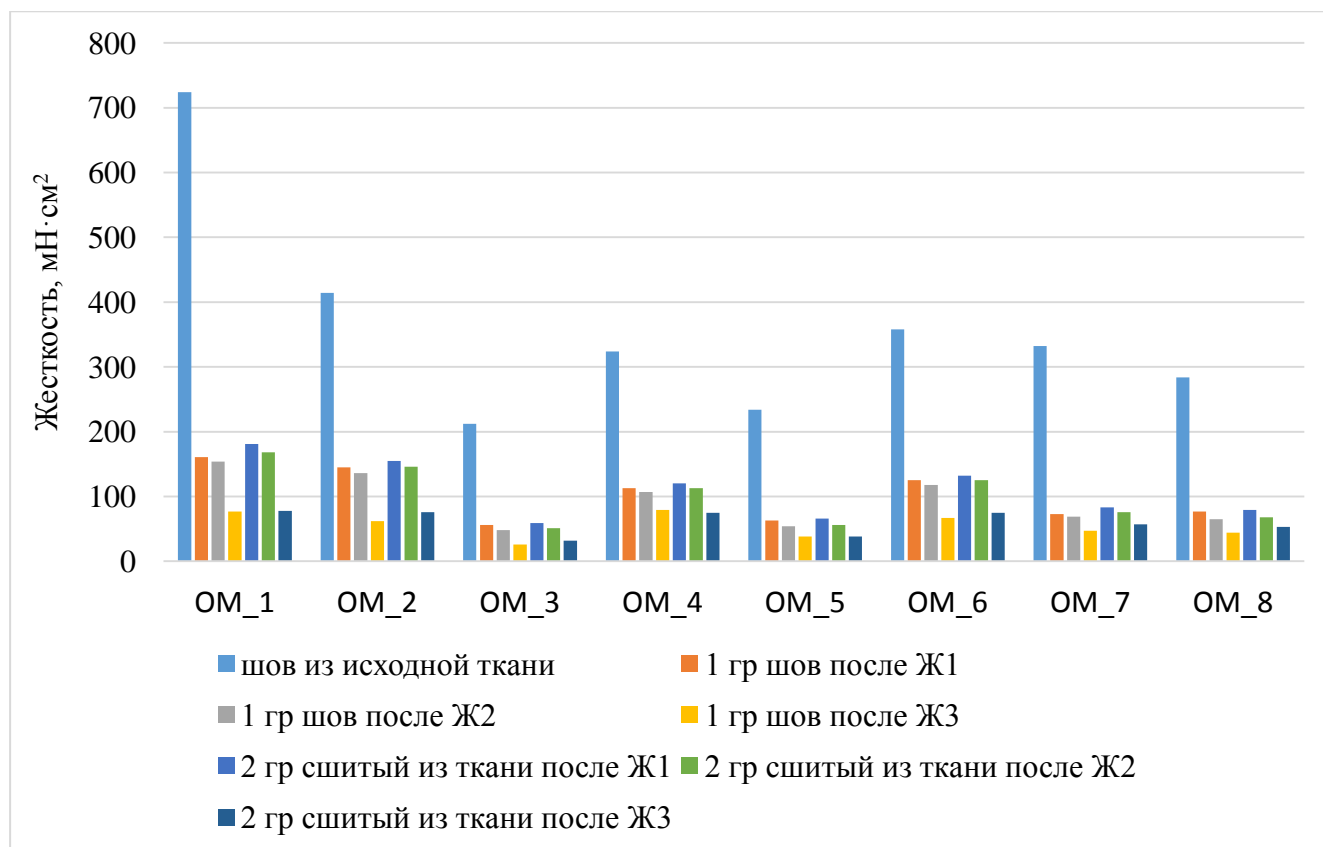


Рисунок 27 – Изменение жесткости шва №6, выполненного из исходной и умягченных тканей

Таблица 27 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва №6

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	39,0	18,6	17,6	42,6	10,5	47,7	56,3	20,3
1 гр шов после Ж1	10,2	6,5	7,2	21,2	4,4	22,5	15,7	8,9
1 гр шов после Ж2	10,1	6,6	8,0	22,3	4,6	24,9	20	9,7
1 гр шов после Ж3	12,9	10,0	9,2	25,3	5,1	25,1	20,3	10,9
2 гр сшитый из ткани после Ж1	11,4	6,9	7,6	22,5	4,6	23,8	17,8	9,2
2 гр сшитый из ткани после Ж2	11,0	7,1	8,5	23,6	4,8	26,4	22,0	10,2
2 гр сшитый из ткани после Ж3	13,1	12,2	11,3	24,0	5,1	27,7	24,6	13,2

На основании результатов проведенных исследований выявлено, что к выбору варианта модифицирующей обработки деталей и узлов, конструктивно включающих швы средней группы жесткости, следует подходить с учетом проектируемых моделей и их объемно-силуэтных решений. 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>. При этом для данной группы швов удается при всех режимах модификации обеспечить сбалансированное изменение показателей жесткости и на участке шва, и в полотне ткани.

Таким образом, применение различных режимов мягчения в сочетании с различными конструкциями шва и выбором последовательности их стачивания (до или после мягчения) позволяет регулировать жесткость различных участков изделия в широком диапазоне.

### Выводы по главе

1. Совместно со специалистами ИХР РАН разработаны рецептуры ферментной композиции и лабораторные технологические режимы жидкостного способа мягчения льняных полуфабрикатов. По результатам исследования лабораторных образцов 11

вариантов промышленно выпускаемых ферментных препаратов для жидкостного способа биообработки льняных полуфабрикатов наилучшую эффективность показало использование композиций на основе ферментных препаратов ЦП5 и ЦП11 в смеси с соотношением 1:1 с добавкой смеси гемицеллюлазных препаратов.

2. Исследованы режимы жидкостной обработки: интенсивное перемешивание путем циркуляции раствора насосом (Ж1); интенсивное перемешивание механической мешалкой с введением в раствор керамических шариков для имитации эффекта «мокрое трение» (Ж2); режим без гидродинамического воздействия с проведением после сушки механического ворсования материала с изнаночной стороны (Ж3). 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%.

3. Определены значения показателей жесткости 8 конструкций соединительных и краевых ниточных швов с использованием различных режимов обработки. Установлено, что изменение жесткости каркасных швов можно регулировать в широких пределах 100-300 мН·см<sup>2</sup> за счет выбора режима умягчающей обработки, а также последовательности их стачивания (до или после мягчения). Снижение жесткости мягких швов составляет от 20...30 мН·см<sup>2</sup> для тканей с низкой поверхностной плотностью и до 60...120 мН·см<sup>2</sup> для плотных тканей. В целом понижение жесткости швов относительно неумягченных материалов может составлять от 50 до 300 мН·см<sup>2</sup>.



## **4. РАЗРАБОТКА МАЛОМОДУЛЬНОГО СПОСОБА МЯГЧЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

### **4.1. Разработка рецептур ферментных композиций для маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов**

Основное отличие маломодульного ферментативного мягчения от жидкостного способа 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 зависимости от способа подготовки текстильного материала [112, 113]. В условиях непрерывной пропитки с отжимом тканого полотна в жале валов количество жидкости, уносимой волокнистым материалом, определяется степенью отжима ткани, таким образом при 100%-ном отжиме поглощение технологического раствора волокном составляет 1 г/г. Пенные и аэрозольные технологии нанесения растворов позволяют еще на порядок уменьшить количество жидкости, вводимой в структуру льноволокнистого материала.

Снижение количества наносимой на текстильные материалы жидкости, безусловно, уменьшит необходимые энергозатраты для последующего удаления избыточной влаги из полуфабриката швейного изделия. Однако, в отличие от обработки льняных материалов, например, варочными или красильными технологическими растворами, в случае модификации ферментными препаратами идентичные условия для протекания биокатализируемых процессов в структуре текстильного полуфабриката не удастся обеспечить простым увеличением концентрации биопрепаратов в растворе пропорционально уменьшению количества наносимой жидкости.

При маломодульной обработке льняных полотен поглощение растворов происходит в основном за счет впитывания в макропоровые межнитяные пространства ткацкого переплетения. Использование отжима ткани в жале валов способствует проникновению реагентов в межволоконные пространства в

структуре нитей, а перенос вглубь волокнистых элементов осуществляется посредством внутренней диффузии. Очевидно, что укрупненные размеры молекул ферментов и проявляемое ими сродство к полимерам льняного субстрата являются факторами, тормозящими стадию диффузии.

Для анализа использованы те же ферментные препараты, что и для жидкостной обработки ЦП 1 - ЦП11 и ГП1, ГП2, ГП3. Известно, что размер мезопоровых пространств в клеточной стенке льняного волокна в сухом состоянии составляет 15–20 нм. Поэтому проницаемость ненабухшего волокна для ферментов, равно как и для функциональных компонентов разрабатываемых отделочных композиций, обеспечивается при размере фракции менее 20 нм. Этому критерию соответствует целлюлазные препараты ЦП1, ЦП9 и ЦП11.

Совместно со специалистами ИХР РАН получены лабораторные образцы трех видов ферментных композиций для маломодульного мягчения с рабочими обозначениями 1МЛ, 2МЛ и 3МЛ, состав которых представлен в таблице 28.

Таблица 28 – Состав лабораторных ферментных композиций

Функциональность ингредиентов	Компоненты 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		

Условия маломодульной биообработки льняной ткани:

- параметры пропиточного раствора:  $A_{Pconst} = 8,5 \pm 0,5$  ед./мл;  $A_{Sconst} = 250 \pm 10$  ед./мл; температура раствора – 40...45°C;

- пропитка образцов ткани на лабораторной плюсовке; длительность пребывания образца в пропиточном растворе - 30 с, величина отжима в жале валов - 100%;

- упаковка проб мокроотжатого материала в герметизирующие боксы;

- выдержка герметизированных образцов в воздушном термостате (стадия I) – 60 мин;

- разгерметизация образцов и обработка в среде насыщенного водяного пара (стадия II) – 30 мин.

В таблице 29 представлены результаты анализа образцов ткани после обработки.

Таблица 29 – Эффективность биообработки ткани арт. 07103 лабораторными образцами ферментных композиций для маломодульного мягчения

Препарат	Стадия	Содержание полимеров, мас. %			Жесткость ткани, $EI_{тк}$ , мН·см <sup>2</sup>		Разрывная нагрузка, P, Н	
		П	ГЦ	Л	основа	уток	основа	уток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
–	–	3,7	8,4	5,1	83,5	79,4	870	790
1МЛ	I	0,9	8,3	5,1	76,2	70,5	856	777
	II	0,5	3,9	3,3	30,0	24,3	848	768
2МЛ	I	0,9	7,2	5,1	80,1	73,3	862	785
	II	0,5	3,7	3,0	29,5	23,6	843	772
3МЛ	I	0,9	5,3	5,1	92,1	84,4	664	579
	II	0,5	2,9	2,6	41,9	34,7	617	566

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что композиции 1МЛ и 2МЛ в условиях маломодульной обработки обеспечивают снижение П, ГЦ и Л, что в совокупности дает снизить показатель  $EI_{тк}$  в 2,8 и 3,4 раза в направлении нитей основы и утка соответственно.

Для лабораторного образца композиции 3МЛ экспериментально подтверждена невозможность ее применения в условиях маломодульной обработки, т.к. данный препарат оказывает сильное снижение уровня разрывной нагрузки.

Таким образом, для маломодульного способа биообработки льняных полуфабрикатов можно рекомендовать использование композиции 1МЛ на основе препаратов Пектазим Стандарт и ЦП1 для получения эффектов зонального мягчения полуфабрикатов из отбеленного и окрашенного ассортимента льняных тканей по одностадийному режиму модифицирования.

## 4.2. Разработка лабораторных технологических режимов маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов

Для исследований использована льняная ткань полотняного переплетения, основные технологические свойства которой отражены в таблице 30.

Таблица 30 – Характеристика льняной ткани

Внешний вид	Группа нитей	Содержание полимеров, мас. %	Линейная плотность, $T$ , Текс	Крутка, Кр, круч./м	Жесткость, $EI$ , мН·см <sup>2</sup>	Разрывная нагрузка, $P$ , Н
	основа	$P = 1,3$ $ГЦ = 3,8$ $L = 1,6$	92,5	800	41,6	549
	уток	$P = 3,7$ $ГЦ = 5,7$ $L = 6,4$	73,0	650	52,8	593

Отличительной особенностью выбранного текстильного материала является различие вида пряжи в ткацком переплетении. В направлении нитей основы полотно содержит пряжу из полубелой льняной ровницы, прошедшей в прядильном производстве подготовительную операцию окислительной варки, в результате которого достигается эффективное удаление полимерных примесей, включая делигнификацию волокна.

Исследование режимов маломодульного мягчения осуществляли методом пропитки материала с использованием двухвальной плюсовки. Изменение степени пропитки материала осуществляли путем регулирования усилия сжатия валков.

Реализуемая в эксперименте технологическая схема обработки образцов льняной ткани с маломодульным нанесением ферментной композиции представлена на рисунке 28.

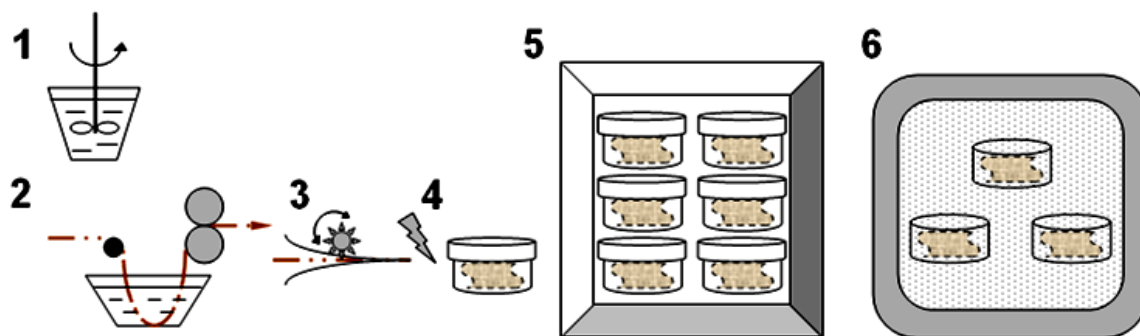


Рисунок 28 – Схема реализации лабораторных режимов маломодульной биомодификации льняной ткани: 1 – приготовление раствора; 2- пропитка на двуххвальной плюсовке; 3 – защита пленкой; 4- герметизация проб в закрытых кассетах; 5- термостатирование; 6- нагрев в паровой среде

Схема предусматривает проведение одно- и двухстадийной выдержки проб, отделяемых от образца ткани с определенными условиями пропитки. Часть проб отбирали после стадии термостатирования для анализа свойств нитей основы. Оставшиеся пробы исследовали после стадии пропаривания для оценки показателей нитей утка. Для поддержания постоянного влагосодержания материала в процессе биомодификации пробы мокроотжатой ткани покрывали защитной пленкой и изотермическую выдержку осуществляли в герметично закрываемых кассетах. На второй стадии пропариванию подвергали пробы без защитной пленки в открытых кассетах для дополнительного увлажнения конденсирующимся паром.

Регулируемые технологические параметры:

- на стадии 1 – концентрация композиции 1МЛ ( $C_{\Phi}$ , г/л) - 20 и 40 г/л;
- на стадии 2 – степень отжима ( $W = 100$  и  $150$  %);
- на стадии 3 – дополнительная прокатка проб ребристым валиком для повышения равномерности проникновения раствора в нити, особенно на участках их перекрытия в ткацком переплетении;
- на стадии 5 – длительность термостатирования ( $\tau_T = 60, 90$  и  $120$  мин);
- на стадии 6 – длительность пропаривания ( $\tau_{\Pi} = 20, 30, 40$  и  $60$  мин).

На рисунке 29 представлены результаты оценки условий пропитки ткани раствором ферментной композиции 1МЛ и изотермической выдержки по совокупности показателей для нитей основы.

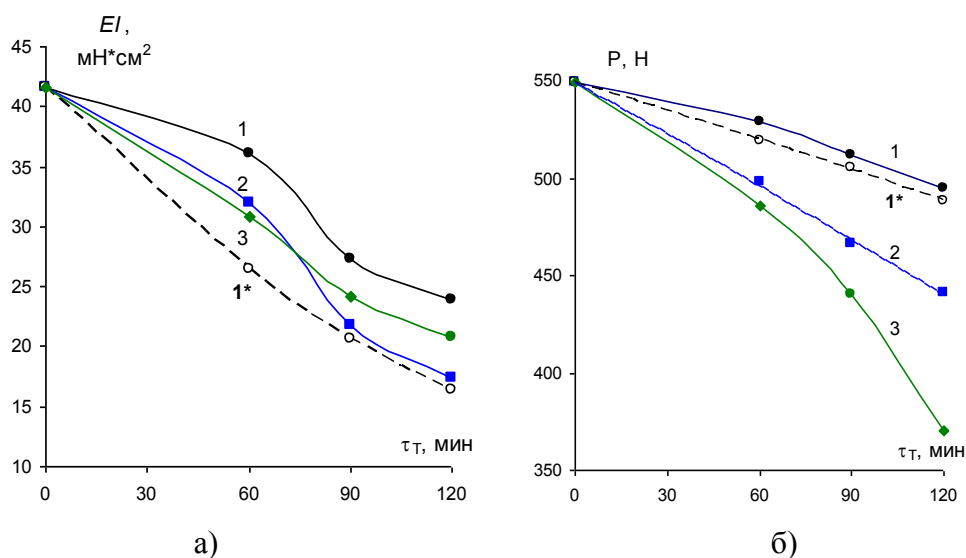


Рисунок 29 – Изменение жесткости (а) и разрывной нагрузки (б) нитей основы льняной ткани при варьировании длительности воздействия биопрепарата и условий его нанесения: 1-  $C_{\Phi} = 20$  г/л;  $W = 100$  %; 1\*- аналогично 1 + прокатка ребристым валиком; 2-  $C_{\Phi} = 40$  г/л;  $W = 100$  %; 3-  $C_{\Phi} = 20$  г/л;  $W = 150$  %.

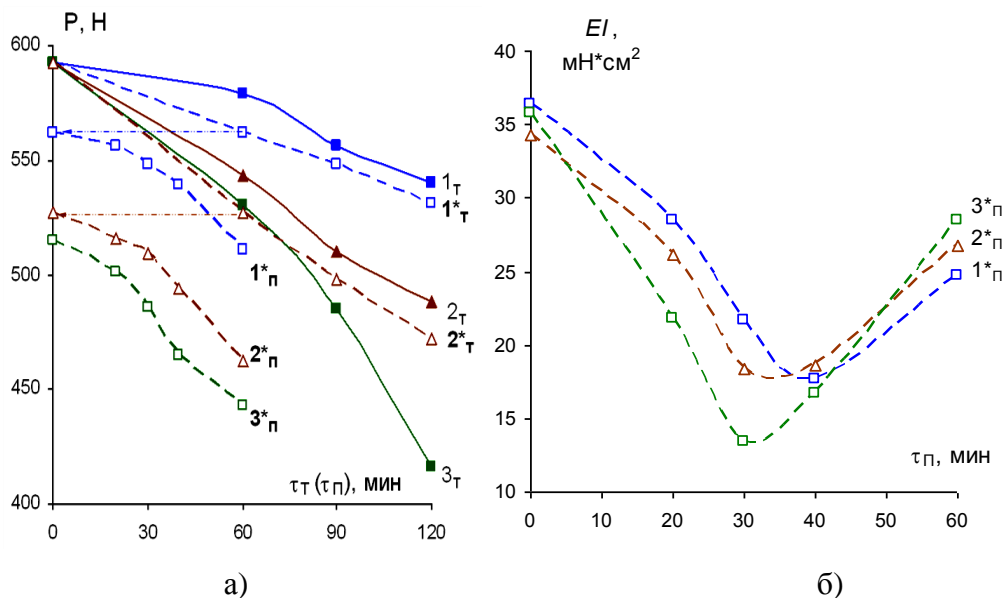
Данные рисунка 29 позволяют сделать следующие заключения:

1. При концентрации препарата ЛФК-1МЛ 20 г/л увеличение  $\tau_T$  с 60 до 90 мин (кривая 1) усиливает снижение жесткости в 2,6 раза при незначительном дополнительном понижении прочности (с 3,6 до 6,7 %); дальнейшее продолжение термостатирования малоэффективно.
2. При увеличении концентрации биопрепарата (кривая 2) оптимальная длительность ферментации также составляет 90 мин; двукратное снижение жесткости материала сопровождается снижением прочности на 15,1 %.
3. Повышение содержания ферментов в волокнистом материале за счет увеличения привеса наносимого раствора при  $W = 150$  % (кривая 3) ускоряет начальное понижение жесткости материала (в 2 раза за 60 мин относительно кривая 1), но продолжение выдержки до 90 и 120 мин приводит к нарастанию

потерь прочности соответственно до 19,9 и 32,6 % (заметим, что даже в последнем случае умягченная ткань не только соответствует, но и превосходит с большим запасом требуемый уровень прочностного показателя для чистольняных тканей платьево-костюмной группы согласно ГОСТ 15968-2014 [108] – не менее 245 Н).

4. Подтверждена эффективность разрыхления структуры нити и интенсификации внутреннего массопереноса за счет прокатки мокроотжатой ткани ребристым валиком (кривая 4): начальная скорость снижения жесткости возрастает в 2,7 раза в сравнении с базовым вариантом обработки (кривая 1). Для получения эффектов зонального мягчения допустимо увеличение длительности выдержки до 2 часов: уменьшение показателя  $EI$  в 2,5 раза сопровождается снижением прочностного показателя лишь на 11,1 %.

Результаты анализа проб после полного цикла обработки при длительности 1-й стадии 60 мин суммированы на рисунке 30.



Индексы: \* - прокатка ребристым валиком; Т – термостатирование на 1 стадии; П – пропаривание на 2 стадии

Рисунок 30 – Динамика изменений разрывной нагрузки (а) и жесткости (б) по нитям утка при варьировании длительности стадий биомодификации и условий нанесения ЛФК-1МЛ: 1 -  $C_{\Phi} = 40$  г/л;  $W = 100$  %; 2 -  $C_{\Phi} = 50$  г/л;  $W = 100$  %; 3 -  $C_{\Phi} = 40$  г/л;  $W = 150$  %;

Основные заключения по результатам анализа данных рисунка 30:

- оптимизация технологического режима должна учитывать нарастающее падение прочности материала как при неоправданном увеличении длительности ферментативного воздействия на 1-й стадии (кривые  $1_T \dots 3_T$  на рисунке 30а), так и в результате пропаривания на 2-й стадии (кривые  $1_{II} \dots 3_{II}$  на рисунке 30б).

- экстремальный характер зависимости  $EI = f(\tau_{II})$  на рисунке 30б обусловлен наложением одновременно протекающих процессов целевой деструкции лигнина и нежелательного повреждения гемицеллюлоз. При увеличении длительности пропаривания до 30...40 мин можно добиться суммарного снижения жесткости проб по высоколигнифицированным нитям утка в 3...3,9 раза.

Для условий обработки  $C_{\Phi} = 40$  г/л;  $W = 100$  %; прокатка;  $\tau_T = 60$  мин;  $\tau_{II} = 40$  мин жесткость понижается с 52,8 до 17,6 мН·см<sup>2</sup> при уменьшении разрывной нагрузки с 593 до 539 Н (на 9,1%). Увеличение  $C_{\Phi}$  до 50 г/л при таких же условиях проведения 1-й стадии позволяет сократить длительность второй стадии до  $\tau_{II} = 30$  мин с результатами  $EI = 18,4$  мН·см<sup>2</sup>,  $P = 509$  Н. Для варианта  $C_{\Phi} = 40$  г/л;  $W = 150$  %; прокатка;  $\tau_T = 60$  мин;  $\tau_{II} = 30$  мин качественные показатели материала характеризуются значениями  $EI = 13,4$  мН·см<sup>2</sup>,  $P = 509$  Н (снижение от уровня исходных показателей на 75 % и 14,2 % соответственно).

Варьирование длительности пропаривания является наиболее значимым технологическим параметром для достижения необходимой степени умягчения высоколигнифицированных льноволокнистых полуфабрикатов.

Таким образом, по результатам выполненных исследований предлагается применять режим одностадийного маломодульного умягчения льняных полуфабрикатов для изготовления швейных изделий из льняных материалов. Для данного режима наилучшим образом подходят ткани с поверхностной плотностью от 80 до 250 г/м<sup>2</sup>, прошедшие цикл делигнифицирующей обработки в отделочном производстве текстильного предприятия (группа костюмных льняных тканей).

Совместно со специалистами ИХР РАН разработан лабораторный режим одностадийного маломодульного умягчения льняных полуфабрикатов:

1. Технологический раствор ферментного препарата должен быть



приготовлен на умягченной (предпочтительно, дистиллированной) воде, нагретой до 40...45 °С; при использовании дистиллированной воды приготовление начинают с введения комплексона трилон Б в количестве 0,2 г/л.

2. Весовая концентрация лабораторного образца ферментной композиции от 20 до 40 г/л.

3. Величина показателя рН раствора на уровне 4,5-5,0 ед. обеспечивается применением натрий-ацетатного буфера.

4. В качестве смачивателя предпочтительно использовать малопенные неионогенные ПАВ, например, синтанол БВ в концентрации 0,5 г/л.

5. Температура раствора поддерживается на уровне 40...45°С.

6. Маломодульное нанесение пропиточного раствора на текстильный полуфабрикат осуществляется на лабораторной плюсовке с контролируемой степенью отжима 100...150 %.

7. Защита мокроотжатого полуфабриката от обсыхания полимерной пленкой и прокатка ребристым валиком.

8. Выдержка полуфабрикатов в воздушном термостате в течение 60 мин.

9. Удаление защитной пленки и обработкой полуфабрикатов на термопрессе при температуре 80°С в течение 1-2 мин для инактивации ферментов.

10. Очистка полуфабрикатов от твердых примесей щеткой или ворсование тыльной поверхности образцов.

### 4.3. Изучение влияния режимов маломодульного способа на упруго-деформационные и технологические свойства льняных тканей

Как показано в предыдущих разделах, использование маломодульного смягчения предпочтительно для материалов повышенной плотности, поэтому для исследований выбраны льняные ткани костюмного ассортимента. Характеристика материалов приведена в таблице 31.

Таблица 31 – Характеристика исследуемых материалов

Обозначение материала	Вид отделки	Переплетение	Поверхностная плотность, $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Жесткость, $EI_{mk}$ , мН·см <sup>2</sup>		Разрывная нагрузка, $P$ , Н	
				основа	уток	основа	Уток
ОМ_1	гладкокрашенная	полотняное	266	30,4	21,0	278	291
ОМ_2	печатный рисунок	полотняное	183	11,3	11,6	225	216
ОМ_3	гладкокрашенная	полотняное	228	40,2	18,8	346	207
ОМ_4	в полоску	полотняное	133	7,6	5,5	207	189
ОМ_5	гладкокрашенная	полотняное	88	22,2	12,6	139	146
ОМ_6	гладкокрашенная	полотняное	135	7,5	3,14	185	178
ОМ_7	с набивным рисунком	полотняное	142	5,9	4,96	224	199
ОМ_8	с набивным рисунком	полотняное	141	14	10,26	237	241

Исследование влияния маломодульного умягчения на технологические свойства материалов осуществлена по следующим показателям:

- жесткость (ГОСТ 10550-93 [43]);
- формовочная способность (патент №2343477 Способ определения формовочной способности текстильного материала) [50];
- несминаемость (ГОСТ 19204-73) [45];
- изменение размеров после мокрой обработки (усадка после стирки) (ГОСТ 30157.0-95, ГОСТ 30157.1-95) [48, 49];
- изменение жесткости после 5 аквастирок (ГОСТ 10550-93, ГОСТ 30157.0-95, ГОСТ 30157.1-95) [43, 48, 49];
- разрывная нагрузка (ГОСТ 3813-72) [44];
- стойкость к истиранию по плоскости (ГОСТ 18976-73) [47].

Изучены восемь режимов одностадийного маломодульного мягчения раствором ферментного препарата, отличающиеся степенью отжима и временем выдержки полуфабрикатов в воздушном термостате, а также наличием операции ворсования тыльной поверхности образцов (таблица 32) [112]:

Таблица 32 – Режимы одностадийного маломодульного 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	+

Результаты измерения показателя жесткости тканей представлены в таблице В.1 приложения В и на рисунке 31.

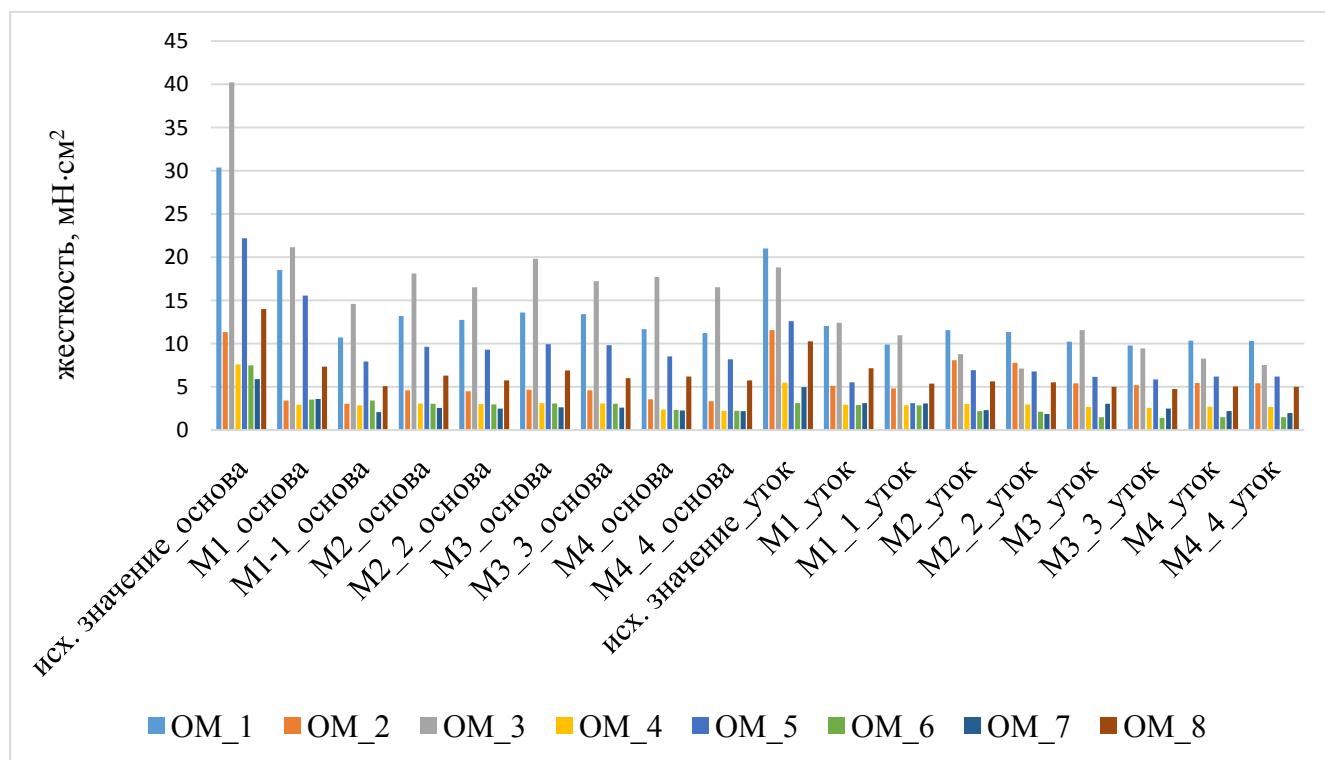


Рисунок 31 – Изменение показателя жесткости тканей ( $EI_{mk}$ ,  $\text{mN}\cdot\text{cm}^2$ ) по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов

Из сопоставления полученных значений жесткости с требуемой жесткостью одежды костюмного ассортимента, определенной во второй главе исследований и составляющей  $1,6...4,0 - 20,5...52,0 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ , следует что весь диапазон требуемых значений при использовании маломодульного способа мягчения полуфабриката является достижимым.

