

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ДИЗАЙНА И
ТЕХНОЛОГИИ**

На правах рукописи

Ясенков Дмитрий Анатольевич

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ РЕЛАКСАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (легкая промышленность)

**ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ
НАУК**

Научный руководитель: кандидат технических наук,
профессор Кочеров А. В.

Москва - 2014

Оглавление	стр.
Введение	4
Глава 1. Внедрение автоматизированных технологических процессов на предприятиях легкой промышленности	8
1.1. Роль автоматизации в кожевенно-обувном производстве.....	8
1.2. Технологические операции кожевенного производства.....	9
1.3. Методы исследования релаксационных показателей на производстве.....	11
Выводы по 1 главе	13
Глава 2. Физико-механические показатели, методы релаксации и их математическое описание в кожевенном производстве	14
2.1. Определение вязкоупругих показателей обувных материалов при одноосном и двухосном растяжении.....	14
2.1.1. Расчет деформационных показателей при одноосном растяжении.....	15
2.1.2. Расчет деформационных показателей при двухосном растяжении.....	17
2.2. Определение параметров формоустойчивости и его явление в коже.....	21
2.3. Процессы релаксации в кожах для верха обуви.....	22
2.3.1. Выявление напряжения при релаксации в коже при тепловом воздействии на образец кожи.....	22
2.3.2. Определение напряжения в коже при влажно-тепловой обработке.....	23
2.4. Температура и влажность как факторы влияющие на формоустойчивость обуви.....	25
2.4.1. Изменение физико-механических характеристик в структуре кожи под воздействием внешних факторов.....	26
2.5. Структурная модель упруго-пластических характеристик кожи.....	27
Выводы по 2 главе	30
Глава 3. Исследование релаксационных свойств материалов кожи в обувном производстве	31
3.1. Внедрение автоматизированных методов на обувном предприятии.....	31

3.2. Исследование релаксационных свойств кожи при двухосном напряжении.....	32
3.3. Описание деформационных процессов и их разновидности.....	36
3.4. Определение релаксационных показателей и их статистический анализ при исследовании 18 артикулов кож верха обуви (партия № 1).....	40
3.5. Определение релаксационных показателей и их статистический анализ при исследовании 23 артикулов кож верха обуви (партия № 2).....	54
3.5.1. Расчет статистических характеристик моделей релаксации.....	69
Выводы по 3 главе.....	74
Глава 4. Разработка программного обеспечения для интегрирования релаксационных параметров автоматизации легкой промышленности.....	76
4.1. Проектирование систем автоматизированного учета данных.....	76
4.1.1 Выбор типа реализации программного обеспечения.....	77
4.2 Автоматизация технологических процессов по средству применения макросов.....	82
4.3 Разработка макросов в создании программного обеспечения на базе MS Office.....	87
4.4 Применение паттернов в разработанном программном обеспечении релаксационных параметров.....	94
4.5 Управление базами данных на основе «Клиент/сервер».....	96
Выводы по 4 главе.....	105
Заключение.....	107
Список используемой литературы.....	111
Приложения.....	120

Введение

Актуальность работы. В легкой промышленности контроль состояния полуфабриката и выпуск готовой продукции осуществляется малоэффективными и плохо приспособленными способами для автоматического контроля производственных циклов операций. Это является одной из важнейших проблем, тормозящих внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами и средств оперативного контроля качества в производстве обувной продукции.

Методы, которыми пользуются на практике большинство предприятий кожевенной и обувной промышленности весьма традиционны и давно себя зарекомендовали, но использование установки разрывной машины, на которой происходит полное разрушение образца, а физико-механические показатели получают в ограниченном диапазоне, технологи данной отрасли все больше внимания обращают на получение деформационных параметров с помощью двухосного определения релаксации.

Достаточно новым подходом в решения этой задачи является область, в которой практически полную информацию об объекте обработки несут его релаксационные свойства, отражающиеся в релаксационных спектрах и других показателях, описывающих упруго-вязко-пластические характеристики материала и меняющиеся в процессе производства, определяющие качество продукции. Прогнозирование заданных свойств таких сложных систем и использованием современных технологий, не только ускоряет проектирование изделия, но и позволяет резко улучшить его потребительские свойства.

Цель диссертационной работы. В исследовании систем автоматизации технологических процессов с применением мехатронных систем, автоматически определяющих релаксационные характеристики материала в ходе его обработки с помощью специального программного обеспечения. Рассмотрению технологических циклов операций, выполняемых на

кожевенных заводах. Применению методики, основанной на получении релаксационных параметров кож с последующим возможным усовершенствованием расчета математической модели, а также алгоритма проектирования систем автоматизации технологических процессов легкой промышленности.

Сравнительном анализе методов основанных на одноосном и двухосном определении релаксационных параметров, в основу которых входит испытание полуфабриката на разрывной машине и получению большого спектра релаксационных характеристик на установке «Relax».

Получению большой экспериментальной научной базы широкого спектра релаксационных параметров артикулов кож, предоставленных обувной фабрикой «Парижская коммуна».

Научная новизна работы:

- исследуемый метод получения деформационных параметров при двухосном растяжении позволил сформировать алгоритм для формирования базы с релаксационными параметрами и зарекомендовал себя с положительной стороны, как превосходящий стандартные проведения испытаний по ряду деформационных параметров;
- испытания, проводимые на установке «Relax» показали, что в кратчайшее время можно получить полный спектр релаксационных данных, состоящий из 12 параметров;
- впервые, благодаря хорошему сотрудничеству с обувной фабрикой «Парижская коммуна» в течение небольшого промежутка времени, удалось исследовать большую партию артикулов кож, по полученным параметрам которых мной была сформирована экспериментальная научная база по параметрам релаксации, где удалось выделить наилучшие показатели по упругости, пластичности и подвижности структуры. В дальнейшем экспериментальная база будет задействована в выборке по параметрам с целью

улучшения качества производства готовой продукции, а также контроля полуфабриката на промежуточном цикле производства;

– впервые разработано программное обеспечение, с помощью которого осуществляется контроль полученных релаксационных параметров, для реализации этой задачи было предложено несколько вариантов, характеризующие уровень сложности и функциональную возможность;

Практическая значимость. Предложенная методика по определению физико-механических свойств являются совершенно новым методом. Полученные релаксационные характеристики помогают сформировать статистически надёжную модель, которая будет характеризовать главные потребительские свойства обуви, а именно ее формуемость и приформовываемость – способность в период носки обуви принимать особенности формы стопы. Потребителю, выбирающему ту или иную обувную продукцию из категории будет легче ориентироваться в соотношении цена и качество.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке, решении задач, получении экспериментальных данных, формулировании выводов по работе, разработке программного обеспечения по контролю релаксационных параметров образцов кож. По результатам выполненных исследований опубликовано 5 работ, из них 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

Апробация работы. Основные результаты диссертационного исследования были представлены на научно-практической всероссийской и международной конференциях: 64-я конференция научно-исследовательских работ студентов и аспирантов «Молодые ученые МГУДТ – XXI веку», Москва, 10-12 апреля 2012; международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности», Москва, 12-13 ноября 2013 [72,73]. По теме диссертации опубликованы 3 статьи в научном журнале, рекомендованном ВАК – «Дизайн и технологии» [66-68], в которых отражены теоретические принципы и результаты проводимых экспериментов. Результаты

экспериментов включены в три отчета [69-71] о проведенной научно-исследовательской работы и представлены обувной фабрике «Парижская коммуна» в 2012-2014 г, по результатам которой были сделаны заключения [см. Приложение 2]. В реализации и дальнейшем рассмотрении результатов настоящей работы большую помощь оказали: научный руководитель и зав. кафедры «Автоматика» Московского государственного университета дизайна и технологии – Кочеров Анатолий Васильевич; за предоставление материала на основании договора о научно-техническом сотрудничестве с обувной фабрикой ЗАО «Парижская коммуна» для проведения экспериментальных исследований – зам. генерального директора Татарчук И. Р.; при проведении и реализации научно-исследовательских экспериментов на кафедре «Технологии кожи и меха» – зав. которой Вячеслав Иванович Чурсин и оказанной поддержки при исследовании артикулов кож на приборе «Relax» – лаборантом кафедры Черкашиным Иваном; за оказанную поддержку теоретической основы метода получения релаксационных параметров, автор методики и компьютерной установки «Relax» – Бурмистров Артур Георгиевич, автор выражает свою искреннюю благодарность и признательность.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой главе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 119 страницах, содержит 5 таблиц, 12 листингов программ и 63 рисунка. Библиография включает 87 источников. В приложения входят протоколы исследования по артикулам кож, договора о научно-техническом сотрудничестве между МГУДТ и ЗАО МОФ «Парижская коммуна», заключения по результатам научных исследований, представленных в отчете МГУДТ, кафедры Автоматика, патент на изобретение № 2210753 «Устройство для определения релаксационных свойств кожи и подобных ей гибких материалов», автором которого является Бурмистров Артур Георгиевич.

Глава 1. Внедрение автоматизированных технологических процессов на предприятиях легкой промышленности

1.1 Роль автоматизации в кожевенно-обувном производстве

Автоматизация легкой промышленности довольно сложный и затруднительный процесс, он охватывает большую часть технологических операций. На сегодняшний день суть автоматизации представляет собой внедрение специализированного, технически совершенного автоматизированного контроля процессов производства. Все сложные и вредные операции за человека выполняет автоматика, прежде всего это снижает всякого рода нештатные и аварийные ситуации, выпуск готовой продукции осуществляется более качественнее. Предприятия легкой промышленности делятся на типы различной специфической особенности, самыми вредными считаются кожевенные и химические [1]. Проект по внедрению автоматизации таких предприятия проходит на индивидуальном уровне. Технологически сложными и трудно поддающимися автоматизации считаются процессы кожевенных предприятий. Постоянная агрессивная среда при обработке кожи вносит свои коррективы по созданию такой автоматизированной системы, которая могла бесперебойно и течении длительного времени работать без замены компонентов на новые.

Технологический процесс кожевенного предприятия включает в себя несколько основных операций, в них входят физико-механические и химические процессы [2]. Также могут быть включены и вспомогательные циклы, такие как сушка и измельчение, изготовление различных жидкостей и растворов, очищение технологических жидкостей.

Технологические процессы состоят трёх этапов: подготовительный, дубильный и отделочный. Подготовительный этап характеризуется операциями обезволашивания, мездрения, золения, мягчение, жирования и обезжиривания.

При дубильном этапе происходит дубление и нейтрализация. Отделочный этап характеризуется операциями крашением, сушкой, тяжкой, мягчением, глажением и ещё рядом операций.

В связи с большим количеством технологических процессов, на кожевенных заводах оптимальнее всего устанавливать автоматизированные системы локального характера, то есть каждая такая система будет иметь микропроцессорное управление и отвечать за цикл производимой операции. Современные требования на предприятиях легкой промышленности ориентируют производителей оборудования автоматизации, постоянно совершенствовать свои разработки. Кроме того, материал на производствах не всегда лучшего качества, поэтому оборудование приходится переналаживать и оптимизировать настройки под определенный вид или сорт. Обувное производство широко нуждается во внедрении современных методов автоматического контроля производственных циклов. Выделяются две операции, где автоматизация значительно помогла бы улучшить качество – раскрой и производство готовой продукции. Этап раскроя стоит на первом месте, так как от него зависит правильного и точного выполнения последующих циклов технологических операций. Внедрение автоматизации улучшает операцию нагрева и прессования. Но полностью автоматизировать большинство процессов не представляется возможным, в некоторых циклах ручной труд является незаменимым на сегодняшний день.

1.2 Технологические операции кожевенного производства

Кожевенное производство полуфабриката считается самым технологически сложным и состоит из множества этапов, большая часть которых связана с химической обработкой. Основные технологические процессы, с помощью которых получают качественный полуфабрикат описаны ниже [2]:
– операция отмокания позволяет из материала выводить все загрязняющие

вещества, технологический процесс выполняется при температуре около $-18-22^{\circ}\text{C}$. Время за которое происходит отмокание зависит от консервирования;

– процесс золения представляет собой химическую операцию, в результате которой происходит изменение структуры дермы и подготовка её к операции дубления. Этот процесс выполняется при двух диапазонах температуры: при продолжительности около 60 часов, температура должна быть 20°C , а при 30 часах -30°C . Операция осуществляется в латных барабанах;

– операция обеззоливания выполняется при температуре $25-30^{\circ}\text{C}$, происходит процесс выведения оксида кальция при помощи сульфата аммония;

– операция мездрения позволяет удалять мездру с обрабатываемого материала при помощи мездрильной машины;

– операция мягчения позволяет придавать обрабатываемому материалу кожи более мягкие и пластические свойства;

– обезжиривание применяется для удаления жира из голя. Операция происходит во вращающихся ёмкостях с применением растворов, которые растворяют жир;

– одна из ключевых операций это дубление, физико-химический процесс, в процессе которого осуществляются сложные химические процессы, между белками коллагена и соединениями дубителей. Операция проходит при температуре $28-37^{\circ}\text{C}$. Процесс дубления отражает лучшие характеристики кожи;

– операция отжима обеспечивает снижение влажности, содержащейся в материале, в процентном соотношении снижение происходит примерно на 20–30%. Отжим выполняется на гидравлических прессах;

– операция строгания позволяет убирать лишний слой материала, процесс выполняется на строгальных машинах. При обработке материала важно, чтобы материал был влажным;

- придание материалу кожи определенного конкретного пигмента осуществляется путём операции крашения, обработка кожи происходит с двух сторон при постоянной температуре 60–65°C, покраску наносят в специальных барабанах;
- процесс, который делает кожу мягкой и гибкой является жированием, эту операцию осуществляют в жировых барабанах. На всём процессе происходит контроль температуры и всего цикла операции;
- во время процесса сушки, происходит удаление практически всей влаги из материала кожи, сушки подразделяются на конвективную, контактно-вакуумную, радиационная и другие;
- операция, во время которой происходит разглаживание материала кожи носит название прессование, эта операция выполняется на прессах, у которых нижняя часть неподвижна, а верхней происходит сжатие кожи, температура во время пресса составляет 100°C;
- операция при которой кожа подвергается процессу изгиба и растяжения носит название тяжка. Эта операция относится к группе механических и применяется в основном для кожи верха обуви.

Помимо основных технологических операций, на производстве применяют обезволашивание, двоение, мягчение, пикеливание, нейтрализация, разводка, прокатка и замер.

1.3 Методы исследования релаксационных показателей на производстве

Автоматизация технологических процессов на обувных предприятиях на сегодняшний день является необходимой мерой. Большинство технологических процессов, используемых в обувной промышленности устарели и нуждаются во внедрении и совершенствовании уже существующих методов. Необходимо использование новых интеллектуальных решений проблем, для повышения

качества готовой продукции. Эти методы позволят существенно сократить ресурсоемкость и энергоемкость на предприятиях, тем самым продукция станет более доступнее в цене для потребителя.

На сегодняшний день, производители автоматических комплексов и роботизированных (автоматизированных) машин, произведённых в странах запада, например таких как DESMA (Германия), в том числе линий автоматизации по контролю за физико-механическими показателями, определяющими ряд релаксационных параметров могут предложить предприятиям свою продукцию, но из-за недостаточного финансирования и дороговизны оборудования, на большинстве предприятий кожевенной и обувной промышленности определение деформационных параметров осуществляется на далеко не новом оборудовании, а основным методом проверки на растяжение и деформацию остается метод разрывной машины [3]. Он считается наиболее распространенным и не требует дорогостоящего обслуживания, в отличие от введения автоматизированных комплексов в определении физико-механических и вязкоупругих свойств.

Метод разрывной машины [3] содержит в себе и некоторые минусы, процесс исследования затрачивает не малое время, испытуемый образец при этом теряет свою форму и многократно уже не может в дальнейшем использоваться в каких либо исследовательских целях. Ограниченное число получения деформационных характеристик [14-16] (около 6 показателей), а вывод данных не оцифрован и не позволяет применять в дальнейшем компьютерную обработку.

Совершенным методом, определяющий главные релаксационные параметры, которые поддаются гибкому алгоритму обработки осуществляется с помощью дискового релаксометра [4]. С введением системы, состоящей из таких релаксометров позволит с наименьшей затратой времени, ресурсов и рабочего персонала реализовать идею по повышению качества готовой продукции.

ВЫВОДЫ ПО 1 ГЛАВЕ

1. Автоматизация легкой промышленности, в которую входят обувная, кожевенная и меховая на сегодняшний день нуждается в автоматизации технологических процессов. На большинстве предприятий со времён прошлого века на 60–70% используется ручной труд.

2. Вредность предприятий, особенно это касается кожевенной промышленности по выпуску полуфабриката ставит под вопросом внедрения технологичного автоматизированного оборудования. На кожевенных предприятиях ряд технологических циклов напрямую связан с химической обработкой, из-за которой могут возникать частые корректировки в оборудовании автоматизированного контроля.

3. Все сферы легкой промышленности используют целый комплекс сложных технологических процессов для создания конечного продукта. Эта особенность работы данной отрасли делает автоматизацию производственного процесса на предприятиях легкой промышленности многообразной и функционально очень сложной.

Глава 2. Физико-механические показатели, методы релаксации и их математическое описание в кожевенном производстве.

2.1 Определение вязкоупругих показателей обувных материалов при одноосном и двухосном растяжении

Определение качества готовой продукции является одним из ключевых процессов для кожевенных предприятий и обувных фабрик. Самыми распространенными способами определения физико-механических показателей является получение релаксационных показателей методом на одноосное и двухосное растяжение под действием нагрузки. Ещё с середины прошлого века наиболее распространенным способом стало исследование физико-механических показателей на одноосное растяжение. Этот метод зарекомендовал себя как более простой и надёжный. Физико-механические показатели испытуемых образцов кожи исследуются в основном на растяжение.

При этом методе релаксационный спектр показателей не велик, а определение как ведёт себя испытуемый материал при растяжении довольно прост [5-8]. Задаются некоторые параметры, по итогам которых выстраиваются на графиках кривые, по ним определяется характеристика удлинения, растяжения пружин самой установки [9]. Получаемые кривые при исследовании на машинах, основанных на одноосном растяжении [3], дают мало информации по вязкоупругим показателям и дальнейшая обработка их не представляется возможным.

2.1.1 Расчет деформационных показателей при одноосном растяжении

Во время измерения деформации, напряжение σ_y на образце кожи составляет 10 МПа. По этой величине определяют модуль упругости и жесткости [10]:

$$E_y = \sigma_y / \varepsilon_y, \text{ МПа} \quad (1)$$

$$D = \varepsilon_y F, \quad (2)$$

где параметр F – площадь поперечного сечения образца кожи.

Предел прочности и относительное удлинение определяется следующими величинами:

$$\sigma = P / F \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} 100, \quad (4)$$

где Δl – переменная длины l образца кожи.

Определяется величина остаточного удлинения:

$$\varepsilon_{ост} = \frac{\Delta l_1}{l}, \quad (5)$$

где Δl_1 – переменная длины образца через одну минуту после разрыва.

В настоящее время для определения характеристик на одноосное растяжение широко используется разрывная машина РТ–250М [3]. Процесс получения данных происходит путём растяжения по одной плоскости, диапазон нагрузки задается в машине, либо же процесс может длиться до полного разрушения измеряемого образца.

Вид получения экспериментальных данных различается двумя формами, когда испытуемый образец подвергается растяжению в течении нескольких минут, либо под действием нагрузки происходит мгновенное разрушение образца. Разрывная машина РТ–250М является широко используемой в испытательных центрах обувных фабрик, по техническим характеристикам

превосходит некоторые свои аналоги [11]. Ниже на рис. 2.1.1 схематично показано устройство машины.

На установке возможны испытания образцов и из других материалов в пределах конструктивных возможностей машины. Разрывная машина РТ – 250М снабжена грузами для предварительного натяжения образца. Конструкция системы нагружения обеспечивает плавное приложение и возрастание нагрузки. Удлинение образца отмечается по шкале деформации.

Привод машины – электромеханический, нагрузка при испытании образца может быть до 2,5 кН, возможность проведения измерений в 3 этапа.

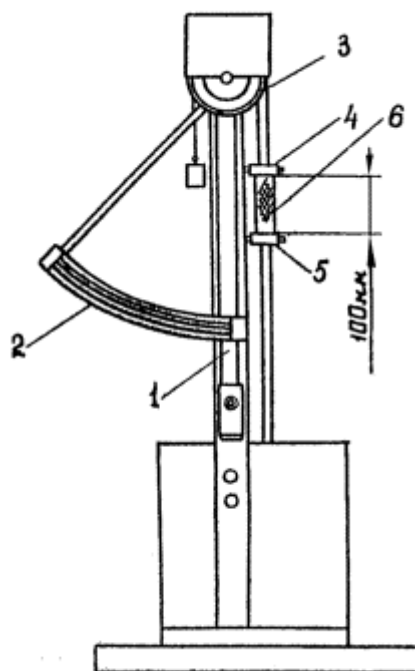


Рис. 2.1.1 Схема определения разрывной прочности и относительного удлинения на разрывной машине. Устройство состоит из штанги маятника (1), шкалы силоизмерителя (2), шкалы удлинения (3), двух захватов, в которые зажимается образец (6) для проведения испытания – пассивного захвата (4) и активного захвата (5).

Методика испытания образца осуществляется следующим образом [12-15]. Испытуемый образец кожи фиксируется между двумя зажимами, нижний зажим совершает движение по оси вниз, происходит растяжение образца. Верхний зажим начинает взаимодействовать на штангу маятника, на которой

закреплен груз. Под действием нагрузки, стрелка на шкале измерения силы начинает отклоняться на определенное значение. Параметр растяжения определяется другой шкалой – удлинения. Параметр передвижения нижнего зажима может регулироваться в пределах от 2.5 см до 25 см.

Прочность измеряемого материала определяется по ГОСТ и характеризуется стандартными показателями прочностных характеристик кожевенных образцов.

При исследовании образца кожи, очень часто применяется параметр точности при растяжении, расчетная формула которого:

$$P_0 = P_p / \rho_s b, \quad (6)$$

где P_p – абсолютная разрывная нагрузка; ρ_s – поверхностная плотность; b – ширина образца.

Данный метод одноосного определения характеристик без разрушения образца кожи исследовать не представляется возможным. На сегодняшний день, главной задачей в получении релаксационных параметров это метод, основанный на измерениях без разрушающего воздействия.

2.1.2 Расчет деформационных показателей при двухосном растяжении

Совершенным методом при исследовании вязкоупругих показателей и получения полного спектра релаксационных характеристик является метод, основанный на двухосном растяжении [16]. Наиболее совершенен и практичен автоматизированный комплекс «Relax», состоящий из установки с аналого-цифровым преобразователем сигнала и персонального компьютера. Принцип работы прибора заключается в следующем [17]:

после того, как шарообразный шток начал под нагрузкой давить на исследуемый образец, параметры деформации поступают на индуктивный датчик, а частота сигнала генераторного модуля начинает быть зависимой от

нахождения подвижной части в момент измерения. С аналого-цифрового преобразователя данные поступают на порт персонального компьютера, частота дискретизации задаётся в заданном диапазоне.

Конструкция установки состоит из следующих элементов [18-21]. К корпусу прибора, в месте где происходит зажим исследуемого образца крепится верхнее опорное кольцо и нижнее, которое благодаря зажиму позволяет регулировать положение расстояние между зажимными кольцами, подвижность нижнего зажимного кольца осуществляется при помощи небольшого рычага. Главный элемент установки – шарообразный шток (индентор) свободно перемещается в вертикальном положении, на верхнем конце которого закреплён стержень с ферритовым наконечником, который интегрирован с блоком преобразования сигнала, позволяющий придавать данным оцифрованный вид, далее сигнал передаётся на компьютер. Схема измерения релаксационных показателей на установке «Relax» приведена на рис. 2.1.2.

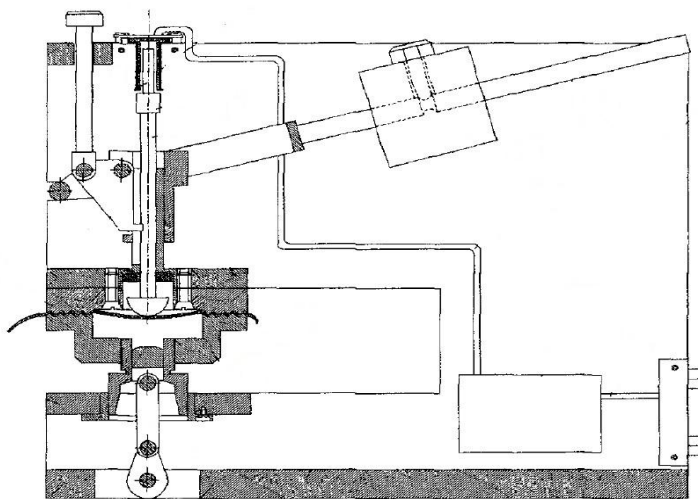


Рис. 2.1.2. Схема установки для двухосного деформирования пробы материала

Во время испытания, на образец действует сила P , под нагрузкой давящего штока он находится в течении 30-40 сек, после чего нагрузка мгновенно снимается, а восстановление регистрируется в кривую на графике, с

начала процесса считывания до построения кривой проходит около 8-10 секунд. Сигнал с датчика поступает на аналого-цифровой преобразователь, а далее через разъем с тыловой стороны корпуса установки, данные передаются на персональный компьютер, полученная информация сохраняется в текстовом документе, а данные в нем прописываются в виде матрицы. Дальнейшая обработка производится с помощью специальных программ, в то числе с помощью математического вычислительного пакета MathCAD [22,23].

Процесс снятия нагрузки под силой P описывается следующим образом:

$$\varepsilon(t) = \left(c + \frac{h}{R}\right)(\varphi(t) - \operatorname{tg} \varphi(t)) - \frac{1}{1 - \cos \varphi(t)}, \quad (7)$$

где $c = r/R$ – const величина датчика установки; h – диаметр толщины экспериментального образца кожи; $\varphi(t)$ – угол при основании конуса.

Перемещение штока $f(t)$:

$$f(t) = \left(R - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi(t)}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi(t) + r - \frac{r}{\cos \varphi(t)} \quad (8)$$

$$\varepsilon(t) = f[f(t)] \quad (9)$$

Операция по аппроксимированию параболой описывается:

$$\varepsilon(t) = A \cdot f^2(t) \quad (10)$$

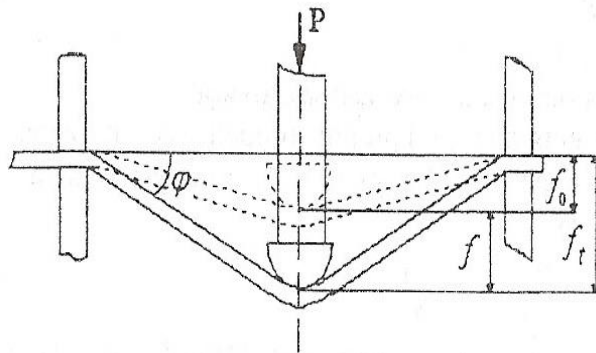


Рис. 2.1.3. Процесс деформации образца под действием нагрузки

Действие силы P при взаимодействии на исследуемый образец кожи описывается следующим уравнением:

$$P = \sigma_0 \cdot \pi \cdot r \cdot d \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

$$\sigma_0 = \frac{P}{\pi \cdot h \cdot (r + R) \sin \alpha} \quad (12)$$

Создаваемое напряжение σ_0 может меняться в зависимости от двух радиусов r и R по линейному закону.

Деформационная характеристика описывается уравнением [16]:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_0}{E_1} e^{-t/t_1} + \frac{\sigma_0}{E_2} e^{-t/t_2} + \frac{\sigma_0}{\eta_3} \Delta t \quad (13)$$

Получаемые релаксационные выражения, такие как модули мгновенной и высокоэластической упругости, коэффициенты медленного и быстрого процессов вязкости и коэффициент пластической вязкости описываются выражениями:

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t)}; E_2 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_2(t) - \varepsilon_3(t)}; E_n = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_3(t)}; \eta_1 = T_1 \cdot E_1; \eta_2 = T_2 \cdot E_2; \eta_3 = \Delta t \cdot \frac{\sigma_0}{\varepsilon_3(t)}. \quad (14)$$

При реализации кривых релаксационной модели должным образом рассчитываются значения быстрообратимой и медленнообратимой высокоэластической и остаточной деформаций, но эти величины могут не давать точности, поэтому принято от каждой рассчитываемой деформации брать их остаточную долю, в виде [24,25]: $\Delta\varepsilon_{\text{бo}}$, $\Delta\varepsilon_{\text{мo}}$ и $\Delta\varepsilon_{\text{ост}}$.

В дальнейшем эти величины не сильно зависят от итогового результата проведённых экспериментальных исследований.

Подробно методика исследование релаксационных показателей кожевенных образцов описана с определением спектров релаксации описана в главе 3.

2.2 Определение параметров формоустойчивости и его явление в коже

При производстве качественной и конкурентно способной обувной продукции обувные фабрики придерживаются одного из главных качественных показателей – формоустойчивостью готовой продукции. Этот показатель характеризуется прежде всего тем, что в период носки обуви она долгое время сохраняет правильную форму [26]. В процессе носки обуви, могут возникать два этапа, которые делятся деформацию от эксплуатации. Когда на обувь начинает воздействовать давление, характеризующееся модулем упругости, растяжением, жесткостью кожи на многократное воздействие силы [27]. Вторым этапом характеризуется тем, что в период носки обувь начинается «расшатываться» по ширине.

В условиях мгновенно протекающих воздействий, был опробован метод по определению упругих характеристик кожи, обувная продукция подвергалась нагрузке в течении двух-трех месяцев. Было выбрано четыре образца кожи, такие как кожа хромового дубления из бычины, эластичная кожа хромового дубления из бычины, кожа хромового дубления и синтетическая кожа. Оптимальные показания у кожи хромового дубления, наименьшие показания получились у синтетической кожи. Взаимосвязь двух структур, характеристик упругости материала и систем материалов обеспечивают само собой взаимодействие упруго-пластических свойств с системами формоустойчивости [28,29].

2.3 Процессы релаксации в кожах для верха обуви

2.3.1 Выявление напряжения при релаксации в коже при тепловом воздействии на образец кожи

Исследование различного рода типов материалов на предмет релаксации позволяет выделить главные механические свойства. В процессе эксплуатации кожа испытывает деформацию, в структуре возникают напряжения величин под действием силы, которые могут изменяться за некоторое время [30].

Во время носки обуви, кожа испытывает остаточное удлинение. Оно зависит от типа используемого сырья, метода исследования и содержания влаги. Чем выше доля остаточного удлинения, тем больше будут параметры по пластичности. Параметры остаточной величины удлинения кожи существенно могут расти с уменьшением остаточной величины напряжения. Визуально такой процесс можно представить в виде кривой на графике, изображенном на рисунке 2.3.1.

Кривую можно разбить на 6 периодов. Во время роста σ_0 кожевенный образец испытывает деформацию, в его структуре возникает величина напряжения за время периода τ_0 , рост напряжения продолжается до первой величины σ_1 , на следующем периоде τ_2 под действием парообразной среды, это воздействие влияет на напряжение и оно начинает постепенно уменьшаться до определенной величины σ_2 , во время периода τ_3 образуется обратная релаксация, следующий период τ_4 характеризуется дальнейшим понижением и последующим резким возрастанием кривой релаксации, этот период характеризуется небольшим нагревом образца кожи. Последующий и заключительный период τ_5 в начале немного увеличивается, затем начинается охлаждение образца и как следствие кривая релаксации начинает медленно стремиться к меньшим значениям. Не смотря на то, что процесс состоит из нескольких этапов, по затраченному времени получается не много [31].

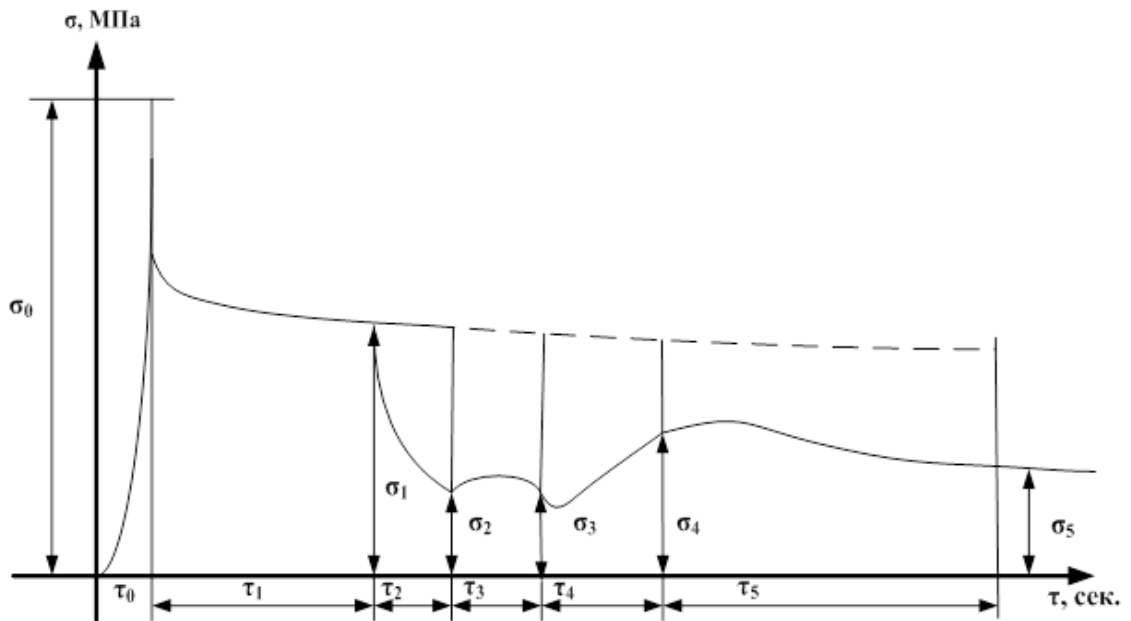


Рис. 2.3.1. Напряжение при релаксации в коже при тепловом воздействии на образец кожи

Другой метод по определению напряжения в исследуемых проводился при одной и том же значении деформации [87]. В качестве образцов исследованию подверглись два типа кожи.

2.3.2 Определение напряжения в коже при влажно-тепловой обработке

Экспериментальные данные считывались при температуре, близкой к комнатной, величина влажности воздуха составляла около 40%. Для проведения эксперимента было отобрано три образца, были созданы условия незначительной увлажнённости, приближающейся к 70-80% и максимально возможной увлажнённости при 100% [32].

Эксперимент был представлен в виде кривых на графике, изображённых на рис. 2.3.2.