Для оценки эффективности различных режимов в таблице 33 представлены значения снижения показателя  $EI$  для модифицированных образцов относительно уровня жесткости исходных тканей.

Таблица 33 – Эффективность снижения жесткости тканей при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия

Ткань		Относительное снижение показателя $EI$ (разы) для умягченных образцов тканей							
		M1	M1_1	M2	M2_2	M3	M3_3	M4	M4_4
ОМ_1	основа	1,64	2,83	2,3	2,38	2,23	2,26	2,6	2,7
ОМ_1	уток	1,75	2,12	1,82	1,85	2,05	2,15	2,03	2,04
ОМ_2	основа	3,34	3,72	2,45	2,53	2,42	2,47	3,2	3,39
ОМ_2	уток	2,25	2,4	1,43	1,48	2,14	2,22	2,12	2,13
ОМ_3	основа	1,9	2,75	2,22	2,44	2,0	2,34	2,27	2,43
ОМ_3	уток	1,52	1,71	2,14	2,64	1,62	1,99	2,28	2,49
ОМ_4	основа	2,59	2,64	2,45	2,53	2,42	2,47	3,19	3,38
ОМ_4	уток	1,87	1,91	1,82	1,85	2,05	2,15	2,03	2,04
ОМ_5	основа	2,11	2,19	2,45	2,53	2,42	2,47	3,19	3,38
ОМ_5	уток	2,27	4,0	1,82	1,85	2,05	2,15	2,03	2,04
ОМ_6	основа	2,11	2,19	2,45	2,53	2,42	2,47	3,19	3,38
ОМ_6	уток	1,1	1,09	1,42	1,48	2,14	2,23	2,12	2,14
ОМ_7	основа	1,64	2,84	2,30	2,38	2,23	2,26	2,59	2,71
ОМ_7	уток	1,58	1,61	2,15	2,64	1,62	1,99	2,27	2,49
ОМ_8	основа	1,90	2,76	2,22	2,43	2,03	2,34	2,27	2,43
ОМ_8	уток	1,44	1,91	1,82	1,85	2,05	2,15	2,03	2,04

Из таблицы видно, что все режимы обеспечивают снижение жесткости материалов в 1,1 – 4,0 раза, что значительно меньше, чем при жидкостном способе, дающим снижение жесткости в 1,1-6,4 раза. Увеличение времени выдержки и степени отжима дает небольшое снижение жесткости тканей ОМ\_1 и ОМ\_3, а для ткани ОМ\_2 приводит к снижению эффективности обработки. Следовательно увеличение времени выдержки целесообразно только для тканей с

жесткостью более  $20 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$ . Дополнительное ворсование, используемое в режимах М1-1, М2-2, М3-3, М4-4, не приводит к значительному эффекту.

Следует отметить, что получаемые значения жесткости обеспечивают требуемый диапазон для всех вариантов объемно-силуэтных форм женских жакетов. Наиболее эффективно использование режимов М1 и М1\_1.

Исследовано изменение показателя жесткости умягченной ткани после пяти аквастирок. Значение не превышает 5%, что говорит об устойчивости эффекта мягчения в процессе эксплуатации.

Результаты измерения показателя ФС приведены на рисунке 32 и в таблице В.3 Приложения В.

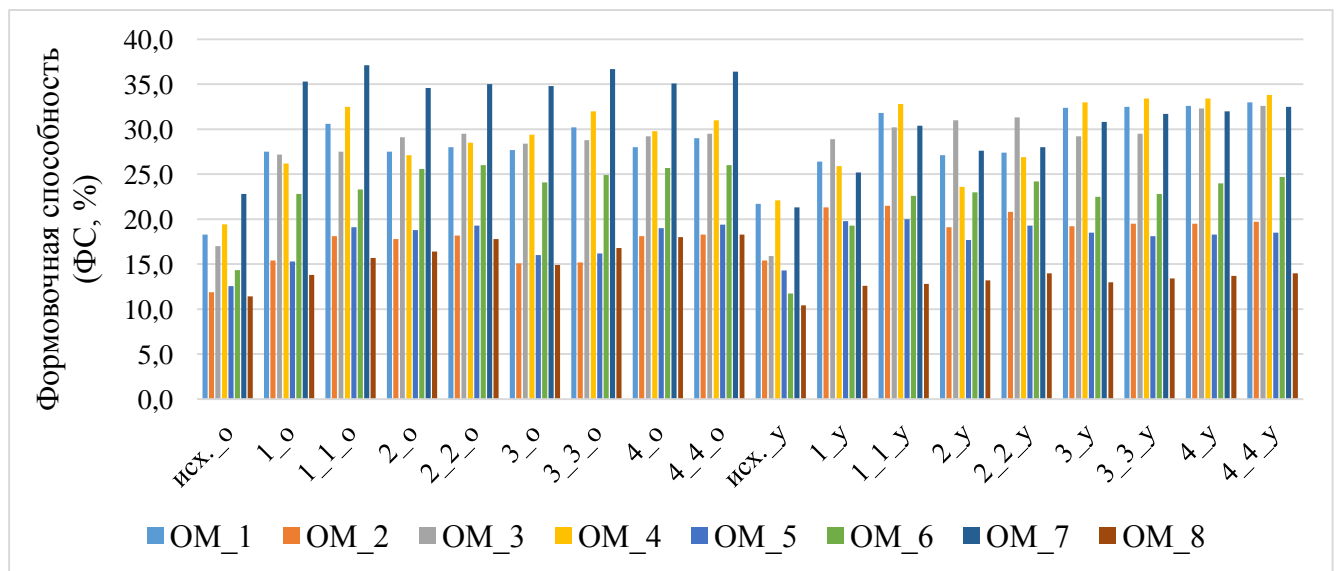


Рисунок 32 – Изменение показателя формовочной способности тканей (ФС, %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Как видно из рисунка 32, формовочная способность всех материалов увеличивается после умягчающей отделки. Относительные изменения показателя ФС тканей представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Эффективность изменения формовочной способности тканей при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия

Режим обработки	Относительное увеличение показателя $\Phi C$ (разы) для умягченных образцов тканей															
	ОМ 1		ОМ 2		ОМ 3		ОМ 4		ОМ 5		ОМ 6		ОМ 7		ОМ 8	
	осн ова	уто к	осн ова	осн ова	основ а	уто к	осн ова	ут ок	осно ва	ут ок	осно ва	ут ок	осно ва	ут ок	осно ва	ут ок
М1	1,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,4	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,2	1,2	1,2
М1-1	1,7	1,5	1,5	1,4	1,6	1,9	1,7	1,5	1,5	1,4	1,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,2
М2	1,5	1,3	1,5	1,2	1,7	1,9	1,4	1,1	1,5	1,2	1,7	1,9	1,5	1,3	1,4	1,3
М2-2	1,5	1,3	1,5	1,4	1,7	1,9	1,5	1,2	1,5	1,3	1,8	2,0	1,5	1,3	1,6	1,3
М3	1,5	1,5	1,3	1,3	1,8	1,8	1,5	1,5	1,3	1,3	1,7	1,9	1,5	1,4	1,5	1,3
М3-3	1,6	1,5	1,3	1,3	1,7	1,9	1,6	1,5	1,5	1,3	1,8	2,0	1,5	1,5	1,6	1,3
М4	1,5	1,5	1,5	1,3	1,7	2,0	1,5	1,5	1,5	1,3	1,8	2,0	1,5	1,5	1,6	1,3
М4-4	1,6	1,5	1,5	1,3	1,7	2,1	1,6	1,5	1,5	1,3	1,8	2,1	1,6	1,5	1,6	1,3

Увеличение показателя составляет 1,1-2,1 раза.

Значения несминаемости ( $H$ , %) исследуемых образцов представлены на рисунке 33 и в таблице В.5 Приложения В.

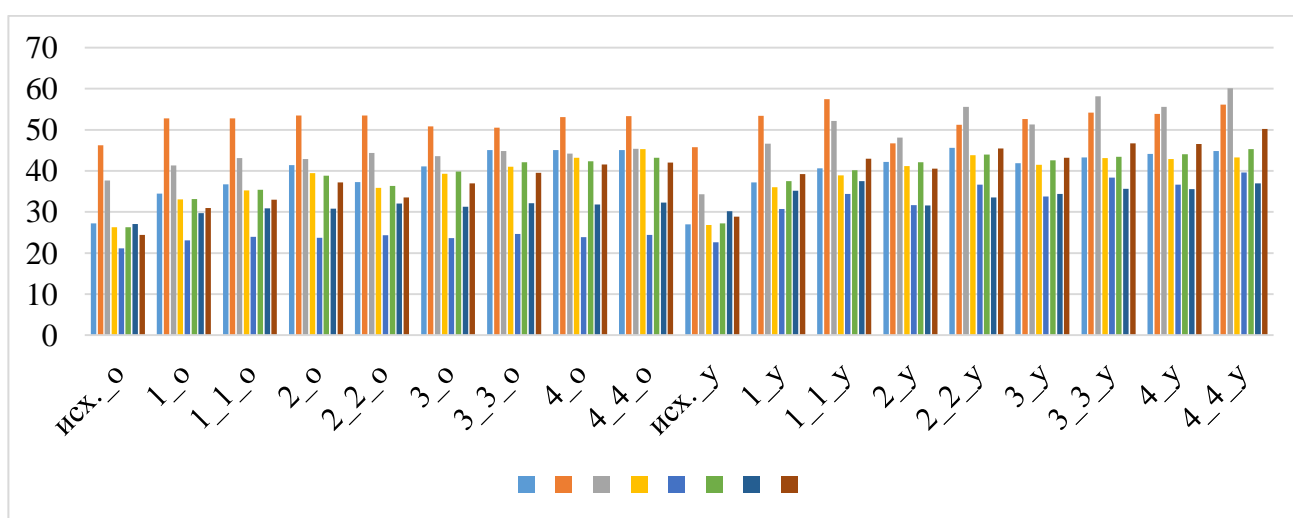


Рисунок 33 – Изменение показателя несминаемости ( $H$ , %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Относительные изменения показателя несминаемости приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Эффективность изменения показателя несминаемости тканей (Н) при использовании сравниваемых режимов умягчающего воздействия

Режим обработки	Относительное увеличение показателя $H$ (разы) для умягченных образцов тканей															
	ОМ 1		ОМ 2		ОМ 3		ОМ 4		ОМ 5		ОМ 6		ОМ 7		ОМ 8	
	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток	основ.	уток
M1	1,3	1,4	1,1	1,8	1,1	1,4	1,2	1,3	1,1	1,4	1,3	1,4	1,1	1,2	1,2	1,4
M1-1	1,4	1,5	1,1	1,3	1,1	1,5	1,3	1,4	1,1	1,5	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,5
M2	1,5	1,6	1,1	1,0	1,1	1,4	1,5	1,5	1,1	1,4	1,5	1,5	1,1	1,0	1,5	1,4
M2-2	1,4	1,7	1,2	1,1	1,2	1,7	1,4	1,6	1,2	1,6	1,4	1,6	1,2	1,1	1,4	1,6
M3	1,5	1,6	1,1	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,1	1,5	1,5	1,6	1,2	1,1	1,5	1,5
M3-3	1,7	1,6	1,1	1,2	1,2	1,7	1,6	1,6	1,1	1,7	1,6	1,6	1,2	1,2	1,6	1,6
M4	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6	1,1	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,7	1,6
M4-4	1,7	1,6	1,2	1,2	1,2	1,8	1,7	1,6	1,2	1,8	1,6	1,7	1,2	1,2	1,7	1,7

Из таблицы видно, что повышение несминаемости материалов составляет 1,1 – 1,8 раз, наибольшее увеличение наблюдается у тканей с высокой исходной жесткостью, таких как ОМ\_1 и ОМ\_3.

Таким образом, режим маломодульной умягчающей обработки льняных тканей позволяет обеспечить снижение жесткости от 3,5 до 24 мН·см<sup>2</sup>, увеличение формовочной способности от 3,2 до 16 % и несминаемости от 4 до 25 %. Наибольшие изменения обеспечивают режимы обработки M1 и M4. При этом режим M4 отличается увеличенным расходом препарата и затратами времени. С точки зрения достижения целей маломодульной отделки наиболее эффективным является режим M1.

Для оценки влияния умягчающей обработки на технологические и эксплуатационные параметры материалов проведены измерения наиболее важных физико-механических показателей: усадка после стирки (У, %); разрывная нагрузка полосы (Р, Н); стойкость к истиранию по плоскости (И, циклы). Результаты измерений представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Физико-механические характеристики испытуемых тканей

Направление измерения	Режим обработки	Значение показателей для образцов тканей																							
		ОМ 1			ОМ 2			ОМ 3			ОМ 4			ОМ 5			ОМ 6			ОМ 7			ОМ 8		
		У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И	У	Р	И
основа	исх. ткань	3,8	278	3152	3,3	225	1725	3,9	346	2350	3,8	207	1877	3,0	139	1246	4,1	185	1914	3,5	224	2275	3,8	237	2258
	M1	0,6	263	3084	0,6	229	1748	0,6	358	2367	0,6	211	1902	0,6	132	1263	0,6	175	1940	0,6	212	2226	0,6	245	2288
	M1-1	0,6	255	3067	0,6	215	1739	0,6	338	2362	0,6	198	1892	0,6	127	1256	0,6	170	1929	0,6	205	2214	0,6	232	2276
	M2	0,8	251	3061	0,9	226	1736	1,0	345	2154	1,0	208	1889	0,8	125	1254	1,0	167	1926	0,9	202	2209	1,0	236	2272
	M2-2	0,8	243	3033	0,9	212	1720	1,0	329	2032	1,0	195	1872	0,8	122	1242	1,0	162	1908	0,9	196	2189	1,0	225	2251
	M3	0,7	260	2961	0,7	186	1715	0,7	296	1762	0,7	181	1866	0,7	130	1239	0,7	173	1903	0,7	210	2137	0,7	203	2245
	M3-3	0,7	251	2965	0,7	168	1699	0,7	288	1765	0,7	155	1848	0,7	125	1227	0,7	167	1885	0,7	202	2140	0,7	197	2224
	M4	0,8	246	2850	0,9	173	1702	1,0	260	1640	1,0	160	1852	0,8	123	1229	1,0	164	1888	0,9	198	2057	1,0	178	2228
	M4-4	0,8	239	2846	0,9	165	1682	1,0	248	1627	1,0	152	1830	0,8	120	1215	1,0	159	1866	0,9	193	2054	1,0	170	2202
уток	исх. ткань	2,3	291	-	3,2	216	-	3,5	207	-	2,3	189	-	2,4	146	-	2,8	178	-	2,3	199	-	2,6	241	-
	M1	0,5	283	-	0,6	228	-	0,6	208	-	0,5	190	-	0,6	148	-	0,7	188	-	0,5	210	-	0,6	234	-
	M1-1	0,5	272	-	0,6	210	-	0,6	203	-	0,5	185	-	0,6	143	-	0,7	173	-	0,5	193	-	0,6	225	-
	M2	0,7	280	-	0,9	215	-	1,0	206	-	0,7	188	-	0,9	144	-	1,0	176	-	0,7	198	-	0,9	232	-
	M2-2	0,7	268	-	0,9	203	-	1,0	198	-	0,7	181	-	0,9	139	-	1,0	167	-	0,7	187	-	0,9	222	-
	M3	0,6	270	-	0,7	182	-	0,7	185	-	0,6	169	-	0,7	130	-	0,8	150	-	0,6	167	-	0,7	223	-
	M3-3	0,6	253	-	0,7	166	-	0,7	178	-	0,6	162	-	0,7	126	-	0,8	137	-	0,6	156	-	0,7	210	-
	M4	0,8	263	-	0,9	175	-	1,0	180	-	0,8	164	-	0,9	127	-	1,0	144	-	0,8	161	-	0,9	218	-
	M4-4	0,8	258	-	0,9	157	-	1,0	176	-	0,8	161	-	0,9	125	-	1,0	132	-	0,8	154	-	0,9	214	-



Из таблицы видно, что усадка обработанных тканей после стирки значительно меньше, чем у исходных тканей, что объясняется тем, что основная усадка происходит в процессе умягчающей отделки. Это значительно повышает потребительскую ценность готовых умягченных изделий, т.к. усадка более 2%, характерная для льняных материалов, ведет к значительному искажению формы и размеров изделия.

Разрывная нагрузка материалов и стойкость к истиранию меняются незначительно, однако использование ворсования приводит к снижению показателей. Показатели как исходных, так и умягченных материалов соответствуют ассортиментным требованиям, ГОСТ 15968—2014 [108].

#### **4.4. Исследование влияния маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов на жесткость швов**

Рассматривая массовое производство верхней одежды костюмного ассортимента, основанное на типовых методах поузловой обработки, можно выделить следующие общие требования:

- придание жесткости и стабилизация геометрических размеров деталей воротников, подбортов, манжет, застежки, карманов и т.п.;
- предохранение срезов от растяжения и стабилизация краев деталей опорной поверхности (горловина, пройма), край борта изделия, край застежки, вход в карман.

При изготовлении изделий из мягких легкодеформируемых тканей отдельные детали (планки застежки, обтачки горловины и проймы, подборта, воротники и т.п.) дублируют прокладочными материалами для обеспечения сохранности формы.

Для исследований использованы те же конструкции соединительных и краевых ниточных швов, что и для жидкостного способа обработки (таблица 20).

Режимы ниточных соединений, оборудование аналогичны выбранным в п. 3.4.

Изменение жесткости швов каркасной группы под действием различных режимов умягчающей маломодульной обработки проиллюстрировано на

рисунках 34 и 35, в таблицах В.7 и В.9 приложения В. Влияние режима умягчения на изменение величины приведенной жесткости швов каркасной группы представлено в таблицах 37, 38.

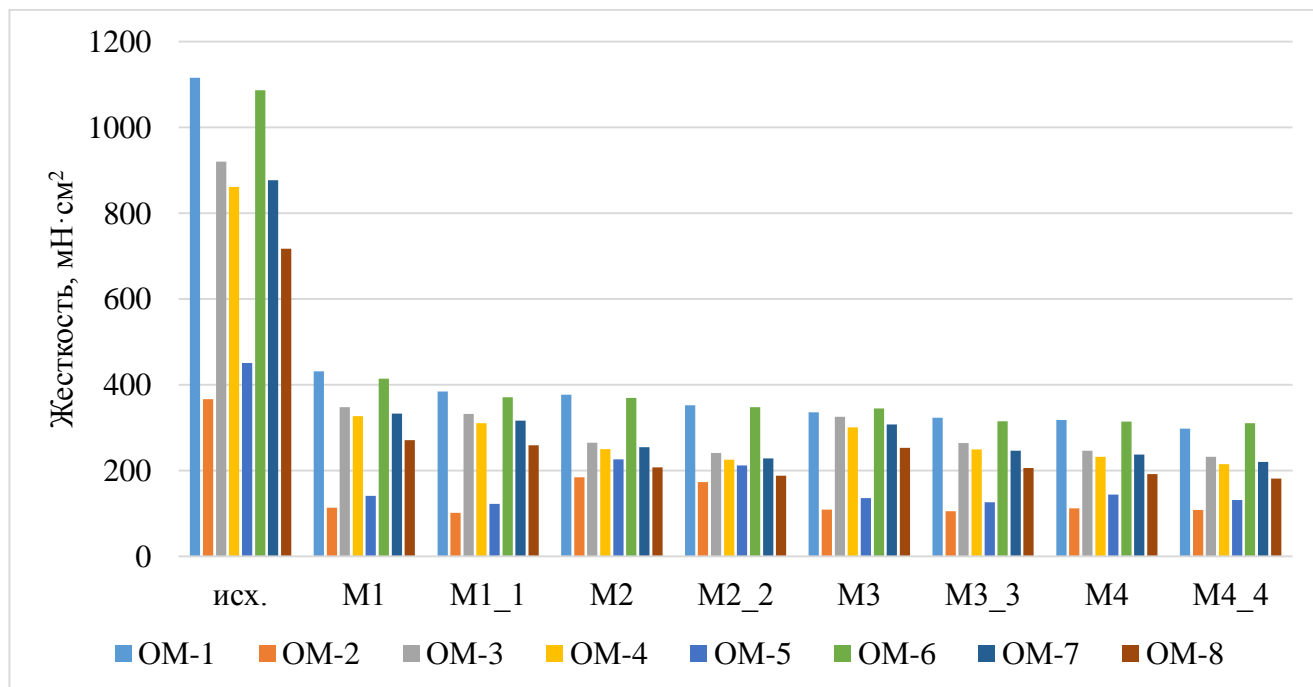


Рисунок 34 – Изменение жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

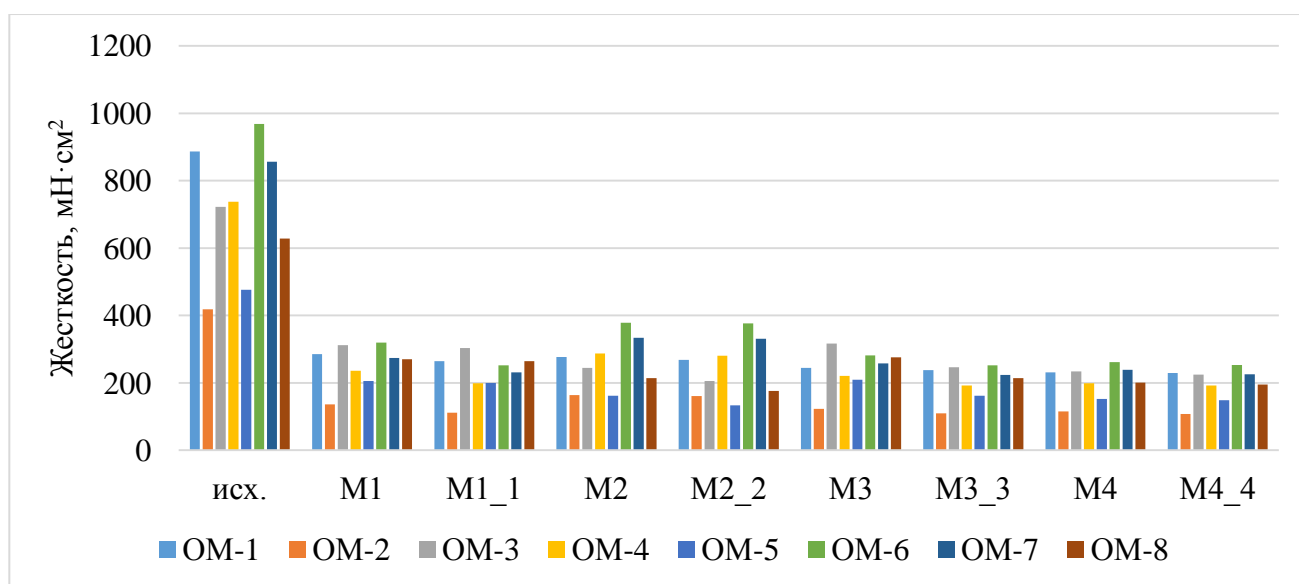


Рисунок 35 – Изменение жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Из графиков можно увидеть, что жесткость каркасной группы швов, выполненных из умягченных тканей, значительно снижается по сравнению с образцами из исходных тканей. Смена режима умягчающей обработки позволяет на группе каркасных швов варьировать изменение жесткости в максимально широких интервалах: 100-150 мН·см<sup>2</sup> (шов №4) 100-300 мН·см<sup>2</sup> (шов №7). Максимальное снижение  $EI$  характерно для швов, подвергнутых режиму мягчения М4\_4.

Таблица 37 – Влияние режима умягчения на изменение величины приведенной жесткости шва №7

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	53,12	31,51	48,91	76,72	56,75	75,79	58,87	69,88
сшитый из ткани после М1	35,90	22,03	28,06	54,42	39,89	31,62	35,14	37,96
сшитый из ткани после М1_1	38,75	21,00	30,26	52,78	62,54	28,67	34,09	48,23
сшитый из ткани после М2	32,58	22,72	30,22	40,26	51,73	36,36	36,36	36,64
сшитый из ткани после М2_2	31,01	22,18	33,85	37,37	49,64	35,38	40,43	33,94
сшитый из ткани после М3	32,81	20,19	28,07	55,59	34,69	48,97	33,66	50,6
сшитый из ткани после М3_3	33,06	20,19	27,97	47,27	34,98	48,94	33,73	43,19
сшитый из ткани после М4	30,75	20,55	29,82	41,69	35,32	45,95	35,78	38,02
сшитый из ткани после М4_4	28,96	19,93	30,81	39,41	34,19	43,54	37,19	35,98

Таблица 38 – Влияние умягчающей отделки на приведенную жесткость шва № 4

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
шов из исходной ткани	42,24	36,01	38,42	79,45	50,95	78,34	63,51	52,05
сшитый из ткани после М1	23,75	25,18	25,16	48,29	50,00	27,49	32,58	32,35
сшитый из ткани после М1_1	26,64	23,08	27,62	40,28	85,39	22,73	27,27	43,58
сшитый из ткани после М2	23,94	20,25	27,82	56,44	31,27	44,09	53,68	31,86
сшитый из ткани после М2_2	23,61	20,64	28,79	56,57	26,73	44,81	66,85	27,44

## Окончание таблицы 38

1	2	3	4	5	6	7	8	9
сшитый из ткани после М3	23,83	22,78	27,37	48,13	45,92	48,98	30,39	46,8
сшитый из ткани после М3_3	24,36	20,96	26,06	44,53	37,37	45,39	32,93	38,15
сшитый из ткани после М4	22,34	21,10	28,36	44,28	33,55	45,95	39,91	34,26
сшитый из ткани после М4_4	22,25	19,93	29,75	42,00	32,25	43,54	40,70	33,00

Данные таблиц 37, 38 демонстрируют, что для группы каркасных швов изменение режима умягчающей обработки позволяет варьировать величину показателя приведенной жесткости в наиболее широких интервалах. Кратность превышения жесткости шва №7 над жесткостью ткани можно максимально снизить в 2 и более раз.

Значения жесткости группы мягких швов представлены на рисунках 36, 37, в таблицах В.11, В.13 Приложения В.

Влияние режима умягчения на изменение величины приведенной жесткости швов каркасной группы представлено в таблицах 39, 40.

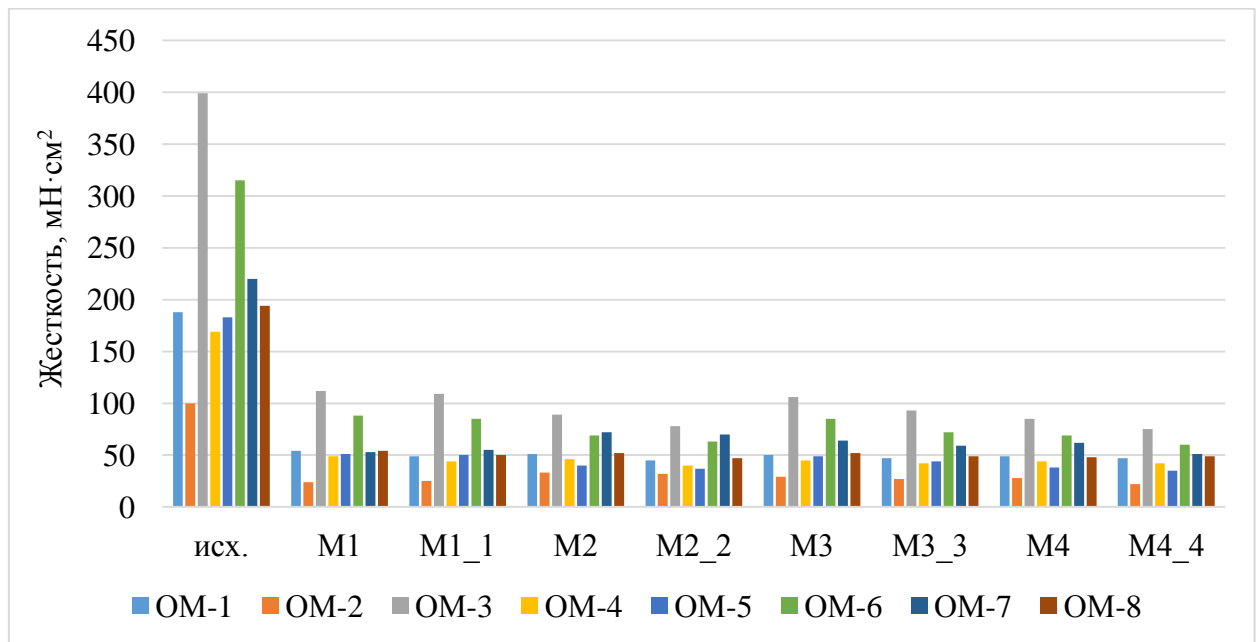


Рисунок 36 – Изменение жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

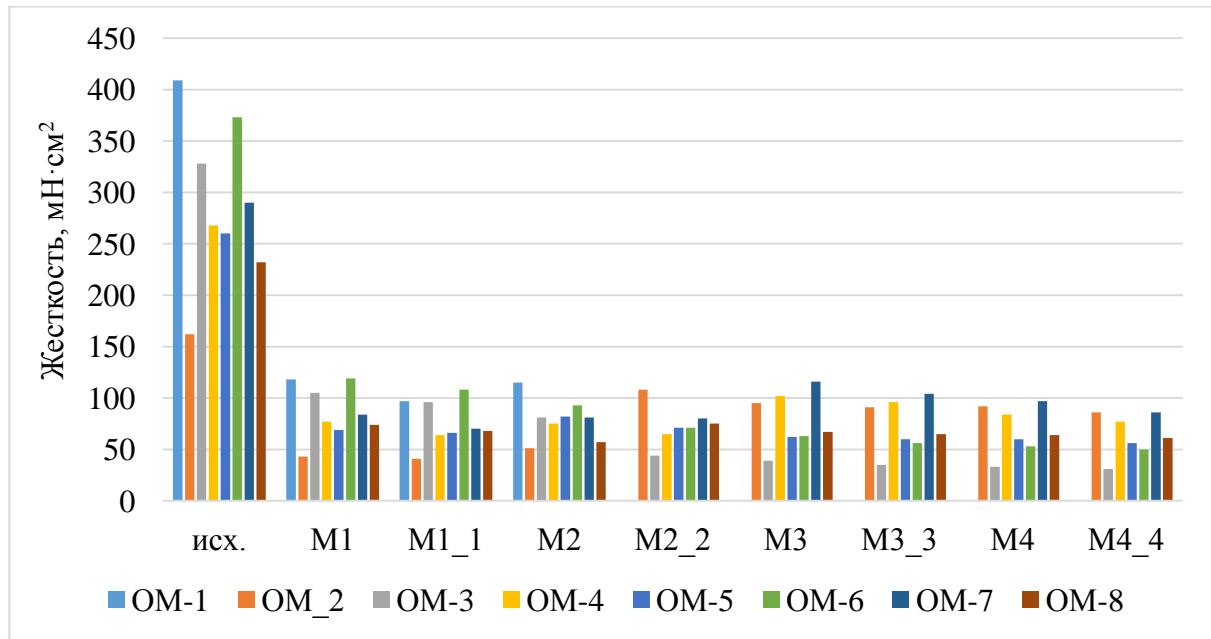


Рисунок 37 – Изменение жесткости шва № 8, выполненного из исходной и умягченных тканей

Группа мягких швов исходно имеет невысокие значения жесткости. Тем не менее» при получении умягченных образцов интервалы снижения жесткости достаточно большие: 100...300 мН·см<sup>2</sup>.