Кривая (1) на графике показывает, что при увлажнение материала, напряжение значительно уменьшается, при этом сокращается значение равновесного напряжения, а оно прямым образом влияет на формоустойчивость

образца. Кривые (2 и 3) наглядно показывают, в них процесс релаксации протекает более сложной структуры, это может быть связано с релаксацией под действием влажной среды и так называемых усадочных напряжений. Судя по кривым, $\sigma(t)$ практически равняется величине времени τ , а как только параметры начинают выходить за этот равный диапазон, то интенсивность процесса сушки τ_0 начинает значительно превышать временной диапазон [33]. По окончании процесса, величина σ устанавливается в постоянное значение, образуется процесс, при котором развивается стандартная релаксация, а следовательно кривая $\sigma(t)$ стремится к максимальному значению.

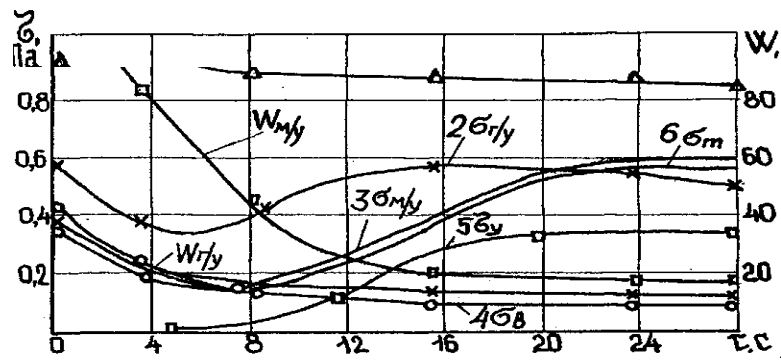


Рис. 2.3.2. Кривые релаксации напряжения при сушке W образцов полукожника

Помимо всех возможных методов, которые описаны выше, остается ещё один экспериментальный метод, когда релаксация образцов кожи испытывается при параметрах позволяющих создать 100% влажность. Кривые (4 и 5) изображённые на рисунке, показывают, как испытываемые образцы ведут себя при усадочном напряжении и процессе высушивания. Сравнение по всем полученным результатам позволяет выявить параметр роста этих напряжений, а он напрямую зависит от начала процесса вытеснения воды. Экспериментальные данные показывают, что все кривые релаксации будут примерно одинаковы для большинства образцов кож [34].

Вся используемая методика не позволяет выявить природу релаксационных процессов. Перед наукой в области исследования релаксации стоит множество не решенных задач в области остаточных деформаций и как

ведёт себя структура кожи под действием силы. Совершенствование методов изучения деформационных свойств позволит в дальнейшем реализовать эти задачи и добиться наилучшего качества готовой продукции [35].

2.4 Температура и влажность как факторы влияющие на формоустойчивость обуви

Технологические процессы, применяемые в настоящее время в производстве качественной обуви напрямую зависят от применения операций, связанных с теплом и влаги на образцы кожи. Такие процессы с технологической точки зрения называют – гигротермическими. Эти процессы оказывают физическое влияние на технологические характеристики кожи. Суть такого процесса заключается в следующем: под воздействием тепла исследуемые кожи подвергались растяжению. Образцы испытывались тремя критериями (процесс увлажнения, влажно-тепловой и тепловой) обработкой [36].

Выбиралась партия образцов для проведения испытаний, под действием температуры около 50, 75 и 100 °С и выдержки порядка минуты образцы испытывались на гидростатическом динамометре [37]. Воздействие горячего воздуха и нагрузки, давящей на испытуемый образец приводило к измерениям волокнистой структуры, а также видоизменялся внешний слой кожи. Тепловой метод показывал, как структура кожи может на время терять свойства упругости, растягиваться от применяемой на образец силы, а после прекращения действия горячего воздуха коллагеновая структура имеет способность к восстановлению, но уже в более растянутой форме [38]. На графике, показанном на рис. 2.4.1 видно, как структура кожи выглядит до термического воздействия и после него.

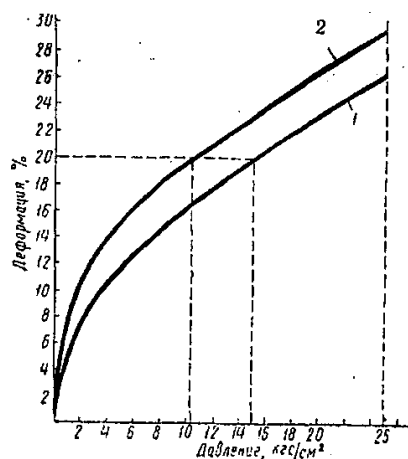


Рис. 2.4.1. Кривые деформации под воздействием тепловой обработки (1 – до нагрева, 2 – после нагрева)

2.4.1 Изменение физико-механических характеристик в структуре кожи под воздействием внешних факторов

Физико-механические показатели кожи [39,40] зависят от многих параметров, основными же являются применение термической обработки, изменение структуры под действием нагрузки, не малую роль играет и содержание влаги в испытуемом образце. На сегодняшний день испытания под высокой температурой используются в практике чаще, чем с более низкой. Оптимальная шкала температуры при которой проводятся исследования – 273 К и выше. Даже если кривая процесса будет переходить из области более низкой температуры, то это будет связано с тем, что в образце кожи может содержаться некоторое количество влаги. Выяснилось, что образцы с повышенным содержанием влаги имеют большую деформацию, чем другие две группы.

Процесс деформации [41-43] прямо пропорционально зависит от разности температур, чем ниже шкала температуры, тем меньше будет процесс деформации. Основными факторами, влияющими на это могут быть процесс жесткости и одновременно уменьшения пластичности испытуемого образца, при температуре ниже 273 К содержащаяся влага в образце может не до конца

кристаллизоваться, а при существенном понижении температуры, примерно до 173 К, влага полностью кристаллизуется в лед и деформации практически не происходит. В процессе исследования можно сделать выводы, что уровень деформации может зависеть от параметров температуры окружающей среды и содержания влажности. Данный метод позволяет выявлять особенности материала, как на этапе производства, так и в период носки обуви.

Метод [41,42] заключающийся в воздействии горячего воздуха на образец кожи при определении деформаций является доступным для широкого спектра как крупных обувных предприятий, так и менее значимых. Кроме того, такие испытания можно проводить в экспериментальных целях в лабораториях высших учебных заведений, что несомненно будет совершенствовать научную базу знаний в области исследования кожевенных материалов. Основным же минусом является, то что этот метод не позволяет провести широкий спектр по определению релаксационных параметров, а получить прогнозируемые изменения образцов кожи при этом не ухудшая другие свойства порой затруднительно.

2.5 Структурная модель упруго-пластических характеристик кожи

Для описания различного рода физико-механических показателей существуют несколько способов [44-48]. Один из распространённых является количественный метод. Особенность его заключается в том, что должен быть создан некий процесс, основанный на теории релаксации при определении деформации, и при этом должно соблюдаться строгое условие, при котором такие параметры как напряжение и температура будут преобладать в заданном диапазоне. От эти параметров будет зависеть получение всех коэффициентов, которые содержатся в функциях. Ниже рассматривается один из методов описания.

В созданной модели создаётся определённая сила P , происходит изменение внутренней структуры, если при нагрузке применяемая сила не изменяется, это означает, что деформация далее развивается за счет движение внутренней структуры образца. Такая модель деформации описывается управлением:

$$C_j \dot{A}_j - C_{ix} - r dx/dt = 0, \quad (15)$$

где C_j и C_{ix} – параметры жесткости; x – коэффициент смещения; r – коэффициент вязкости среды.

Данная модель подходит лучше всего для оценки релаксационных свойств материалов полимерного происхождения. Далее можно рассмотреть процесс ползучести, основанный на напряжении в результате растягивания материала.

Создается напряжение при постоянной температуре около 15–20°C. Испытания проводились на двух типах кож [49], экспериментальные оценки снимались под действием постоянно нагрузки, затем на некоторое время на образец не оказывалось никого воздействия силы P . Были выбраны образцы, параметры исследования которых уже приводились в предыдущем разделе диссертации. Это образец с небольшим содержанием влаги, образец в котором около 40–50% влаги и образец находящийся при 100% влажности. По графику на рис. 2.5.1 ниже показана зависимость влажности от времени.

Воздействие силы P на испытуемые образцы деформирует их, во внутреннем строении кожи может возникнуть перераспределение отдельных частей групп. Возникающая деформация [16] будет определяться факторами содержания количества влаги в образце и от его структуры. Для дальнейшего исследования деформацию было принято разбить на две: упругую высокоэластическую и пластическую.

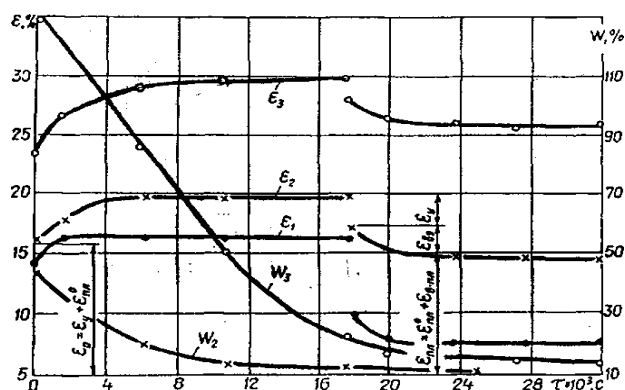


Рис. 2.5.1. Экспериментальные кривые деформации, определяемые по трем критериям влажности.

Кривые на графике показывают [50], что как только убирается нагрузка с образца, уровень влаги начинает соответствовать параметру равновесности, а как только увеличивается неупругая деформация, то это означает, что внутри структуры происходит хаотичное перемещение различного рода связей и изменение структуры внутреннего строения кожи. Данный метод описания деформационных свойств наглядно показывает, как при заданных параметрах можно получить необходимые показатели релаксации. Но в связи с тем, что проведение экспериментов связано с нестабильностью процессов, протекающих во внутренней структуре образцов, метод требует множество доработок и проведения дальнейшего исследования. Не смотря на то, что на получение нужных показателей уходит значительная часть времени, конвертирование в цифровой вид не представляется возможным, ну и как следствие применить их для дальнейшего обработки на компьютере.

ВЫВОДЫ ПО 2 ГЛАВЕ

1. В настоящее время стоит задача по внедрению новейших методов определения физико-механических показателей в обувном производстве. Применяемые методы не дают полной оценки вязкоупругих показателей, поэтому актуально внедрять новые, позволяющие добиться лучшего качества готовой продукции.
2. Рассмотрены одноосные и двухосные методы по определению релаксационных характеристик. По сравнению с одноосными, где исследуемый материал подвергается частичному или полному разрушению, при двухосном методе образец кожи можно исследовать по несколько раз, внутренняя его структура не подвергается разрушению и на протяжении многих экспериментов остается целостной.
3. Математическое описание метода измерения при двухосном испытании, позволяет после получения необходимых параметров деформации, использовать данные в дальнейшей компьютерной обработке.
4. Проведенные испытания влажно-тепловой (гигротермической) обработки показали, при исследовании одного из главнейших показателей обуви – формоустойчивости, в образце кожи начинают происходить необратимые процессы во внутренней структуре, кожевенный образец может становиться как более мягким, так и чрезмерно жестким.
5. Описанные в главе методы, прежде всего основанные на влажно-тепловой обработке и методов при одноосном исследовании не носят широкого применения из-за ограниченности в получаемых результатов. Для производства качественной и конкурентоспособной продукции, кожевенной и обувной промышленности стоит обратить внимание на применении новых, совершенных методов оценки качества.

Глава 3. Исследование релаксационных свойств материалов кожи в обувном производстве.

3.1. Внедрение автоматизированных методов на обувном предприятии

На сегодняшний день проблема автоматизации на многих обувных и кожевенных предприятиях Москвы и Московской области стоит очень остро. В большинстве из них технологические операции по определению качества готовой продукции используются традиционные методы, выдающие лишь малую часть данных. Под традиционными методами [16,24,25] понимается определение физико-механических показателей, при получении которых происходит разрушение испытуемого образца кожевенной продукции. Введение на производстве автоматизированных процессов при изготовлении качественной обуви ведёт за собой серьёзное переоснащение производственной линии, большие затраты на закупку современного оборудования, а также обучение и возможное сокращения рабочего персонала на предприятии.

Существующие стандартные методы испытаний материалов обувных производств не дают информации о релаксационном поведении материалов и ограничиваются в основном определением характеристик упругости и прочности. Такие испытания обычно требуют вырубания образцов и проводятся при одноосном нагружении [6] материала, не соответствующим реальным условиям нагружения при изготовлении и эксплуатации изделий. В предыдущих главах диссертации как раз упоминается про некоторые методы определения упруго-пластических и физико-механических свойств материалов, которые влияют на формоустойчивость [35] и приформуемость обуви в период её эксплуатации. Экономическая эффективность автоматизации обувного предприятия прежде всего будет заключаться в повышении качества готовых изделий [51]. Введение новых методов определения вязко-пластических свойств материалов кожи, неизменно положительно отразится на быстром и точном

определении необходимых параметров, меньших затрат на энергопотребление, труда рабочего персонала, а также заинтересованность в сотрудничестве новых поставщиков с кожевенных заводов.

В главе рассматривается метод [52] по определению важнейших релаксационных параметров. Основная задача которого заключается в точном, оперативном и автоматизированном определении полного комплекса релаксационных показателей упругих, вязких и пластических свойств и спектра времен релаксации кожи и подобных ей материалов без нарушения внешнего вида образца.

3.2. Исследование релаксационных свойств кожи при двухосном напряжении

Существуют различные устройства и методики [14,15], по которым определяются деформационные и релаксационные свойства кожи. Основной принцип работы этих устройств реализован в нагружении образца кожи с последующим его разрушением на разрывной машине. Такой метод определяет сразу несколько параметров, такие как предел прочности кожевенного образца, модуль упругости, упругая и остаточная деформации, определяемые по ГОСТ 939–75. Другой метод [17,52] основан на силовом воздействии на образец, который зажат на кольцевом зажиме, под действием давящего на образец шарообразного штока определяются такие параметры, как амплитуда и частота затухающих колебаний, упругость материала.

Для определения релаксационных характеристик [18], необходимо, чтобы в устройстве выполнялось условие ступенчатого нагружения, которое состояло из трёх циклов. В эксплуатации имеется прибор, который мог бы производить подобные измерения, но проблема заключалась в том, что он не может проводить измерения тонких материалов кож на растяжение, кроме того ручная нагрузка и разгрузка не позволяет анализировать процессы, которые

были от доли до нескольких секунд. Существует прибор, который может определять упругость и прочность материала под действием давящего сверху на зажатый по круговому контуру образец металлическим шарообразным штоком. Однако все эти методы в силу своей недоработки, ограничены в получении небольшого числа параметров, которые к тому же определяют только упругие свойства материала и не представляется возможным определить полный комплекс релаксационных свойств – упругих, вязких и пластических характеристик и постоянных времени, описывающих деформацию образца кожи.

Реализовать процесс по быстрому и точному определению релаксационных характеристик удалось на компьютеризированной установке «Relax» [20-23], позволяющей без существенных повреждений образца, автоматически и с высокой точностью получать до 15 основных показателей пластических свойств, а также вязких и упругих характеристик и спектров времен релаксации материала. Весь процесс получения требуемого набора показателей может занять всего несколько минут. Компьютеризированная установка необходима для получения деформационных характеристик кож, меховых изделий, различного рода видов тканевого материала, полимерных покрытий и прочих похожих материалов лёгкой промышленности. Получаемые показатели [53] в последствии можно сравнивать с эталонными показателями, которыми непосредственно руководствуются предприятия обувной промышленности.

Методика [17,24,25,54] была представлена и разработана на кафедре «Автоматика» в Московском Государственном Университете Дизайна и Технологии, автором которой является проф. – Артур Георгиевич Бурмистров. В настоящее время установка используется на кафедре «Технологии кожи и меха», заведующий которой Вячеслав Иванович Чурсин. Студенты и лаборанты, а также аспиранты кафедры успешно применяют компьютеризированный комплекс «Relax» в своих поставленных задачах по

исследованию различного рода материалов текстильной промышленности, кож для верха и низа обуви, а также различного рода полимерных материалов, получая релаксационные характеристики широкого спектра.

Установка «Relax» состоит из трёх основных компонентов: блока, в котором непосредственно происходит нагрузка экспериментального образца кожи, датчика снимающего показатели при измерении и аналого-цифрового преобразователя поступающего с датчика сигнала [55]. Сам же комплекс по определению релаксационных параметров состоит из самой установки «Relax» интегрированной с компьютером.

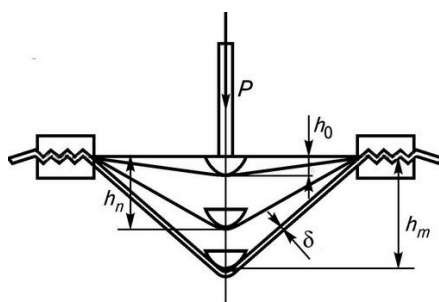


Рис. 3.2.1 Нагрузка образца кожи штоком (индентором)

Алгоритм исследования образца кожи происходит следующим образом [56]. Образец зажимается по кольцевому контуру, кладется на подвижную нижнюю часть зажима, после чего рычажком прижимается к неподвижной верхней части. С тыловой стороны установки закреплён грузик, который в зависимости от толщины материала и получения требуемых параметров по релаксации может быть заменён на другой. Грузик закреплён на продольном рычаге, который шарниром связан в корпусе прибора, поворачивающийся в скользящей втулке. По вертикальной оси в положении «вверх-вниз» совершает движение шток с шарообразным наконечником (индентор), который через собачку с зубом связан тягой, управляемой с кнопки на приборе, при помощи которой собачка может поворачиваться и освобождать шток от груза. Процесс нагружения испытуемого образца кожи показан на рис. 3.2.1. После как образец неподвижно зафиксирован между зажимными кольцами, в специальной компьютерной программе [53] идёт сохранение начального положения штока

h_0 , конечное положение после разгрузки h_n и максимальное перемещение под нагрузкой h_m . Перемещение штока во времени $h(t)$ от нулевой координаты плоскости определяется калибровкой в настройках программы. Испытуемый образец в течении от 30 секунд до 1 минуты находится под действием нагрузки.

После необходимой выдержки по времени, нажимают на кнопку сброса грузика, происходит перемещение штока, и в этот момент происходит регистрация величины с датчика прибора. Показания сразу же дублируются в компьютерную программу, где на графике отображается кривая упругого восстановления. Изображение процесса получения кривой релаксации показано на рис. 3.2.2.

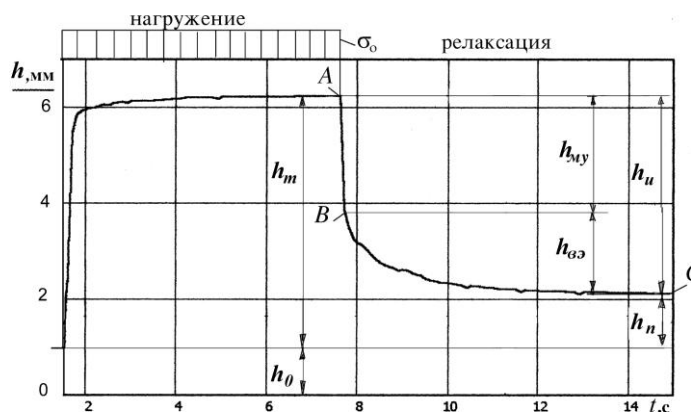


Рис. 3.2.2 Диаграмма кривой релаксации во времени

По диаграмме видно, как происходит перемещение шарообразного штока, после отключения электромагнита и снятия нагрузки. Сигнал с датчика [55] преобразуется в электрический сигнал, который далее поступает на компьютер и обрабатывается в программе. В процессе снятия нагрузки мы получаем массив, состоящий из большего числа точек, информация дублируется в программу, где рассчитываются шесть показателей, а также релаксационный спектр по образцу кожи. Кривая модели релаксации [53] разбита на три участка. На кривой видно, что участок А-В – прямой, тем самым это означает, что деформация на данном этапе мгновенно-упругая. Здесь можно отметить,

что при ручной обработке, определить положение В очень затруднительно, как и величину постоянной времени τ_2 , а τ_1 определить не представляется возможным.

Во время исследования, образец кожи испытывает двухосное нагружение, по итогам которого получаются равномерные деформации. Но в случае, если разность физико-механических параметров кожи слишком выделяется, то напряжения будут разными. Нагрузка на штоке с шарообразным наконечником будет зависеть общего количества всех нагрузок. В результате исследования методом продавливания [11,19,23], мы получаем средние характеристики испытуемого образца кожи.

3.3. Описание деформационных процессов и их разновидность

При физическом воздействии на кожу [5-7], происходит деформация её многоуровневой структуры, в следствии чего структура переходит из спокойного состояния в возбуждённое. Процесс, при котором макроструктура кожи может возвращаться в своё исходное положение носит название релаксации. При воздействии на кожу определённой нагрузки, релаксация происходит не сразу всей многоступенчатой структуры, сначала деформируется сетка волокон, только потом начинают поддаваться деформации сами волокна, которые по своей структуре намного жестки. Ещё одной деталью, состояния кожи под действием нагрузки является быстрота её приложения. Исходя из таких условий, при испытании на предприятии деформационных процессов на разрывной машине [14,15] параметр обычно варьируется в пределах 2 мм/с. Образцы в которых определяется зависимость напряжения и деформации, которая задаётся временем принято называть вязкоупругими.

Определяемая мгновенно упругая деформация, которая описывается законом Гука [24,25,27-30], возникает в образце кожи в одно и тоже время с

нагрузкой и может распространяться со скоростью звука. Физически мгновенно-упругая деформация описывается интервалом атомов и валентных углов в молекулах. Схематично такой процесс показан на рис. 3.3.1а. Различного рода вязкие свойства показаны в виде процесса поршень-цилиндр с жидкостью, рис. 3.3.1б. В процессе соединения элементов упругости и вязкости, которая может проявляться в высокоэластической (запаздывающей) деформации рис. 3.3.1в, основная связь происходит в силовом поле макромолекул. Благодаря этому между макромолекулами происходит трение, которое приводит к запаздыванию под действием нагрузки, а после снятия нагрузки образец начинает медленно релаксировать.

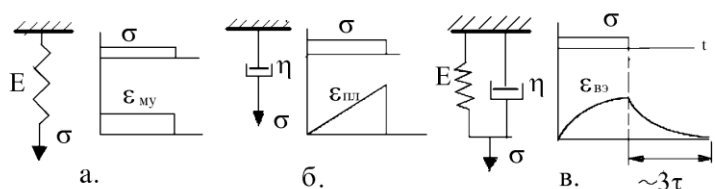


Рис. 3.3.1. Деформационные процессы по системе «поршень-цилиндр»

Помимо описанных выше деформаций в исследуемом образце кожи может возникнуть остаточная (пластическая деформация) [57]. Она возникает в результате не контролируемого перемещения молекул. Эта деформация зависит времени действия нагрузки на образец, но характер её зависимости до конца не исследован и принять её можно только лишь условно. По математическим расчётам можно сделать вывод, что преобладать могут две деформации: быстрая с незначительной величиной времени τ_1 (мгновенно упругая деформация), и медленная, у которой постоянная времени τ_2 значительно больше (высокоэластическая деформация).

Полная деформация представляется в следующем виде:

$$\varepsilon = \varepsilon_{my} + \varepsilon_{vz} + \varepsilon_{nl}, \quad \varepsilon = \sigma/E_1 (1 - e^{-t/\tau_1}) + \sigma/E_2 (1 - e^{-t/\tau_2}) + \sigma \Delta t/\eta_3, \quad (16)$$

где E_1 , E_2 – мгновенные модули упругости и высокоэластичности;

$\tau_1 = \eta_1/E_1$, $\tau_2 = \eta_2/E_2$ – постоянные времени быстрого и медленного процессов релаксации;

η_1 , η_2 – коэффициенты высокоэластической вязкости;

η_3 – коэффициент пластической вязкости;

Δt – время длительности нагружения.

Деформационную модель при ступенчатом нагружении можно представить в виде графика, изображённой на рис. 3.3.2.

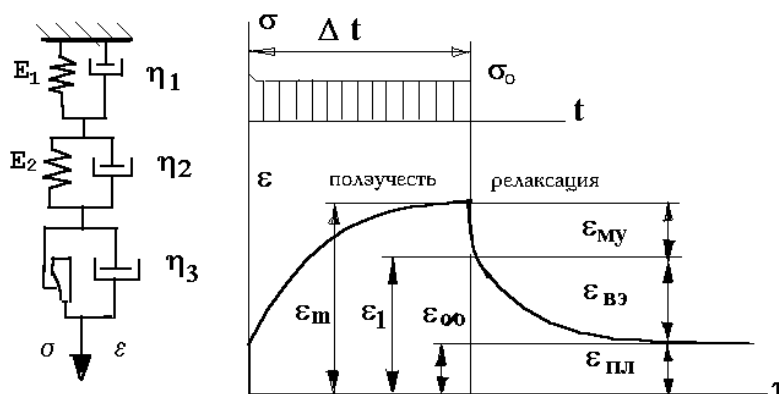


Рис. 3.3.2. Деформационная модель при ступенчатой нагрузке

По кривым изображённым на графике можно определить сразу 5 характеристик модели:

$$E_1 = \sigma/\varepsilon_{\mu y}, E_2 = \sigma/\varepsilon_{\text{вэ}}, \eta_1 = \tau_1 E_1, \eta_2 = \tau_2 E_2, \eta_3 = \sigma \Delta t / \varepsilon_{\text{пл}} \quad (17)$$

По этим расчётным формулам можно построить модель, которая будет описывать изменения происходящие в образце под действием нагрузки.

Ещё одной важной чертой при деформации кожи является её способность запоминать все предыдущие воздействия, производимые на неё в процессе исследования. Как уже было озвучено выше, в результате многократных испытаний кожи, она не может возвратиться в исходное состояние, в ней присутствует остаточная деформация. По мере количества воздействий на кожу, процент пластической деформации убывает, а упругой наоборот растёт.

Неоднородная структура кожи характеризуется тем, что она не может описываться только одним временем, а ещё и спектром релаксации [58,59].

Описать это можно интегральным уравнением:

$$T(t-\tau) = \int_0^{\infty} L(\tau) e^{-t/\tau} dt \quad (18)$$

где $L(\tau)$ – спектр времени релаксации.

Характер такой функции неоднородный, а время релаксации определяется тремя промежуточными этапами, τ_1 , τ_2 и τ_3 , размерность этих величин измеряется секундами, сотыми секундами и тысячными секундами. Спектр [58] показывает все структурные изменения происходящие в образце, прежде всего вязкоупругие, отображает характер подвижности компонентов, и наиболее применим для исследования кожного материала.

Получение спектров по кривым релаксации можно осуществить по следующим формулам:

$$L(t) = dJ(t)/d\ln(t) - d^2J(t)/d\ln^2(t) \Big|_{t=2\tau} \quad (19)$$

или в натуральном времени:

$$L(t) = t^2 \cdot (d^2J(t)/dt^2) \Big|_{t=2\tau}, \quad (20)$$

где $J(t) = d\varepsilon(t)/d\sigma(t)$ – модуль податливости.

$$L(t) = \frac{t^2}{\sigma_0} t^2 \frac{d^2\varepsilon(t)}{dt^2} \quad (21)$$

Определяемые по релаксационным спектрам параметры в дальнейшем широко востребованы при оценке качества образцов кож и сопоставление их с наилучшим типом. При контроле качества [19] на обувном предприятии такие исследования позволяют на разных этапах технологического процесса контролировать качество выпускаемого полуфабриката, сравнивая с заданными параметрами. Предприятию представляется возможным более гибко использовать свои мощности и с наименьшими затратами производить качественную обувную продукцию.

3.4. Определение релаксационных показателей и их статистический анализ при исследовании 18 артикулов кож верха обуви (партия № 1)

Контроль качественных показателей кожевенных материалов [19,56], используемых при изготовлении обуви, является важным условием повышения качества готовой продукции. Принципиально новым подходом в решении этой задачи является направление, основанное на том, что достаточно полную информацию о технологических и потребительских свойствах кожи дают её релаксационные характеристики.

На протяжении трех лет мной проводились исследования по определению релаксационных свойств кожи верха обуви. Между Московским Государственным Университетом Дизайна и Технологии и закрытым акционерным обществом Московская обувная фабрика «Парижская коммуна» были заключены договорные отношения о научно-техническом сотрудничестве [см. Приложение 1] на тему «Исследование релаксационных характеристик материалов, используемых в производстве обуви». При заключении первого договора с декабря 2011 г. по июнь 2013 г. от обувной фабрики «Парижская коммуна» на исследование было предоставлено 18 артикулов кож. По каждому артикулу кожи была представлена характеристика данных, испытания которых было проведено на кожевенных заводах. Эти параметры состояли из данных по толщине образцов кожи, которые были в диапазоне 1.2–1.4 мм, предела прочности при растяжении 10 МПа – от 1.5 до 1.8, напряжении при появлении трещин лицевого слоя, 10МПа – от 1.4 до 1.9 и удлинение при разрыве 10МПа – от 34 до 40%. Испытания на обувной фабрике проводились под соблюдением нормы по ГОСТ 939–88.

Релаксационные характеристики определялись по следующим артикулам кож :

1. «Данс Грейс» – артикул кожи 1;
2. «Наппа Вальс» – артикул кожи 2;
3. «Премьера Крит» – артикул кожи 3;
4. «Хром Круз» – артикул кожи 4;
5. «Рона 138» – артикул кожи 5;
6. «Премьера Шевро» – артикул кожи 6;
7. «Премьера Натураль» – артикул кожи 7;
8. «Симфония» – артикул кожи 8;
9. «Гранд» – артикул кожи 9;
10. «Наплак люкс 9000-N» – артикул кожи 10;
11. «Флотер Люкс» – артикул кожи 11;
12. «Амиго Грейн 9000-N» – артикул кожи 12;
13. «Ладья А» – артикул кожи 13;
14. «Наплак Н» – артикул кожи 14;
15. «Анилин Мелани 9000-N» – артикул кожи 15;
16. «Анилин Голд» – артикул кожи 16;
17. «Соната Плита» – артикул кожи 17;
18. «Друид» – артикул кожи 18.

Исследование проводилось по методике проф. Артура Георгиевича Бурмистрова [60]:

при помощи программы «RelaxData» [20-23], интегрированной с прибором, по каждому артикулу кожи проводилось исследование по трем образцам (квадрат [100x100] мм), каждый образец подвергался испытанию по пяти зонам, равномерно размещенным по всей площади образца: одна зона по центру образца, остальные по краям. Следовательно, по каждому артикулу кож было выполнено 15 опытов.

Во время испытания [65], образец под действием давления штока (индентора) растягивается, образуя в точке измерения конусообразную форму,

по границе конуса образуется напряжение, оно зависит от скорости перемещения штока (hm , мм), силой придаваемой при нагрузке (P , Н) и диаметра толщины слоя кожанного образца. Расчет толщины и деформацию производится по следующим формулам:

$$\sigma = 0,32 P / hm \delta \quad (22)$$

$$\varepsilon = 1,26 \cdot 10^{-3} h^2 \quad (23)$$

По формуле относительной величины деформации в дальнейшем рассчитывается полная, пластическая и упругая деформации.

$$\varepsilon_u = \varepsilon_m - \varepsilon_n \quad (24)$$

Полученные в результате измерения данные сохраняются в виде «.dat» файлов на компьютере, в дальнейшем по каждому проводится аппроксимация в программе «Relax2001» [53]. Ниже на рис. 3.4.1 показан общий вид по всем пяти точкам.

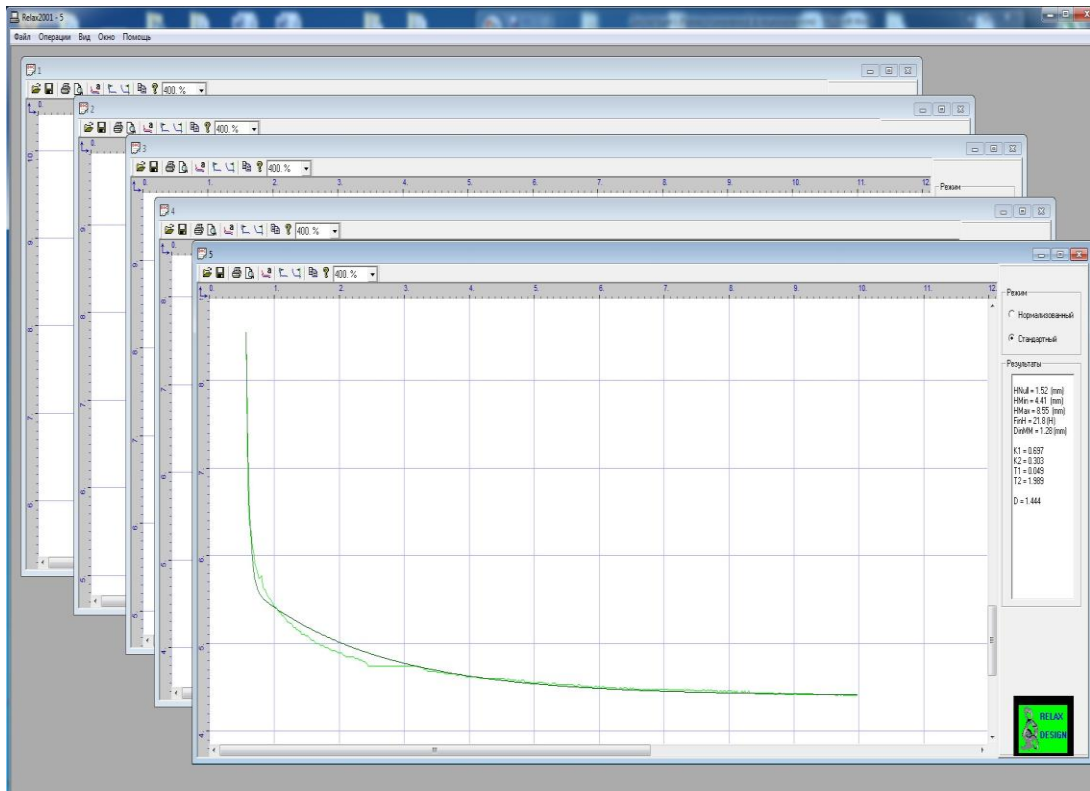


Рис. 3.4.1. Экспериментальные кривые после проведенной аппроксимации

Для того чтобы каждая экспериментальная кривая была аппроксимирована, необходимо провести расчет суммы экспонент:

$$h(t)=K_1(e^{t/T_1})+K_2(e^{t/T_2}), K_1+K_2=1 \quad (25)$$

Проведя расчет аппроксимации [61,62] определяются постоянные времени релаксации T_1 быстрой и T_2 медленной характеристики упругого восстановления структуры кожи и коэффициенты K_1 и K_2 экспонент.