Таблица 39 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва №8

Способ подготовки образца	<i>EI*</i> , отн.ед.							
	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
шов из исходной ткани	19,47	13,95	17,46	48,73	20,63	48,41	31,85	22,61
сшитый из ткани после M1	9,83	8,40	8,47	26,19	12,45	13,75	16,29	10,36
сшитый из ткани после M1_1	9,79	8,52	8,75	22,22	20,95	13,29	14,94	12,66
сшитый из ткани после 2	9,94	6,30	9,24	24,75	11,82	21,82	16,88	10,09
сшитый из ткани после M2_2	9,52	5,64	9,13	23,91	10,43	19,34	16,49	8,30
сшитый из ткани после 3	9,28	7,22	8,81	23,13	10,26	25,17	16,01	14,40
сшитый из ткани после M3_3	9,31	6,73	10,17	23,43	9,56	23,40	18,47	14,26
сшитый из ткани после 4	8,90	6,06	10,18	22,14	8,55	20,95	18,35	11,68
сшитый из ткани после M4_4	8,36	5,72	10,23	20,82	8,10	19,73	18,59	10,74

Таблица 40 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва № 2

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	12,54	9,55	14,25	30,73	10,08	36,94	20,77	12,38
сшитый из ткани после М1	6,30	5,18	6,06	16,67	6,49	11,34	7,99	5,04
сшитый из ткани после М1_1	6,92	5,74	6,67	14,97	11,11	11,19	8,44	6,15
сшитый из ткани после М2	6,17	4,50	6,81	15,18	4,03	11,82	14,72	6,02
сшитый из ткани после М2_2	5,55	4,53	7,36	13,69	3,67	10,85	17,55	5,42
сшитый из ткани после М3	6,84	5,93	6,15	16,79	5,54	21,09	9,80	6,80
сшитый из ткани после М3_3	6,73	5,74	6,61	16,41	5,12	19,15	11,29	6,71
сшитый из ткани после М4	6,63	5,68	6,92	16,24	4,35	16,89	13,30	6,53
сшитый из ткани после М4_4	6,39	4,48	6,69	15,61	3,89	14,97	11,56	6,36

Сопоставление значений показателя приведенной жесткости показывает, что тенденция к уменьшению кратности превышения жесткости шва над значением показателя  $EI$  имеется для всех режимов умягчающей обработки, причем примерно в одинаковой степени. Это позволяет для обработки участков швейных изделий со швами данной группы рекомендовать наиболее легко реализуемые режимы биомодификации.

Значения жесткости группы мягких швов представлены на рисунках 38, 39, в таблицах В.15, В.17 Приложения В.

Влияние режима умягчения на изменение величины приведенной жесткости швов каркасной группы представлено в таблицах 41, 42.

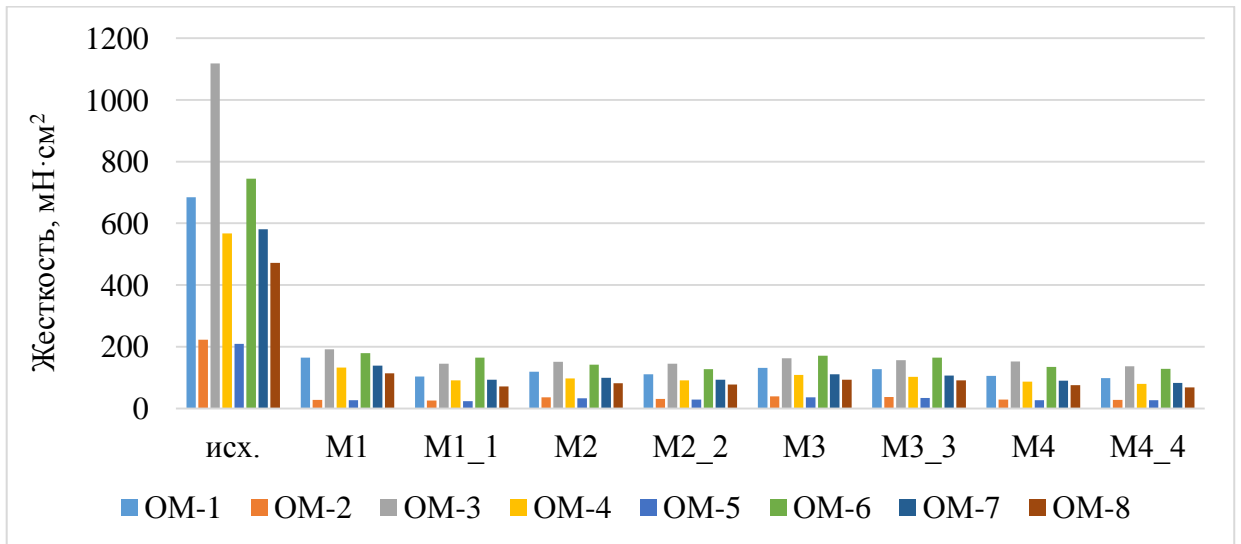


Рисунок 38 – Изменение жесткости шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

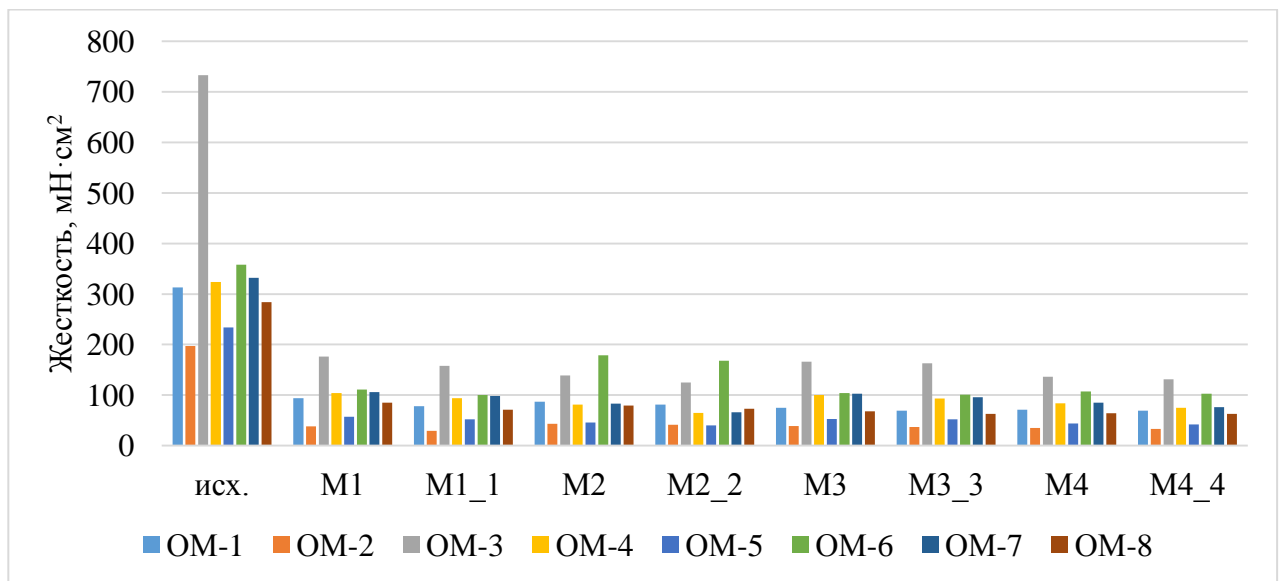


Рисунок 39 – Изменение жесткости шва №6, выполненного из исходной и умягченных тканей

Анализ результатов показывает, что в зависимости от плотности используемых тканей и применяемого режима умягчающей обработки понижение жесткости швов относительно базового уровня для неумягченных материалов может составлять от 200 до 500 мН·см<sup>2</sup>

Таблица 41 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва № 1

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн.ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_3	ОМ_3	ОМ_3	ОМ_3	ОМ_3
шов из исходной ткани	22,51	19,67	27,82	31,18	21,98	18,00	21,02	33,71
сшитый из ткани после 1	8,92	8,24	9,04	10,20	7,56	4,76	5,83	15,49
сшитый из ткани после 1_1	9,63	8,33	9,93	9,38	9,19	4,37	7,69	13,98
сшитый из ткани после 2	9,02	7,83	8,34	12,26	8,82	7,19	6,64	12,99
сшитый из ткани после 2_2	8,71	6,89	8,79	11,00	8,48	6,42	6,45	13,39
сшитый из ткани после 3	9,63	8,30	8,18	13,06	9,37	7,74	6,82	13,48
сшитый из ткани после 3_3	9,46	8,04	9,07	12,66	9,27	7,24	6,51	15,19
сшитый из ткани после 4	9,00	8,17	8,59	13,03	8,79	7,66	7,49	12,15
сшитый из ткани после 4_4	8,74	8,36	8,30	13,33	8,55	7,66	6,88	11,83

Таблица 42 – Влияние умягчающей отделки на значение приведенной жесткости шва №6

Способ подготовки образца	$EI^*$ , отн. ед.							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	20,88	18,74	26,18	48,72	18,65	51,91	28,43	27,68
сшитый из ткани после 1	10,97	8,20	9,53	27,21	10,11	10,65	10,86	11,90
сшитый из ткани после 1_1	11,02	6,66	9,67	23,26	16,19	8,39	9,74	13,22
сшитый из ткани после 2	10,53	5,86	10,64	24,42	6,48	16,36	11,69	14,49
сшитый из ткани после 2_2	9,99	5,81	11,79	23,23	5,82	16,04	12,77	13,18
сшитый из ткани после 3	10,25	7,98	9,62	23,88	8,63	21,77	10,46	13,60
сшитый из ткани после 3_3	9,89	7,86	11,59	23,05	8,87	21,98	12,45	13,21
сшитый из ткани после 4	9,61	7,09	11,07	22,51	7,09	19,59	11,93	12,67
сшитый из ткани после 4_4	9,39	6,73	11,68	21,93	6,81	18,37	12,56	12,52

Различия приведенного показателя жесткости для разных режимов обработки составляют от 2 до 4 относительных единиц.

Таким образом, применение различных режимов мягчения в сочетании с различными конструкциями шва позволяет регулировать жесткость различных участков изделия в широком диапазоне.



## Выводы по главе

1. Совместно со специалистами ИХР РАН разработаны рецептуры ферментной композиции и лабораторные технологические режимы маломодульного способа мягчения льняных полуфабрикатов. Для маломодульного способа биообработки льняных полуфабрикатов рекомендована композиция 1МЛ.

2. Исследованы восемь режимов маломодульного мягчения раствором ферментного препарата концентрацией 20 г/л, отличающиеся степенью отжима и временем выдержки полуфабрикатов в воздушном термостате, а также наличием операции ворсования тыльной поверхности образцов. 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. С точки зрения достижения целей маломодульной отделки наиболее эффективным является режим М1.

3. Определены значения показателей жесткости 8-ми конструкций соединительных и краевых ниточных швов с использованием различных режимов обработки. Установлено, что изменение жесткости швов можно регулировать в пределах 100-500 мН·см<sup>2</sup> за счет выбора режима умягчающей обработки.

## **5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЗОНАЛЬНОГО МЯГЧЕНИЯ ПОЛУФАБРИКАТА, СОВМЕЩЕННОЙ С ПРОЦЕССОМ ПОШИВА**

### **5.1. Обоснование принципов зонального регулирования жесткости швейных изделий из льна путем мягчения отдельных деталей и узлов**

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. То есть внутри одного изделия должны быть выделены группы деталей, принадлежащих зонам с разным уровнем жесткости, и для каждой группы определены режимы, позволяющие достичь требуемого уровня жесткости при выбранном способе мягчения.

С целью обоснования технологии зонального мягчения деталей и узлов льняных изделий проведен сравнительный анализ изменения жесткости используемых в работе материалов при различных режимах жидкостного и маломодульного мягчения. Исходные материалы разделены на четыре группы по жесткости с диапазоном  $10 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ . Сопоставлено изменение показателя  $EI$  исходного материала при использовании определенного способа мягчения с желаемой жесткостью зон для изделий различных объемно-силуэтных форм. Характеристика полученных результатов представлена в таблице 43, где синим цветом отмечены варианты достижимых объемно-силуэтных форм, а красным – варианты, которые не могут быть получены при использовании определенного режима мягчения.

Таблица 43 – Влияние умягчающей отделки на значение жесткости материала

Жесткость исходного материала для изделий, EI, мН·см <sup>2</sup>	Изменение показателя EI при использовании способа мягчения														
	Ж1 / получаемая объемно-силуэтная форма		Ж2 / объемно-силуэтная форма		Ж3 / объемно-силуэтная форма		М1 / объемно-силуэтная форма		М2 / объемно-силуэтная форма		М3 / объемно-силуэтная форма		М4 / объемно-силуэтная форма		
1	2		3		4		5		6		7		8		
платья / блузы 6...15	2,3...5,5 5,7...13,6	«б»:	1,6...4 3,9...10	«б»:	0,9...3,3 2,3...8,3	«б»:	1,8...5,5 4,5...13,6	«б»:	2,4...4,3 6...10,7	«б»:	2,5...3,8 6,3...9,4	«б»:	1,9...3 4,7...7,5	«б»:	
		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п	м-п
		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф	м-ф
		к		к		<del>м-ф</del>		к		к		к		к	к
		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:	«у»:
		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п	м-п
м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф								
к	к	к	к	к	к	к	к								
«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:								
м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п								
м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф								
к	к	к	к	к	к	к	к								
платья / блузы 16...25	6,1...14,5 9,6...22,7	«б»:	4,2...10,7 6,6...16,7	«б»:	2,5...8,9 3,9...13,9	«б»:	4,8...14,5 7,6...22,7	«б»:	6,4...11,4 10...17,8	«б»:	6,7...10,0 10,4...15,6	«б»:	5...8 7,8...12,5	«б»:	
		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п	м-п
		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф		м-ф	м-ф
		к		к		к		к		к		к		к	к
		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:		«у»:	«у»:
		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п		м-п	м-п
м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф								
«к»	к	к	к	к	к	к	к								
«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:	«м»:								
м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п	м-п								
м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф	м-ф								
«к»	к	к	к	к	к	к	к								



## Продолжение таблицы 43

1	2	3	4	5	6	7	8							
		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К		«М»: М-П М-Ф К
юбки / брюки  16...25	6,1...14,5 9,6...22,7	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	4,2...10,7 6,6...16,7	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	2,5...8,9 3,9...13,9	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	4,8...14,5 7,6...22,7  4,3...14,5 6,8...22,7	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	6,4...11,4 10...17,8  6,2...10,6 9,6...16,7	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	6,7...10,0 10,4...15,6  6,4...8 10...12,5	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	5...8 7,8...12,5  4,7...8 7,4...12,5	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К
юбки / брюки  26...35	10...23,6 13,5...31,1	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	6,8...17,3 9,2...23,3	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	4,1...14,4 5,5...19,4	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	7,9...23,6 10,6...31,8  7,0...23,6 9,5...31,8	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	10,4...18,6 14...25  8,9...17,3 13,5...23,3	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	10,8...16,3 14,6...21,9  10,4...13 14...17,5	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К	8,1...13 10,9...17,5  7,6...13 10,3...17,5	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К  «М»: М-П М-Ф К
юбки / брюки  36...45	13,8...32,7 17,3...40,9	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	9,5...24 11,8...30	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	5,6...45 7,0...2,5	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	10,9...32,7 13,6...40,9  9,7...32,7	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	14,4...25,7 18...32,1  13,8...24	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	15...22,5 18,8...28,1  14,4...18	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К	11,3...18 14,1...22,5  10,6...18	«б»: М-П М-Ф К  «у»: М-П М-Ф К

## Продолжение таблицы 43

1	2	3	4	5	6	7	8					
		«М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	«М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	«М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	12,1...40,9	«М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	17,3...30	«М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	18...22,5	«М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	13,2...22,5	«М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К
жакет 16...25	6,1...14,5 9,6...22,7	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	4,2...10,7 6,6...16,7 «б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	2,5...8,9 3,9...13,9 «б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: М-П М-Ф К	4,8...14,5 7,6...22,7 4,3...14,5 6,8...22,7	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: М-П М-Ф К	6,4...11,4 10...17,8 6,2...10,6 9,6...16,7	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	6,7...10,0 10,4...15,6 6,4...8 10...12,5	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: М-П М-Ф К	5...8 7,8...12,5 4,7...8 7,4...12,5	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: М-П М-Ф К
жакет 26...35	10...23,6 13,5...31,1	«б»: <del>М-Н</del> М-Ф К «у»: <del>М-Н</del> М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	6,8...17,3 9,2...23,3 «б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	4,1...14,4 5,5...19,4 «б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: М-П М-Ф К	7,9...23,6 10,6...31,8 7,0...23,6 9,5...31,8	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	10,4...18,6 14...25 8,9...17,3 13,5...23,3	«б»: М-П М-Ф К «у»: М-П М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К	10,8...16,3 14,6...21,9 10,4...13 14...17,5	«б»: <del>М-Н</del> М-Ф К «у»: <del>М-Н</del> М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> <del>М-Ф</del> К	8,1...13 10,9...17,5 7,6...13 10,3...17,5	«б»: М-П М-Ф К «у»: <del>М-Н</del> М-Ф К «М»: <del>М-Н</del> М-Ф К

## Окончание таблицы 43

1	2		3		4		5		6		7		8	
жакет 36...45	13,8...32,7 17,3...40,9	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	9,5...24 11,8...30	«б»: м-п м-ф к «у»: м-п м-ф к «м»: <del>м-н</del> м-ф к	5,6...45 7,0...2,5	«б»: м-п м-ф к «у»: м-п м-ф к «м»: <del>м-н</del> м-ф к	10,9...32,7 13,6...40,9 9,7...32,7 12,1...40,9	«б»: м-п м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> м-ф к	14,4...25,7 18...32,1 13,8...24 17,3...30	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	15...22,5 18,8...28,1 14,4...18 18...22,5	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	11,3...18 14,1...22,5 10,6...18 13,2...22,5	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к
жакет 45...55	17,3...40,9 21,1...50	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	11,8...30 14,5...36,7	«б»: м-п м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	7,0...25 8,6...30,6	«б»: м-п м-ф к «у»: м-п м-ф к «м»: <del>м-н</del> м-ф к	13,6...40,9 14,9...50 12,1...40,0 14,8...50	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	18...32,1 22...39,3 17,3...30 21,1...36,7	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	18,8...28,1 22,9...34,4 18...22,5 22...27,5	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к	14,1...22,5 17,2...27,5 13,2...22,5 16,2...27,5	«б»: <del>м-н</del> м-ф к «у»: <del>м-н</del> м-ф к «м»: <del>м-н</del> <del>м-ф</del> к

По данным таблицы 43 можно сделать вывод, что для льняных тканей с жесткостью  $6...15 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  при проектировании платьев и блуз применение жидкостного способа мягчения предпочтительно для изделий большого, умеренного и малого объема мягко-пластичных, мягко-фиксированных форм, малого объема каркасной формы; маломодульная технология позволяет получить все возможные варианты объемно-силуэтных форм. Оба способа применимы для проектирования юбок и брюк, всех объемно силуэтных форм при условии правильного выбора режимов обработки.

Для льняных тканей с жесткостью  $16...25 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  при проектировании платьев и блуз применение жидкостного способа мягчения позволяет получить все возможные варианты объемно-силуэтных форм изделий при условии правильного выбора режимов обработки. Исключение применения маломодульного способа составляют платья и блузы малого объема мягко-пластичной формы. Оба способа применимы для проектирования юбок и брюк, жакетов всех объемно силуэтных форм при условии правильного выбора режимов обработки.

Для льняных тканей с жесткостью  $26...35 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  исключение применения жидкостного способа при проектировании изделий из льняных материалов жесткостью составляют платья и блузы малого объема мягко-пластичной формы. Применение жидкостного способа возможно при проектировании юбок и брюк, жакетов всех объемно силуэтных форм при условии правильного выбора режимов обработки. Ограничения применения маломодульной технологии составляют платья и блузы малого объема мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм, юбки и брюки мягко-пластичной формы, жакеты малого объема мягко-пластичной формы.

Для льняных тканей с исходной жесткостью  $36...45 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  применение жидкостного способа мягчения при проектировании платьев и блуз, брюк, юбок позволяет получить все возможные варианты объемно-силуэтных форм изделий при условии правильного выбора режимов обработки. Ограничения применения жидкостной технологии составляют жакеты малого объема мягко-пластичной



формы. Маломодульный способ применим при проектировании платьев и блуз, брюк, юбок большого и умеренного объема мягко-фиксированных и каркасных форм, малого объема каркасной формы, малого объема мягко-фиксированной формы при правильном выборе режимов обработки, жакетов большого и умеренного объема мягко-фиксированных и каркасных форм, малого объема каркасной формы.

Для льняных тканей с исходной жесткостью  $45...55 \text{ мН}\cdot\text{см}^2$  жидкостной способ применим при изготовлении жакетов большого, умеренного объема мягко-пластичной, мягко фиксированной и каркасной форм при условии правильного выбора режимов обработки. Ограничения применения жидкостного способа составляют жакеты малого объема. мягко-пластичной формы. Применение маломодульной технологии возможно при изготовлении жакетов большого и умеренного объема мягко-фиксированной формы, малого объема каркасной формы.

В рамках одного технологического процесса швейного предприятия возможно применение только одного какого-то способа (жидкостного или маломодульного). Дополнительно изменение жесткости достигается путем включения дополнительных воздействий (обработка с керамическими шариками, ворсование). Использование ворсования позволяет осуществлять одновременно обработку всех деталей и узлов, попадающих в группы с разным уровнем жесткости.

Маломодульная обработка ориентирована, прежде всего, на модификацию льняных тканей костюмного ассортимента, отличающихся повышенной жесткостью, уровень которой обусловлен присутствием в волокне избыточного количества лигнина. В этом случае технология изготовления одежды предполагает возможность использования материалов с исходным уровнем жесткости для части деталей и узлов, которые не требуют смягчения и должны обеспечить формоустойчивость изделия. А умягченную часть полуфабрикатов получают не только за счет воздействия на целлюлозный компонент волокна, но и на жесткосшитые лигниновые одревеснения в межволоконных пространствах льняных комплексов.

Как показано во второй главе, значимое различие в жесткости отдельных деталей одного изделия (зоны) для платьев, юбок и брюк мягко-пластичной и мягко-фиксированной форм составляет  $5 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ , 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 –  $20 \text{ мН} \cdot \text{см}^2$ . Внутри одного изделия, в котором все детали принадлежат одной объемно-пластичной форме, целесообразно проводить деление деталей на 2 зоны, согласно этому интервалу. Для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности целесообразно выделение трех зон в различным уровнем жесткости.

То есть для реализации технологии зонального мягчения детали и узлы в зависимости от желаемой жесткости зоны, в которую они попадают, необходимо разделить на 3 группы (рисунки 40, 41) [3, 91, 98, 99, 106]:

- в группу «С» следует объединять узлы и детали, имеющие мягко-пластичную форму, при условии, что жесткость исходной ткани превышает требуемое значение, установленное во 2 главе, на 2 величины значимого различия в жесткости для выбранной объемно-силуэтной формы;

- в группу «В» относят узлы, имеющие мягко-фиксированную или мягко-пластичную форму, при условии, что жесткость исходной ткани превышает требуемое значение жесткости зоны, установленное во 2 главе, на величину значимого различия в жесткости 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).

Далее для каждой группы узлов выбирают режимы обработки, обеспечивающие требуемую степень снижения жесткости. В случае, если жесткость ткани с учетом площади и конструкции шва равна желаемой жесткости зоны, детали не подвергают умягчающей обработке, если жесткость ткани меньше – используют методы дублирования, каркасные конструкции швов или дополнительные детали (обтачки, бейки и т.п.).



Рисунок 40 – Модели изделий легкого ассортимента и группировка деталей по уровню жесткости для обеспечения проектируемой формы

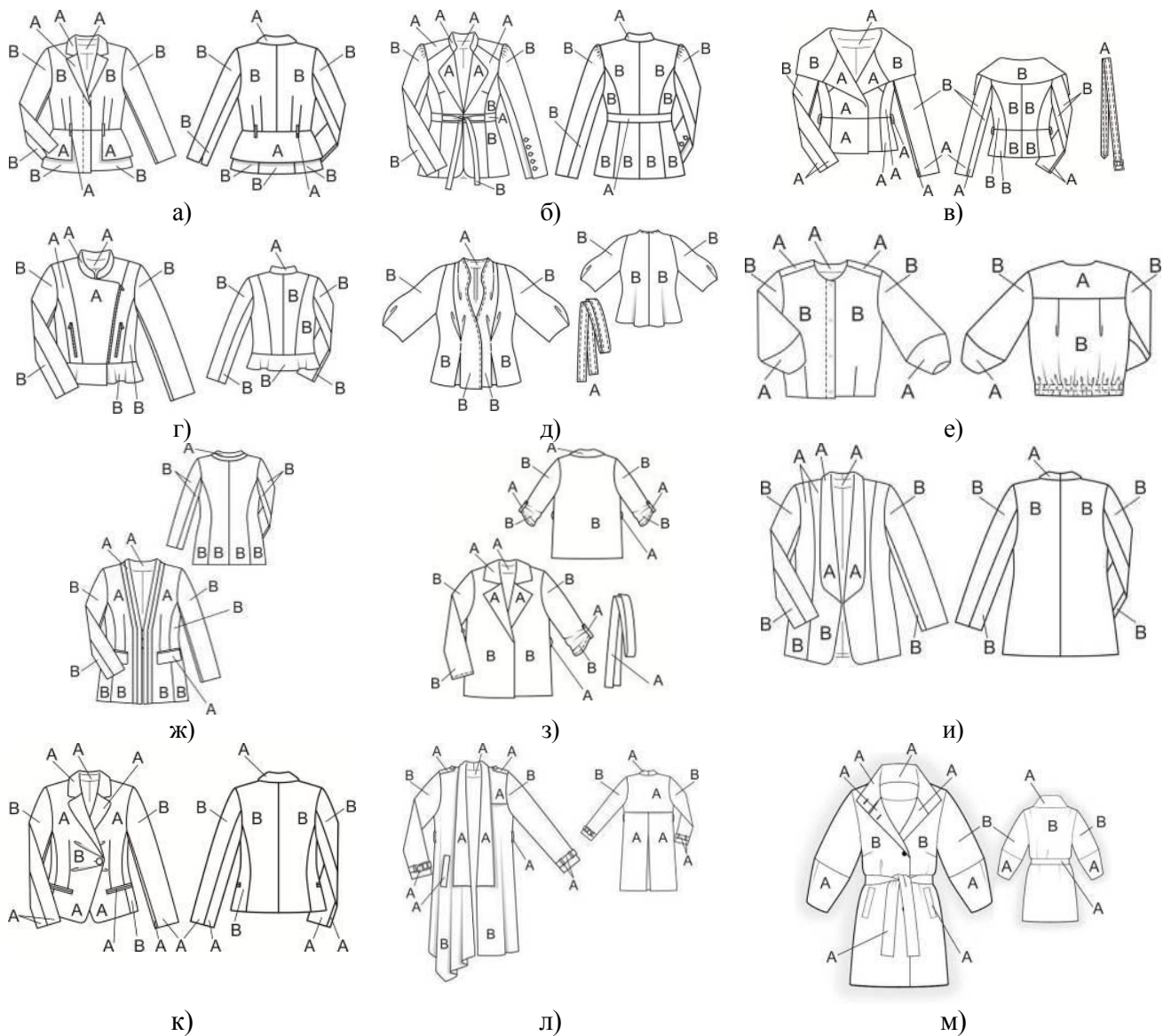


Рисунок 41 – Модели изделий костюмного и верхнего ассортимента и группировка деталей для обеспечения проектируемой формы

Таким образом, основные принципы зонального регулирования жесткости швейных изделий из льна путем мягчения отдельных деталей и узлов включают:

- 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.

## **5.2. Разработка технологии изготовления изделий из льняных материалов, совмещенной с процессами жидкостного зонального мягчения**

За основу разрабатываемой технологии принят принцип проектирования комбинированных технологий швейного производства, сочетающих пошив с физическими или химическими воздействиями на текстильный материал или полуфабрикат, изложенный в [35].

Предлагаемые для умягчающей отделки ферментативные препараты отвечают требованиям к химическим материалам и веществам, физическим воздействиям, применяемым в швейном производстве, перечисленным в п. 1.5.

За прототип разрабатываемой технологии выбран способ изготовления льняной рубашки (мужской сорочки) с отделкой «стирай-носи» (без глажения) [114], который реализует жидкостной способ химической обработки готового изделия и включает следующую последовательность операций:

- 1) раскрой деталей изделия из льняной ткани,
- 2) пошив полуфабриката,
- 3) обработка полуфабриката в ротационной стиральной машине,
- 4) обработка полуфабриката отделочной противосминающей композицией,
- 5) сушка при 40-50°C в течение 0,5 часа,
- 6) обработка на гладильном прессе массой 5 кг при температуре 110-130°C в течение 15-25 с,
- 7) тепловая обработка при 100-130°C в течение 300-600 с,
- 8) промывка при 40-60°C в течение 10-20 мин для удаления несвязанного формальдегида,
- 9) пропитка раствором водной полиуретановой дисперсии (2-4 г/л) и уксусной кислоты (0,5-1,0 г/л),
- 10) окончательная сушка в течение 2,5-3 часов.

Особенностью разрабатываемой технологии является возможность зонального мягчения полуфабриката с выбором условий и режимов обработки для

каждого узла или детали. Как показано в п. 2.2 для изделий, в которых разные участки имеют разную степень пластичности, возможно выделение как двух, так и трех зон с различным уровнем жесткости. Рекомендуемые сочетания режимов представлены в таблице 43. При этом, при монтаже изделия к отделанным узлам можно пришивать узлы, не подвергнутые отделке.

Разработанный способ изготовления швейных изделий, совмещенный с жидкостным зональным мягчением полуфабриката, реализуют последовательным проведением следующих стадий:

1. Раскрой деталей изделия из льняной костюмно-плательной ткани без предварительной несминаемой или умягчающей отделки.

2. Группировка узлов изделия с учетом требуемого уровня несминаемости и жесткости в разных зонах модельного решения изготавливаемой одежды. Выделяют 3 группы по степени жесткости: А (детали и узлы с максимальной требуемой жесткостью), В (со средней) и С (с минимальной жесткостью). Все узлы изделия должны быть отнесены к какой-либо группе в соответствии с разработанной методикой выделения зон в изделии, которая описана в п.5.1.

3. Пошив полуфабриката. Стадия предусматривает заготовку отдельных узлов изделия, таких как: перед, спинка, рукава, манжеты и воротник при изготовлении мужской сорочки, платья или пиджака (жакета); передняя и задняя половинки, пояс (обтачка) при изготовлении юбки или брюк. Стадия включает комплекс операций обработки внутренних срезов и соединения деталей с учетом наличия и числа членений каждого узла в изготавливаемой модели одежды (вытачки, рельефы, кокетки, складки, карманы и проч.), а также соединение с прокладками в случае их использования. При этом учитывается разделение узлов на группы: соединяют между собой только детали, относящиеся к одной группе жесткости.

4. Отделка полуфабриката раствором композиции для жидкостного мягчения. Для отделки отбирают только узлы, которые отнесены в группы В и С. Для осуществления способа используются отделочные композиции для

жидкостного мягчения льняных полуфабрикатов и разработанный технологический режим жидкостного мягчения.