Производится расчет упругой деформации: высокоэластическая деформация $\varepsilon_{ve}=K_2 \cdot \varepsilon_u$, мгновенно упругая $\varepsilon_{mu}=K_1 \cdot \varepsilon_u$. Определяются характеристики релаксационной модели: мгновенный модуль упругости, $E_1=\sigma/\varepsilon_{mu}$, высокоэластичный модуль $E_2=\sigma/\varepsilon_{ve}$, модуль равновесной упругости $E_3=\sigma/\varepsilon_u$, вязкие коэффициенты $\eta_1=T_1 \cdot E_1$ быстрой и $\eta_2=T_2 \cdot E_2$ медленной релаксационной характеристики, элемент пластической вязкости $\eta_3= \Delta t \cdot \sigma/\varepsilon_n$, где Δt – нагружение во времени релаксации.

После расчета этих величин, полученные данные сохраняются в текстовой документ в виде матрицы и прописывается программой обработки под названием «result.txt», пример которого приведен ниже на рис. 3.4.2.

Дальнейший расчет релаксационных характеристик производится в математическом комплексе «MathCAD» в специально написанной программе «Relax Stat», шаблон которой содержит все необходимые расчетные формулы, для получения в конечном счете результативные спектральные характеристики. Более подробно расчет всех параметров релаксации описан в протоколах в разделе диссертации [см. Приложение 4].

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦА КОЖИ "Лазурь 2380 белая"

Считывание данных: M := READPRN("Result0.txt")

M =	0.544	8.95	25.38	6.62	1.386	59.5	463.7	0.155	2.344	0.739
	0.609	11.41	114.46	10.38	0.373	266.68	488.7	0.033	2.33	0.909
	0.59	9.3	83.72	8.37	0.209	181.56	571.5	0.023	2.169	0.9
	0.73	22.29	78.74	17.37	0.258	101.99	858	0.012	1.295	0.779
	0.638	13.53	31.14	9.43	0.659	61.92	888.2	0.049	1.989	0.697

Рис. 3.4.2. Статистические данные по одному из образцов артикула кожи «Лазурь 2380 белая»

При расчёте статистических данных образцов кожи, особо важную роль служат параметры модели релаксации (T_1 , T_2 , K_1) и дополнительные параметры: пластичности (Π), показатель подвижности структуры (X), упругость (Y) и компоненты упругости (MU и $BЭ$).

$$\Pi := \frac{\varepsilon n}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad Y := \frac{\varepsilon u}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad MU := \frac{\varepsilon mu}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad BЭ := \frac{\varepsilon ve}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad X := \frac{K1}{K2} \quad (26)$$

Все эти параметры функционально связаны между собой. Для производства качественной обуви особенно важны параметры: пластичности « Π » и показателя подвижности структуры « X » определяют такие характеристики кожи, как ее формуемость и приформовываемость [28,29] – способность в период носки обуви принимать особенности формы стопы.

Значения релаксационных параметров рассчитанных в программе «MathCAD» приведены с стандартному напряжению $\sigma = 1$ МПа и сведены в промежуточную таблицу 3.4.1.

В таблице представлены основные 5 релаксационных параметров из 12 исследуемых, приведенных к средним значениям. По каждому артикулу кожи был выбран один из трёх образцов кожи, который наиболее оптимален.

Модель релаксации во времени $Y(t)$ может быть представлена в виде [58,59]:

$$Y(t) = K1 \cdot \exp(-t/T1) + (1 - K1) \cdot \exp(-t/T2) \quad (27)$$

После, рассчитывается спектр постоянных времен релаксации:

$$L_i := 2.52 \cdot \frac{(t_i)^2}{\sigma} \cdot \left[\left[\left(\frac{K1}{T1} \cdot e1_i \right) + \left(\frac{K2}{T2} \cdot e2_i \right) \right]^2 + (K1 \cdot e1_i + K2 \cdot e2_i) \cdot \left[\frac{K1}{(T1)^2} \cdot e1_i + \frac{K2}{(T2)^2} \cdot e2_i \right] \right] \quad (28)$$

$$e1_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T1}\right) \quad e2_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T2}\right)$$

Таблица 3.4.1 – Значения параметров модели релаксации

№ артикула кож	Параметры				
	T_1 , с	T_2 , с	K_1	Π	X
1	0.039	2.4	0.68	20.05	7.65
2	0.066	2.31	0.69	20.23	13
3	0.047	2.2	0.7	19.15	9.16
4	0.049	1.99	0.72	24.45	9.58
5	0.076	2.21	0.75	9.57	11
6	0.039	1.93	0.69	22.5	9.08
7	0.051	2.31	0.86	23.86	3.6
8	0.028	1.79	0.77	21.1	4.67
9	0.016	2.16	0.73	7.96	2.72
10	0.025	2.32	0.68	5.45	2.16
11	0.019	2.05	0.79	4.26	4
12	0.016	1.96	0.74	4.50	3
13	0.015	2.04	0.75	5.84	3.05
14	0.02	2.27	0.69	4.03	2.23
15	0.03	1.98	0.82	7.13	4.74
16	0.024	2.31	0.84	9	5.29
17	0.022	2.44	0.69	6.01	2.24
18	0.035	2.3	0.88	7.18	7.73

1 – 18 – артикулы исследуемой кожи

Ниже на рис. 3.4.3 – 3.4.14 представлены спектры релаксации по области быстрообратимых и медленнообратимых деформаций [53,57,58].

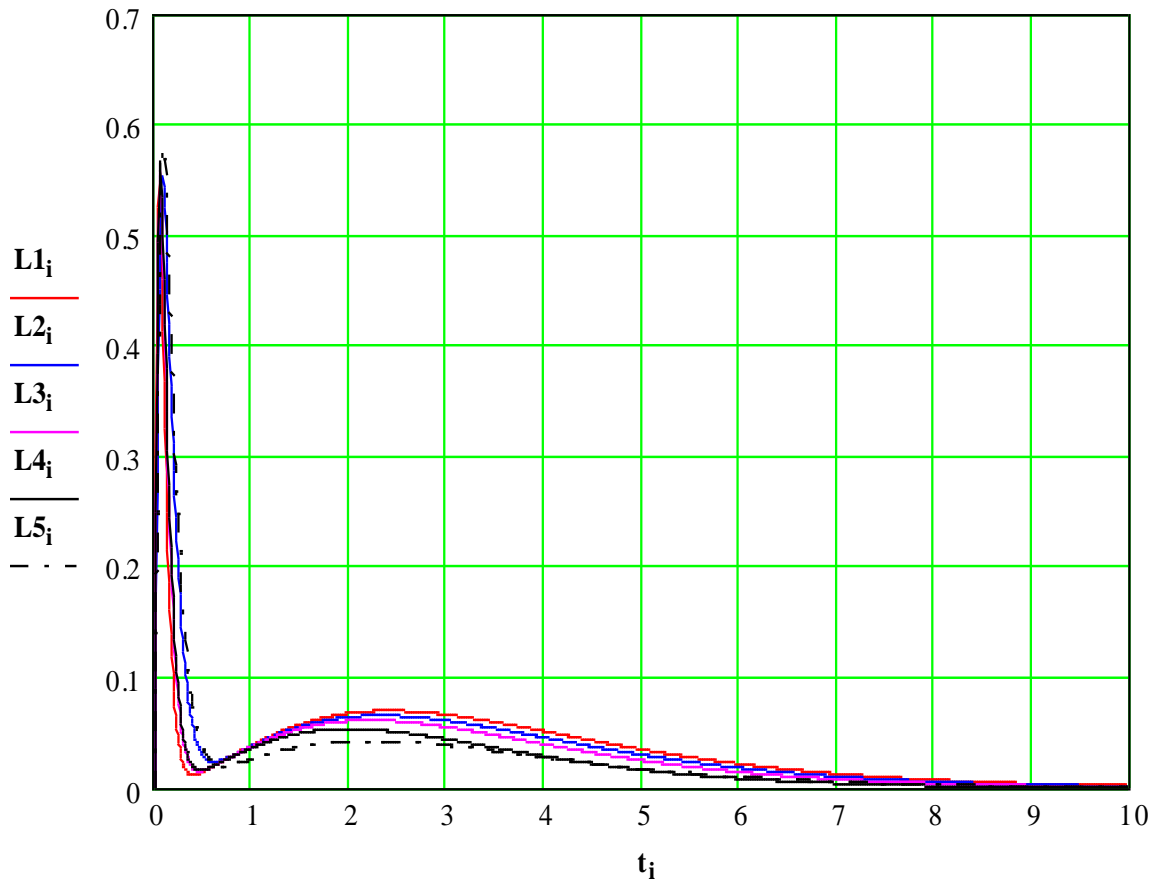


Рис.3.4.3. Общий вид спектров релаксации артикулов кож №№ 1 – 5

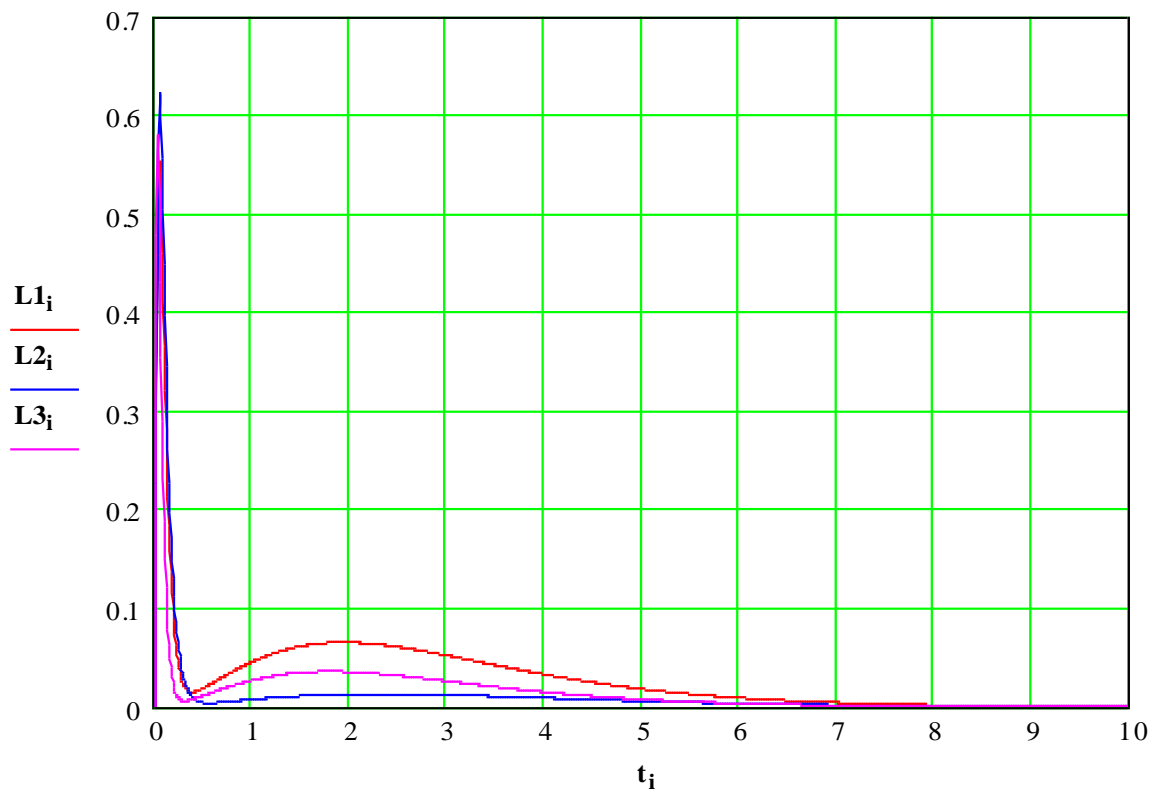


Рис. 3.4.4. Общий вид спектров релаксации артикулов кож №№ 6 – 8

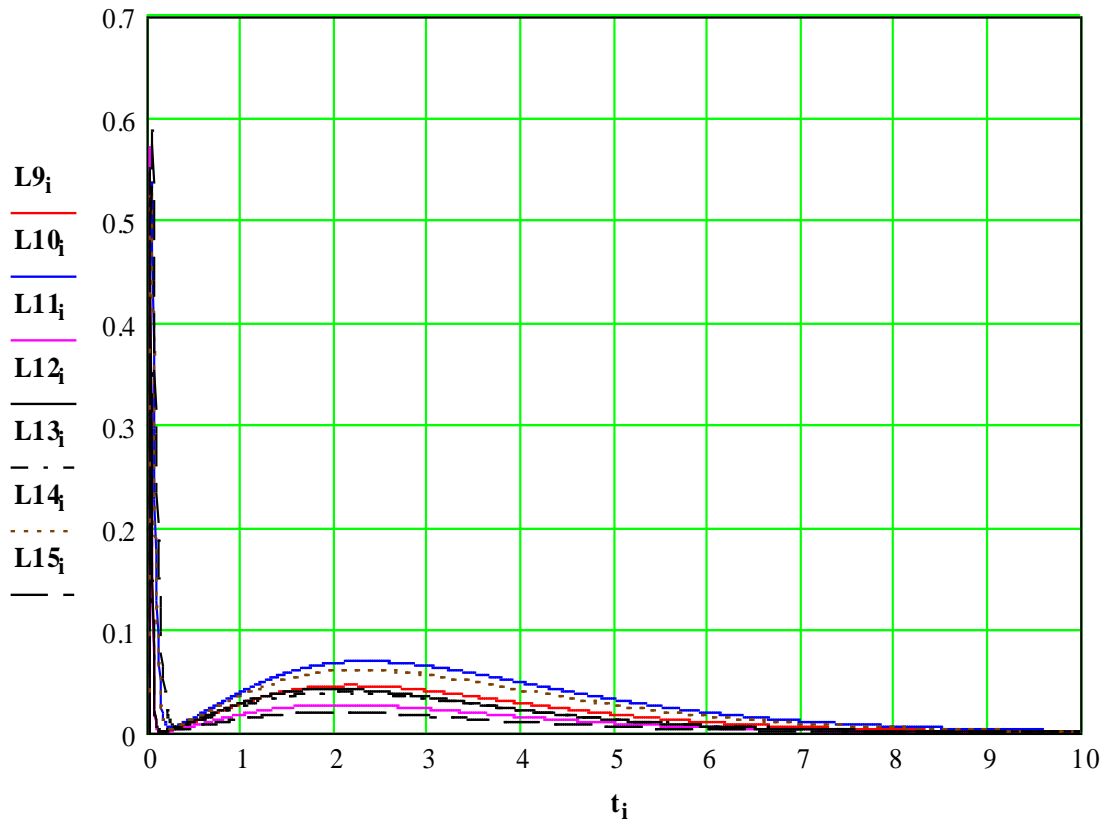


Рис. 3.4.5. Общий вид спектров релаксации артикулов кож №№ 9 – 15

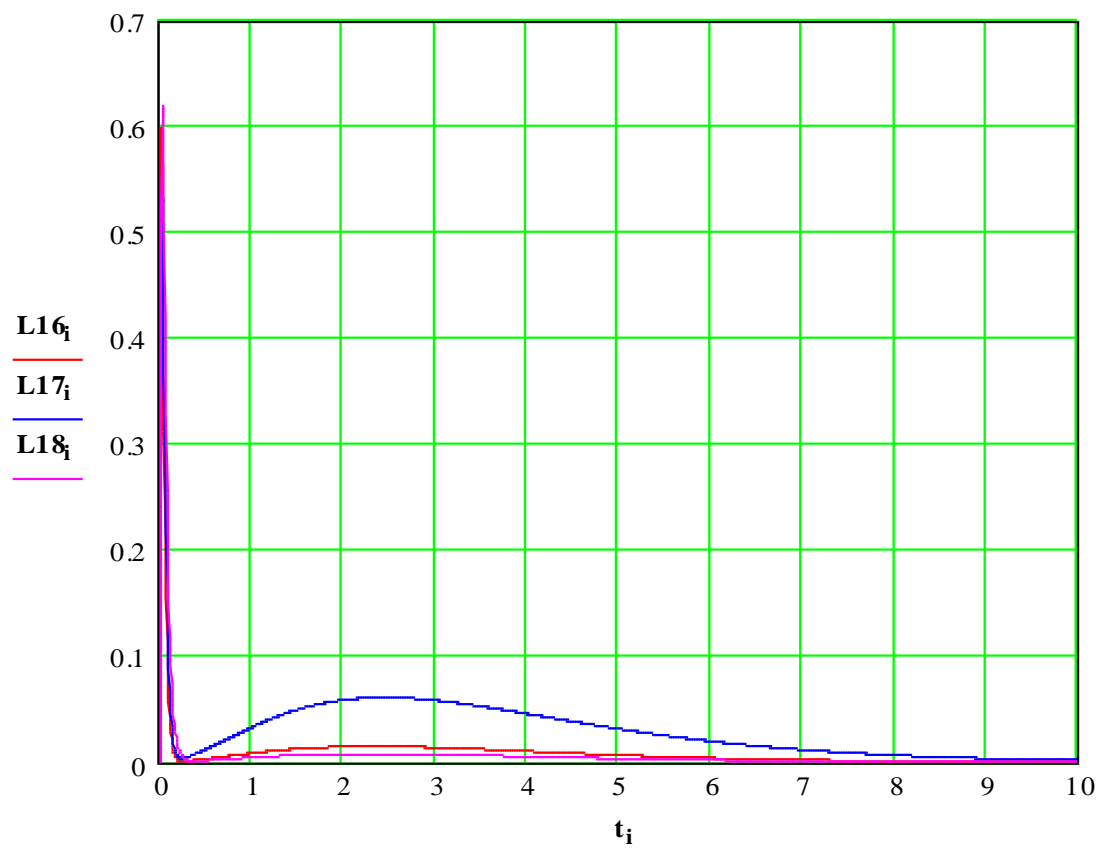


Рис. 3.4.6. Общий вид спектров релаксации артикулов кож №№ 16 – 18

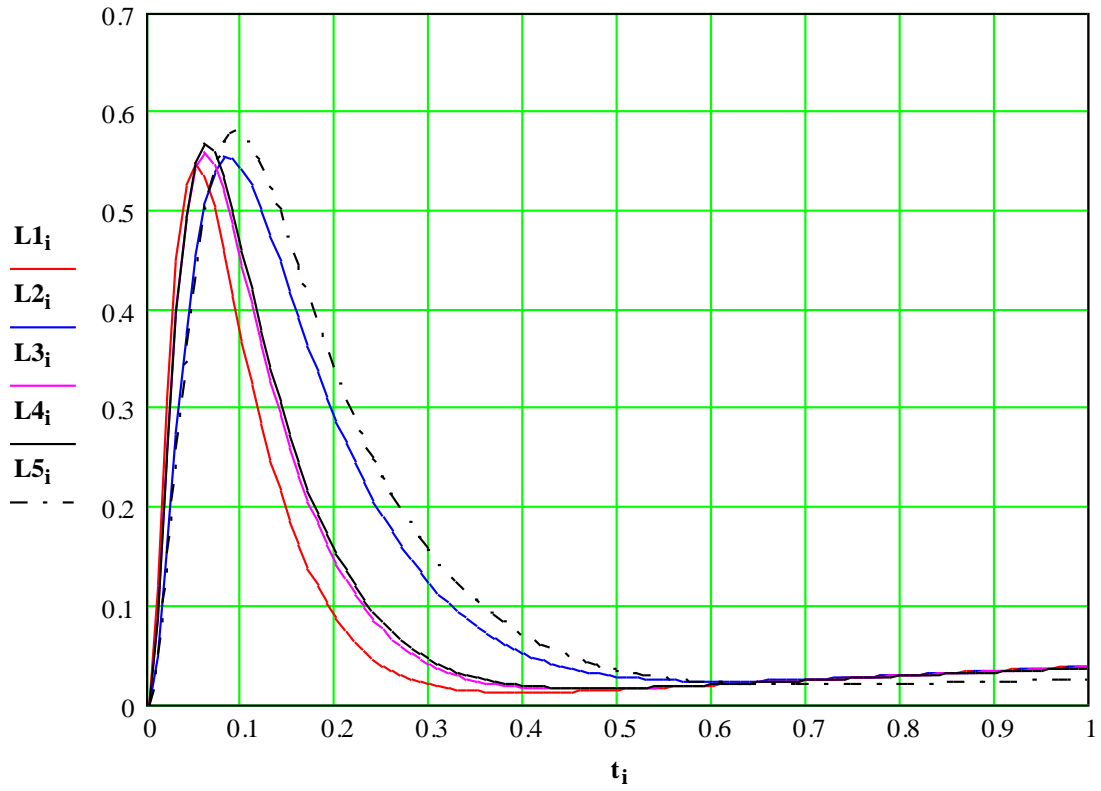


Рис. 3.4.7. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций артикулов
кож №№ 1 – 5

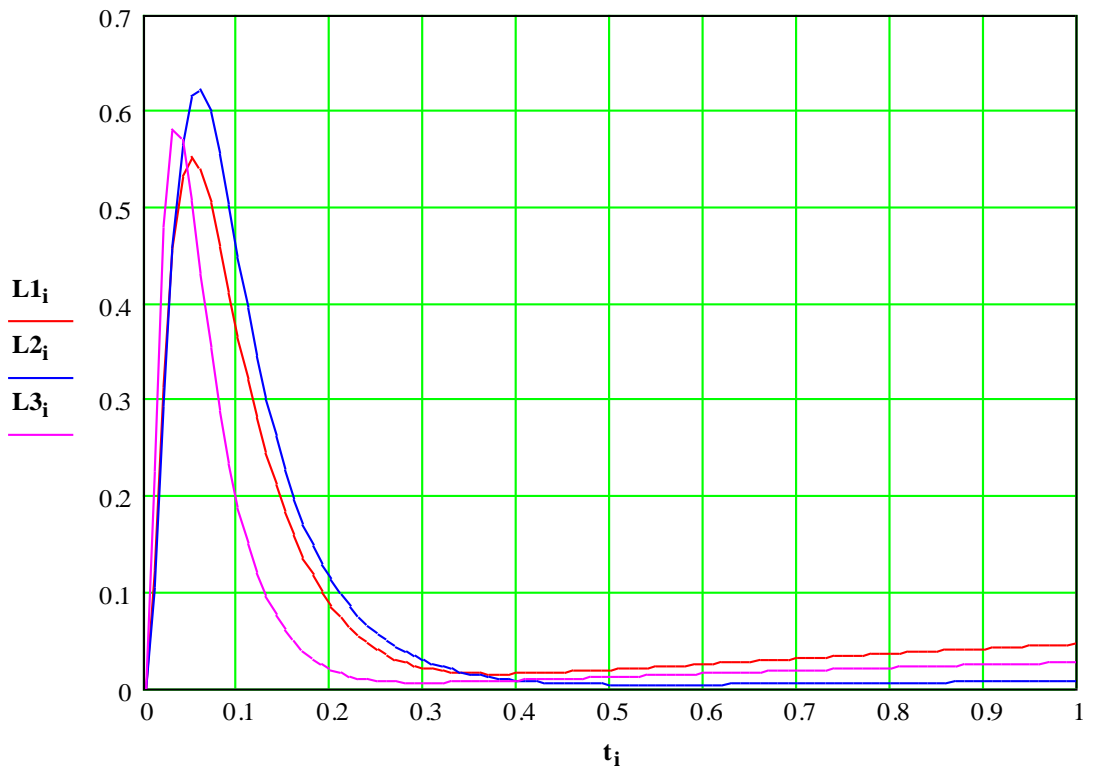


Рис. 3.4.8. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций артикулов
кож №№ 6 – 8

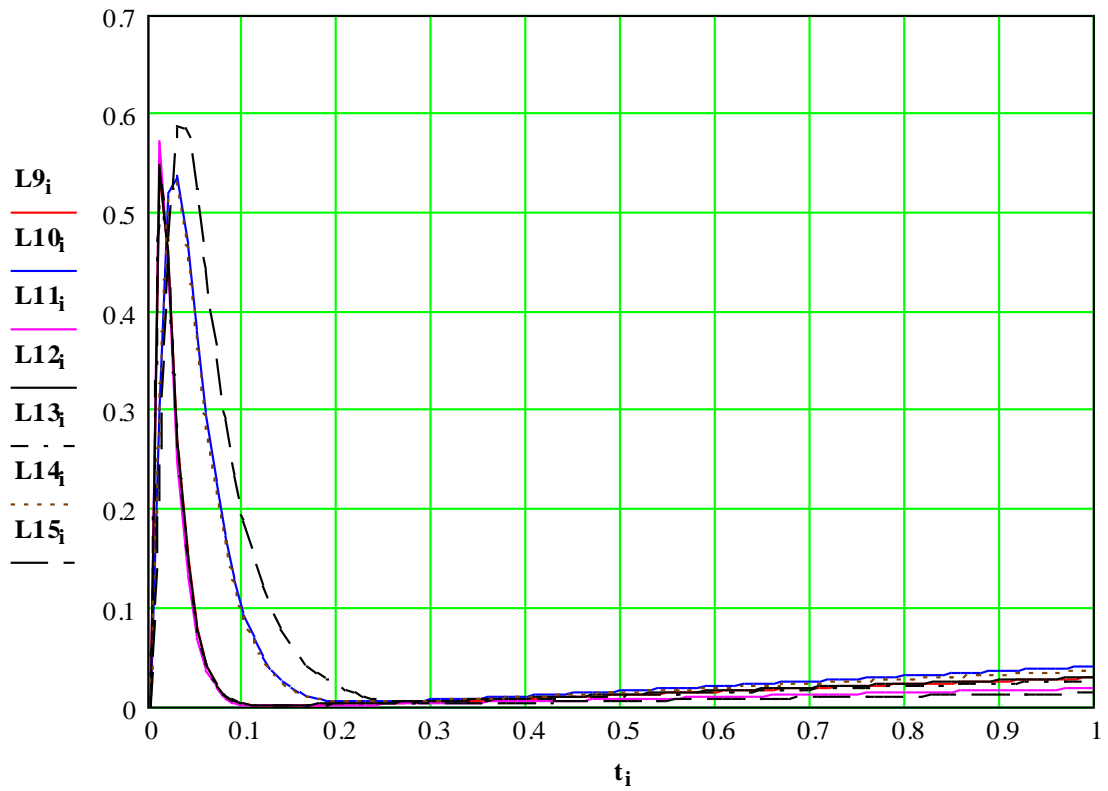


Рис. 3.4.9. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций артикулов
кож №№ 9 – 15

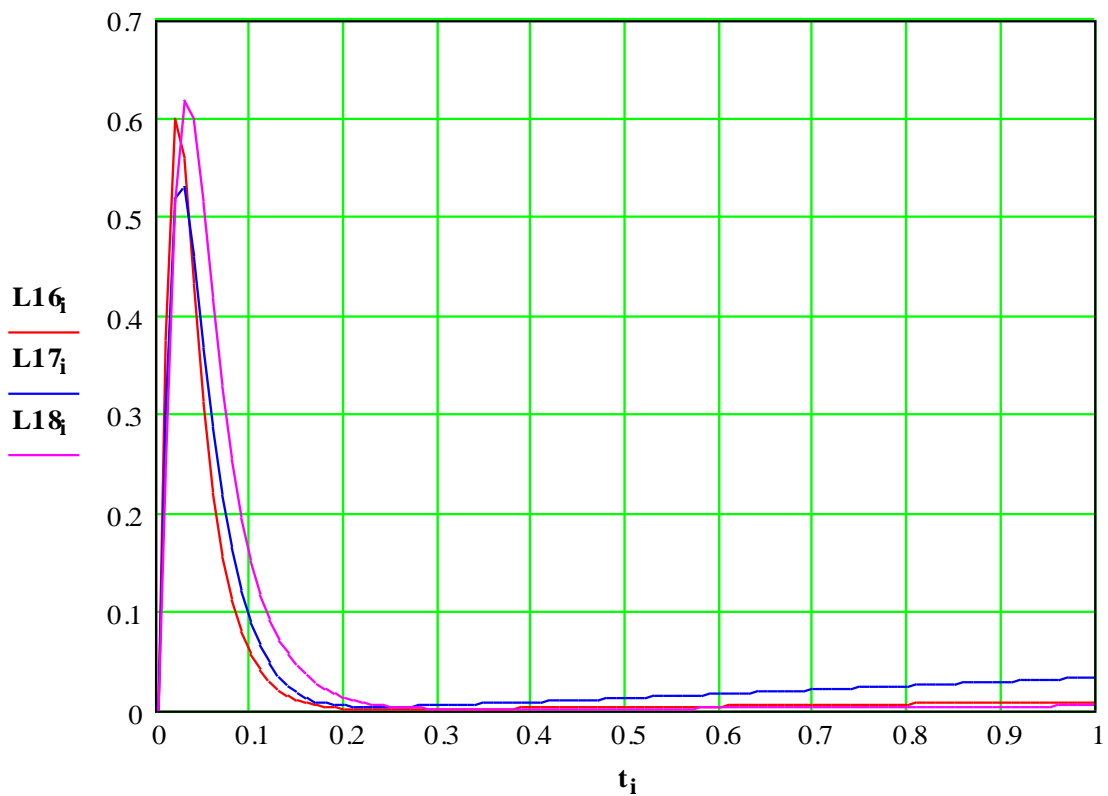


Рис. 3.4.10. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций артикулов
кож №№ 16 – 18

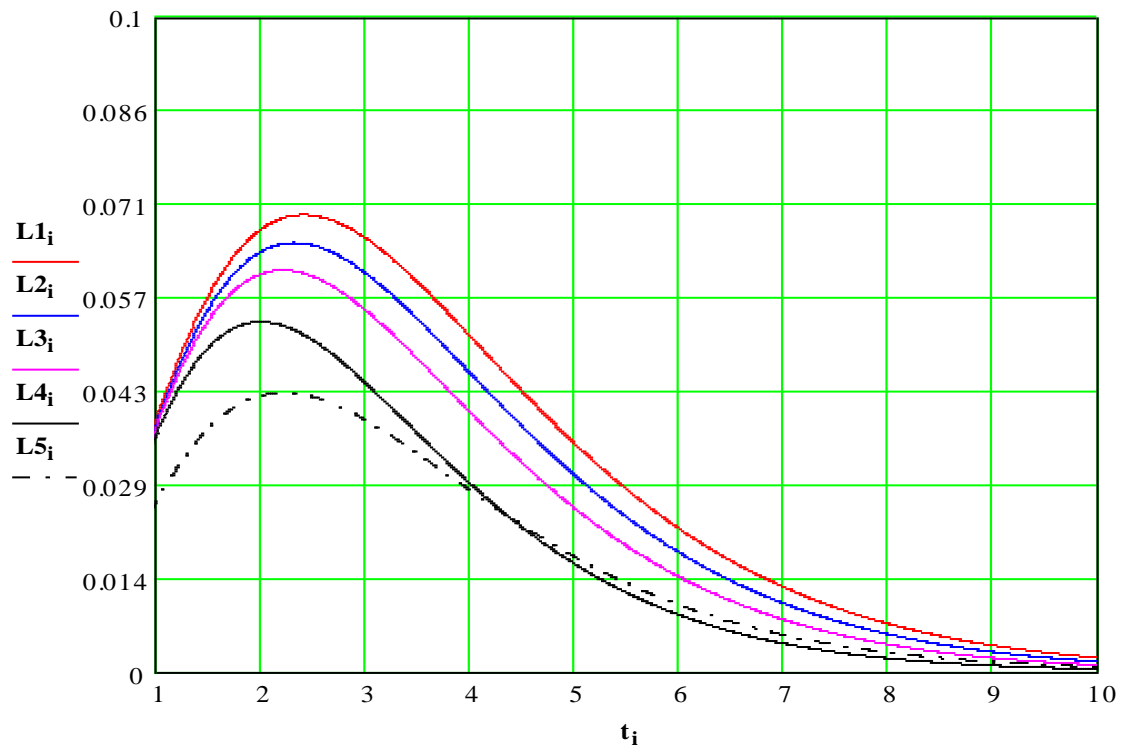


Рис. 3.4.11. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций артикулов кож №№ 1 – 5

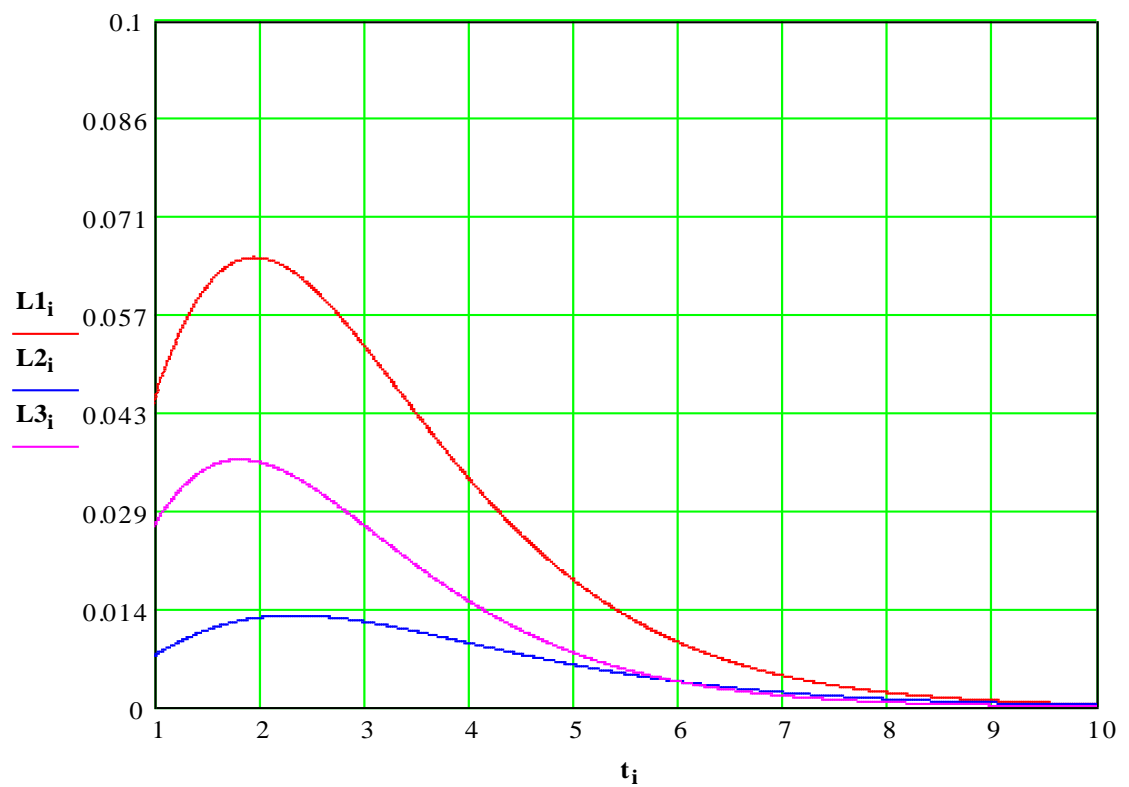


Рис. 3.4.12. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций артикулов кож №№ 6 – 8