5. Сушка.

6. Ворсование (при использовании режима ЖЗ). Осуществляется для узлов группы С с использованием игольчатой гарнитуры. Ворсованию подвергают изнаночную поверхность до появления малозаметного ворса.

7. Глажение.

8. Монтаж узлов изделия. Стадия предусматривает типовой порядок соединения узлов с получением готового изделия: соединение боковых и плечевых швов, втачивание рукавов и воротника, соединение манжет в плечевых изделиях, соединение боковых и шаговых швов, притачивание пояса (обтачки) в поясных изделиях, обметывание петель, крепление фурнитуры, декоративных элементов и прочее.

9. Окончательная влажно-тепловая обработка.

При традиционной технологии изготовления изделий из льняных материалов в основном используются умягченные ткани. При этом требуются операции дублирования деталей группы А и подрезки деталей после него в связи с усадкой ткани. В разработанной комбинированной технологии операции дублирования отсутствуют, так как повышенная жесткость деталей обеспечивается за счет жесткости исходной ткани либо использования более щадящего режима мягчения. Операции подрезки сохраняются. Также в комбинированной технологии добавляются операции отделки полуфабриката: биообработка, ворсование, сушка и глажение. Данные операции могут выполняться параллельно с другими операциями по заготовке деталей, которые не участвуют в отделке.

Унифицированная схема обработки изделий, совмещенной с процессами жидкостного мягчения полуфабриката, представлена на рисунке 42.



Рисунок 42 – Унифицированная схема изготовления изделий с использованием жидкостной технологии мягчения полуфабриката

Для апробации разработанной технологии выбраны 11 моделей изделий легкого ассортимента различных объемно-силуэтных форм: 8 моделей платьев и блуз и 3 модели брюк. Характеристика моделей представлена в таблице 44.



Таблица 44 – Характеристика моделей

Изделие	Силуэт	Объем	Степень пластичности
Платье. Модель П1	полуприлегающий	умеренный	мягко-фиксированная: рукава, спинка, юбка
			каркасная: перед, кокетка спинки, воротник, карманы, манжеты
Платье. Модель П2	прямой	большой	мягко-фиксированная
Платье. Модель П3	расширенный к низу	большой	мягко-фиксированная: перед, спинка
			мягко-пластичная: юбка, рукава
Платье. Модель П4	расширенный к низу	умеренный	мягко-фиксированная: перед, рукава
			мягко-пластичная: спинка, юбка
Платье. Модель П5	прямой	умеренный	мягко-пластичная
Платье. Модель П6	прямой	большой	мягко-пластичная
Блуза. Модель П7	прямой	большой	мягко-фиксированная
Блуза. Модель П8	прямой	большой	каркасная: воротник, манжеты, клапан кармана
			мягко-фиксированная: перед, кокетка спинки
			мягко-пластичная: спинка, рукава
Брюки. Модель Б1	зауженные книзу	умеренный	мягко-фиксированная
Брюки. Модель Б2	прямой	малый	мягко-фиксированная
			каркасная
Брюки. Модель Б3	прямой	умеренный	мягко-пластичная

Для изготовления моделей использованы льняные ткани отечественного производства (Яковлевская льняная мануфактура, г. Приволжск Ивановской обл.) различной поверхностной плотности (от 74 до 158 г/м<sup>2</sup>), различного цвета и фактуры. Характеристики тканей представлены в таблице 45.

Таблица 45 – Характеристика использованных в эксперименте тканей

Обозначение ткани	Поверхностная плотность, $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Жесткость по основе, $EIo$	Жесткость по утку, $EIy$	Жесткость средняя, $EI$
ОМ 1_1	158	21,6	25,8	23,7
ОМ 1_2	158	21,6	25,8	23,7
ОМ 2	124	36,8	28,4	32,6
ОМ 3	74	6,8	18,6	12,7
ОМ 4_1	114,6	33,1	18,2	25,65
ОМ 4_2	114,6	33,1	18,2	25,65
ОМ 4_3	114,6	33,1	18,2	25,65
ОМ 5_1	120,4	14,53	45,67	30,05
ОМ 5_2	120,4	14,53	45,67	30,05
ОМ 6_1	88	26,44	38,82	32,63
ОМ 6_2	88	26,44	38,82	32,63

Для каждой модели на основе анализа жесткости ткани и требуемых характеристик жесткости основных конструктивных зон с учетом результатов проведенных экспериментальных исследований, выполнена группировка основных узлов (группы А, В, С).

Выбранные параметры изготовления изделий представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Характеристика использованных в эксперименте режимов обработки

Модель, характеристика	Вид ткани Жесткость $EItk$	Желаемая жесткость зоны $EI_3$	Перечень узлов	Группа жесткости	Режим
1	2	3	4	5	6
П1 «у», м-ф	ОМ 1_1 ОМ 1_2 23,7	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 или Ж2
			спинка	В	
			переднее полотнище юбки	В	
			заднее полотнище юбки	В	
			рукав	В	
			карманы	В	
«у», к		15,0-26,3	кокетка, манжета, воротник, пояс, клапаны	А	-
П2 «б»: м-ф	ОМ 2_1 32,6	П1; С1 9,5-16,6 П2; С2 7,5-12,4 П5; С5 7,0-11,5 Р1 5,1-12,0 Рниз 7,0-11,5	перед	В	Ж1
			спинка	В	
			рукав	В	
			пояс	В	
			обтачка горловины	А	-

Продолжение таблицы 46

1	2	3	4	5	6
ПЗ «б»:., м-ф	ОМ 5_1 30,05	П1; С1 9,5-19,6 П2; С2 7,5-12,4	перед	В	Ж1
			спинка	В	
«б»:., м-п		П4; С4 5,1-8,5 П5; С5 7,0-11,5 Р2 5,1-8,5	юбка 1	С	Ж3
			юбка 2	С (кроме низа)	
			рукав	С	
			манжета, обтачка горловины	А	-
П4 «у»:., м-ф	ОМ 4_1 25,65	П1; С1 6,4-12,5 П2; С2 5,3-8,6 Р1 3,6-9,0 Рниз 5,0-8,5	перед	В	Ж1 или Ж2
			кокетка спинки	В	
«у»:., м-п		П4; С4 5,1-8,5 П5; С5 7,0-11,5	рукав	В	
			переднее полотнище юбки	В	
			спинка	В	
			обтачка горловины	А	-
П5 «у»:., м-п	ОМ 3 12,7	П1; С1 3,4-6,2 П2; С2 2,5-4,4 П5; С5 2,1-3,9 Р1 1,7-4,2	перед	В	Ж1 или Ж2
			спинка	В	
			рукав, карман	В	
			кокетка спинки	В	
			воротник, клапан, манжета	А	-
П6 «б»:., м-п	ОМ 6_1 32,63	П1 5,1-9,0 П2; С2 3,7-7,3 П5; С5 3,4-6,3 Р1 2,5-7,0 Рниз 3,4-6,3	перед	С (ниже уровня кармана)	Ж3
			спинка	С	
			рукав	С	
			карман	В	
«б»:., м-ф		С1 9,5-16,6	кокетка спинки	В	Ж1 или Ж2
			воротник, клапан, манжета	А	
			воротник, клапан, манжета	А	-
П7 «б»:., м-ф	ОМ 4_1 ОМ 4_2 25,65	П1; С1 9,5-16,6 П2; С2 7,5-12,4 Р1 5,1-12,0	перед	В	Ж2
			спинка, кокетка спинки	В	
			рукав, карман	В	
			воротник, клапан, манжета	А	-
П8 «б»:., м-п	ОМ 6_2 32,63	С4 2,5-5,0 Р1 2,5-7,0	спинка	С	Ж3
			рукав	С	
«б»:., м-ф		П1; С1 9,5-16,6 П2 7,5-12,4 П5 7,0-11,5	полочка, карман	В	Ж1 или Ж2
			кокетка спинки	В	
			воротник, клапан, манжета	А	
			воротник, клапан, манжета	А	-
П9 «у»:., м-п	ОМ 1_1 23,7	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

## Окончание таблицы 46

1	2	3	4	5	6	
			обтачка горловины	А	-	
Б1 «у», м-ф	ОМ 4_3 25,65	П1; 31 6,9-13,3 П2; 32 3,6-6,8 Пн; 3н 8,0-8,5	передняя половинка брюк	В	Ж2	
			задняя половинка брюк	В		
			пояс съемный, оборка	В		
			пояс притачной	А	-	
Б2 «м», м-ф	ОМ 5_2 30,05	П1; 31 4,8-8,5	передняя половинка брюк	В	Ж1 или Ж2	
			задняя половинка брюк			
			«м», к	П2; 32 5,1-10,1 Пн; 3н 6,4-13,0		передняя половинка брюк
			задняя половинка брюк			
			пояс притачной	А	-	
Б3 «у», м-п	ОМ 4_3 25,65	П1; 31 3,4-6,2 П2; 32 1,6-4,8 Пн; 3н 5,0-8,5	передняя половинка шорт	С (верх до уровня шага)	Ж3	
			задняя половинка шорт			
				пояс съемный, оборка	В	Ж1 или Ж2
				пояс притачной	А	-

Для осуществления корректного выбора методов и режимов обработки изделия осуществлена оценка пошивочных свойств исследуемых тканей. Для этого из образцов исходных и обработанных материалов ОМ\_1 – ОМ\_6, характеристики которых представлены в таблице 44, вырезаны пробы произвольной формы, с которыми проведены тестовые испытания: стачивание двух, трех и четырех слоев материалов, заутюживание припусков, приклеивание клеевых прокладок.

С учетом проведенных исследований установлено, что реализация разработанной лабораторной технологии зонального жидкостного мягчения льняных полуфабрикатов требует внесения следующих изменений в конструкцию:

1) добавление припусков на усадку во все детали конструкции изделия на величину, соответствующую усадке при стирке/замачивании исходного материала при температуре 45<sup>0</sup>С в течении 40 минут, стандартными приемами конструирования (параллельным разведением по нитям основы и утка или автоматическим построением с использованием соответствующей функции в системах автоматизированного проектирования);

2) добавление припусков на подрезку величиной 0,3-0,5 см по срезам, остающимся открытыми в процессе жидкостной обработки и последующего

ворсования, стандартными приемами конструирования (параллельным разведением по нитям основы и утка или автоматическим построением с использованием соответствующей функции в системах автоматизированного проектирования).

Для осуществления второго пункта разработку лекал выполняют после разработки организационно-технологической схемы изделия, в которой выделяют этапы обработки всех срезов – на стадии заготовки либо на стадии монтажа. Припуск добавляют только к срезам, обработка которых должна осуществляться на стадии монтажа.

Кроме того, в технологическую последовательность изготовления необходимо включить операцию подрезки полуфабриката перед монтажом.

Для раскроя и пошива образцов изделий в работе использовано стандартное швейное оборудование: раскройный стол, ножницы, промышленные швейные машины стачивающего и обметочного стежка. Для отделки полуфабриката раствором композиции для жидкостного мягчения и комплексного повышения устойчивости к смятию использована бытовая стирально-сушильная машина СМС-2Б «Элита». Сушку в стирально-сушильной машине осуществляли до остаточной влажности льняного материала  $30 \pm 5$  %. Конвективную сушку осуществляли в сушильном шкафу при  $110^\circ\text{C}$  до остаточной влажности льняного материала  $15 \pm 3$  %. Глажение осуществляли на прессе Japrew SR-600 при температуре  $180^\circ\text{C}$ . Для ворсования узлов группы С использовали игольчатую garniture с ручным приводом. Окончательную влажно-тепловую обработку осуществляли паровым утюгом с парогенератором Чайка Profi 2 при температуре пара  $200^\circ\text{C}$  при увлажнении волокнистого материала до влагосодержания 20-30 %.

Фото готовых изделий представлены в приложении Д.

Оценка полученных лабораторных образцов осуществлена по показателям эстетического и физиолого-гигиенического соответствия по 10-балльной шкале, где 0 – полное несоответствие параметра, 10 – полное соответствие (таблица 47). Оценка воздухопроницаемости и гигроскопичности осуществлена лабораторными

методами, оценка 10 соответствует снижению среднего показателя по всем узлам изделия не более, чем на 5%, оценка 9 – не более чем на 7,5%, оценка 8 – не более, чем на 10% (при условии сохранения соответствия требованиям СанПин и техническим регламентам таможенного союза для данного вида одежды).

Таблица 47 – Оценка внешнего вида лабораторных образцов изделий

Модель	Эстетическое соответствие			Гигиеническое соответствие			
	Соответствие размера	Соответствие желаемой объемно-силуэтной форме	Отсутствие изменения цвета и грифа ткани в процессе обработки	Воздухопроницаемость	Гигроскопичность	Отсутствие неприятных запахов	Тактильные ощущения (отсутствие неприятных)
П1	10	10	10	9	9	10	10
П2	10	10	10	8	8	10	10
П3	10	10	10	8	9	10	10
П4	10	10	10	9	9	10	10
П5	10	10	10	9	9	10	10
П6	10	10	10	8	9	10	10
П7	10	8	10	8	8	10	10
П8	10	9	10	8	9	10	10
Б1	9	8	10	9	9	10	10
Б2	10	10	10	8	8	10	10
Б3	9	10	10	9	9	10	10

Из таблицы 46 видно, что разработанная технология обеспечивает высокие показатели соответствия эстетических и физиолого-гигиенических показателей. Таким образом, применение различных режимов жидкостного способа умягчающей отделки в сочетании с различными технологическими приемами позволяют получать широкий ассортимент изделий легкого ассортимента из отечественных льняных материалов. Реализация технологии возможна с использованием стандартного промышленного оборудования для стирки, сушки, раскроя, пошива и влажно-тепловой обработки швейных изделий.

Для реализации технологии в промышленности с целью минимизации трудозатрат целесообразно внести корректировки в разработанную технологическую последовательность:

1) совмещение операций жидкостной обработки и сушки в стирально-сушильном агрегате бытового или промышленного типа. Для обработки партии в

300 единиц оптимальным является выбор стирального агрегата с загрузкой до 25 кг. Обработка деталей и узлов в стиральном агрегате выполняется параллельно с другими операциями технологического процесса. Для партии 300 изделий время загрузки и выгрузки пачки в 300 единиц составляет 0,007 минуты на одно изделие.

2) жидкостную обработку каждой узлов группы В и С осуществлять совместно при температуре 45<sup>0</sup>С в течении 40 минут, узлы группы А обрабатывать с целью принудительной усадки при температуре 60<sup>0</sup>С в течение 10 минут без добавления отделочной композиции; отжим в течение 5 минут.

5) сразу после жидкостной обработки осуществлять глажение деталей для удаления образовавшихся в процессе стирки и сушки заминов и складок на прессе проходного типа при температуре 200<sup>0</sup>С с использованием максимального давления валов и скорости прохождения, обеспечивающей достижение требуемого уровня остаточной влажности 15±3%. Среднее время для одной детали составит 30 с.;

6) ворсование деталей и узлов группы С осуществлять после глажения, с изнаночной стороны детали, полностью или частично в соответствии с выбранными режимами, ручным или механизированным способом. Время обработки зависит от габаритов деталей кроя. Среднее время при ворсовании с использованием ручной гарнитуры составит 54 с.

7) Подрезку деталей кроя по лекалам осуществлять на ленточной машине, складывая детали в пачку из 25 единиц. Среднее время операции составляет на пачку 5.6 мин. или 0,22 мин. на одно изделие.

7) влажно-тепловую обработку готового изделия осуществлять паровым утюгом с парогенератором или паровым столом до достижения товарного вида изделия.

Эффективная организация процесса мягчения по жидкостной технологии на специально выделенном участке, оснащенном стиральной машиной, прессом проходного типа, ворсовальным столом и раскройной ленточной машиной, представлена на рисунке 43.

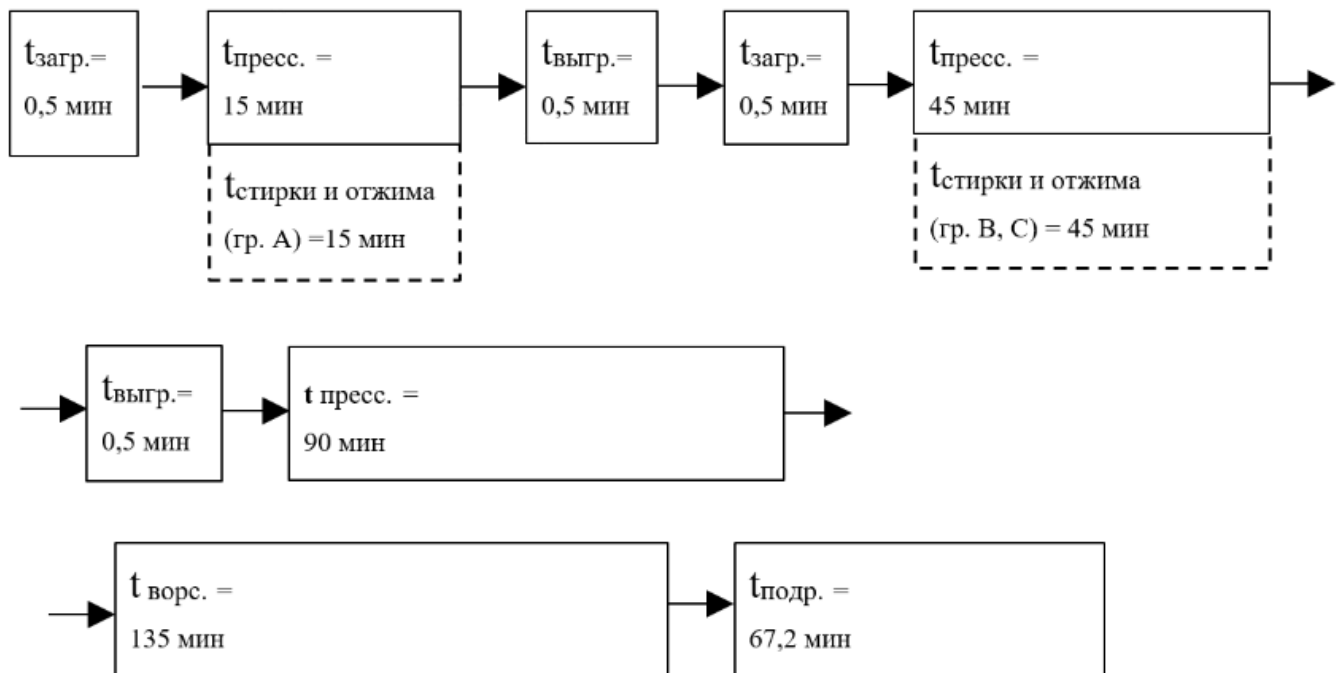


Рисунок 43 – Схема концентрированной операции мягчения полуфабриката с использованием жидкостной технологии (время указано на партию в 300 единиц): пунктиром выделены операции без участия оператора

Трудоемкость вводимых операций мягчения полуфабриката с использованием жидкостной технологии при изготовлении партии в 300 единиц составляет 354,2 минуты, или 0,7 смены. Таким образом, для выполнения операций жидкостной технологии мягчения полуфабриката достаточно одного сотрудника. Расчет трудоемкости операций мягчения для модели платья представлен в Приложении Г. Разница в трудоемкости традиционной и унифицированной технологии составила 5 минут (2,9 %).



### **5.3. Разработка технологии изготовления изделий из льняных материалов, совмещенной с процессами маломодульного зонального мягчения**

Как показано в разделе 4.2, технологию маломодульного мягчения предпочтительно использовать для тканей с поверхностной плотностью от 80 до 250 г/м<sup>2</sup>, используемых при изготовлении изделий костюмного и верхнего ассортимента. Маломодульная технология отличается от жидкостной способом нанесения препарата, а также последовательностью и режимами выполнения последующих стадий термообработки. Кроме того, для изделий данного ассортимента выделяют только 2 группы по степени жесткости в соответствии с разработанной методикой выделения зон в изделии, которая описана в п.5.1.

Для умягчающей отделки отбирают узлы группы В. Обработка может осуществляться как методом пропитки на двухвальной плюсовке, так и методом орошения (т.е. аэрозольного нанесения) в зависимости от наличия оборудования. При использовании орошения появляется возможность нанесения препарата только на определенную часть детали (рисунок 42), что дает возможность сократить расход препаратов и сохранить высокую жесткость и формоустойчивость на других участках деталей без использования операций дублирования клеевыми прокладками, что повысит технологичность и экономичность производства [112, 115].

Разработана комбинированная технология пошива, совмещенная с процессами маломодульной отделки, которая представлена в виде блок-схемы на рисунке 44.

### Этапы изготовления плечевых швейных изделий из льна с использованием технологии мягчения полуфабриката

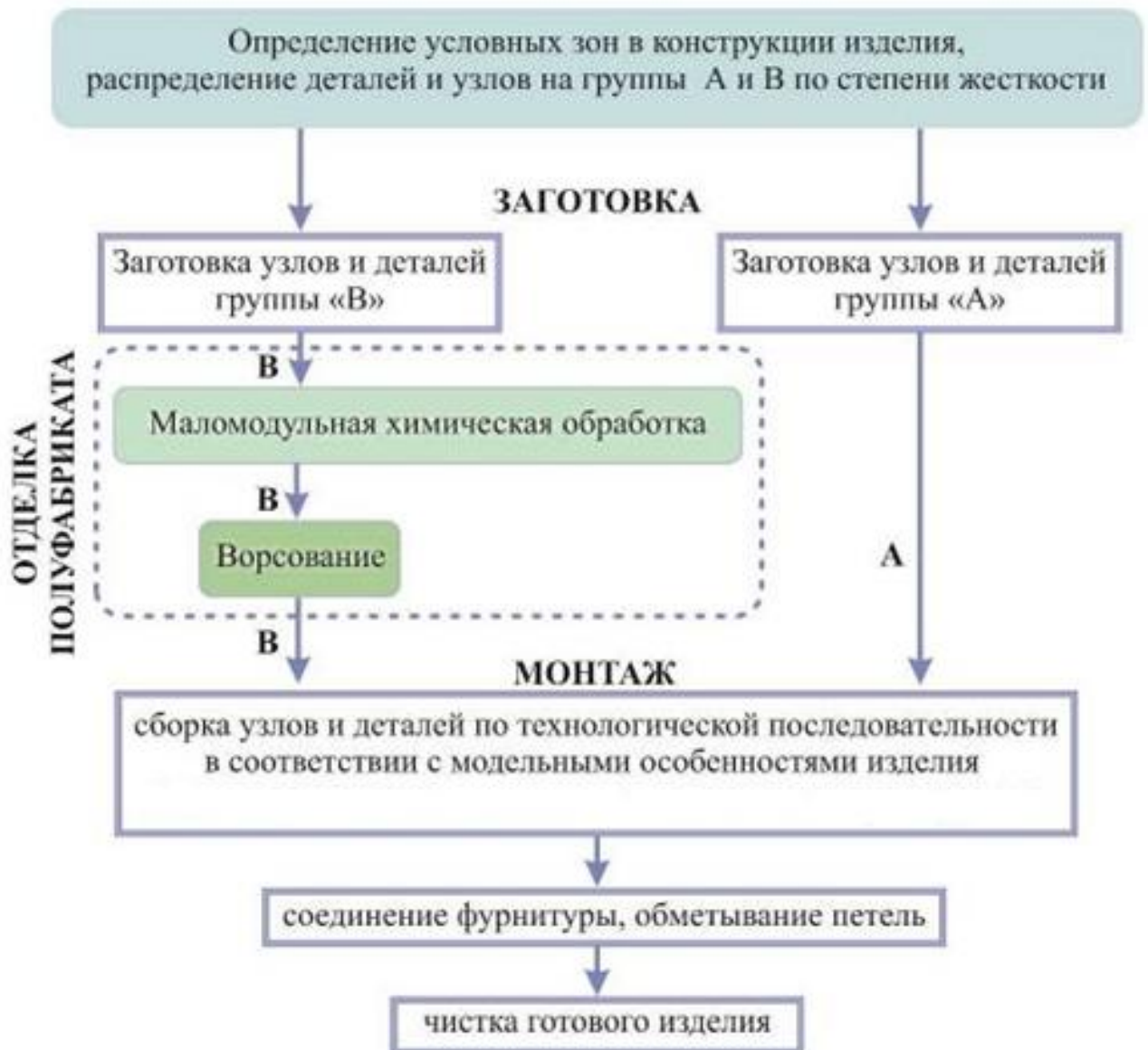


Рисунок 44 – Унифицированная схема обработки изделий платьево-костюмного ассортимента по технологии маломодульного мягчения

Для апробации разработанной технологии выбраны 6 моделей платьев и жакетов из плотной ткани (массой более  $200 \text{ г/м}^2$ ) различных объемно-силуэтных форм (таблица 48).

Таблица 48 – Характеристика моделей

Изделие	Силуэт	Объем	Степень пластичности
Жакет. Модель Ж1	полуприлегающий	умеренный	мягко-фиксированная
Жакет. Модель Ж2	прямой	большой	мягко-фиксированная
Жакет. Модель Ж3	полуприлегающий	умеренный	мягко-фиксированная: рукава, нижняя часть спинки
			каркасная: перед, верхняя часть спинки
Платье-тренч. Модель Ж4	расширенный к низу	умеренный	мягко-фиксированная: перед, спинка, рукава
			каркасная: кокетка, воротник, манжет, клапаны
Жакет. Модель Ж5	прилегающий	малый	мягко-фиксированная: бочок переда, рукава, спинка
			каркасная: центральная часть переда, кокетка, воротник
Платье-тренч. Модель Ж6	прямой	большой	мягко-фиксированная

Для изготовления моделей использованы льняные ткани отечественного производства (Яковлевская льняная мануфактура, г. Приволжск Ивановской обл.) шести артикулов (ОМ\_11 – ОМ\_16) различной поверхностной плотности (от 194 до 276 г/м<sup>2</sup>), различного цвета и фактуры. Характеристики тканей представлены в таблице 49.

Таблица 49 – Характеристика использованных в эксперименте тканей

Обозначение ткани	Поверхностная плотность, M <sub>S</sub> , г/м <sup>2</sup>	Жесткость, мН·см <sup>2</sup>		
		по основе <i>E<sub>Ю</sub></i>	по утку <i>E<sub>У</sub></i>	средняя <i>E<sub>Тк</sub></i>
ОМ_11	206	18,8	13,5	16
ОМ_12	198	31,3	14,1	25,7
ОМ_13	212	21,2	30,2	19,5
ОМ_14	244	14,2	11,3	12,75
ОМ_15	194	22,3	6,3	14,45
ОМ_16	276	28,4	34,6	31,5

Для каждой модели на основе анализа жесткости ткани и требуемых характеристик жесткости основных конструктивных зон с учетом результатов проведенных экспериментальных исследований, выполнена группировка основных узлов (группы А, В). Выбранные параметры изготовления изделий представлены в таблице 50.

Таблица 50 – Характеристика выбранных режимов обработки

Модель, характеристика	Вид ткани жесткость $EI_{\text{тк}}$	Желаемая жесткость зоны $EI_3$	Перечень узлов	Группа жесткости	Режим
1	2	3	4	5	6
Ж1 «у», м-ф	ОМ_11 16	П1 8,8-16,5 П2 5,5-13,5 П3 4,7 – 8,5 П4 5,1 – 11,0 С1 5,5 – 14,5 С2 5,5 – 13,5 С4 5,1 – 11,0 Р1; Р2 5,5 – 13,5 Рниз 5,1–11,0	перед выше линии груди	В	М1
			перед ниже линии груди	В	М1_1
			спинка (до уровня лопаток)	В	М1
			спинка (ниже уровня лопаток)	В	М1_1
			рукав	В	М
			низ рукава	В	М1_1
			кокетка переда, лацкан, воротник, подборт	А	-
Ж2 «б»:, к+м-ф	ОМ_12 25,7	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)
			верхняя часть спинки	А	-
			нижняя часть спинки	В	М1 (зональное орошение)
			рукав (за исключением линии низа)	В	М1 (зональное орошение)
			кокетка спинки, воротник, подборт, манжеты	А	-
Ж3 «б», м-ф	ОМ_13 19,5	П1 11,5-20,0 П2 7,7-17,0 П3 6,6 – 11,5 П4 7,1 – 15,0 С1 7,7 – 18,0 С2 7,7-17,0 С3 втачной пояс 15,1 – 38,5 С4 7,1 – 15,0 Р1; Р2 6,6 – 15,6 Рниз 7,1 – 15,0	перед (до линии груди)	А	-
			перед (ниже линии груди)	В	М1 (зональное орошение)
			спинка	В	М1
			спинка (от линии лопаток до талии)	В	М1 (зональное орошение)
			нижняя часть спинки	В	М1
			пояс	А	-
			карман	В	М1
			рукав	В	М1
			манжета, лацкан, воротник, подборт, клапан кармана	А	-
Ж4 «м», м-ф	ОМ_14 12,75	П1 5,3-10,0 П2 3,1-9,0 П4 3,0-8,2 С1 3,1-9,5 С2 3,1-9,0 С4 3,0-8,2 Р1, Р2 3,1-9,5 Рниз 3,0-8,2	перед (до линии талии)	В	М1
			перед (от линии талии до низа)	В	М1_1
			спинка (до линии талии)	В	М1
			спинка (от линии талии до низа)	В	М1_1
			воротник	В	М1_1
			рукав	В	М1

## Окончание таблицы 50

1	2	3	4	5	6
Ж5 «у», м-ф	ОМ_15 14,45	П1 8,8-16,5 П2 5,5-13,5 П3 4,7 – 8,5 П4 5,1 – 11,0 С1 5,5 – 14,5 С2 5,5 – 13,5 С4 5,1 – 11,0 Р1; Р2 5,5 – 13,5 Рниз 5,1–11,0	перед (до линии груди)	А	-
			перед (от линии груди до низа)	В	М1 (зональное орошение)
			спинка (до линии лопаток)	А	-
			спинка (от линии лопаток до низа)	В	М1 (зональное орошение)
			рукав (область локтевого сустава)	В	М1 (зональное орошение)
			низ рукава	А	-
			лацкан, клапан кармана, подборт, воротник	А	-
			Ж6 «у», м-ф	ОМ_16 31,5	П1 8,8-16,5 П2 5,5-13,5 П4 5,1-11,0 С1 5,5-14,5 С2 5,5-13,5 С4 5,1-11,0 Р1, Р2 5,5-14,5 Рниз 5,1-11,0
перед (от линии груди до талии)	В	М1_1			
спинка (до линии лопаток)	В	М1			
спинка (от уровня лопаток до линии талии)	В	М1_1			
рукав	В	М1			
оборка	В	М1_1			
обтачки	А	-			

Для осуществления корректного выбора методов и режимов обработки изделия осуществлена оценка пошивочных свойств исследуемых тканей (приложении Е).

С учетом проведенных исследований установлено, что при использовании разработанной лабораторной технологии зонального жидкостного смягчения льняных полуфабрикатов необходимо внесение следующих изменений в конструкцию: добавление припусков на усадку во все детали конструкции на величину, соответствующую усадке при стирке/замачивании исходного материала при температуре 45<sup>0</sup>С в течении 40 минут, стандартными приемами конструирования (параллельным разведением по нитям основы и утка или автоматическим построением с использованием соответствующей функции в системе автоматизированного проектирования).

Для изготовления изделий использованы лабораторные образцы отделочной композиции 1МЛ. Для нанесения препаратов методом пропитки использовалась лабораторная двухвальная плюсовка, методом орошения – ручной пульверизатор для жидкости. Пропаривание осуществляли с использованием парогенератора с последующим нагревом на прессе Japsew SR-600 при температуре 140°C в течение 2 мин. Сушку в сушильном шкафу осуществляли при 110°C до остаточной влажности льняного материала 15±3 %. Глажение осуществляли на прессе Japsew SR-600 при температуре 160°C. Окончательную влажно-тепловую обработку готового изделия осуществляли паровым утюгом с парогенератором Чайка Profi 2 при температуре пара 200°C при увлажнении волокнистого материала до влагосодержания 20-30 %.

Фото готовых изделий представлены в приложении Д.

Тестирование полученных лабораторных образцов осуществлено по показателям эстетического и физиолого-гигиенического соответствия по 10-балльной шкале, где 0 – полное несоответствие параметра, 10 – полное соответствие (таблица 51). Оценка воздухопроницаемости и гигроскопичности осуществлена лабораторными методами, для различных режимов обработки, оценка 10 соответствует снижению среднего показателя по всем узлам изделия не более, чем на 5%, оценка 9 – не более чем на 7,5%, оценка 8 – не более, чем на 10% (при условии сохранения соответствия требованиям СанПин и техническим регламентам таможенного союза для данного вида одежды).

Таблица 51 – Оценка внешнего вида лабораторных образцов изделий

Модель	Эстетическое соответствие			Гигиеническое соответствие			
	соответствие вие размера	соответствие желаемой объемно- силуэтной форме	отсутствие изменения цвета и грифа ткани в процессе обработки	воздухо- проница- емость	гигро- скопич- ность	отсутствие неприятных запахов	тактильные ощущения (отсутствие неприятных)
Ж1	10	10	10	10	9	10	9
Ж2	10	10	10	10	9	10	10
Ж3	10	10	10	8	8	10	9
Ж4	10	9	10	9	9	10	10
Ж5	9	8	10	8	9	10	9
Ж6	10	10	10	9	8	10	10

Из таблицы 51 видно, что разработанная технология обеспечивает высокие показатели соответствия эстетических и физиолого-гигиенических показателей.

Таким образом, применение различных режимов маломодульного способа умягчающей отделки в сочетании с различными методами нанесения композиции и технологическими приемами ворсования позволяют получать широкий ассортимент изделий платьево-костюмного ассортимента из отечественных льняных материалов повышенной плотности. Реализация технологии возможна с использованием стандартного промышленного оборудования для химической обработки, сушки, раскроя, пошива и влажно-тепловой обработки швейных изделий.

Для реализации технологии в массовом производстве с целью минимизации трудозатрат целесообразно:

1) совмещение операций маломодульной обработки и запаривания с использованием пятновыводного стола или кабины, оснащенными блоками подачи пара, вакуумирования и компрессором; композицию наносить орошением с помощью распылителя; узлы группы А не обрабатывать; узлы группы В, имеющие разную степень пластичности на разных участках детали, обрабатывать зонально: композицию наносить только в зоне, требующей мягчения. Обработка деталей и узлов выполняется параллельно с другими операциями технологического процесса, время обработки одной детали изделия составит 18...30 с.

2) обработку в среде насыщенного водяного пара и сушку осуществлять в паровом шкафу; время на укладывание пачки деталей в 100 единиц составит 300 с;

3) глажение деталей осуществлять на прессе проходного типа или гладильном катке при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  с использованием максимального давления валов и скорости прохождения, обеспечивающей достижение требуемого уровня остаточной влажности  $15\pm 3\%$ . Среднее время для одной детали составит 30 с;

4) в случае необходимости придания дополнительной мягкости после глажения осуществлять ворсование, с изнаночной стороны детали, полностью или частично в соответствии с выбранными режимами, ручным или механизированным способом.

Время обработки зависит от габаритов деталей кроя. Среднее время при ворсовании с использованием ручной гарнитуры составит 54 с;

5) влажно-тепловую обработку готового изделия осуществлять паровым утюгом с парогенератором или паровым столом до достижения товарного вида изделия.

Эффективная организация процесса мягчения по маломодульной технологии на специально выделенном участке, оснащенный пятновыводным столом или кабиной, промышленным сушильным шкафом, прессом проходного типа, ворсовальным столом и раскройной ленточной машиной представлена на рисунке 45.

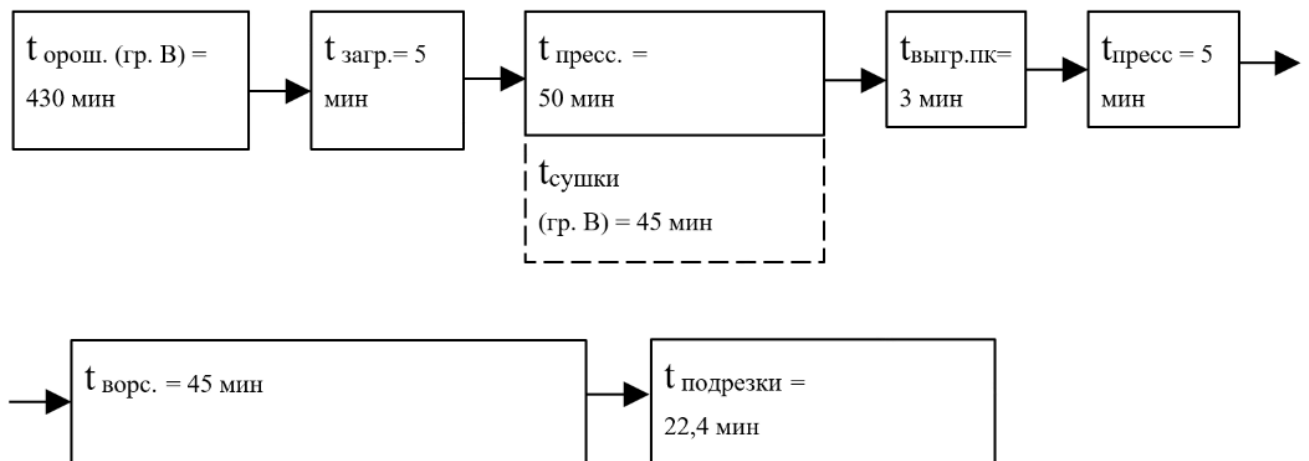


Рисунок 45 – Схема концентрированной операции мягчения полуфабриката с использованием маломодульной технологии (время указано на партию в 100 единиц): пунктиром выделены операции без участия оператора

При использовании представленной схемы мягчения полуфабриката трудоемкость вводимых операций при изготовлении партии в 100 единиц составила 555,4 минуты, или 1,15 смены. Таким образом, для выполнения операций маломодульной технологии мягчения полуфабриката достаточно одного сотрудника. Расчет трудоемкости введенных операций мягчения по маломодульной технологии представлен в Приложении Г. Разница в трудоемкости традиционной и унифицированной технологии составила 18,6 минут (3,9%).



#### 5.4. Практическая апробация технологии в условиях ООО «ЛидерТекс»

Для реализации процессов биохимического мягчения льняных материалов на предприятии ООО «ЛидерТекс» в г. Иваново был выделен специальный участок.

Для реализации технологии в условиях малого предприятия в дополнение к стандартному раскройному и швейному оборудованию подобрано дополнительное оборудование (таблица 52).

Таблица 52 – Оборудование, используемое для процесса мягчения

Наименование оборудования	Характеристика	Кол-во, шт
Для жидкостной технологии мягчения		
Стиральная машина Вязьма ВО-25П	масса загрузки 25 кг давление пара 0,2-0,4 Мпа напряжение 380 В	1
Гладильный пресс проходного типа OSHIMA OP-900	ширина ленты 900 мм	1
Щётка с кардолентой	материал — сталь материал рукоятки — дерево	1
Стол для ворсования	1,8х2,0 м	1
Для маломодульной технологии мягчения		
Пятновыводная кабина ЕСОСАВ GHIDINI	габаритные размеры 1250 x 760 x 1780 мм вес 210 кг	1
Промышленный сушильный шкаф Climcontrol	точность поддержания температуры $\pm 2^{\circ}\text{C}$ диапазон поддержания температуры $+30 \dots +250^{\circ}\text{C}$ размеры рабочей камеры ШхВхГ, 950×1900×1100 мм Габаритные размеры ШхВхГ, без блока управления 1150×2250×1400 мм	1
Щётка с кардолентой	материал — сталь материал рукоятки — дерево	1
Гладильный пресс проходного типа OSHIMA OP-900	ширина ленты 900 мм	1
Стол для ворсования	1,8х2,0 м	1

Также, в текущие расходные материалы входят химические препараты.

Для внедрения технологической операции в массовое производство предприятию потребуются капиталовложения на приобретение дополнительного

оборудования. Также необходимо выделение отдельной зоны, оснащенной системой водоснабжения и водоотведения, вытяжкой. В таблице 53 представлен расчет дополнительных капиталовложений. Расчеты представлены в приложении Ж.

Таблица 53 – Дополнительные капиталовложения

Наименование оборудования и транспортных средств, их класс, марка	Количество в производстве, ед.		Оптовая цена, р.	
	для жидкостного способа	для маломодульного способа	Единицы	всего
1	2	3	4	5
Промышленная стиральная машина Вязьма ВО-25П	1	-	1715808	1715808
Промышленный сушильный шкаф Climcontrol		1	309432	309432
Проходный пресс непрерывного действия OSHIMA OP-900	1		1476000	1476000
Стол для ворсования	1		29900	29900
Щётка с кардолентой	1		100	100
Пятновыводная кабина ECOCAB GHIDINI		1	1000000	1000000
Итого по цеху (жидкостной способ):				3221808
Итого по цеху (маломодульный способ):				2815432

Важнейшим финансовым результатом деятельности предприятия является прибыль от реализации продукции, которая, в свою очередь, зависит от себестоимости и качества продукции, а также масштабов изготовления и продажи товара. Внедрение дополнительной технологической операции по мягчению ткани с одной стороны требует от предприятия дополнительных капвложений и приведет к снижению выпуска продукции либо увеличению штата и, следовательно, расходов на заработную плату. С другой стороны, позволит увеличить ассортимент, цену продукции за счет улучшенных эксплуатационных характеристик.

По результатам проведенного маркетингового анализа рынка оптовая цена подобного изделия варьируется от 5000 р. до 9000 р., следовательно, за счет внедрения дополнительной технологической операции повышение цены возможно до 6000 р.

Рост выручки предприятия за счет увеличения цены продукции при использовании жидкостной технологии мягчения может достигать 300 тыс. р., при использовании маломодульной технологии мягчения - 100 тыс. р.

В таблице 54 представлены технико-экономические показатели деятельности предприятия в результате внедрения новой технологии.

Таблица 54 – Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя			
		до		после	
		платье	жакет	жидкостной способ (платье)	маломодульный способ (жакет)
Трудоемкость изделия	ч.	2,8	2,9	3,1	3,4
Выпуск продукции:					
- в натуральном выражении	ед.	300	100	300	100
- в оптовых ценах	тыс. р.	1500	500	1600	600
Рост выручки от реализации продукции	тыс. р.			300	100
Стоимость капиталовложений	тыс. р.			3236,520	2520,892
Численность дополнительных производственных рабочих	чел.			1	1
Цена продукции	р.	5000		6000	
Рентабельность продукции	%	17		17	
Срок окупаемости капиталовложений	год			0,9	2,3

Показатели эффективности предложенного мероприятия по внедрению технологической операции по мягчению ткани:

- трудоемкость изделия увеличится в среднем на 3,4%;
- дополнительные капиталовложения составят 3221,808 тыс. р. – жидкостной способ и 2815,432 тыс. р. – маломодульный способ;
- рост выручки предприятия за счет увеличения цены продукции достигает 300 тыс. р. – жидкостной способ (при изготовлении партий в 300 единиц), 100 тыс. р. – маломодульный способ (при изготовлении партий в 100 единиц);
- срок окупаемости капиталовложений 0,9 года – жидкостной способ, 2,3 года – маломодульный способ.

## Выводы по главе

1. Установлено, что жидкостной способ мягчения предпочтительнее использовать при изготовлении платьев, блуз, рубашек различных объемно-силуэтных форм, где требуется более мягкие и пластичные формы. Маломодульный способ предпочтителен для изготовления одежды костюмного ассортимента.

2. Предложена унифицированная схема обработки изделий по жидкостной технологии. В процессе изготовления 9 моделей изделий легкого ассортимента доказана эффективность разработанной технологии: сочетание режимов воздействия Ж2 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. Разработаны рекомендации по внесению изменений в конструкцию и технологию пошива.

3. Предложена унифицированная схема обработки изделий по маломодульной технологии. В процессе изготовления 5 моделей жакетов доказана эффективность разработанной технологии: сочетание режимов воздействия 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.

4. Проведены расчеты экономической эффективности вводимых технологических операций по мягчению тканей:

- трудоемкость изделия увеличится на 2,9 % при жидкостном способе мягчения и на 3,9 % при маломодульном способе мягчения тканей;

- рост выручки предприятия за счет увеличения цены продукции может достигать 300 тыс. р. при жидкостном способе мягчения и 100 тыс. р. при маломодульном способе мягчения тканей;

- срок окупаемости капиталовложений 0,9 года при жидкостном способе мягчения, 2,3 года при маломодульном способе мягчения тканей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 смягчения 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 смягчения льняных полуфабрикатов. Проведено испытание восьми режимов маломодульного смягчения. Установлено, что все режимы обеспечивают снижение жесткости материалов в 1,1-4,0 раза. По сравнению с жидкостным способом смягчения 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**

Проведенные исследования и разработки являются основой для обеспечения требуемого уровня жесткости отдельных конструктивных зон изделий поясного и плечевого ассортимента в соответствии с проектируемой моделью, повышения качества, конкурентоспособности и расширения ассортимента выпускаемой продукции из льняной ткани. Результаты позволяют оптимизировать свойства деталей и узлов в конструкции швейного изделия с учетом создаваемой силуэтной формы.

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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемов, А. В. Медико-гигиенические свойства льняных тканей [Текст] / А. В. Артемов // Дизайн и технологии. — 2009. — № 12 (54). — С. 90.
2. Постановление Правительства РФ от 16 июня 2022 г. № 1094 [Электронный ресурс]. — URL: <https://base.garant.ru/404866455/#friends> (дата обращения: 10.12.2022).
3. 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.
4. Оршанский льнокомбинат [Электронный ресурс]. — URL: <https://izolna.ru/about/making/orsha/> (дата обращения: 20.02.2022)
5. Патент WO 1994007983 A1, кл. C12N 9/2437 Methods for stonewashing fabrics using endoglucanases, заявл. 30.09.1992, опубл. 14.04.1994 / Kathleen A. Clarkson Edmund Larenas Geoffrey Weiss Benjamin S. Bower
6. Ясниская, Н. Н. Технология биоумягчения махровых хлопчатобумажных изделий [Текст] / Н. Н. Ясниская, Н. В. Скобова // Международная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Севостьянова. — Москва: РГУ им. А. Н. Косыгина, 2020. — С. 117-122.
7. Патент RU 2 773 599 C2 Способ изготовления одежды из льняных тканей, заявл. 11.03.2020., опубл. 06.06.2022 / Кокшаров С. А., Алеева С. В., Радченко О. В., Овсянникова П. А.
8. Ордина, Н. А. Структура лубоволокнистых растений и её изменение в процессе переработки [Текст] / Н. А. Ордина: Легкая индустрия, 1978 — 127 с.
9. Алеева С. В. Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов: дисс. ... д-р. техн. наук.: Алеева Светлана Владимировна. — Иваново., 2014. — 396 с.



10. Алеева, С. В. Взаимосвязь между строением и биокатализируемой деструкцией пектиновых веществ льняных материалов: специфика проявления при биологических методах выделения волокнистого сырья (Ч.1) [Текст] / С. В. Алеева, С. А. Кокшаров // Химия растительного сырья. — 2014. — № 4. — С. 101-108.
11. Алеева, С. В. Оценка гигроскопических и теплофизических свойств льняных полотен с новыми эффектами ворсовой фактуры [Текст] / С. В. Алеева, С. А. Кокшаров // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2015. — № 5 (358). — С. 43-48.
12. Алеева, С. В. Полимерный состав трепаного льняного волокна селекционных сортов льна-долгунца «Зарянка» и «Могилевский-2» [Текст] / С. В. Алеева, С. А. Кокшаров, О. А. Скобелева, А. Ю. Кудряшов // Известия вузов. Химия и химическая технология. — 2011. — Т.54, №6. — С. 93-96.
13. Кокшаров, С. А. Формирование полимерного состава лубяных пучков в процессах роста и переработки льна-долгунца [Текст] / С. А. Кокшаров, С. В. Алеева, О. А. Забываева, Т.А. Кудряшова // «Льноводство: реалии и перспективы». – Могилев: 2008. – С. 268-277.
14. Кокшаров, С. А. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца «А-93» с опытных участков в тверской и костромской областях [Текст] / С. А. Кокшаров, С. В. Алеева, Т. А. Кудряшова, А. Ю. Кудряшов // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 51-54.
15. Смирнова, Н. А. Материаловедение в производстве швейных изделий из льна: монография / Н. А. Смирнова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Костр. гос. технол. ун-т. - Кострома: Изд-во Костр. гос. технол. ун-та, 2005 (РИО КГТУ). - 151 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-8285-0214-X (в обл.)
16. Сулайман, О. Исследование свойств льносодержащих тканей с вложением эластана при многократных стирках [Текст] / О. Сулайман, Ж. Ю. Койтова, А. А. Телицын, Е. Н. Борисова // Технологии и качество. — 2022. — № 4(58). — С. 7-11.

17. Рыклин, Д. Б. Оценка драпируемости чистольняных тканей полотняного переплетения [Текст] / Д. Б. Рыклин // Вестник витебского государственного технологического университета. — 2019. — № 1. — С. 103-110.
18. Ленъко, К. А. Инновационный подход к решению проблемы умягчения льняных материалов [Текст] / К. А. Ленъко, Н. Н. Ясинская, Н. В. Скобова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). — 2020. — № 1. — С. 324-328.
19. Головина, Л. А. Разработка и теоретическое обоснование технологии заключительной отделки льняных тканей с использованием биопрепаратов на основе целлюлаз / дисс. ... к.т.н. М.: МТГУ, 2007. 166 с.
20. Барышева, Н. В. Разработка основ ферментативной технологии отварки хлопчатобумажных тканей / дисс. ... к.т.н. - М.: РосЗИТЛП, 2006. 179 с.
21. Алеева, С. В. Конкретизация технологических требований к биопрепаратам для биохимической подготовки льняной ровницы к прядению [Текст] / С. В. Алеева, С. А. Кокшаров, Ю. В. Неманова, Г. В. Чистякова // Текстильная химия. — 2004. — № 4. — С. 39-44.
22. Алеева, С.В. Сопоставительный анализ содержания полимерных спутников целлюлозы для химических способов подготовки льняной ровницы [Текст] / С. В. Алеева // сб. тез. докладов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности», Прогресс-2013. – Иваново: ИГТА. –2013. – С. 227-229.
23. Алеева, С. В. Влияние вида волокна и способа химической подготовки на единичные показатели качества льняной пряжи [Текст] / С. В. Алеева // сб. тез. докладов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности», Прогресс-2013. – Иваново: ИГТА. – 2013. – С. 296-298.
24. Чешкова, А. В. Ферментативная модификация природных волокнообразующих полимеров на различных стадиях подготовки текстильных материалов: дисс. ... докт. техн. наук. – Иваново. – 2005. – 338 с.

25. Сеницын, А. А. Энзимные биотехнологии в отделке текстиля [Текст] / А. А. Сеницын, Г. Е. Кричевский // Текстильная промышленность. — 2000. — № 6. — С. 22-24.
26. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Химическая технология и оборудование отделочного производства» и специализации «Колорирование текстильных материалов»: (в 3-х т.) / Г. Е. Кричевский. - 1. изд. - Москва : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 2000.
27. Головина, Л. А. Исследование применения ферментных препаратов целлюлолитического действия в заключительной отделке льняных тканей [Текст] / Л. А. Головина, С. Ф. Садова, В. К. Переволоцкая // Технология текстильной промышленности. — 2008. — № 3. — С. 65-69.
28. Гусева, М. А. Совершенствование процесса проектирования одежды [Текст] / М. А. Гусева, А. Ю. Рогожин // Директор. 2003. - №11. - С. 61-66
29. Пашкевич, К. Л. Проектирование формы одежды с учетом закономерностей тектоники [Текст] / К. Л. Пашкевич // Вестник технологического университета. Технология текстильной промышленности. — 2016. — № 5. — С. 108-111.
30. Бойко, С. В. Влияние жесткости полотен при изгибе на силуэтные линии формы элементов швейных изделий [Текст] / С. В. Бойко, М. А. Маринкина, Л. Л. Чагина, Н. А. Смирнова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2015. — № 6 (360). — С. 29.
31. Корнилова, Н. Л. Методы зонированного регулирования упруго-деформационных свойств пакета материалов швейного изделия [Текст] / Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В. Радченко, А. А. Арбузова, Ю. А. Шаммут // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — № 6 (384). — С. 22-28.
32. Метелева, О. В. Проектирование комбинированных технологий швейного производства [Текст] / О. В. Метелева, Е. В. Румянцев, В. М. Бузник // Известия

высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 5 (407). — С. 147-154.

33. Машина, Г. Л. Формирование заданных свойств композитного материала для швейных изделий [Текст] / Г. Л. Машина, О. В. Метелева, Л. И. Бондаренко // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2020. — № 1. — С. 439-442.

34. Бондаренко, Л. И. Проектирование современных химических технологий для швейного производства / Л. И. Бондаренко [Текст] // сб. Актуальные проблемы науки в технологиях текстильной и легкой промышленности., 2016. — С. 105-107.

35. Метелева, О. В. Теоретико-технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств: дис. ...канд. техн. наук: 05.19.04 / Метелева Ольга Викторовна. – Иваново, 2007.

36. Комарова, А. А. Использование современных химических препаратов для формоустойчивой обработки швейных изделий [Текст] / А. А. Комарова, В. В. Веселов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2009. — № 1 (313). — С. 89-91.

37. Патент RU 2 383 672 С2 Состав для придания формоустойчивости деталям швейного изделия, заявл. 01.09.2008., опубл. 10.03.2010 / Комарова А. А., Горелова А. А., Корнилова Н. Л., Веселов В. В., Потапочкина И. И., Логинова С. Е

38. Патент RU 2 317 359 Состав для обработки срезов деталей швейных изделий, заявл. 25.12.2006., опубл. 20.02.2008 / Бородина И. А., Горбунов И. Д., Веселов В. В., Молькова И. В., Королева С. В., Глодников Д. Х.

39. Гайнутдинов, Р. Ф. Электрофизические методы наноструктурирования текстильных материалов, применяемых для производства специальной одежды [Текст] / Р. Ф. Гайнутдинов, В. В. Хамматова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2015. — № 3 (357). — С. 34-39.

40. Гайнутдинов, Р. Ф. Наноструктурирование полульняной парусиновой ткани для повышения качества спецодежды [Текст] / Р. Ф. Гайнутдинов, В. В. Хамматова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2022. — № 5 (401). — С. 71-77.
41. Гайнутдинов, Р. Ф. Обеспечение требуемого уровня качества спецодежды из наномодифицированных тканей [Текст] / Р. Ф. Гайнутдинов, В. В. Хамматова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 5 (407). — С. 80-86.
42. Кумпан, Е. В. Влияние модификации термоклеевых прокладочных материалов на качество швейных изделий [Текст] / Е. В. Кумпан, И. Ш. Абдуллин, В. В. Хамматова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2013. — Т.16 № 3. — С. 51-52.
43. ГОСТ 10550-93 Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе. - Взамен ГОСТ 10550-7; введен 01.01.1995 г. - М.: Изд-во стандартов, 1995. - 12 с.
44. ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (утв. и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 1 марта 1972 г. N 486). – 20 с.
45. ГОСТ 19204-73 Полотна текстильные. Метод определения несминаемости. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 9 с.
46. ГОСТ 15967-70 Ткани льняные и полульняные для спецодежды. Метод определения стойкости к истиранию по плоскости – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 7 с.
47. ГОСТ 18976-73 Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию – М.: Издательство стандартов, 1985. – 7 с.
48. ГОСТ 30157.0-95 Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения. –

Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. – 10 с.

49. ГОСТ 30157.1-95 Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 12 с.

50. Патент RU 2 343 477 Способ определения формовочной способности текстильного материала, заявл. 25.12.2006; – опубл. 10.01.2009/ Горелова А. Е., Комарова А. А., Корнилова Н. Л.

51. ГОСТ Р 53549-2009 Лен чесаный. Технические требования. - - М.: Стандартиформ, 2010. – 18 с

52. Алеева, С. В. Обоснование технологических условий модификации льноволокна для повышения его сорбционных свойств [Текст] / С. В. Алеева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). — 2018. — № 1-1. — С. 100-106.

53. Оводов, Ю. С. Современные представления о пектиновых веществах [Текст] / Оводов, Ю. С. // Биоорганическая химия. — 2009. — Т. 35., № 3. — С. 293-310.

54. O'Neill, M. A. Methods in plant biochemistry [Text] / M. A. O'Neill, P. Albersheim, A. G. Darvill // Ed. Dey P. M. V.2. Carbohydrates – London: Acad. Press. – 1990. – P. 415-441.

55. O'Neill, M. A. Rhamnogalacturonan-II, a pectic polysaccharide in the walls of growing plant cell, forms a dimer that is covalently cross-linked by a borate ester [Text] / M. A. O'Neill, D. Warrenfeltz, K. Kates et al. // J. Biol. Chem. – 1996. – V. 271. – P. 22923-22930.

56. Дудкин, М. С. Гемицеллюлазы / М. С. Дудкин, В. С. Громов, Н. А. Ведерников. – Рига: Зинатне. – 1991. – 480 с.

57. Рабинович, М. Л. Прогресс в изучении целлюлолитических ферментов и механизмы биodeградации высокоупорядоченных форм целлюлозы [Текст] /

- М. Л. Рабинович, М. С. Мельник // Успехи биологической химии. — 2000. — № 40. — С. 205-266.
58. Лепилова, О. В. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов [Текст] / О. В. Лепилова, С. В. Алеева, С. А. Кокшаров // Химия растительного сырья. — 2013. — № 1. — С. 47-52.
59. Щербухина, Н. К. Состав и архитектура углеводно-белкового каркаса первичной стенки растительной клетки [Текст] / Н. К. Щербухина // Рост растений. Первичные механизмы. — М.: Наука. — 1978. — С. 13-37.
60. Лазарева, С. Е. Улучшает ли лигнин льняного волокна его прядильные свойства? / С. Е. Лазарева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 1990. — №3 (195). — С. 17- 20.
61. Lüdtke, M. Über die Aminosäuren der Hautsubstanz pflanzlicher Faserzellen / M. Lüdtke, B. Lerch // Holzforschung. — 1950. — №2. — P. 65.
62. Marchessault, R.H. Application of infra-red spectroscopy to cellulose and wood polysaccharides [Text] / R.H. Marchessault // Pure Appl. Chem. — 1962. — N 5. — P. 107-130.
63. Иванов А. Н. Физико-химические основы технологии приготовления льно-тресты: дисс. ... докт. техн. наук: 05.19.02 / Иванов Анатолий Николаевич — Кострома. — 1989. — 535 с.
64. Гурусова, А. А. Влияние структурных факторов на прядильную способность льняных волокон различных селекционных сортов [Текст] / А. А. Гурусова, А. Н. Иванов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 1989. — № 1 (187). — С. 19-21.
65. Yamasari, T. Characterization of residual lignin in kraft-pulp [Text] / T. Yamasari et al. // Ekman Days Ist Symp, Wood and Pulping Chemistry. — Stockholm.: 1981. — V. 2. — P. 34-42.
66. Иванов, А. Н. Влияние промышленных способов приготовления тресты на химический состав льняных волокон [Текст] / А. Н. Иванов, А. А. Гурусова //

Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 1984. — № 6 (187). — С. 17-20.

67. Патент US 4806254A, Composition and method for removal of wrinkles in fabrics, заявл. 26.05.1987, опубл. 21.02.1989 / John A. Church.

68. Патент JP 2008512581A, кл. C11D 3/3719, Fabric care composition comprising a polyol fabric care substance and an adhesive, заявл. 15.09.2004, опубл. 24.04.2008

69. Патент EP 1326952A1, кл. C11D 3/226, заявл. 17.10.2001, опубл. 01.02.2008

70. Патент CA 2346771C, кл. C11D 3/3738, заявл. 23.10.1998, опубл. 10.04.2012

71. Патент US 4855072A, кл. C11D 3/0015, заявл. 02.07.1987, опубл. 08.08.1989

72. Патент US 20050015888A1, кл. D06M 23/06, заявл. 27.10.1999, опубл. 27.01.2005

73. Патент US 5098979A, кл. D06M 15/6436, заявл. 25.03.1991, опубл. 24.03.1992

74. Патент US 5196499A, кл. D06M 15/6436, заявл. 25.03.1991, опубл. 23.03.1993

75. Патент US 4419391A, кл. D06M 15/6436, заявл. 31.03.1981, опубл. 06.12.1983

76. Патент WO 2003006595A1, кл. C11D 17/0013, заявл. 10.07.2002, опубл. 23.01.2003;

77. Патент FR 2813312A1, кл. C11D 3/3757, заявл. 25.08.2000, опубл. 01.03.2002

78. Патент US 20040038851A1, кл. D06M 23/08, заявл. 22.08.2001, опубл. 26.02.2004

79. Крашение и варка одежды [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.e-maika.com/varka.html> (дата обращения: 25.12.2021)

80. Патент RU 2372429C1, Способ ферментативно-пероксидного беления льносодержащих тканей, заявл. 19.05.2008, опубл. 10.11.2009 / Кокшаров С.А., Алеева С.В., Забываева О.А.



81. Пошив льняного текстиля по индивидуальному заказу [Электронный ресурс]. — URL: <https://izolna.ru/services/obrabotka-tkani/> (дата обращения: 06.11.2021)
82. Linorusso. Русский лен [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.linorusso.ru/volshebnoe-preobrajenie-lna.html/> (дата обращения: 06.11.2021)
83. Патент RU 2317359 С1, Состав для обработки срезов деталей швейных изделий, заявл. 20.02.2008., опубл. 25.12.2006 / Бородина И. А., Горбунов Д. И., Веселов В. В., Молькова И. В., Королева С. В., Глодников Д. Х.
84. 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, Н. Л. Корнилова, Е. Н. Никифорова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2022. — № 6 (402). — С. 98-105.
85. Бердник, Т. О. Основы художественного проектирования костюма и эскизной графики: учебник / Т. О. Бердник. — Ростов н/Д: Феникс, 2001. — 228с.
86. Вилкова, М. Р. Сопоставление взглядов на формообразование моделей одежды [Текст] / М. Р. Вилкова, С. В. Степанидина // Карельский научный журнал. — 2015. — № 2 (11). — С. 107-111.
87. Коблякова, Е. Б. Основы проектирования рациональных размеров и форм одежды. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 263 с
88. Козьмич, Д. И. Влияние волокнистого состава, структуры и отделки на эксплуатационные свойства льнолавсановых костюмно-плательных тканей: автореф. дис.... канд.техн.наук: 05.00.00 / Козьмич Дмитрий Иванович. -Киев, 1971, -26с.
89. Арбузова, А. А. Повышение формоустойчивости полочки мужского пиджака с применением композиционных материалов: автореферат дис. ... канд.техн. наук: 05.19.04 / Арбузова Анна Андреевна. - Иваново, 2010. - 20 с.