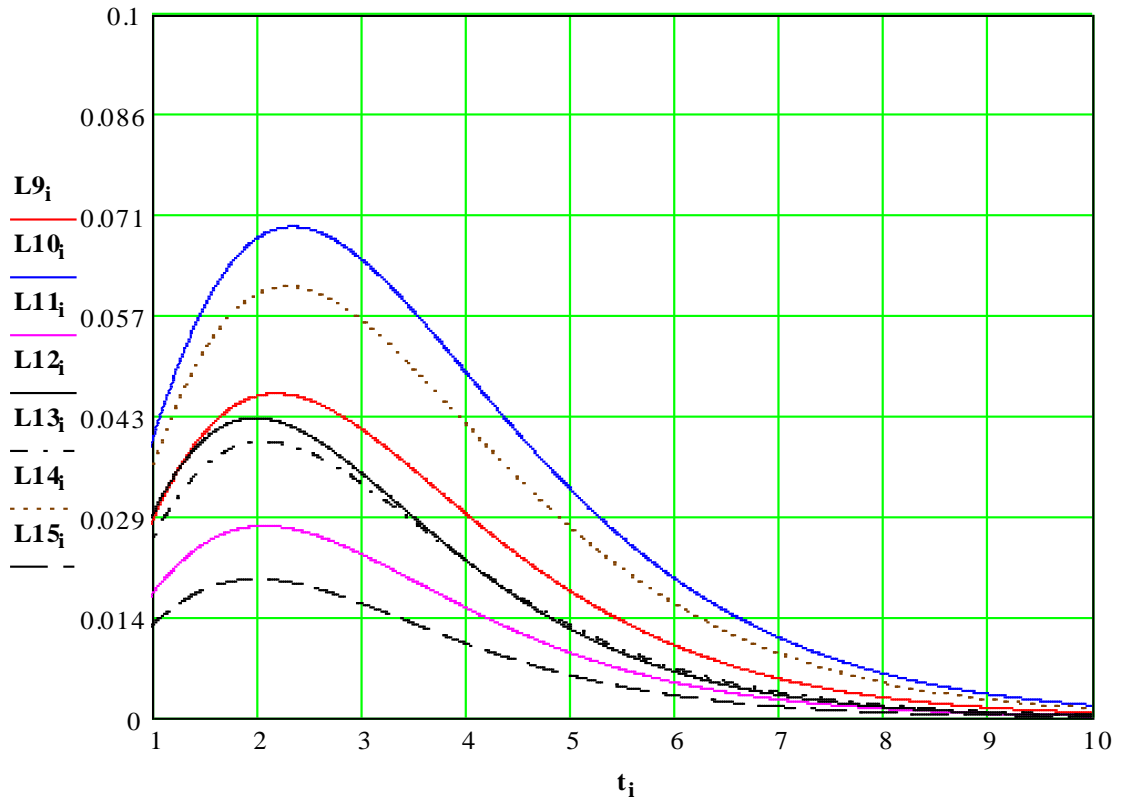


Рис. 3.4.13. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций артикулов кож №№ 9 – 15

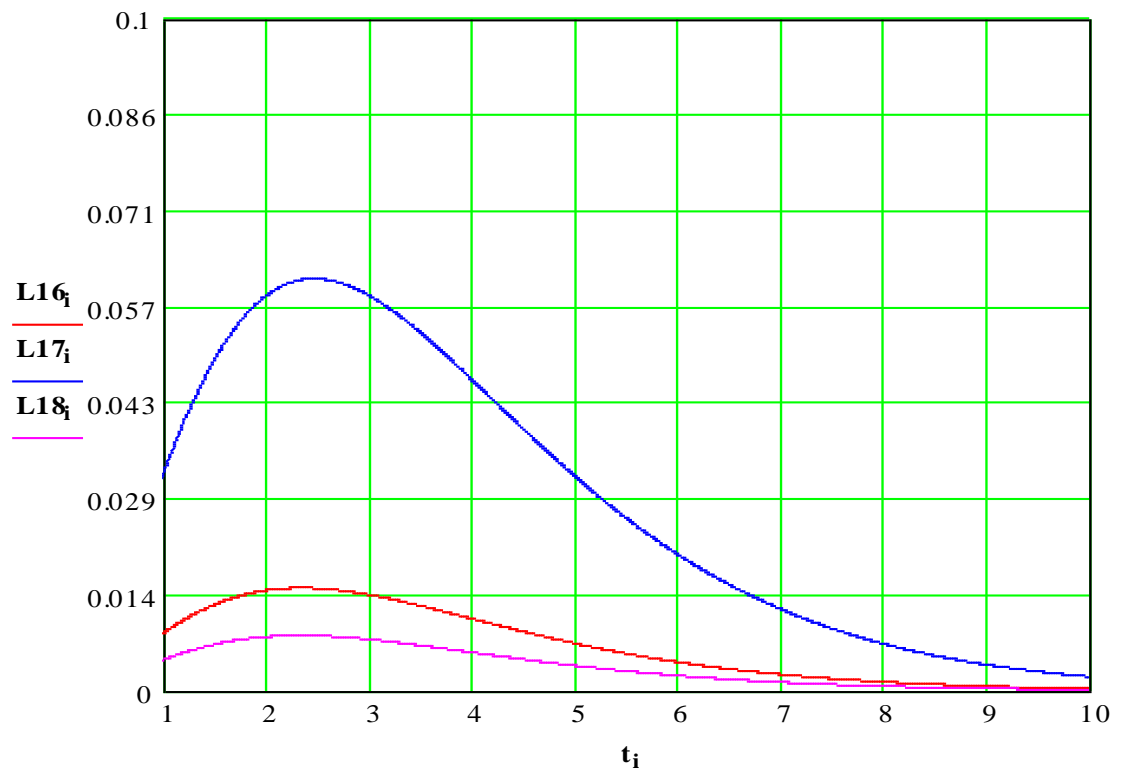


Рис. 3.4.14. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций артикулов кож №№ 16 – 18

Представлена сводная итоговая таблица 3.4.2 результатов испытаний 18 артикулов кож по 12 параметрам релаксации и диаграмма по трем основным показателям, характеризующим наиболее значимые потребительские свойства кожи: упругость, пластичность и вязкие свойства.

По параметрам, сведенных в итоговую таблицу можно сделать вывод, что меньшим модулем упругости характеризуются более мягкие кожи, а меньшим модулем пластичности – более формоустойчивые [28,29,63]. Эти свойства испытанных образцов наглядно показаны на рис. 3.4.15, где каждая точка показывает упруго-пластические свойства [30] соответствующего образца. Из графика можно сделать вывод, что наиболее мягкий и формоустойчивым является образец № 13. Наименее – образцы №№ 1, 7, 11 и 16. Достаточно формоустойчивыми, но более жесткими являются образцы №№ 10, 11, 12, 14, 15 и 16.

Таблица 3.4.2 – Итоговые данные релаксации по 12 параметрам 18 артикулов кож

N	σ	E_1	E_2	E_3	N_1	N_2	N_3	T_1	T_2	K_1	P	X
1	1	100.7	91.71	52.79	0.35	1214.95	9077.28	0.03	2.4	0.68	20.05	7.65
2	1	65.77	131.85	43.92	1.35	223.75	8594.63	0.06	2.31	0.69	20.23	13
3	1	49.61	122.41	35.27	2.82	268.26	4533.58	0.04	2.2	0.7	19.15	9.16
4	1	39.24	138.53	30.67	2.17	375.22	9956.03	0.04	1.99	0.72	24.45	9.58
5	1	26.57	332.02	29.30	2.90	1169.47	7383.66	0.07	2.21	0.75	9.57	11
6	1	43.94	84.76	29.21	2.05	209.2	9369.33	0.03	1.93	0.69	22.5	9.08
7	1	63.43	196.42	50.78	0.99	273.75	1.107×10^4	0.05	2.31	0.86	23.86	3.6
8	1	26.02	205.90	23.73	1.22	807.07	1.284×10^4	0.02	1.79	0.77	21.1	4.67
9	1	58.98	42.97	30.11	0.23	104.7	9827.53	0.01	2.16	0.73	7.96	2.72
10	1	55.62	98.86	35.74	0.39	332.16	5338.17	0.02	2.32	0.68	5.45	2.16
11	1	69.27	411.05	60.07	0.40	2084.63	3438.78	0.01	2.05	0.79	4.26	4
12	1	40.19	424.29	41.02	0.96	897.37	7014.76	0.01	1.96	0.74	4.50	3
13	1	31.11	58.61	20.93	0.65	131.02	2973.89	0.01	2.04	0.75	5.84	3.05
14	1	44.79	88.93	29.79	1.91	316.22	1.065×10^4	0.02	2.27	0.69	4.03	2.23
15	1	38.38	61.25	26.75	2.06	105.62	9933.66	0.03	1.98	0.82	7.13	4.74
16	1	58.55	295.80	48.6	0.79	747.73	6452.32	0.02	2.31	0.84	9	5.29
17	1	49.42	96.78	32.79	2.09	234.31	1.094×10^4	0.02	2.44	0.69	6.01	2.24
18	1	38.57	79.10	29.49	0.19	141.99	7523.754	0.03	2.3	0.88	7.18	7.73

1 – 18 – артикулы исследуемой кожи

σ – напряжение при деформации приведено к единому значению, равному 1 МПа.

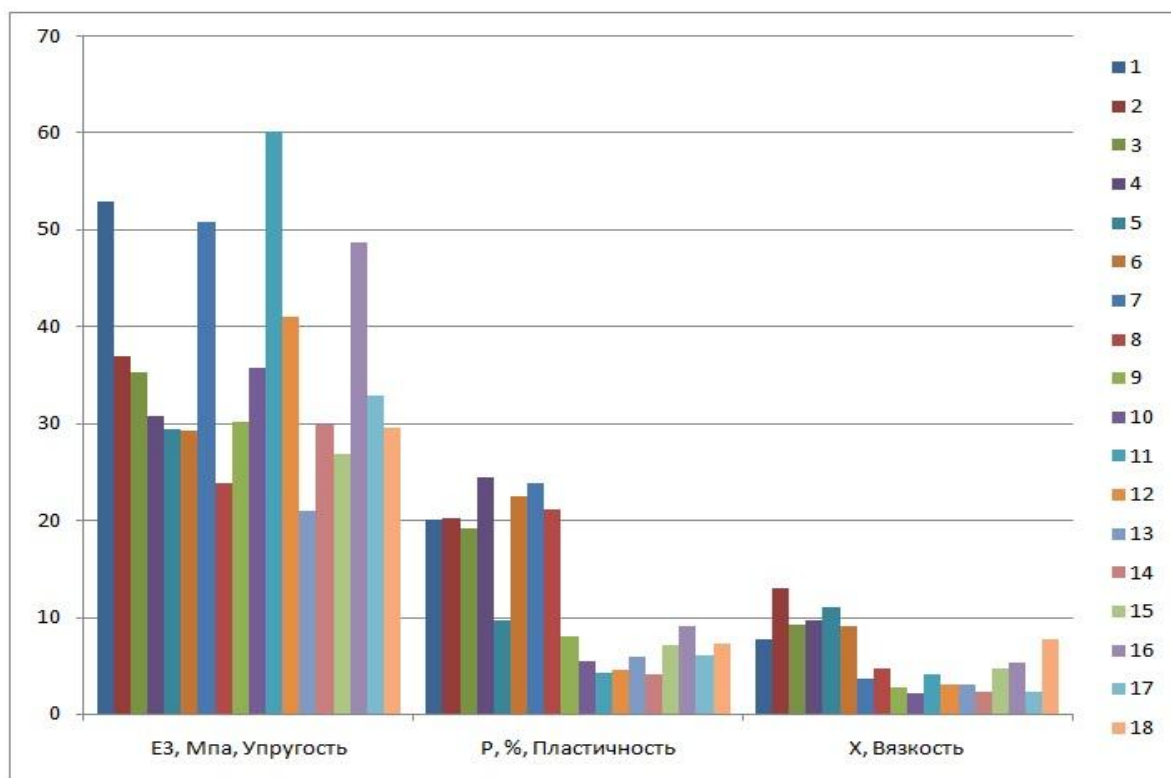


Рис. 3.4.15. Сгруппированные характеристики свойств испытанных образцов кожи

Предварительный анализ полученных результатов позволяет сформулировать следующую задачу дальнейших исследований: разработать статистически надежную модель по указанным релаксационным параметрам [64], т.е. статистически обоснованный стандарт релаксационных показателей кожи для обуви.

Необходимо сразу уточнить, что количество таких стандартов на обувные кожи будет определяться функциональным назначением обуви, а именно: детская обувь, рабочая обувь для разных климатических зон, спортивная обувь и т.д. Наличие таких дополнительных стандартов позволит обувным предприятиям обеспечить надежную сертификацию кож для производства обуви различного назначения.

3.5. Определение релаксационных показателей и их статистический анализ при исследовании 23 артикулов кож верха обуви (партия № 2)

Полученные релаксационные характеристики по первой партии кож в предыдущем разделе не давали фундаментальной основы для проведения глубокого анализа при создании сгруппированной базы данных для заинтересованного потребителя. В январе 2014 года между Московским Государственным Университетом Дизайна и Технологии и закрытым акционерным обществом Московская ордена Трудового Красного Знамени обувная фабрика «Парижская коммуна» был заключен новый (второй) договор о научно-техническом сотрудничестве [см. Приложение 3] на тему «Исследование релаксационных характеристик материалов, используемых в производстве обуви».

При заключении нового договора с февраля 2014 г. по май 2014 г. от испытательного центра обувной фабрики «Парижская коммуна» на исследование было предоставлено 23 артикула кож, диапазон толщины артикулов кож 0.9–1.4 мм.

Релаксационные характеристики определялись по следующим артикулам кож:

1. «Асоль Альт белый», т. 1.4мм. – артикул кожи 1;
2. «Асоль бирюза», т. 1.3мм – артикул кожи 2;
3. «Асоль бледно-зелёный», т. 1.4мм – артикул кожи 3;
4. «Асоль Иван чай», т. 1.3мм – артикул кожи 4;
5. Асоль лазурь», т. 1.3мм – артикул кожи 5;
6. «Асоль нежно-голубой», т. 1.4мм – артикул кожи 6;
7. «Асоль океан», т. 1.4мм – артикул кожи 7;
8. «Асоль розовая», т. 1.4мм – артикул кожи 8;
9. «Асоль сиренево-розовый», т. 1.4мм – артикул кожи 9;

10. «Асоль фиолетовый», т. 1.3мм – артикул кожи 10;
11. «Октава розовый», т. 1.4мм – артикул кожи 11;
12. «Октава сирень», т. 1.4мм – артикул кожи 12;
13. «Лазурь 2380 белая», т. 1.4мм – артикул кожи 13;
14. «Лазурь 2380 розовая», т. 1.4мм – артикул кожи 14;
15. «Лазурь 2380 светло-сиреневая», т. 1.4мм – артикул кожи 15;
16. «Лазурь 2380 ярко-сиреневая», т. 1.4мм – артикул кожи 16;
17. «Лазурь белая с перламутром», т. 1.4мм – артикул кожи 17;
18. «Лазурь Доллар белая», т. 1.4мм – артикул кожи 18;
19. «Лазурь розовая 1776», т. 1.4мм – артикул кожи 19;
20. «Лазурь сиреневая», т. 1.4мм – артикул кожи 20;
21. «Лазурь 2380 графит», т. 1.3мм – артикул кожи 21;
22. «Лазурь 2380 серая», т. 1.3мм – артикул кожи 22;
23. «Лазурь красная», т. 1.1мм – артикул кожи 23.

Исследование проводилось по методике проф. Артура Георгиевича Бурмистрова [60]:

при помощи программы «RelaxData» [20-23], интегрированной с прибором, по каждому артикулу кожи проводилось исследование по трем образцам (овалообразных [120x80] мм), каждый образец подвергался испытанию по пяти зонам, равномерно размещенным по всей площади образца: одна зона по центру образца, остальные по краям. Следовательно, по каждому артикулу кож было выполнено 15 опытов.

После проделанной аппроксимации [53,62] с помощью программы «Relax2001» по всем образцам артикулов кож, расчета релаксационных параметров в специальной программе шаблоне «Relax Stat» математического комплекса «MathCAD», описанных подробно в предыдущем разделе главы, полученные данные сводятся в итоговую таблицу, состоящую из 12 основных определяемых параметров кожи.