90. Корнилова, Н. Л. Моделирование жесткости композиционных материалов для одежды [Текст] / Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В. Радченко, Ю. А. Шаммут // Новые полимерные композиционные материалы. Материалы XVI Международной научно-практической конференции: 2020. — С. 213-217.
91. 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.
92. Бузов, Б. А. Практикум по материаловедению швейного производства / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова, Д. Г. Петропавловский. М.: Академия, 2003. - 416 с.
93. Бузов, Б.А. Льносодержащие ткани бытового назначения, их структура и некоторые свойства / Б. А. Бузов, В. Г. Побойкин, В. Ф. Ефимов, Т. В. Глушков // Швейная промышленность. 1999. - №6. - С. 32-33.
94. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб. Заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б. А. Бузова. 2-е изд., стер. - М.: «Академия», 2004. - 448 С.
95. Метелева, О. В. Роль химии в процессах изготовления швейных изделий [Текст] / О. В. Метелева, В. В. Веселов. – Российский химический журнал. Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева. Современные проблемы текстильной химии. Ч.1. – 2002 – Т. XLVI. – С. 121-132
96. Веселов, В. В. Химизация технологических процессов швейного производства [Текст]: учебник / В. В. Веселов, Г. В. Колотилова; под ред. В. В. Веселова. – Иваново: ИГТА, 1999. – 424 с.: ил. – 1000 экз. – ISBN 5-88954-028-9.
97. Метелева, О. В. Исследование водозащитных свойств швейных изделий [Текст]: [монография] / О. В. Метелева; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Ивановская гос. текстильная акад.» (ИГТА). - Иваново: ИГТА, 2013. - 75 с.

98. 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.
99. Алеева С. В. Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна [Текст] / С. В. Алеева, Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5 (401). С. 126-134.
100. Алеева, С. В. Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен [Текст] / С. В. Алеева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2013. — № 5 (347). — С. 129-131.
101. Кокшаров, С. А. Методика подготовки растворителя для оценки нанодисперсных объектов методом динамического светового рассеяния [Текст] / С. А. Кокшаров, Н. Л. Корнилова, О. В. Метелева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2014. — № 1. — С. 136-140.
102. Dutta S. K., Chakraborty S. Pore-scale dynamics of enzyme adsorption, swelling and reactive dissolution determine sugar yield in hemicellulose hydrolysis for biofuel production // Sci Rep. 2016; №6: 38173.
103. Aleeva S. V., Lepilova O. V., Koksharov S. A. Chemical transformations of flax shive lignin under the action fermentation products of polysaccharides // J. Appl. Spectr. 2021; 88(4): 781-788.
104. 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.
105. Солодушенкова, Т. С. Варианты мягчения льняных материалов / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова [Текст] // Традиции и инновационные

процессы в индустрии моды. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. — Уфа:, 2021. — С. 69-71.

106. 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.

107. Radchenko, O.V. Development of options for the implementation of the technology of manufacturing linen products, combined with the softening of semi-finished products [Text] / O. V. Radchenko, N. L. Kornilova, T.S. Solodushenkova, E. A. Sholokhova, A. A. Bikbulatova // AIP Conference Proceedings. International conference on textile and apparel innovation (ICTAI 2021). — 2022. — С. 090004.

108. ГОСТ 15968-2014 Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежные. Общие технические условия – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

109. Овсянникова, П. А. Оценка жесткости швов для моделирования формы женской одежды из чистольняных тканей [Текст] / П. А. Овсянникова, А. С. Крылова, О. В. Радченко // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2020. — № 1. — С. 496-497.

110. ГОСТ 12807-87. Изделия швейные. Требования к стежкам, строчкам, швам. М.: Изд-во стандартов, 1987. - 13 с.

111. Солодушенкова, Т. С. Влияние последовательности операций стачивания деталей и биообработки полуфабрикатов на жесткость льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, О. В. Радченко, Е. В. Зобнина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2024. — № 1 (409). — С. 138-145.

112. 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.

113. Koksharov S. A. Justification of an approach to cellulose application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing [Text] / S. A. Koksharov, S. V. Aleeva, O. V. Lepilova, A. A. Bikbulatova, N. L. Kornilova, E. N. Nikiforova // Textile Research Journal. — 2022.

114. Патент CN 103628321A, заявл. 09.12.2013, опубл. 12.03.2014

115. 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.

116. Солодушенкова, Т. С. Эффективность комбинированных механоферментативных обработок при градиентном мягчении деталей льняной одежды [Текст] / Т. С. Солодушенкова, Н. Л. Корнилова, С. А. Кокшаров, Е. В. Зобнина // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. — 2024. — № 2 (410). — С. 86-94.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Методика и результаты определения оптимальных значений показателей жесткости основных конструктивных зон изделий легкого и костюмного ассортимента различной объемно-силуэтной формы

Для проведения исследований были отобраны модели женской одежды платьево-блузочного ассортимента из льна различной объемно-силуэтной формы, покроя рукава, длины изделия и рукава, которые наиболее полно отражают степень пластичности объемной формы. В пределах одной детали изделия степень пластичности формы может варьироваться. На рисунках А.1-А.4 приведены модели платьев из разных тканей, выделены зоны, для каждой зоны с учетом объемных форм выбрана желаемая степень пластичности.

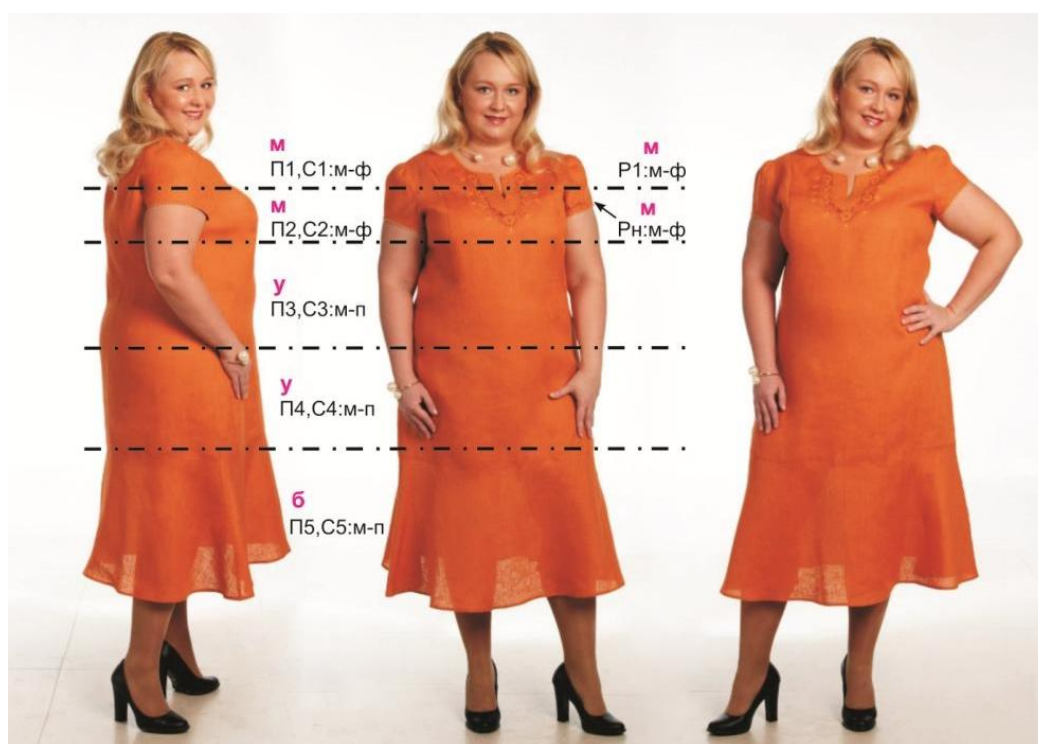


Рисунок А.1 – Модель платья из льняной ткани ООО «Ришелье»



Рисунок А.2 – Модель платья из льняной ткани ООО «Ришелье»

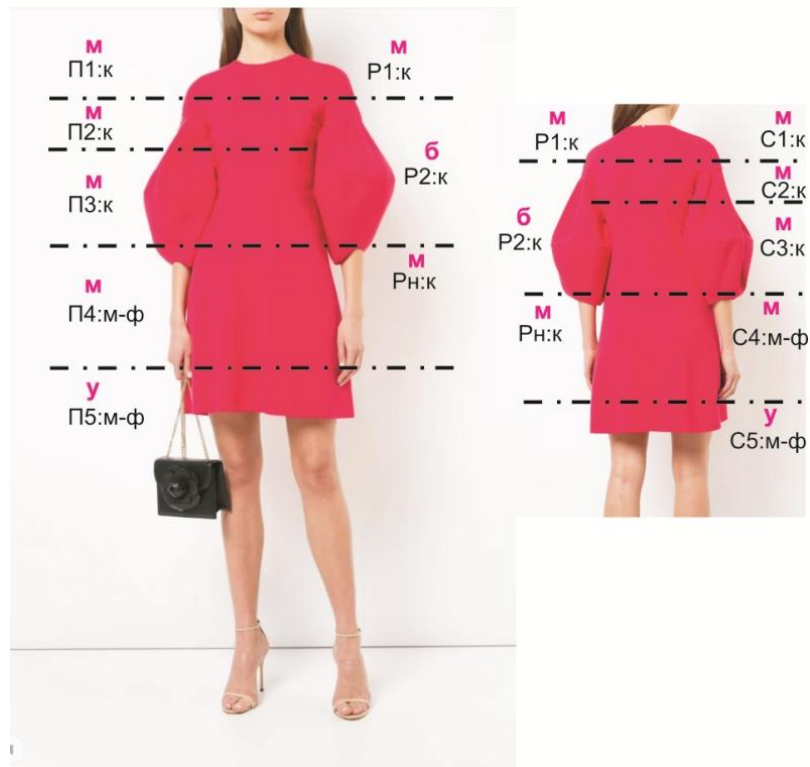


Рисунок А.3 – Модель платья



Рисунок А.4 – Модель платья LOVE REPUBLIC

Для экспериментальных исследований жесткости различных зон изделий изготовлены варианты моделей из различных материалов (рисунки А.5-А.8). Готовые изделия надевали на фигуру с целью оценки объемно-пластичной формы в пределах конструктивных зон. Количественную оценку диапазона значений показателя жесткость в пределах выделенных условных зон готовых изделий из материалов разного волокнистого состава рассчитывали по формуле 1 раздела 2.1



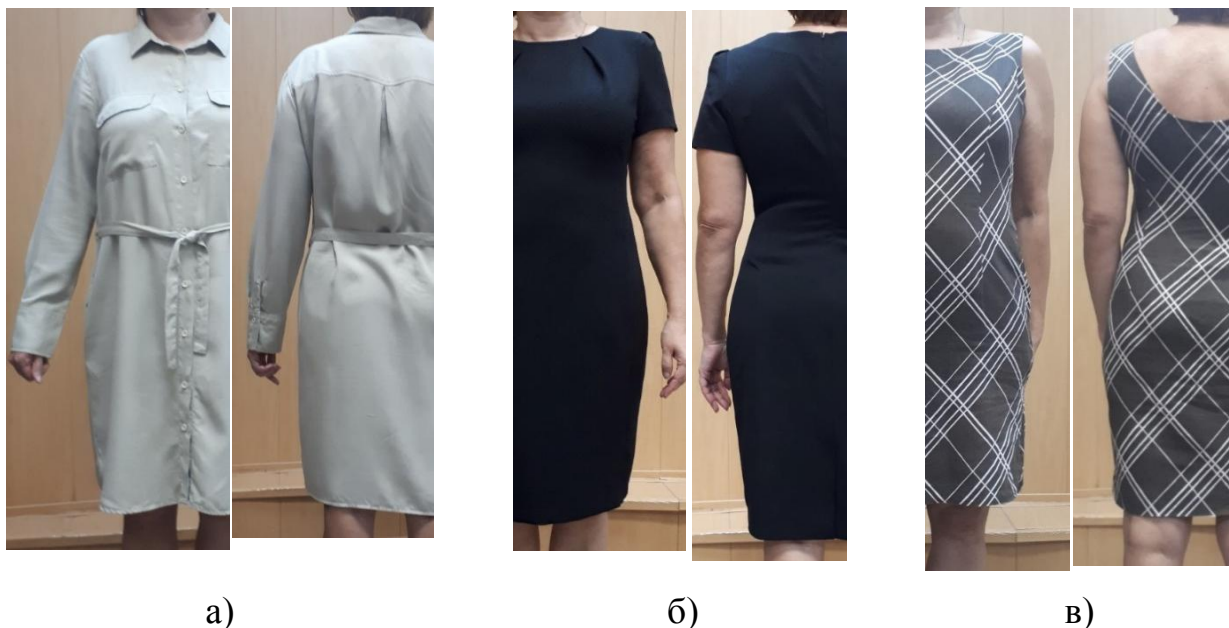


Рисунок А.5 – Примеры отшитых моделей платьев различных объемно-силуэтных форм из эталонных тканей: а) платье большой объемной формы, пластичность «м-ф» из хлопкольняной умягченной ткани импортного производства, б) платье средней объемной формы пластичность «м-ф» из смешанной ткани, в) платье малой объемной формы пластичность «м-ф» из хлопко-полиэфирной ткани

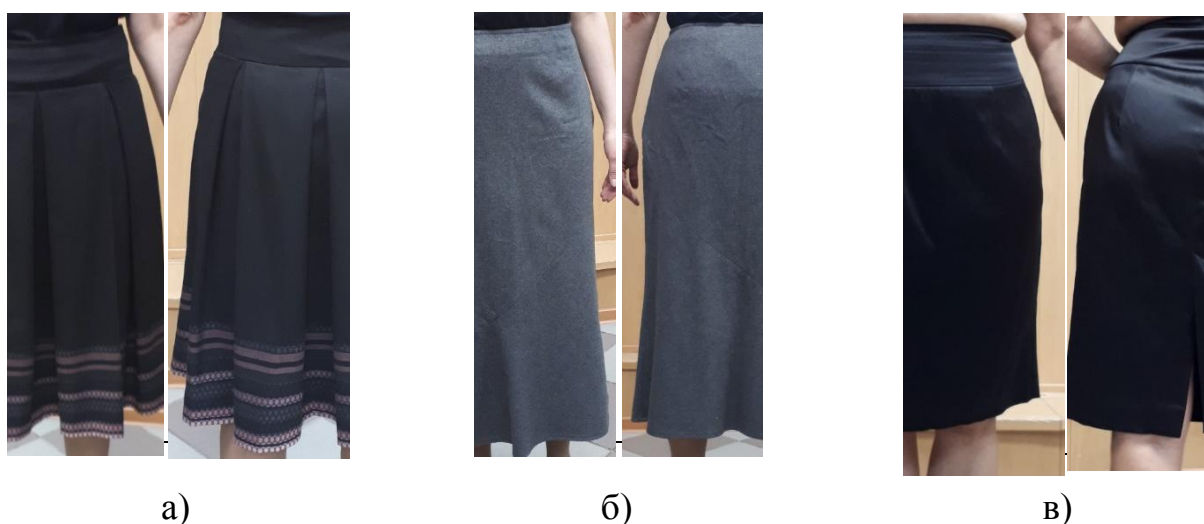


Рисунок А.6 – Примеры отшитых моделей юбок из эталонных тканей: а) юбка большой объемной формы, пластичность «м-ф» из смешанной ткани, б) юбка средней объемной формы, пластичность «м-ф» из хлопко-полиэфирной ткани, в) юбка малой объемной формы, пластичность «м-ф» из вискозно-полиэфирной ткани



Рисунок А.7 – Примеры отшитых моделей брюк различных объемно-силуэтных форм из эталонных тканей: а) брюки большой объемной формы, пластичность «м-ф» из смесовой ткани, б) брюки средней объемной формы, пластичность «м-ф» из хлопко-полиэфирной ткани, в) брюки малой объемной формы, пластичность «к» из вискозно-полиэфирной ткани

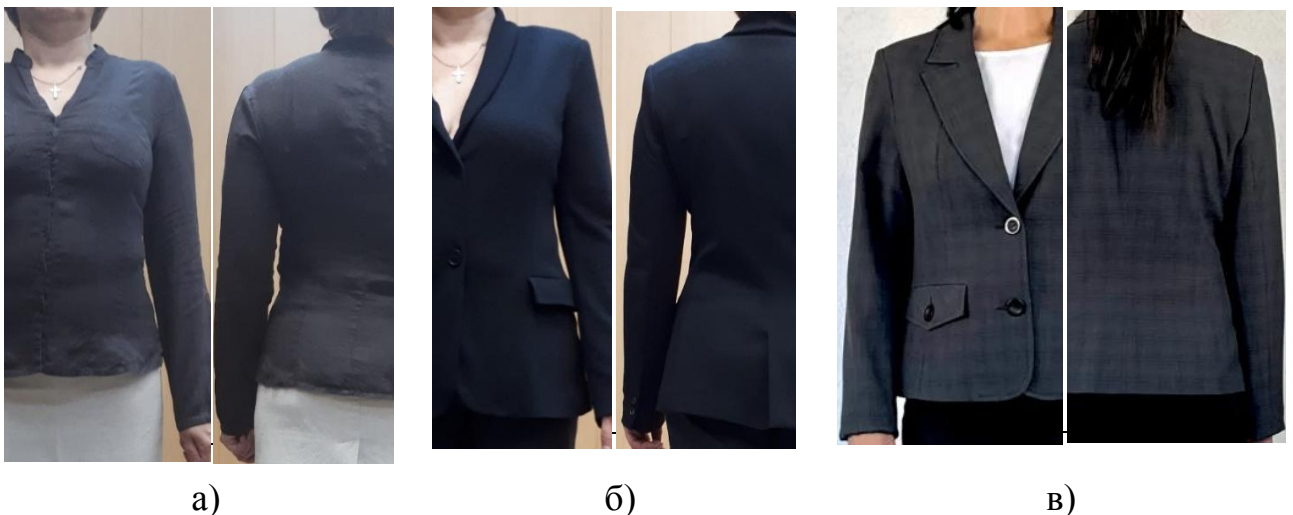


Рисунок А.8 – Примеры отшитых моделей жакетов различных объемно-силуэтных форм из эталонных тканей: а) жакет малой объемной формы, пластичность «м-ф» из хлопкольняной умягченной ткани импортного производства, б) жакет средней объемной формы, пластичность «м-ф» из смешанной ткани, в) жакет средней объемной формы, пластичность «м-ф» из хлопко-полиэфирной ткани

Статистическая погрешность (ошибка) чистой случайной повторной выборки, из расчета 9 моделей, 10 узлов и 4 вида тканей, оценивалась по формуле:

$$\Delta = t \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}, \quad (\text{A.1})$$

где  $\Delta$  — размер максимальной (предельной) случайной ошибки;

$t$  — числовой коэффициент, соответствующий уровню надежности оценки;

$\sigma^2$  — дисперсия распределения значений переменной, для которой выполняется оценка ошибки,  $\sigma^2 = 50\%$ , поскольку результаты точно не известны до проведения исследования

$n$  — размер выборки.

Надежность взята 95,4 %, следовательно, числовой коэффициент  $t = 2$

$$\Delta = 2 \cdot \sqrt{\frac{50^2}{9 \cdot 10 \cdot 4}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2500}{360}} = 5\%$$

Результаты расчетов показывают, что выборка является репрезентативной, так как её статистическая погрешность не превышает 5%.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Оценка эффективности применения жидкостного способа мягчения ткани

Для проведения лабораторных исследований 8 образцов льняной ткани подвергли трем вариантам жидкостного мягчения, описанным в разделе 3.3, по следующему лабораторному режиму (таблица Б.1.)

Таблица Б.1 – лабораторный режим жидкостного способа мягчения

приготовление технологического раствора	дистиллированная вода 40-45°C - 1:10 к массе льняного материала; ферментная композиция - 4 г/л; неионогенный смачиватель – 0,5 г/л
рН раствора	4,5-5,0
температура обработки	40...45°C
длительность обработки	40 мин.
температура воды для промывки полуфабриката	40°C
сушка	на воздухе или на термопрессе при температуре 80°C

#### 1. Определение жесткости исходных и умягченных льняных тканей

Для установления среднего значения изменения показателя жесткости льняных тканей, были произведены измерения элементарных проб льняных материалов по ГОСТ 10550-93 Материалы текстильные. Полотна (таблица Б.2, рисунок Б.1)

Таблица Б.2 – Характеристика метода исследования

Наименование показателя	ГОСТ, ТУ	Наименование метода исследования	Размеры элементарных проб, мм	Количество элементарных проб	Применяемое оборудование
жесткость	ГОСТ 10550-93	консольный метод	160×30	по 5 элементарных проб в продольном и поперечном направлениях каждого материала по трем вариантам жидкостного мягчения	ПТ-1 или ПТ-2. весы лабораторные аналитические, секундомер

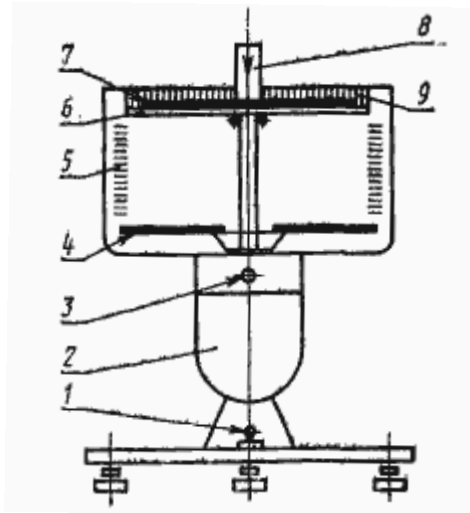


Рисунок Б.1 – Прибор ПТ-2

Таблица Б.3 – Средние значения изменения показателя жесткости тканей ( $E_{\text{ТК}}$ ,  $\text{мН}\cdot\text{см}^2$ ) по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов (Ж1, Ж2, Ж3)

Показатель	Жесткость, $E_{\text{ТК}}$ , $\text{мН}\cdot\text{см}^2$							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
ткань_Основа_исходная	40,2	52,7	9,05	7,6	22,2	7,5	5,9	14
ткань_Основа_после Ж1	29,6	39,4	5,7	5,32	14,2	5,55	4,66	8,56
ткань_Основа_после Ж2	25,4	29,05	3,37	4,78	11,64	4,73	3,45	6,68
ткань_Основа_после Ж3	14,1	8,9	2,5	3,12	7,48	2,7	2,32	4
ткань_Уток_исходная	25,8	36,77	18,07	5,5	7,2	3,14	4,96	10,26
ткань_Уток_после Ж1	23,96	25,58	12,2	4,59	4,2	2,3	3,87	7,62
ткань_Уток_после Ж2	17,4	16,7	5,9	3,2	3,45	1,98	3,06	4,34
ткань_Уток_после Ж3	9,6	7,23	2,82	1,78	2,06	1,7	1,58	2,86

Средне квадратичная ошибка серии измерений рассчитана по формуле

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

(Б.1)

где  $\bar{x}$  – среднее значение измеряемой величины

$x_i$  –  $i$  значение измеряемой величины

$n$  – количество измерений

Расчет абсолютной погрешности результата серии измерений

$$\Delta N = t(\alpha, n) \cdot S_{\bar{x}}, \quad (\text{Б.3})$$

где  $S_{\bar{x}}$  – среднеквадратичная ошибка серии измерений

$t(\alpha, n)$  – коэффициент Стьюдента, находят по таблице, в зависимости от заданной надежности  $\alpha$  и числа измерений  $n$ .

Среднеквадратичная ошибка серии измерений вычислена по формуле

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x \cdot t}{\sqrt{n}} \quad (\text{Б.4})$$

Результаты произведенных расчетов представлены в таблице Б.4

Таблица Б.4 – Расчет погрешности измерений показателя жесткости тканей

Ткань	$S_x$	$S_{\bar{x}}$	t-критерий	$\Delta N$
1	2	3	4	5
исх. значение_основа				
ОМ_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_5	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_6	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_8	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
Ж1				
ОМ_4	0,22804	0,11402	2,78	0,31697
ОМ_5	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_6	0,23049	0,11524	2,78	0,32038
ОМ_7	0,207364	0,10368	2,78	0,28824
ОМ_8	0,23022	0,11511	2,78	0,32
Ж2				
ОМ_4	0,19235	0,09618	2,78	0,26737
ОМ_5	0,24083	0,12042	2,78	0,33476
ОМ_6	0,27771	0,13886	2,78	0,38602
ОМ_7	0,29686	0,14843	2,78	0,41263
ОМ_8	0,21679	0,1084	2,78	0,30134
Ж3				
ОМ_4	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
ОМ_5	0,16432	0,08216	2,78	0,2284
ОМ_6	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_7	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
ОМ_8	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
исх. значение_уток				

## Окончание таблицы Б.4

1	2	3	4	5
OM_4	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,18166	0,09083	2,78	0,25251
OM_7	0,23022	0,11511	2,78	0,32
OM_8	0,20736	0,10368	2,78	0,28824
Ж1				
OM_4	0,14874	0,07437	2,78	0,20676
OM_5	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
OM_6	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,179234	0,08962	2,78	0,24914
OM_8	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
Ж2				
OM_4	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
OM_5	0,15207	0,07603	2,78	0,21138
OM_6	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_7	0,20736	0,10368	2,78	0,28824
OM_8	0,13416	0,06708	2,78	0,18649
Ж3				
OM_4	0,08367	0,04183	2,78	0,1163
OM_5	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
OM_6	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
OM_7	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_8	0,11619	0,05809	2,78	0,1615

## 2. Определение формовочной способности льняных тканей

Формовочная способность определена согласно методике, описанной в [50].

Подготавливают образец круглой формы, располагают и закрепляют его на поверхности шара (рисунок Б.2) и вычисляют радиус образца, на поверхности пробы в плоскости фиксируют складки, получают фронтальную проекцию образца, по ней определяют координаты верхней и нижней точек шара и граничных точек, рассчитывают центральный угол сектора окружности шара, а о формовочной способности судят по центральному углу сектора окружности шара и вычисляют показатель формовочной способности по математическому выражению. Способ

позволяет прогнозировать поведение текстильного материала на объемной поверхности без приложения принудительных внешних усилий.

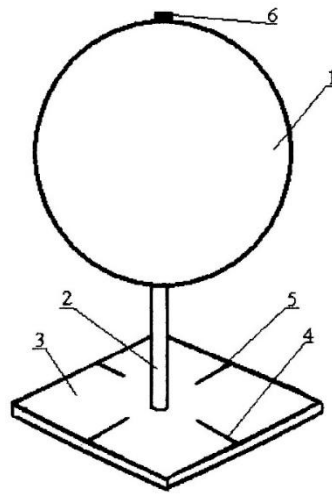


Рисунок Б.2 – Установка для определения формовочной способности:

1 – шар, 2 – штатив, 3 – подставка, 4,5 – риски, обозначающие места локализации складок и расположения нитей основы и утка, 6 – прижим

1. Размер пробы рассчитан по формуле

$$r_{\text{обр}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{ш}} + 5}{2}, \quad (\text{Б.5})$$

где  $R_{\text{ш}}$  – радиус шара, см.

2. Расстояние от центра пробы до складки рассчитано по формуле

$$R_{\text{фикс}} = r_{\text{обр}} - l_{\text{фикс}}, \quad (\text{Б.6})$$

$r_{\text{обр}}$  – размер пробы, см;

$l_{\text{фикс}}$  – длина фиксирующего элемента, см.

3. Раствор складки рассчитан по формуле

$$P_{\text{скл}} = 90 - \frac{90 \cdot (2 \cdot R_{\text{ш}} + (t_{\text{м}} + 3))}{\pi \cdot R_{\text{ш}}}, \quad (\text{Б.7})$$

где  $R_{\text{ш}}$  – радиус шара, см.

$t_{\text{м}}$  – толщина исследуемого текстильного материала, см.



Намечают центр пробы, положение и размер складок по шаблону (рисунок Б.3) на поверхности пробы в плоскости фиксируют складки закрепками на швейной машине беспосадочной строчкой.

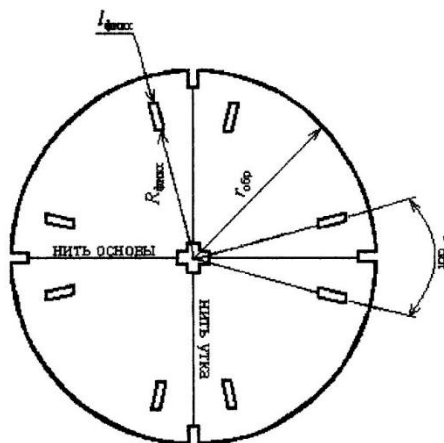


Рисунок Б.3 – Шаблон для определения положения и размера складок

Пробы располагают и закрепляют на поверхности шара, совмещая центр пробы с верхним прижимом. Поворачивая шар, достигают положение, при котором складки материала локализируются по рискам, а штатив и верхний прижим видны в объективе цифрового фотоаппарата. Пробы выдерживают 3 минуты для придания пробе присущей ей постоянной формы. По истечении этого времени получают фронтальную проекцию пробы путем фотографирования установки и пробы.

По проекции определяют положение верхней  $V$  и нижней  $H$  точек шара и граничных точек  $A, B$ , до которых проба полностью повторяет поверхность шара (рисунок Б.4). Характеристики формовочной способности, в зависимости от возможностей графического программного продукта, определяют либо через координаты полученных точек, либо измерением центрального угла  $\alpha$ , длины дуги  $l_{AB}$  и хорды  $l_{AB}$ .

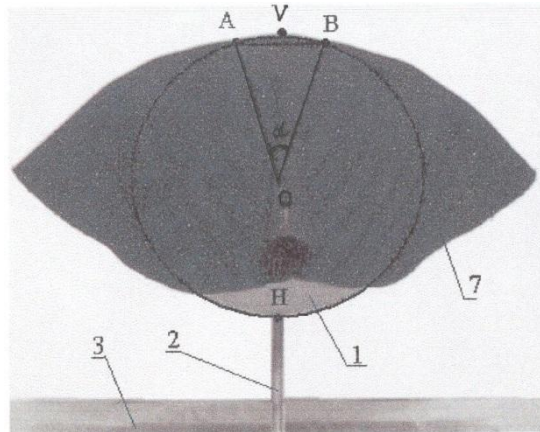


Рисунок Б.4 – Определяют положение верхней V и нижней H точек шара и граничных точек A, B

Центральный угол сектора окружности шара, являющегося областью непосредственного контакта поверхности материала с шаром  $\alpha$ , определен как угол между прямыми соединяющими граничные точки центра шара АО и ВО

$$\alpha = \arctg\left(\frac{a_2 - a_1}{1 + a_1 \cdot a_1}\right), \quad (\text{Б.8})$$

$a_1, a_2$  – угловые коэффициенты прямых АО, ВО соответственно

$$a_1 = \frac{y_A - y_0}{x_A - x_0} \quad (\text{Б.9})$$

$$a_2 = \frac{y_B - y_0}{x_B - x_0} \quad (\text{Б.10})$$

Количественная характеристика формовочной способности материала  $K_\phi$  рассчитана по формуле

$$K_\phi = \frac{l_{AB}}{\overset{\frown}{l}_{AB}}, \quad (\text{Б.11})$$

где  $l_{AB}$  – длина хорды стягивающей дугу АВ сектора окружности шара, являющегося областью непосредственного контакта поверхности материала с шаром, см;

$\overset{\frown}{l}_{AB}$  – длина дуги, см.

Средние значения изменения показателя формовочной способности после умягчающей отделки с применением разных режимов представлены в таблице Б.5.

Таблица Б.5 – Средние значения изменения показателя формовочной способности после умягчающей отделки с применением разных режимов (Ж1, Ж2, Ж3)

Показатель	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
ткань_Основа_исходная	16,72	14,02	10,79	19,42	12,56	14,36	22,8	11,42
ткань_Основа_после Ж1	18,34	18,34	14,38	22,74	15,42	19,48	28,8	15,96
ткань_Основа_после Ж2	21,57	22,11	15,1	25,44	18,7	22,12	29,4	17,52
ткань_Основа_после Ж3	33,98	26,43	17,26	39,48	23,68	28,04	35,64	19,26
ткань_Уток_исходная	11,6	12,68	11,33	22,1	14,3	11,72	21,3	10,42
ткань_Уток_после Ж1	19,42	21,04	16,4	24,12	19,76	18,64	24,3	15,26
ткань_Уток_после Ж2	19,69	25,89	17,8	28,54	22,76	19,42	29,1	20,82
ткань_Уток_после Ж3	27,51	33,98	19,96	38,96	24,64	27,92	37,82	27,64

Расчет погрешности измерений изменений показателя формовочной способности представлен в таблице Б.6

Таблица Б.6 – Расчет погрешности измерений изменений показателя формовочной способности

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. значение основа				
ОМ_4	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
ОМ_5	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
ОМ_6	0,15166	0,07583	2,78	0,2108
ОМ_7	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_8	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
Ж1				
ОМ_4	0,19494	0,09747	2,78	0,27096
ОМ_5	0,23875	0,11937	2,78	0,33186
ОМ_6	0,17889	0,08944	2,78	0,24865
ОМ_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_8	0,27019	0,13509	2,78	0,37556
Ж2				
ОМ_4	0,23022	0,11511	2,78	0,32
ОМ_5	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_6	0,21679	0,1084	2,78	0,30134

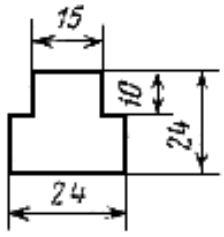
## Окончание таблицы Б.6

1	2	3	4	5
OM_7	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,21679	0,1084	2,78	0,30134
Ж3				
OM_4	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_5	0,25884	0,12942	2,78	0,35979
OM_6	0,2313	0,11565	2,78	0,32151
OM_7	0,2881	0,14405	2,78	0,40046
OM_8	0,18166	0,09083	2,78	0,25251
исх. значение уток				
OM_4	0,26458	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,23875	0,11937	2,78	0,33186
OM_7	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
OM_8	0,28636	0,14318	2,78	0,39804
Ж1				
OM_4	0,19235	0,09618	2,78	0,26737
OM_5	0,20736	0,10368	2,78	0,28824
OM_6	0,23022	0,11511	2,78	0,32
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
Ж2				
OM_4	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
OM_5	0,18166	0,09083	2,78	0,25251
OM_6	0,16432	0,08216	2,78	0,2284
OM_7	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
OM_8	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
Ж3				
OM_4	0,1533	0,07665	2,78	0,21308
OM_5	0,18166	0,09083	2,78	0,25251
OM_6	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_7	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_8	0,19494	0,09747	2,78	0,27096

#### 4. Определение несминаемости льняных тканей

Характеристика метода исследования представлена в таблице Б.7.

Таблица Б.7 – Характеристика метода исследования

Наименование показателя	ГОСТ, ТУ	Метод исследования	Размеры элементарных проб, мм	Количество элементарных проб	Оборудование
несминаемость	ГОСТ 19204-73	сущность метода заключается в измерении угла восстановления в результате отдыха после нагружения при заданном давлении в течение определенного времени пробной полоски, сложенной под углом 180°	точная проба 150x150, из которой вырезают Т-образные пробы 	не менее 5 элементарных проб в продольном и поперечном направлениях каждого материала по трем вариантам жидкостного мягчения	СМТ, секундомер

Средние значения полученных результатов представлены в таблице Б.8.

Таблица Б.8 – Средние значения изменения несминаемости после умягчающей отделки с применением разных режимов (Ж1, Ж2, Ж3)

Показатель	Несминаемость (H, %)							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
ткань_Основа_исходная	30,33	23,5	32,67	26,3	21,11	26,3	27	24,44
ткань_Основа_после Ж1	31,44	25,44	34,21	31,48	22,04	27,78	29,08	24,8
ткань_Основа_после Ж2	32,78	27,11	38,27	31,56	28,28	30,56	30,16	25,06
ткань_Основа_после Ж3	33,98	29,1	39,44	31,66	30,92	32,78	30,92	25,2
ткань_Уток_исходная	31,52	25,85	28,4	25,92	22,2	25	25	21,3
ткань_Уток_после Ж1	33,15	30,25	31,52	26,84	22,6	27,22	30,18	28,9
ткань_Уток_после Ж2	34,2	35,3	33,2	28,12	24,86	30,1	30,4	29
ткань_Уток_после Ж3	36,45	37,1	34,8	30,18	26,48	32,78	30,56	31,1

Таблица Б.9 – Расчет погрешности измерений изменения несминаемости после умягчающей отделки

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. значение основа				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,1	0,05	2,78	0,139
OM_6	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
OM_7	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
OM_8	0,114018	0,05701	2,78	0,15848
Ж1				
OM_4	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
OM_5	0,18166	0,09083	2,78	0,25251
OM_6	0,20494	0,10247	2,78	0,28487
OM_7	0,130384	0,06519	2,78	0,18123
OM_8	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
Ж2				
OM_4	0,23022	0,11511	2,78	0,32
OM_5	0,21679	0,1084	2,78	0,30134
OM_6	0,19494	0,09747	2,78	0,27096
OM_7	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
OM_8	0,16733	0,08367	2,78	0,23259
Ж3				
OM_4	0,24083	0,12042	2,78	0,33476
OM_5	0,10954	0,05477	2,78	0,15227
OM_6	0,14832	0,07416	2,78	0,20617
OM_7	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
OM_8	0,1	0,05	2,78	0,139
исх. значение уток				
OM_4	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
OM_5	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
OM_6	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
OM_7	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,28284	0,14142	2,78	0,39315
Ж1				
OM_4	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
OM_5	0,12247	0,06124	2,78	0,17024
OM_6	0,16432	0,08216	2,78	0,2284
OM_7	0,130384	0,06519	2,78	0,18123
OM_8	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
Ж2				
OM_4	0,13038	0,06519	2,78	0,18123
OM_5	0,15166	0,07583	2,78	0,2108
OM_6	0,1	0,05	2,78	0,13

Окончание таблицы Б.9

1	2	3	4	5
ОМ_7	0,14142	0,07071	2,78	0,19658
ОМ_8	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
ЖЗ				
ОМ_4	0,19235	0,09618	2,78	0,26737
ОМ_5	0,21679	0,1084	2,78	0,30134
ОМ_6	0,16432	0,08216	2,78	0,2284
ОМ_7	0,11402	0,05701	2,78	0,15848
ОМ_8	0,12247	0,06124	2,78	0,17024

Таблица Б.10 – Среднее значение результатов измерений жесткости швов различной конструкции ( $EI_{шв}$ , мН·см<sup>2</sup>), выполненных из исходных (неумягченных) тканей

Ткань /вид шва	стачной вразутюжк у вдоль нити основы	стачной вразутюжк у 45° к нити основы	стачной вразутюжк у вдоль нити основы	настрочной 90° к нити основы	обтачной вдоль нити основы	обтачной 45° к нити основы	обтачной 90° к нити основы с отделочной строчкой	вподгибк у 90° к нити основы
ОМ_1	1253	346	1953	1365	2350	724	1905	592
ОМ_2	858	225	1404	1128	1854	414	1257	433
ОМ_3	188	165	225	618	309	212	898	239
ОМ_4	567	169	884	737	929	324	861	268
ОМ_5	209	183	278	476	451	234	451	260
ОМ_6	745	315	1162	968	1341	358	1087	373
ОМ_7	581	220	947	856	1086	332	877	290
ОМ_8	472	194	736	628	821	284	717	232

Таблица Б.11 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости швов

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
стачной вразутюжку вдоль нити основы				
ОМ_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_5	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
стачной вразутюжку 45° к нити основы				

## Окончание таблицы Б.11

1	2	3	4	5
ОМ_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_6	0,3	0,15	2,78	0,417
ОМ_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
стачной взаутюжку вдоль нити основы				
ОМ_4	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_6	0,353553	0,17678	2,78	0,49144
ОМ_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
настрочной 90° к нити основы				
ОМ_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
обтачной вдоль нити основы				
ОМ_4	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_5	0,367423	0,18371	2,78	0,51072
ОМ_6	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
обтачной 45° к нити основы				
ОМ_4	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_5	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
обтачной 90° к нити основы с отделочной строчкой				
ОМ_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
вподгибку 90° к нити основы				
ОМ_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843



Таблица Б.12 – Среднее значение жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	1905	1257	898	861	451	1087	877	717
1 гр шов после Ж1	585	535	165	258	135	326	351	215
1 гр шов после Ж2	556	374	153	250	131	315	281	194
1 гр шов после Ж3	356	235	135	164	86	207	158	122
2 гр сшитый из ткани после М1	638	558	195	284	149	359	386	179
2 гр сшитый из ткани после М2	596	391	183	267	131	337	281	151
2 гр сшитый из ткани после М3	334	184	95	155	63	196	132	79

Таблица Б.13 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
1 гр шов после Ж1				
ОМ_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_8	0,3	0,15	2,78	0,417
1 гр шов после Ж2				
ОМ_4	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_5	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
1 гр шов после Ж3				
ОМ_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_5	0,353553	0,17678	2,78	0,49144
ОМ_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
2 гр сшитый из ткани после Ж1				
ОМ_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
ОМ_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
2 гр сшитый из ткани после Ж2				

Окончание таблицы Б.13

1	2	3	4	5
OM_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_5	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_6	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,353553	0,17678	2,78	0,49144
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956

Таблица Б.14 – Среднее значение жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
шов из исходной ткани	1365	1128	618	737	476	968	856	628
1 гр шов после Ж1	365	295	145	198	123	251	231	144
1 гр шов после Ж2	328	261	133	176	109	223	205	131
1 гр шов после Ж3	297	235	119	162	100	203	188	125
2 гр сшитый из ткани после Ж1	395	335	175	206	138	280	248	176
2 гр сшитый из ткани после Ж2	354	276	168	198	114	232	222	169
2 гр сшитый из ткани после Ж3	274	219	103	117	80	183	171	100

Таблица Б.15 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
1 гр шов после Ж1				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
1 гр шов после Ж2				
OM_4	0,353553	0,17678	2,78	0,49144

## Окончание таблицы Б.15

1	2	3	4	5
OM_5	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
OM_6	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
1 гр шов после Ж3				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_6	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
2 гр сшитый из ткани после Ж1				
OM_4	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
OM_5	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
2 гр сшитый из ткани после Ж2				
OM_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_5	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_6	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_8	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
OM_4	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_7	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525

Таблица Б.16 – Среднее значение жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
шов из исходной ткани	346	225	165	169	183	315	220	194
1 гр шов после Ж1	92	86	23	24	70	85	84	58
1 гр шов после Ж2	68	78	19	20	64	63	77	50
1 гр шов после Ж3	52	46	13	14	57	47	64	48

## Окончание таблицы Б.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
92 гр сшитый из ткани после Ж1	110	92	32	34	75	101	90	62
2 гр сшитый из ткани после Ж2	82	86	26	27	70	76	84	49
2 гр сшитый из ткани после Ж3	62	52	21	22	59	57	61	40

Таблица Б.17 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
1 гр шов после Ж1				
ОМ_4	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
ОМ_5	0,38079	0,19039	2,78	0,5293
ОМ_6	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_7	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_8	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
1 гр шов после Ж2				
ОМ_4	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_6	0,33912	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_8	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
1 гр шов после М3				
ОМ_4	0,24495	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_5	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_6	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
ОМ_7	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_8	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
2 гр сшитый из ткани после Ж1				
ОМ_4	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_5	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_6	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_7	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_8	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
2 гр сшитый из ткани после Ж2				
ОМ_4	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_5	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_6	0,33912	0,16956	2,78	0,47137

## Окончание таблицы Б.17

1	2	3	4	5
ОМ_7	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_8	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
ОМ_4	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_6	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_7	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_8	0,15811	0,07906	2,78	0,21978

Таблица Б.18 – Среднее значение жесткости шва № 8, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	592	433	239	268	260	373	290	232
1 гр шов после Ж1	186	161	64	86	96	119	78	85
1 гр шов после Ж2	178	149	58	80	88	112	70	78
1 гр шов после Ж3	96	65	34	58	65	75	51	58
2 гр сшитый из ткани после Ж1	212	165	66	96	99	134	81	94
2 гр сшитый из ткани после Ж2	196	155	61	88	93	123	75	89
2 гр сшитый из ткани после Ж3	107	70	34	61	70	78	55	66

Таблица Б.19 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
1 гр шов после Ж1				
ОМ_4	0,33912	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_5	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_6	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
1 гр шов после Ж2				
ОМ_4	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_6	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_7	0,15811	0,07906	2,78	0,21978

## Окончание таблицы Б.19

1	2	3	4	5
OM_8	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
1 гр шов после Ж3				
OM_4	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,33166	0,16583	2,78	0,46101
OM_8	0,36742	0,18371	2,78	0,51072
2 гр сшитый из ткани после М1				
OM_4	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
OM_5	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
OM_8	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
2 гр сшитый из ткани после Ж2				
OM_4	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
OM_5	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
OM_6	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
OM_8	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,28284	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,18708	0,09354	2,78	0,26005

Таблица Б.20 – Среднее значение жесткости шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
шов из исходной ткани	1253	858	188	567	209	745	581	472
1 гр шов после Ж1	255	238	29	159	31	149	163	94
1 гр шов после Ж2	198	203	23	136	25	119	139	76
1 гр шов после Ж3	98	88	19	57	21	60	58	38
2 гр сшитый из ткани после Ж1	263	246	32	164	36	156	168	99
2 гр сшитый из ткани после Ж2	205	234	26	153	29	127	157	80
2 гр сшитый из ткани после Ж3	112	92	24	62	27	67	64	42

Таблица Б.21 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1 гр шов после Ж1				
OM_4	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
OM_5	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
OM_6	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,24495	0,12247	2,78	0,34048
OM_8	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
1 гр шов после Ж2				
OM_4	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
OM_5	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
OM_8	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
1 гр шов после Ж3				
OM_4	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
OM_6	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
OM_7	0,33166	0,16583	2,78	0,46101
OM_8	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
2 гр сшитый из ткани после Ж1				
OM_4	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
OM_5	0,33912	0,16956	2,78	0,47137
OM_6	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
OM_7	0,14142	0,07071	2,78	0,19658
OM_8	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
2 гр сшитый из ткани после Ж2				
OM_4	0,15811	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,23452	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
OM_8	0,18708	0,09354	2,78	0,26005
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,28284	0,14142	2,78	0,39315
OM_8	0,24495	0,12247	2,78	0,34048

Таблица Б.22 – Среднее значение жесткости шва № 6, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
шов из исходной ткани	724	414	212	324	234	358	332	284
1 гр шов после Ж1	161	145	56	113	63	125	73	77
1 гр шов после Ж2	154	136	48	107	54	118	69	65
1 гр шов после Ж3	77	62	26	79	38	67	47	44
2 гр сшитый из ткани после Ж1	181	155	59	120	66	132	83	79
2 гр сшитый из ткани после Ж2	168	146	51	113	56	125	76	68
2 гр сшитый из ткани после Ж3	78	76	32	75	38	75	57	53

Таблица Б.23 – Расчёт погрешности результатов измерений жесткости шва № 6, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
1 гр шов после Ж1				
ОМ_4	0,27386	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_6	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_7	0,28284	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_8	0,33912	0,16956	2,78	0,47137
1 гр шов после Ж2				
ОМ_4	0,33166	0,16583	2,78	0,46101
ОМ_5	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_6	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,3	0,15	2,78	0,417
1 гр шов после Ж3				
ОМ_4	0,35355	0,17678	2,78	0,49144
ОМ_5	0,24495	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_6	0,33912	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_8	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
2 гр сшитый из ткани после Ж1				
ОМ_4	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_5	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_6	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_7	0,25495	0,12748	2,78	0,35438



## Окончание таблицы Б.23

1	2	3	4	5
ОМ_8	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
2 гр сшитый из ткани после Ж2				
ОМ_4	0,29155	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_5	0,3	0,15	2,78	0,417
ОМ_6	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_7	0,32404	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_8	0,22361	0,1118	2,78	0,31081
2 гр сшитый из ткани после Ж3				
ОМ_4	0,21213	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_5	0,25495	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_6	0,30822	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_7	0,31623	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_8	0,2	0,1	2,78	0,278

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Оценка эффективности применения маломодульного способа

#### мягчения ткани

Таблица В.1 – Изменение показателя жесткости тканей ( $EI_{\text{ТК}}$ , мН·см<sup>2</sup>) по основе и утку после умягчающей отделки с применением разных режимов

Показатель	Жесткость, $EI_{\text{ТК}}$ , мН·см <sup>2</sup>							
	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
исх. значение_основа	30,37	11,34	40,21	7,6	22,2	7,5	5,9	14
М1_основа	18,52	3,4	21,14	2,94	15,56	3,54	3,6	7,36
М1_1_основа	10,72	3,05	14,6	2,88	7,94	3,42	2,08	5,08
М2_основа	13,19	4,62	18,12	3,1	9,64	3,06	2,56	6,3
М2_2_основа	12,75	4,48	16,51	3,00	9,32	2,96	2,48	5,74
М3_основа	13,59	4,68	19,81	3,14	9,92	3,10	2,64	6,90
М3_3_основа	13,43	4,59	17,21	3,08	9,82	3,04	2,61	6,0
М4_основа	11,67	3,55	17,71	2,38	8,52	2,36	2,26	6,18
М4_4_основа	11,21	3,35	16,52	2,24	8,2	2,22	2,18	5,74
исх. значение_уток	21,01	11,55	18,8	5,5	12,6	3,14	4,96	10,26
М1_уток	12,03	5,12	12,4	2,94	5,54	2,9	3,14	7,14
М1_1_уток	9,91	4,81	10,97	2,88	3,14	2,86	3,08	5,38
М2_уток	11,57	8,09	8,77	3,0	6,94	2,20	2,3	5,64
М2_2_уток	11,35	7,8	7,12	2,98	6,8	2,12	1,88	5,54
М3_уток	10,24	5,4	11,58	2,68	6,14	1,48	3,06	5,00
М3_3_уток	9,77	5,2	9,44	2,56	5,86	1,41	2,5	4,76
М4_уток	10,34	5,45	8,25	2,7	6,2	1,48	2,18	5,04
М4_4_уток	10,29	5,42	7,53	2,68	6,18	1,48	1,98	5,0

Таблица В.2 – Расчет погрешности измерений показателя жесткости тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. значение_основа				
ОМ_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
ОМ_8	0,2	0,1	2,78	0,278
М1_основа				
ОМ_4	0,240832	0,12042	2,78	0,33476

## Окончание таблицы В.2

1	2	3	4	5
OM_5	0,304959	0,15248	2,78	0,42389
OM_6	0,181659	0,09083	2,78	0,25251
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,114018	0,05701	2,78	0,15848
M1_1_основа				
OM_4	0,192354	0,09618	2,78	0,26737
OM_5	0,288097	0,14405	2,78	0,40046
OM_6	0,258844	0,12942	2,78	0,35979
OM_7	0,178885	0,08944	2,78	0,24865
OM_8	0,109545	0,05477	2,78	0,15227
M2_основа				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,167332	0,08367	2,78	0,23259
OM_6	0,260768	0,13038	2,78	0,36247
OM_7	0,194936	0,09747	2,78	0,27096
OM_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
M2_2_основа				
OM_4	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_5	0,216795	0,1084	2,78	0,30134
OM_6	0,240832	0,12042	2,78	0,33476
OM_7	0,204939	0,10247	2,78	0,28487
OM_8	0,288097	0,14405	2,78	0,40046
M3_основа				
OM_4	0,296648	0,14832	2,78	0,41234
OM_5	0,164317	0,08216	2,78	0,2284
OM_6	0,173205	0,0866	2,78	0,24076
OM_7	0,230217	0,11511	2,78	0,32
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M3_3_основа				
OM_4	0,164317	0,08216	2,78	0,2284
OM_5	0,204939	0,10247	2,78	0,28487
OM_6	0,250998	0,1255	2,78	0,34889
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
M4_основа				
OM_4	0,216795	0,1084	2,78	0,30134
OM_5	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
OM_6	0,167332	0,08367	2,78	0,23259
OM_7	0,151658	0,07583	2,78	0,2108

## Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
OM_8	0,258844	0,12942	2,78	0,35979
M4_4_основа				
OM_4	0,181659	0,09083	2,78	0,25251
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
OM_7	0,248998	0,1245	2,78	0,34611
OM_8	0,250998	0,1255	2,78	0,34889
исх. значение уток				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,194936	0,09747	2,78	0,27096
OM_7	0,207364	0,10368	2,78	0,28824
OM_8	0,260768	0,13038	2,78	0,36247
M1_уток				
OM_4	0,240832	0,12042	2,78	0,33476
OM_5	0,31305	0,15652	2,78	0,43514
OM_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_7	0,151658	0,07583	2,78	0,2108
OM_8	0,167332	0,08367	2,78	0,23259
M1_1_уток				
OM_4	0,303315	0,15166	2,78	0,42161
OM_5	0,114018	0,05701	2,78	0,15848
OM_6	0,230217	0,11511	2,78	0,32
OM_7	0,228035	0,11402	2,78	0,31697
OM_8	0,204939	0,10247	2,78	0,28487
M2_уток				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,151658	0,07583	2,78	0,2108
OM_6	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_7	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_8	0,288097	0,14405	2,78	0,40046
M2_2_уток				
OM_4	0,311448	0,15572	2,78	0,43291
OM_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_6	0,277489	0,13874	2,78	0,38571
OM_7	0,192354	0,09618	2,78	0,26737
OM_8	0,181659	0,09083	2,78	0,25251
M3_уток				
OM_4	0,238747	0,11937	2,78	0,33186
OM_5	0,350714	0,17536	2,78	0,48749
OM_6	0,192354	0,09618	2,78	0,26737

## Окончание таблицы В.2

1	2	3	4	5
ОМ_7	0,270185	0,13509	2,78	0,37556
ОМ_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
М3_3_уток				
ОМ_4	0,230217	0,11511	2,78	0,32
ОМ_5	0,181659	0,09083	2,78	0,25251
ОМ_6	0,122474	0,06124	2,78	0,17024
ОМ_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_8	0,219089	0,10954	2,78	0,30453
М4_уток				
ОМ_4	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_5	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_6	0,164317	0,08216	2,78	0,2284
ОМ_7	0,238747	0,11937	2,78	0,33186
ОМ_8	0,219089	0,10954	2,78	0,30453
М4_4_уток				
ОМ_4	0,192354	0,09618	2,78	0,26737
ОМ_5	0,294958	0,14748	2,78	0,40999
ОМ_6	0,258844	0,12942	2,78	0,35979
ОМ_7	0,303315	0,15166	2,78	0,42161
ОМ_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315

Таблица В.3 – Средние значения изменение показателя формовочной способности тканей (ФС, %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Показатель	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
исх. основа	18,3	11,9	17,0	19,42	12,56	14,36	22,8	11,42
М1_основа	27,5	15,4	27,2	26,2	15,3	22,8	35,3	13,8
М1_1_основа	30,6	18,1	27,5	32,5	19,1	23,3	37,1	15,7
М2_основа	27,5	17,8	29,1	27,1	18,8	25,6	34,6	16,4
М2_2_основа	28,0	18,2	29,5	28,5	19,3	26,0	35,0	17,8
М3_основа	27,7	15,1	28,4	29,4	16,0	24,1	34,8	14,9
М3_3_основа	30,2	15,2	28,8	32,0	16,2	24,9	36,7	16,8
М4_основа	28,0	18,1	29,2	29,8	19,0	25,7	35,1	18,0
М4_4_основа	29,0	18,3	29,5	31,0	19,4	26,0	36,4	18,3
исх. уток	21,7	15,4	15,9	22,1	14,3	11,7	21,3	10,42
М1_уток	26,4	21,3	28,9	25,9	19,8	19,3	25,2	12,6
М1_1_уток	31,8	21,5	30,2	32,8	20,0	22,6	30,4	12,8
М2_уток	27,1	19,1	31,0	23,6	17,7	23,0	27,6	13,2

## Окончание таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
M2_2_уток	27,4	20,8	31,3	26,9	19,3	24,2	28,0	14,0
M3_уток	32,4	19,2	29,2	33,0	18,5	22,5	30,8	13,0
M3_3_уток	32,5	19,5	29,5	33,4	18,1	22,8	31,7	13,4

Таблица В.4 – Расчет погрешности измерений изменения показателя формовочной способности тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. значение основа				
OM_4	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
OM_5	0,114018	0,05701	2,78	0,15848
OM_6	0,151658	0,07583	2,78	0,2108
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,148324	0,07416	2,78	0,20617
M1 основа				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,2236068	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
M1_1 основа				
OM_4	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_5	0,278388	0,13919	2,78	0,38696
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,173205	0,0866	2,78	0,24076
OM_8	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
M2 основа				
OM_4	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,217945	0,10897	2,78	0,30294
M2_2 основа				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067

## Продолжение таблицы В.4

1	2	3	4	5
М3_основа				
ОМ_4	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
ОМ_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_8	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
М3_3_основа				
ОМ_4	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
ОМ_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
М4_основа				
ОМ_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_7	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_8	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
М4_4_основа				
ОМ_4	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
ОМ_5	0,239792	0,1199	2,78	0,33331
ОМ_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
ОМ_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
исх. значение уток				
ОМ_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
ОМ_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_6	0,238747	0,11937	2,78	0,33186
ОМ_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_8	0,286356	0,14318	2,78	0,39804
М1_уток				
ОМ_4	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
ОМ_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
ОМ_6	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
ОМ_8	0,2	0,1	2,78	0,278
М1_1_уток				
ОМ_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067

## Окончание таблицы В.4

1	2	3	4	5
OM_7	0,141421	0,07071	2,78	0,19658
OM_8	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
M2_уток				
OM_4	0,269258	0,13463	2,78	0,37427
OM_5	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
M2_2_уток				
OM_4	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
M3_уток				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M3_3_уток				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M4_уток				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
M4_4_уток				
OM_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_5	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598



Таблица В.5 – Средние значения изменения показателя несминаемости ( $H$ , %) по основе и утку после разных режимов умягчающей отделки

Показатель	ОМ 1	ОМ 2	ОМ 3	ОМ 4	ОМ 5	ОМ 6	ОМ 7	ОМ 8
исх. основа	27,2	46,2	37,7	26,3	21,1	26,3	27,0	24,4
М1 основа	34,5	52,8	41,3	33,1	23,1	33,2	29,7	31,0
М1_1 основа	36,7	52,8	43,1	35,3	23,9	35,4	30,9	33,0
М2 основа	41,4	53,5	42,9	39,4	23,7	38,8	30,8	37,2
М2_2 основа	37,3	53,5	44,4	35,9	24,4	36,4	32,0	33,5
М3 основа	41,1	50,8	43,6	39,3	23,6	39,8	31,3	36,9
М3_3 основа	45,1	50,5	44,8	41,0	24,7	42,1	32,1	39,5
М4 основа	45,1	53,1	44,2	43,2	23,8	42,3	31,8	41,5
М4_4 основа	45,1	53,3	45,4	45,3	24,4	43,2	32,3	42,0
исх. уток	27	45,8	34,3	26,9	22,6	27,2	30,2	28,9
М1 уток	37,2	53,4	46,6	36,0	30,7	37,5	35,2	39,2
М1_1 уток	40,6	57,5	52,2	38,9	34,4	40,1	37,5	43,0
М2 уток	42,2	46,7	48,1	41,2	31,7	42,1	31,6	40,5
М2_2 уток	45,6	51,2	55,6	43,8	36,6	44,0	33,5	45,4
М3 уток	41,9	52,6	51,3	41,5	33,8	42,5	34,4	43,2
М3_3 уток	43,3	54,2	58,2	43,2	38,3	43,5	35,6	46,7
М4 уток	44,1	53,9	55,6	42,9	36,6	44,1	35,5	46,5
М4_4 уток	44,8	56,1	60,1	43,3	39,6	45,3	37,0	50,2

Таблица В.6 – Расчет погрешности измерений изменения показателя несминаемости

Ткань	$S_x$	$S_x^{\bar{}}$	t-критерий	$\Delta N$
1	2	3	4	5
исх. значение основа				
ОМ_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_5	0,1	0,05	2,78	0,139
ОМ_6	0,122474	0,06124	2,78	0,17024
ОМ_7	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_8	0,114018	0,05701	2,78	0,15848
М1 основа				
ОМ_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_7	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
М1-1 основа				
ОМ_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
ОМ_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_7	0,244949	0,12247	2,78	0,34048

## Продолжение таблицы В.6

1	2	3	4	5
OM_8	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
M2_основа				
OM_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
M2_2_основа				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
M3_основа				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
M3_3_основа				
OM_4	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_8	0,122474	0,06124	2,78	0,17024
M4_основа				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,141421	0,07071	2,78	0,19658
OM_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_8	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
M4_4_основа				
OM_4	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
исх. значение_уток				
OM_4	0,130384	0,06519	2,78	0,18123
OM_5	0,122474	0,06124	2,78	0,17024

## Продолжение таблицы В.6

1	2	3	4	5
OM_6	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
M1_уток				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_8	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
M1_1_уток				
OM_4	0,229129	0,11456	2,78	0,31849
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
M2_уток				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,173205	0,0866	2,78	0,24076
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
M2_2_уток				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M3_уток				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
M3_3_уток				
OM_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_6	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M4_уток				

## Окончание таблицы В.6

1	2	3	4	5
OM_4	0,141421	0,07071	2,78	0,19658
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M4_4 уток				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525

Таблица В.7 – Средние значения жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
исх. знач.	1116	366	920	861	451	1087	877	717
M1	431	113	348	327	141	414	333	271
M1_1	384	101	332	310	122	371	316	259
M2	377	184	265	250	226	369	254	207
M2_2	352	173	241	225	212	348	228	188
M3	336	109	325	301	136	345	307	253
M3_3	323	105	264	249	126	315	246	206
M4	318	112	246	232	144	314	237	192
M4_4	298	108	232	215	131	310	220	181

Таблица В.8 – Расчет погрешности измерений жесткости шва № 7, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M1				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067

## Продолжение таблицы В.8

1	2	3	4	5
OM_6	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M1_1				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,141421	0,07071	2,78	0,19658
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M2				
OM_4	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_6	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
M2_2				
OM_4	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
M3				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
M3_3				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
M4				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315

## Окончание таблицы В.8

1	2	3	4	5
M4_4				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843

Таблица В.9 – Средние значения жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Показатель	OM 1	OM 2	OM 3	OM 4	OM 5	OM 6	OM 7	OM 8
исх. знач.	887	418	722	737	476	968	856	628
M1	285	136	312	236	205	319	274	270
M1_1	264	111	303	199	200	252	231	264
M2	277	164	244	287	162	378	334	214
M2_2	268	161	205	280	133	376	331	176
M3	244	123	317	221	209	281	258	276
M3_3	238	109	246	192	162	252	223	214
M4	231	115	234	199	152	261	239	201
M4_4	229	108	224	192	148	253	225	195

Таблица В.10 – Расчет погрешности измерений жесткости шва № 4, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
M1				
OM_4	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_5	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_6	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_7	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_8	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
M1_1				
OM_4	0,1870829	0,09354	2,78	0,26005

## Окончание таблицы В.10

1	2	3	4	5
OM_5	0,331662	0,16583	2,78	0,46101
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
M2				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_6	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
OM_7	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M2_2				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M3				
OM_4	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M3_3				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M4				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M4_4				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843

Таблица В.11 – Средние значения жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

	ОМ_1	ОМ_2	ОМ_3	ОМ_4	ОМ_5	ОМ_6	ОМ_7	ОМ_8
исх. знач.	188	100	399	169	183	315	220	194
М1	54	24	112	49	51	88	53	54
М1_1	49	25	109	44	50	85	55	50
М2	51	33	89	46	40	69	72	52
М2_2	45	32	78	40	37	63	70	47
М3	50	29	106	45	49	85	64	52
М3_3	47	27	93	42	44	72	59	49
М4	49	28	85	44	38	69	62	48
М4_4	47	22	75	42	35	60	51	49

Таблица В.12 — Расчет погрешности измерений жесткости шва № 2, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
ОМ_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
ОМ_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_6	0,3	0,15	2,78	0,417
ОМ_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
ОМ_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
М1				
ОМ_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
ОМ_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
ОМ_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
ОМ_8	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
М1_1				
ОМ_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
ОМ_5	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
ОМ_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
ОМ_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
М2				
ОМ_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
ОМ_5	0,2	0,1	2,78	0,278
ОМ_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
ОМ_7	0,3	0,15	2,78	0,417
ОМ_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315



## Окончание таблицы В.12

1	2	3	4	5
M2_2				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_6	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_7	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_8	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
M3				
OM_4	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M3_3				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
M4				
OM_4	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
M4_4				
OM_4	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_5	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278

Таблица В.13 – Средние значения жесткости шва № 8, выполненного из исходной и умягченных тканей

	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
исх. знач.	409	162	328	268	260	373	290	232
M1	118	43	105	77	69	119	84	74
M1_1	97	41	96	64	66	108	70	68
M2	115	51	81	75	82	93	81	57

## Окончание таблицы В.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
M2_2	108	44	65	71	71	80	75	46
M3	95	39	102	62	63	116	67	72
M3_3	91	35	96	60	56	104	65	68
M4	92	33	84	60	53	97	64	59
M4_4	86	31	77	56	50	86	61	54

Таблица В.14 – Расчет погрешности измерений жесткости шва № 8, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
OM_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
M1				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
M1_1				
OM_4	0,2915476	0,14577	2,78	0,40525
OM_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
M2				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_6	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
M2_2				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_6	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598

Окончание таблицы В.14

1	2	3	4	5
OM_8	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
M3				
OM_4	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_5	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_8	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
M3_3				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_7	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M4				
OM_4	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_5	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,3	0,15	2,78	0,417
M4_4				
OM_4	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_5	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_8	0,324037	0,16202	2,78	0,45041

Таблица В.15 – Средние значения жесткости шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

	OM_1	OM_2	OM_3	OM_4	OM_5	OM_6	OM_7	OM_8
исх.знач.	684	223	1118	567	209	745	581	472
M1	165	28	191	132	27	179	139	114
M1_1	103	25	145	91	23	164	93	71
M2	119	36	151	97	33	142	99	82
M2_2	111	31	145	91	29	127	93	77
M3	131	39	162	108	36	171	111	93
M3_3	127	37	156	102	34	164	106	91
M4	105	29	152	87	27	134	90	75
M4_4	98	28	137	79	26	128	83	68

Таблица В.16 – Расчет погрешности измерений жесткости шва № 1, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M1				
OM_4	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_7	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M1_1				
OM_4	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
M2				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
M2_2				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_7	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M3				
OM_4	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
OM_8	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
M3_3				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843

Окончание таблицы В.16

1	2	3	4	5
OM_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_6	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_8	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
M4				
OM_4	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_7	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_8	0,3	0,15	2,78	0,417
M4_4				
OM_4	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_7	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_8	0,324037	0,16202	2,78	0,45041

Таблица В.17 – Средние значения жесткости шва № 6, выполненного из исходной и умягченных тканей

	OM-1	OM-2	OM-3	OM-4	OM-5	OM-6	OM-7	OM-8
исх. знач.	313	197	733	324	234	358	332	284
M1	94	38	176	104	57	111	106	85
M1_1	78	29	158	94	52	100	98	71
M2	87	43	139	81	46	179	83	79
M2_2	81	41	125	65	40	168	66	73
M3	75	39	166	100	53	104	103	68
M3_3	69	37	163	93	52	101	96	63
M4	71	35	136	84	44	107	85	64
M4_4	69	33	131	75	42	103	76	63

Таблица В.18 – Расчет погрешности измерений жесткости шва № 6, выполненного из исходной и умягченных тканей

Ткань	Sx	Sx <sup>-</sup>	t-критерий	ΔN
1	2	3	4	5
исх. знач.				
OM_4	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_5	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_7	0,254951	0,12748	2,78	0,35438

## Продолжение таблицы В.18

1	2	3	4	5
OM_8	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
M1				
OM_4	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
M1_1				
OM_4	0,2236068	0,1118	2,78	0,31081
OM_5	0,254951	0,12748	2,78	0,35438
OM_6	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_7	0,234521	0,11726	2,78	0,32598
OM_8	0,2	0,1	2,78	0,278
M2				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_5	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_6	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_7	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_8	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
M2_2				
OM_4	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_5	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
OM_8	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
M3				
OM_4	0,273861	0,13693	2,78	0,38067
OM_5	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_6	0,316228	0,15811	2,78	0,43956
OM_7	0,3	0,15	2,78	0,417
OM_8	0,158114	0,07906	2,78	0,21978
M3_3				
OM_4	0,187083	0,09354	2,78	0,26005
OM_5	0,264575	0,13229	2,78	0,36776
OM_6	0,223607	0,1118	2,78	0,31081
OM_7	0,308221	0,15411	2,78	0,42843
OM_8	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
M4				
OM_4	0,291548	0,14577	2,78	0,40525
OM_5	0,282843	0,14142	2,78	0,39315
OM_6	0,254951	0,12748	2,78	0,35438

## Окончание таблицы В.18

1	2	3	4	5
OM_7	0,2	0,1	2,78	0,278
OM_8	0,34641	0,17321	2,78	0,48151
M4_4				
OM_4	0,324037	0,16202	2,78	0,45041
OM_5	0,212132	0,10607	2,78	0,29486
OM_6	0,339116	0,16956	2,78	0,47137
OM_7	0,244949	0,12247	2,78	0,34048
OM_8	0,212132	0,10607	2,78	0,29486

Образцы изготовлены и измерены в соответствии с:

- ГОСТ 10550-93 Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе (консольный метод определения жесткости текстильных материалов при изгибе);

- ГОСТ 19204-73 Полотна текстильные. Метод определения несминаемости

- патент на изобретение RU 2343477 С2, 10.01.2009. Определение формовочной способности текстильного материала.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Трудоемкость изготовления изделия с учетом введенных операций мягчения



Рисунок Г.1– Технический рисунок женского платья

Для расчета трудоемкости введенных операций мягчения по жидкостной технологии рассмотрена модель платья, представленная на рисунке Г.1.

1) Количество деталей кроя для модели – 15 деталей, из них 11 деталей группы «А» и «В», 4 детали группы «С» (обтачки).

2) Для загрузки стирального агрегата необходимо определить среднюю массу деталей группы «А» и «В». Средневзвешенная площадь этих деталей с учетом шкалы размеро-ростов составит  $2,0975 \text{ м}^2$ . Поверхностная плотность ткани от 125 до 164  $\text{г/м}^2$ . Следовательно, средневзвешенная масса кроя составит  $2,0975 \cdot 164 = 343,99 \text{ г} = 0,345 \text{ кг}$ .

3) Для партии 300 единиц, где максимальное количество составляет 70 ед. (170-92), а минимальное – 50 единиц (170-88; 170-96 и 170-104) рассчитаем массу загрузки в стиральный агрегат:  $0,345 \cdot 70 = 24,08 \text{ кг}$  и  $0,345 \cdot 50 = 17,20 \text{ кг}$ . Таким образом, для небольшой партии изделий оптимальным является выбор стирального агрегата с загрузкой до 25 кг.



4) жидкостную обработку каждой узлов группы В и С осуществлять совместно при температуре 450С в течении 40 минут, узлы группы А обрабатывать с целью принудительной усадки при температуре 60<sup>0</sup>С в течение 10 минут без добавления отделочной композиции; отжим в течение 5 минут. Для партии 300 изделий время загрузки и выгрузки пачки в 300 единиц составляет 0,007 минуты на одно изделие.

5) сразу после жидкостной обработки осуществлять глажение деталей для удаления образовавшихся в процессе стирки и сушки заминов и складок на прессе проходного типа при температуре 200<sup>0</sup>С с использованием максимального давления валов и скорости прохождения, обеспечивающей достижение требуемого уровня остаточной влажности 15±3%. Среднее время для одной детали составит 30 с.;

6) ворсование деталей и узлов группы С осуществлять после глажения, с изнаночной стороны детали, полностью или частично в соответствии с выбранными режимами, ручным или механизированным способом. Время обработки зависит от габаритов деталей края. Среднее время при ворсовании с использованием ручной гарнитуры составит 54 с.

7) подрезку деталей края по лекалам осуществлять на ленточной машине, складывая детали в пачку из 25 единиц. Среднее время операции составляет на пачку 5.6 мин. или 0,22 мин. на одно изделие.

8) влажно-тепловую обработку готового изделия осуществлять паровым утюгом с парогенератором или паровым столом до достижения товарного вида изделия.

Полная трудоемкость изготовления изделия представлена в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Трудоемкость изготовления изделия с учетом введенных операций  
 мягчения

Наименование операции	Трудоемкость, мин	
	изделие из предварительно умягченного материала	изделие из не умягченного материала с применением жидкостного мягчения
1	2	3
Подготовительно-раскройное производство:		
-прием материала и отпуск его в производство: - контроль качества, промер длины и ширины материала, - расчет куска материала в настилы, - выписка карт раскроя - подбор кусков материала в настилы для подачи в раскройный цех, - настиление полотен материала, - контроль настила, - раскрой, - сборка и комплектование деталей кроя швейного изделия	27	27
Определение условных зон в конструкции изделия, распределение деталей узлов на группы А, В, С по степени жесткости	-	20,0
Заготовка:		
Заготовка обтачки горловины		
- продублировать обтачку	1,09	-
- стачать части обтачки	0,413	0,413
- разутюжить шов стачивания частей обтачки	0,358	0,358
- обметать внутренний срез обтачки	0,539	0,539
Заготовка верхней части переда:		
- стачать средний срез	1,01	1,09
- обметать средний шов	1,36	1,36
- разутюжить средний шов	1,84	1,84
Заготовка верхней части спинки:		
- стачать плечевые вытачки	2,32	2,32
- стачать талиевые вытачки	2,32	2,32
- стачать средний срез (до уровня притачивания молнии)	1,09	1,09
- обметать средний шов	1,46	1,46
- заутюжить плечевые вытачки	0,950	0,950
- заутюжить талиевые вытачки	0,950	0,950
- разутюжить средний шов, заутюживая сгибы на не стачанном участке	1,98	1,98

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
Заготовка рукавов:		
- обметать срезы низа рукавов	1,06	1,06
- стачать нижние срезы рукавов	0,473	0,473
- разутюжить нижние швы рукавов	0,570	0,570
- приутюжить низ рукавов	2,20	2,20
- прострочить нижний рукав	1,86	1,86
- приутюжить низ рукавов в готовом виде	2,20	2,20
Заготовка нижней части переда: в		
- стачать срезы рельефов	2,67	2,67
- обметать срезы рельефов	3,68	3,68
- разутюжить швы стачивания рельефов	3,91	3,91
Заготовка нижней части спинки:		
- стачать талиевые вытачки	2,32	2,32
-заутюжить талиевые вытачки	0,322	0,322
- стачать средний срез	1,09	1,09
- обметать средний шов	0,789	0,789
- разутюжить средний шов	1,98	1,98
отделка полуфабриката:		
отделка полуфабриката в стиральной машине (загрузка и выгрузка пачки из 300 единиц)	-	$2/300=0,007$
ворсование (7 деталей)	-	$0,9*7=6,3$
прессование		0,5
проверка деталей кроя по лекалам, подрезка (детали складывают в пачку из 25 единиц и по вспомогательному лекалу подрезают на ленточной машине)**	-	$5,6/25=0,22$
комплектование деталей кроя в пачки	11,0	11,0
Монтаж:		
стачать плечевые срезы	1,06	1,06
обметать плечевые срезы	0,557	0,557
разутюжить плечевые швы	1,34	1,34
Обработка горловины изделия:		
- обтачать горловину обтачкой	1,62	1,62
- надсечь шов притачивания обтачки в вогнутых местах	0,708	0,708
- настрочить шов притачивания обтачки	1,69	1,69
- вывернуть обтачку на изнанку изделия	2,90	2,90
- приутюжить горловину	1,55	1,55
Обработка пройм:		
- втачать рукава в проймы	2,26	2,26
- сутюжить посадку рукавов	2,55	2,55
- обметать шов втачивания рукавов	1,62	1,62
Соединение лифа с юбкой:		
- притачать лиф к юбке	2,29	2,29

## Окончание таблицы Г.1

1	2	3
- обметать шов притачивания лифа к юбке	1,19	1,19
- заутюжить шов притачивая лифа к юбке	2,39	2,39
Обработка боковых швов		
стачать боковые срезы	2,54	2,54
обметать срезы боковых швов	3,44	3,44
Разутюжить боковые швы	3,07	3,07
Обработка среднего шва:		
- притачать тесьму-«молнию» к припускам швов	4,44	4,44
- перегнуть припуски среднего шва по линии сгиба на лицевую сторону, уравнять срезы обтачки со срезами горловины и обтачать горловину	2,21	2,21
- надсечь углы	0,388	0,388
- вывернуть верхние углы горловины на лицевую сторону, выметать	2,90	2,90
обметать срез низа изделия	1,70	1,70
застрочить низ изделия	2,09	2,09
приутюжить	3,66	3,66
чистка изделия	5,40	5,40
окончательная влажно-тепловая обработка изделия	19,3	19,3
ИТОГО	172,5	178,5

\* время указано с учетом параллельности выполнения работ и времени работы оператора. Время работы стирального агрегата и время сушки отнесено к параллельной обработке (учтено время подготовительно-заключительных работ).

\*\* время на подрезку может не учитываться (останется проверка деталей по лекалам), т.к. в детали заложены увеличенные технологические припуски на обработку, которые будут срезаны при обметывании срезов и на операциях уточнении по вспомогательным лекалам линии низа и пройм.

Таким образом, трудоемкость операций мягчения составила для проектируемой модели платья при партии в 300 единиц 7,03 мин. Разница в трудоемкости составила 5 минут (2,9 %).

Для расчета трудоемкости введенных операций мягчения по маломодульной технологии рассмотрена модель жакета, представленная на рисунке Г.2.

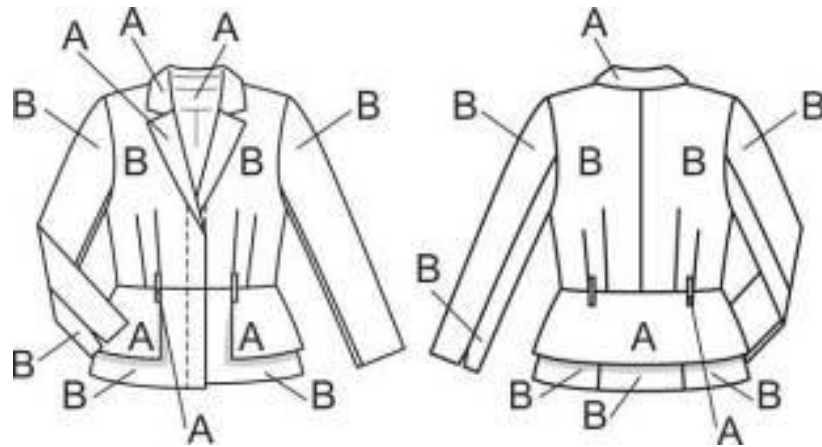


Рисунок Г.2– Технический рисунок жакета

1) Количество деталей кроя для модели – 21 деталь, из них 13 деталей группы «В», 8 деталей группы «А».

2) совмещение операций маломодульной обработки и запаривания с использованием пятновыводного стола или кабины, оснащенные блоками подачи пара, вакуумирования и компрессором; композицию наносить орошением с помощью распылителя; узлы группы А не обрабатывать; узлы группы В, имеющие разную степень пластичности на разных участках детали, обрабатывать зонально: композицию наносить только в зоне, требующей мягчения. Обработка деталей и узлов выполняется параллельно с другими операциями технологического процесса, время обработки одной детали изделия составит 18...30 с.

3) обработку в среде насыщенного водяного пара и сушку осуществлять в паровом шкафу; время на укладывание пачки деталей в 100 единиц составит 300 с;

4) глажение деталей осуществлять на прессе проходного типа или гладильном катке при температуре  $200^{\circ}\text{C}$  с использованием максимального давления валов и скорости прохождения, обеспечивающей достижение требуемого уровня остаточной влажности  $15\pm 3\%$ . Среднее время для одной детали составит 30 с;

5) случае необходимости придания дополнительной мягкости после глажения осуществлять ворсование, с изнаночной стороны детали, полностью или

частично в соответствии с выбранными режимами, ручным или механизированным способом. Время обработки зависит от габаритов деталей кроя. Среднее время при ворсовании с использованием ручной гарнитуры составит 54 с;

Полная трудоемкость изготовления изделия представлена в таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Трудоемкость изготовления изделия с учетом введенных операций мягчения

Наименование операции	Трудоемкость, мин	
	изделие из предварительно умягченного материала	изделие из не умягченного материала с применением маломодульного мягчения
1	2	3
Подготовительно-раскройное производство		
-прием материала и отпуск его в производство: - контроль качества, промер длины и ширины материала, - расчет куска материала в настилы, - выписка карт раскроя - подбор кусков материала в настилы для подачи в раскройный цех, - настиление полотен материала,	16,25	16,25
- контроль настила, - раскрой, - сборка и комплектование деталей кроя швейного изделия		
Определение условных зон в конструкции изделия, распределение деталей узлов на группы А, В по степени жесткости	-	20
Заготовка:		
продублировать подборта	7,3	-
продублировать нижний воротник	1,02	-
стачать части нижнего воротника	1,0	1,0
разутюжить швы стачивания частей нижнего воротника	1,1	1,1
выполнить ВТО нижнего воротника (оттянуть по отлету и стойке)	2,5	2,5
по линии перегиба лацкана, срезам бортов, краям воротника дополнительно укрепить клеевой полоской, выкроенной по косой	1,8	1,8
Заготовка верхней части переда:		
- стачать вытачки	2,53	2,53
- заутюжить вытачки, сутюживая слабину в концах	1,6	1,6
Заготовка верхней части спинки:		
- стачать вытачки	2,53	2,53
- заутюжить вытачки, сутюживая слабину в концах	1,6	1,6
- стачать средний срез спинки	0,886	0,886
- обметать средний срез спинки	0,944	0,944

## Продолжение таблицы Г.2

1	2	3
- разутюжить средний шов спинки	0,817	0,817
Заготовка нижней части переда:		
- стачать вытачки	2,53	2,53
- заутюжить вытачки	1,6	1,6
Заготовка нижней части спинки:		
- стачать рельефы	2,31	2,31
- обметать срезы рельефов	2,10	2,10
- разутюжить швы стачивания рельефов	2,32	2,32
Заготовка баски		
- обметать нижний срез баски	2,51	2,51
- заутюжить нижний срез баски	1,68	1,68
- прострочить нижний срез баски	1,66	1,66
- обметать внутренние срезы подбортов	0,857	0,857
- застрочить внутренние края подбортов	2,28	2,28
- приутюжить внутренние края подбортов	1,3	1,3
Заготовка рукавов:		
- оттянуть передние срезы рукавов	2,05	2,05
- стачать передние срезы рукавов	1,51	1,51
- разутюжить передние швы рукавов	1,67	1,67
- стачать локтевые срезы рукавов	1,70	1,70
- разутюжить локтевые швы, одновременно сутюживая посадку в локтевом шве	3,23	3,23
- обметать низ рукавов	1,06	1,06
- заутюжить низ рукавов	1,89	1,89
- прострочить низ рукавов	1,27	1,27
- приутюжить низ рукавов	2,20	2,20
Отделка полуфабриката:		
обработка полуфабриката в пятновыводной кабине (13 деталей)		$0,3 \cdot 13 = 4,3$
обработка полуфабриката в сушильном шкафу(загрузка и выгрузка пачки из 100 единиц)	-	$8/100 = 0,08$
ворсование (2 деталей)	-	$0,9 \cdot 2 = 1,8$
прессование		0,5
проверка деталей кроя по лекалам, подрезка (детали складывают в пачку из 25 единиц и по вспомогательному лекалу подрезают на ленточной машине)**	-	$5,6/25 = 0,22$
Монтаж		
комплектование деталей кроя в пачки	13,0	13,0
стачать боковые срезы	1,27	1,27
обметать боковые швы	2,31	2,31
разутюжить боковые швы	2,36	2,36
притачать нижнюю часть жакета, одновременно соединяя с баской	2,29	2,29
стачать плечевые срезы двумя параллельными строчками	1,28	1,28
обметать срезы плечевых швов	0,557	0,557
заутюжить плечевые швы на сторону спинки	1,34	1,34
Обработка воротника		
- обтачать верхний воротник с нижним по отлету и концам (со стороны нижнего воротника)	1,28	1,28

- разутюжить шов обтачивания воротника	2,10	2,10
----------------------------------------	------	------

## Окончание таблицы Г.2

1	2	3
- подрезать шов обтачивания воротника	1,69	1,69
- настрочить шов обтачивания воротника на подворотник	2,0	2,0
- вывернуть на лицевую сторону, выправляя углы	1,22	1,22
- выметать воротник	2,38	2,38
- приутюжить воротник	2,90	2,90
- обтачать лацканы и борта, обтачивая нижние углы бортов	6,5	6,5
- разутюжить швы обтачивания бортов и лацканов	4,1	4,1
- рассечь швы обтачивания бортов на участке перегиба лацкана и подрезать швы от низа изделия до перегиба лацкана только со стороны подбортов и от перегиба лацкана до угла только со стороны переда	2,0	2,0
- настрочить швы обтачивания бортов от низа изделия до перегиба лацкана на подборта и от перегиба лацкана до угла на перед	5,9	5,9
- приутюжить лацканы и борта	7,6	7,6
- втачать нижний воротник в горловину, стачать подборта и обтачку горловины с верхним воротником по срезам раскёпов и стойке воротника	1,11	1,11
- разутюжить припуски швов втачивания нижнего воротника в горловину и стачивания подбортов и обтачки горловины с верхним воротником по линиям раскёпов и стойки	2,40	2,40
- высечь припуски швов втачивания нижнего воротника	0,995	0,995
- высечь припуски швов стачивания подбортов с верхним отложным воротником в уступах	0,934	0,934
- скрепить борта и воротник в уступах в изделиях с отложным воротником	0,307	0,307
- приутюжить воротник	1,90	1,90
- втачать рукава в проймы	2,26	2,26
- обметать проймы рукавов	1,62	1,62
- обметать срез низа изделия	1,70	1,70
- застрочить низ изделия	2,09	2,09
приутюжить	3,66	3,66
чистка изделия	5,75	5,75
окончательная влажно-тепловая обработка изделия	19,3	19,3
ИТОГО	187,7	206,3

Таким образом, трудоемкость операций мягчения составила для проектируемой модели платья при партии в 100 единиц 6,9 мин. Разница в трудоемкости составила 18,6 минут (3,9 %).



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Образцы отшитых моделей



Рисунок Д1 – Модель платья П1



Рисунок Д2 – Модель платья П2



Рисунок Д3 – Модель платья П3



Рисунок Д4 – Модель платья П4



Рисунок Д5 – Модель платья П5



Рисунок Д6 – Модель платья П6



Рисунок Д7 – Модель блузы П7



Рисунок Д8 – Модель блузы П8

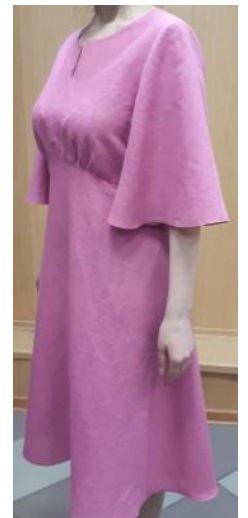


Рисунок Д9 – Модель  
платья П9



Рисунок Д10 – Модель брюк Б1



Рисунок Д11 – Модель брюк Б2



Рисунок Д12 – Модель брюк Б3



Рисунок Д13 – Модель жакета Ж1



Рисунок Д14 – Модель жакета Ж2



Рисунок Д15 – Модель жакета Ж3



Рисунок Д16 – Модель жакета Ж4



Рисунок Д17 – Модель жакета Ж5





Рисунок Д18 – Модель жакета Ж6

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Пошивочные свойства исходных и обработанных льняных материалов

Таблица Е.1 – Пошивочные свойства материалов

Характеристики и свойства материалов	Оценка свойства		Выбор условий обработки материала для достижения высокого качества изделия	
	исходные материалы	обработанные материалы	исходные материалы	обработанные материалы
1	2	3	4	5
Вид лицевой поверхности (наличие рисунка, ворса и т.п.)	слабо выражен (кроме ОМ1_1)	не изменился после обработки	Отсутствует необходимость операции контроля симметричности или совпадения отдельных элементов рисунка в процессе обработки (кроме ОМ1_1)	
Жесткость	высокая, средняя	средняя, низкая в зависимости от уровня исходной жесткости и выбранных режимов	Исключение изделий мягкой формы. Уменьшение числа слоев до минимума. Припуски швов в местах пересечения с другими швами должны быть высечены	Возможно проектирование изделий любой объемно-силуэтной формы. Число слоев в шве не влияет на выбор режимов и параметров обработки
Подвижность материала при раскрое	низкая	осуществляется раскрой исходного материала	Трудности при раскрое отсутствуют	
Перемещение материала при стачивании	сложности не вызывает		Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Осыпаемость	средняя	в процессе обработки происходит осыпание необработанных срезов	Открытые срезы и припуски швов должны быть обметаны	К открытым в процессе жидкостной обработки срезам должны быть даны припуски на подрезку. Припуски швов должны быть обметаны
Раздвижка ткани в швах	низкая	низкая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Растяжимость по основе и утку, под углом	минимальная	минимальная	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Деформации ткани при стачивании	отсутствует	отсутствует	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Прорубаемость	низкая	низкая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	

## Окончание таблицы Е.1

1	2	3	4	5
Усадка в процессе стирки	2,5-5%	2,5-6,2% при обработке 0-0,5% при эксплуатации изделия	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала.	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала. Узлы группы А должны быть подвергнуты мокрой обработке без добавления отделочной композиции
Усадка при ВТО	1,5-3,5%	0-0,5%	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала.	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки, т.к. осуществляется после операций отделки, сопровождающихся усадкой материала
Способность образовывать клеевые соединения	хорошая	хорошая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Устойчивость к ВТО	хорошая	хорошая	При соблюдении режимов и параметров ВТО цвет материала не изменяется, образование лас незначительно.	

Таблица Е.2 – Пошивочные свойства материалов

Характеристики и свойства материалов	Оценка свойства		Выбор условий обработки материала для достижения высокого качества изделия	
	исходные материалы	обработанные материалы	исходные материалы	обработанные материалы
1	2	3	4	4
Вид лицевой поверхности (наличие рисунка, ворса и т.п.)	слабо выражен	не изменился после обработки	Отсутствует необходимость операции контроля симметричности или совпадения отдельных элементов рисунка в процессе обработки	
Жесткость	высокая, средняя	средняя, низкая в зависимости от уровня исходной жесткости и выбранных режимов	Исключение изделий мягкой формы. Уменьшение числа слоев до минимума. Припуски швов в местах пересечения с другими швами	Возможно проектирование изделий мягко-фиксированной объемно-силуэтной формы. Возможно изменение жесткости в пределах одной детали. Число слоев в шве не влияет на выбор

## Продолжение таблицы Е.2

1	2	3	4	5
			должны быть высечены	режимов и параметров обработки
Подвижность материала при раскрое	низкая	осуществляется раскрой исходного материала	Трудности при раскрое отсутствуют	
Перемещение материала при стачивании	сложности не вызывает		Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Осыпаемость	средняя	средняя	Открытые срезы и припуски швов должны быть обметаны	
Раздвижка ткани в швах	низкая	низкая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Растяжимость (эластичность) по основе и утку, под углом	минимальная	минимальная	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Деформации ткани при стачивании	отсутствует	отсутствует	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Прорубаемость	низкая	низкая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	
Усадка в процессе стирки	2,5-5%	2,5-6,2% при обработке 0-0,5% при эксплуатации изделия	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала. Узлы группы А должны быть подвергнуты мокрой обработке без добавления отделочной композиции
Усадка при ВТО	1,5-3,5%	0-0,5%	Необходимо внесение припусков на усадку в конструкцию всех деталей изделия или decatирование материала	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки, т.к. осуществляется после операций отделки, сопровождающихся усадкой материала
Способность образовывать	хорошая	хорошая	Не влияет на выбор режимов и параметров обработки	

## Окончание таблицы Е.2

1	2	3	4	5
клеевые соединения				
Устойчивость к ВТО	хорошая	хорошая	При соблюдении режимов и параметров ВТО цвет материала не изменяется, образование лас незначительно.	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### Технико-экономические показатели

Балансовая стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа определена по формуле

$$C_{\text{ОБ}}^{\text{ШВ}} = \sum_i C_{\text{опт}i} \cdot m \cdot K_{\text{дост}}^{\text{МОНТ}},$$

(Ж.1)

где  $m$  – количество оборудования, ед.;

$K_{\text{дост}}^{\text{МОНТ}}$  – коэффициент, учитывающий расходы, связанные с доставкой и монтажом оборудования,  $K_{\text{дост}}^{\text{МОНТ}} = 1,1$

$$C_{\text{ОБ Ж}}^{\text{ШВ}} = 3221808 \cdot 1,1 = 3543988,8 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ОБ М}}^{\text{ШВ}} = 2815432 \cdot 1,1 = 3096975,2 \text{ р.}$$

Выручка предприятия определена по формуле

$$V = C_{\text{ед}} \cdot A_{\text{Г}},$$

(Ж.2)

где  $C_{\text{ед}}$  – цена продукции, р.

$A_{\text{Г}}$  – выпуска продукции, ед.

$$V_{\text{до ж}} = 5000 \cdot 300 = 1\,500\,000 \text{ р.},$$

$$V_{\text{после ж}} = 6000 \cdot 300 = 1\,800\,000 \text{ р.},$$

$$V_{\text{кв до м}} = 5000 \cdot 100 = 500\,000 \text{ р.},$$

$$V_{\text{кв после м}} = 6000 \cdot 100 = 600\,000 \text{ р.}$$

Прибыль:

$$П_{\text{ж}} = V_{\text{после ж}} - V_{\text{до ж}}$$

(Ж.3)

$$П_{\text{м}} = V_{\text{после ж}} - V_{\text{до ж}}$$

$$П_{\text{ж}} = 1\,800\,000 - 1\,500\,000 = 300\,000 \text{ р.}$$

$$П_{ж} = 600000 - 500000 = 100000 \text{ р.}$$

R – средний процент рентабельности изделий, 15 %.

Срок окупаемости капитальных вложений в мероприятие  $T_{ок}$  определен по формуле

$$T_{ок} = \frac{C_{ОБ}^{ШВ}}{\Delta П},$$

(Ж.4)

$$T_{ок ж} = \frac{3221808}{300000} = 10,7 \text{ месяцев}$$

$$T_{ок м} = \frac{2815432}{100000} = 1,5 \text{ квартала} = 28,2 \text{ месяцев}$$