N	σ , МПа	E_1 , МПа	E_2 , МПа	E_3 , МПа	N_1 , МПа .с	N_2 , МПа.с	N_3 , МПа.с	T_1 , с	T_2 , с	K_1	Π , %	X
37	0.501	6.13	34.86	5.04	1.03	107.30	385.56	0.054	2.02	0.80	32.27	4.12
38	0.501	5.88	206.90	6.48	1.03	811.89	240.86	0.03	2.27	0.82	27.10	4.72
39	0.501	9.36	41.43	7.42	0.50	107.66	637.75	0.051	2.57	0.80	27.69	4.06
40	0.501	5.32	48.64	4.81	0.28	132.9	282.29	0.054	2.10	0.87	35.03	6.98
41	0.501	4.22	38.39	3.85	0.17	74.59	395.20	0.032	2.29	0.80	26.84	4.17
42	0.501	10.82	39.54	8.74	0.03	75.90	283.20	0.023	2.32	0.9	43.28	8.96
43	0.501	5.59	9.48	3.88	0.12	24.84	301.02	0.039	2.52	0.84	15.64	5.51
44	0.501	7.70	107.57	4.13	0.49	376.76	656.47	0.03	2.46	0.91	12.00	10.31
45	0.501	8.42	12.86	5.79	0.70	20.61	812.54	0.033	2.03	0.81	17.98	4.31
46	0.501	7.31	63.00	6.39	0.28	154.34	421.19	0.028	2.32	0.85	28.59	5.84
47	0.501	7.34	28.69	5.66	0.43	69.29	585.66	0.04	2.29	0.77	22.27	3.45
48	0.501	8.64	13.48	5.61	0.79	26.90	632.19	0.046	2.25	0.79	23.26	3.87
49	0.501	12.85	44.38	9.91	0.86	107.24	792.88	0.025	2.36	0.84	18.13	5.26
50	0.501	7.77	12.97	4.94	0.64	25.90	815.73	0.028	2.23	0.72	20.78	2.63
51	0.501	7.52	39.87	6.33	0.28	71.66	381.42	0.036	2.05	0.83	30.67	5.22
52	0.501	9.28	61.71	7.83	0.26	133.07	556.24	0.036	2.18	0.85	28.83	5.72
53	0.501	9.93	38.22	7.71	0.36	90.60	812.3	0.039	2.46	0.81	22.06	4.33
54	0.501	9.76	52.35	8.17	0.34	118.33	654.97	0.044	2.32	0.86	26.92	6.18
55	0.501	7.61	4.82	4.04	1.08	8.83	684.80	0.036	2.27	0.79	19.96	3.93
56	0.501	6.22	77.38	6.09	0.23	262.64	320.34	0.037	2.23	0.80	26.13	4.06
57	0.501	3.96	148.70	4.92	0.44	226.89	751.02	0.032	2.31	0.78	20.45	3.6
58	0.501	10.42	31.39	7.84	0.52	65.64	834.66	0.05	2.28	0.79	22.49	3.98
59	0.501	8.49	13.79	5.50	0.38	18.20	459.86	0.035	2.06	0.75	24.19	3.15
60	0.501	10.04	16.10	6.93	0.78	27.87	184.44	0.042	2.29	0.83	40.00	4.96
61	0.501	11.55	63.91	9.88	0.44	225.73	230.58	0.032	2.17	0.76	25.53	3.32
62	0.501	8.52	19.74	6.10	0.27	40.58	624.13	0.064	2.48	0.80	13.55	4.06
63	0.501	8.68	20.98	6.26	0.16	37.13	659.44	0.043	2.09	0.78	15.80	3.71
64	0.501	7.60	25.58	5.91	0.03	66.93	147.43	0.029	1.89	0.76	23.26	3.27
65	0.501	4.82	25.92	4.19	0.09	38.93	486.02	0.027	2.01	0.74	19.81	2.86
66	0.501	5.46	21.33	4.35	0.12	37.58	337.72	0.049	2.04	0.75	16.98	3.08
67	0.501	5.07	20.42	4.11	0.05	49.91	256.97	0.052	2.25	0.88	10.92	7.85
68	0.501	5.32	10.17	3.74	0.07	32.36	435.93	0.073	2.32	0.82	11.31	4.56
69	0.501	6.54	17.50	4.85	0.11	31.11	436.67	0.054	1.93	0.77	13.71	3.40

1 – 69 – образцы исследуемой кожи

σ – напряжение при деформации приведено к единому значению, равному 0.501 МПа.

При расчёте статистических данных образцов кожи, особо важную роль служат параметры модели релаксации (T_1, T_2, K_1) и дополнительные параметры: пластичности (Π), показатель подвижности структуры (X), упругость (Y) и компоненты упругости (MU и $BЭ$).

$$\Pi := \frac{\varepsilon n}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad Y := \frac{\varepsilon u}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad MU := \frac{\varepsilon mu}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad BЭ := \frac{\varepsilon ve}{\varepsilon m} \cdot 100 \quad X := \frac{K1}{K2} \quad (29)$$

Все эти параметры функционально связаны между собой. Для производства качественной обуви особенно важны параметры: пластичности « Π » и показателя подвижности структуры « X » определяют такие характеристики кожи, как ее формуемость и приформовываемость [28,29] – способность в период носки обуви принимать особенности формы стопы.

Значения релаксационных параметров рассчитанных в программе «MathCAD» приведены с стандартному напряжению $\sigma = 0.501$ МПа.

Модель релаксации во времени $Y(t)$ может быть представлена в виде [58,59]:

$$Y(t) = K1 \cdot \exp(-t/T1) + (1-K1) \cdot \exp(-t/T2) \quad (30)$$

После, рассчитывается спектр постоянных времен релаксации:

$$L_i := 2.52 \cdot \frac{(t_i)^2}{\sigma} \cdot \left[\left[\left(\frac{K1}{T1} \cdot e1_i \right) + \left(\frac{K2}{T2} \cdot e2_i \right) \right]^2 + (K1 \cdot e1_i + K2 \cdot e2_i) \cdot \left[\frac{K1}{(T1)^2} \cdot e1_i + \frac{K2}{(T2)^2} \cdot e2_i \right] \right] \quad (31)$$

$$e1_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T1}\right) \quad e2_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T2}\right)$$

На рис. 3.5.1 – 3.5.18 представлены спектры релаксации по области быстрообратимых и медленнообратимых деформаций [53,57,58].

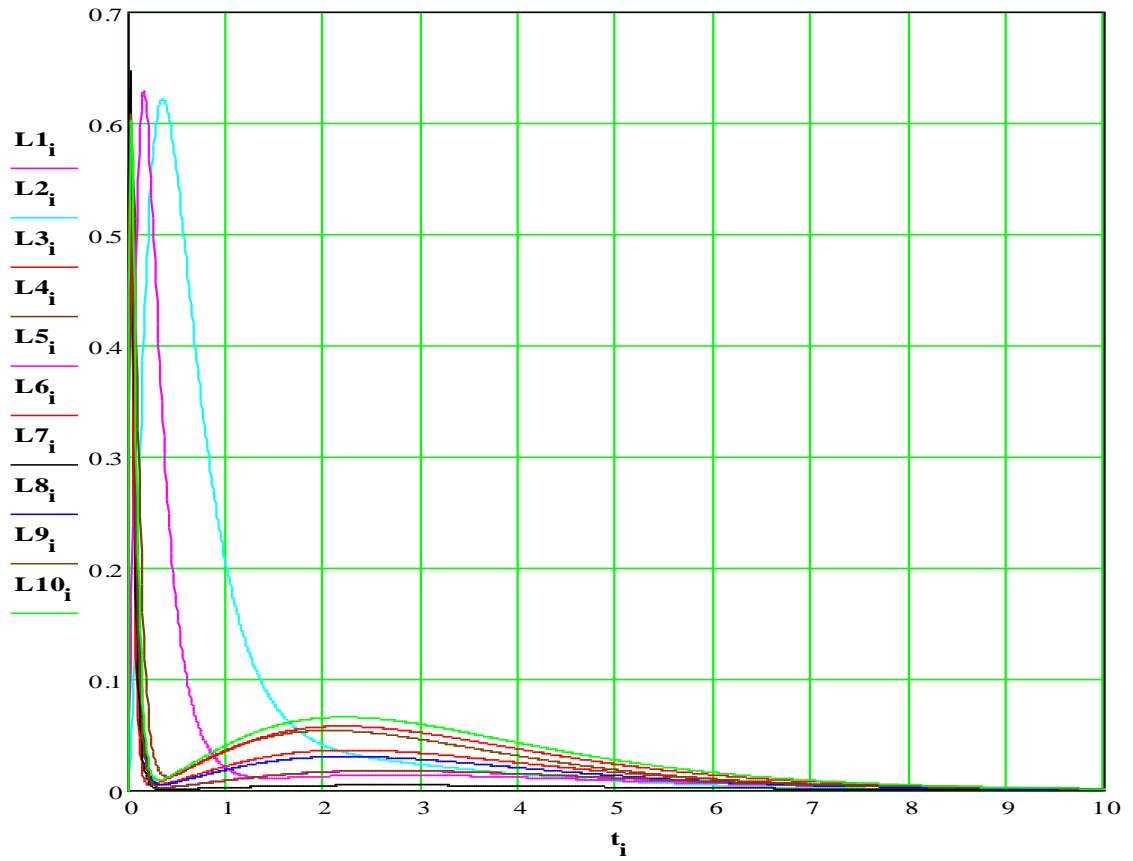


Рис.3.5.1. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 1 – 10

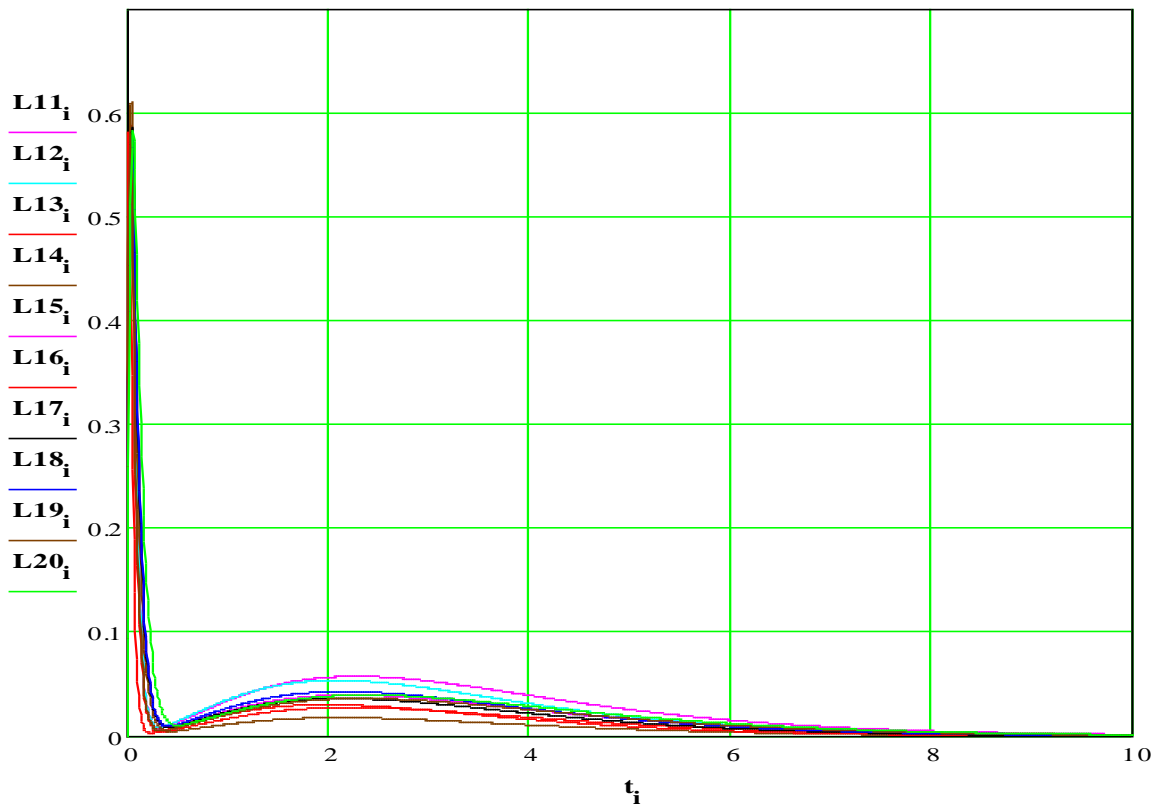


Рис.3.5.2. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 11 – 20

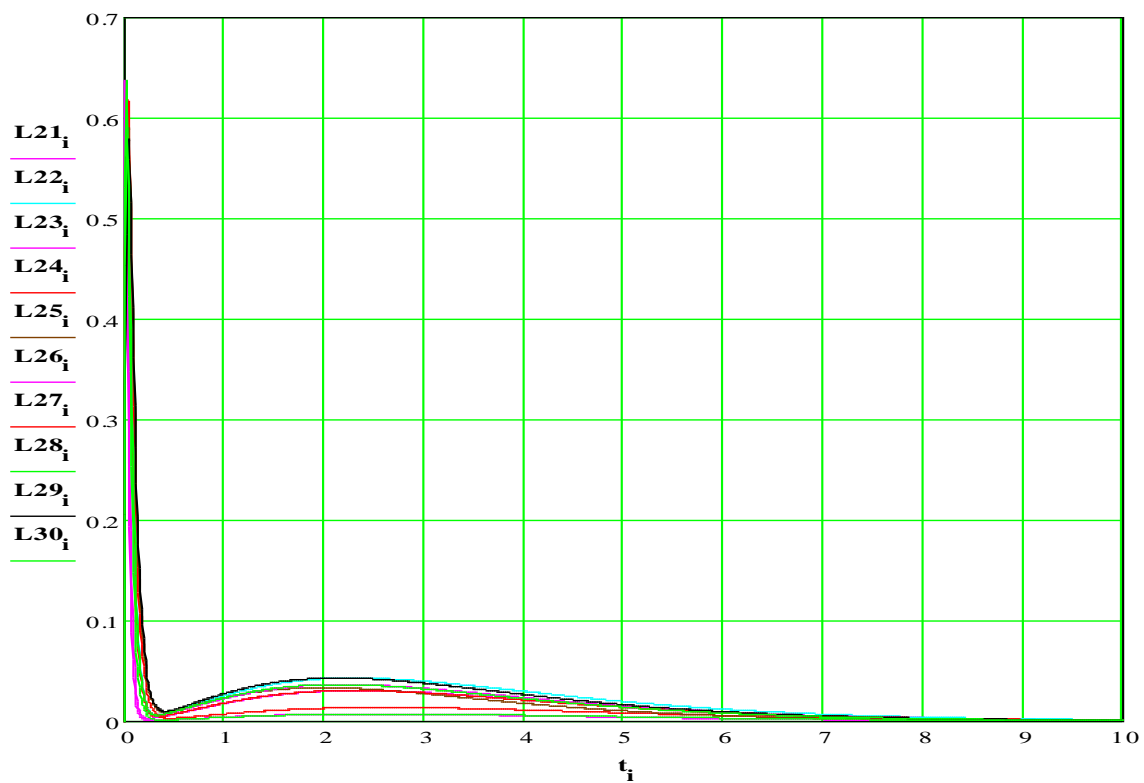


Рис.3.5.3. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 21 – 30

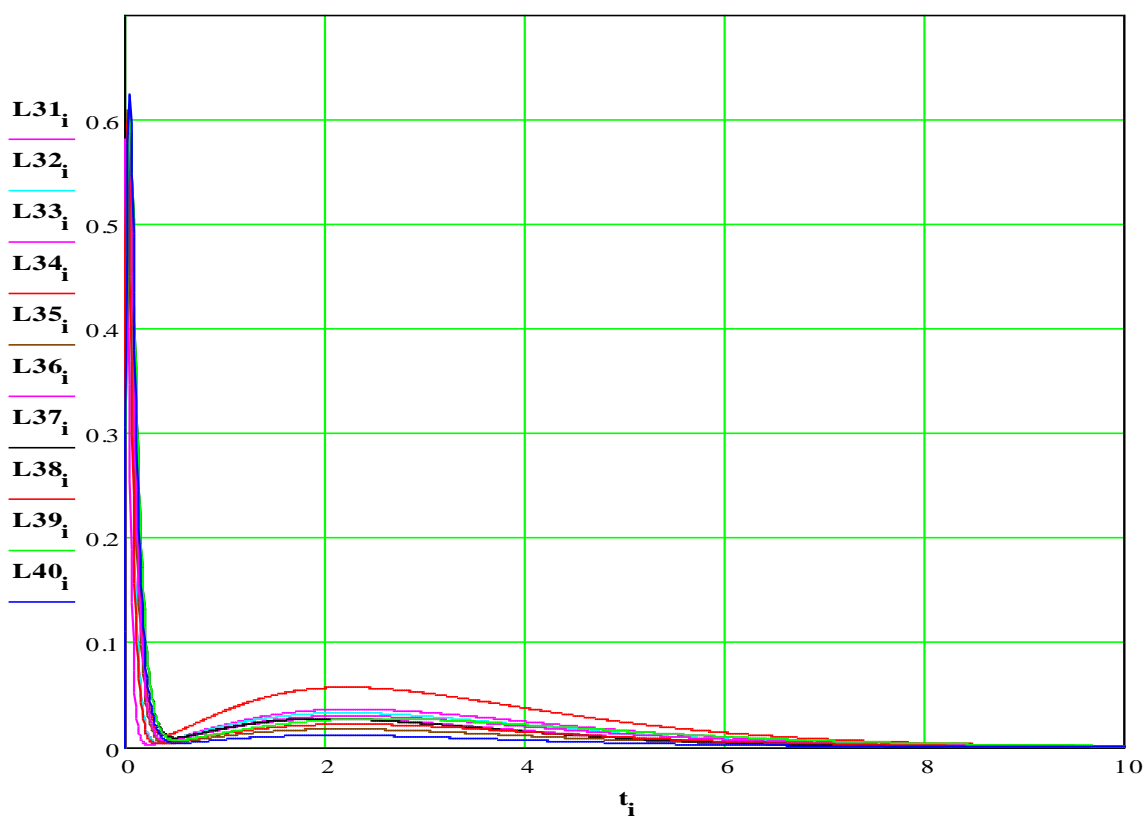


Рис.3.5.4. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 31 – 40

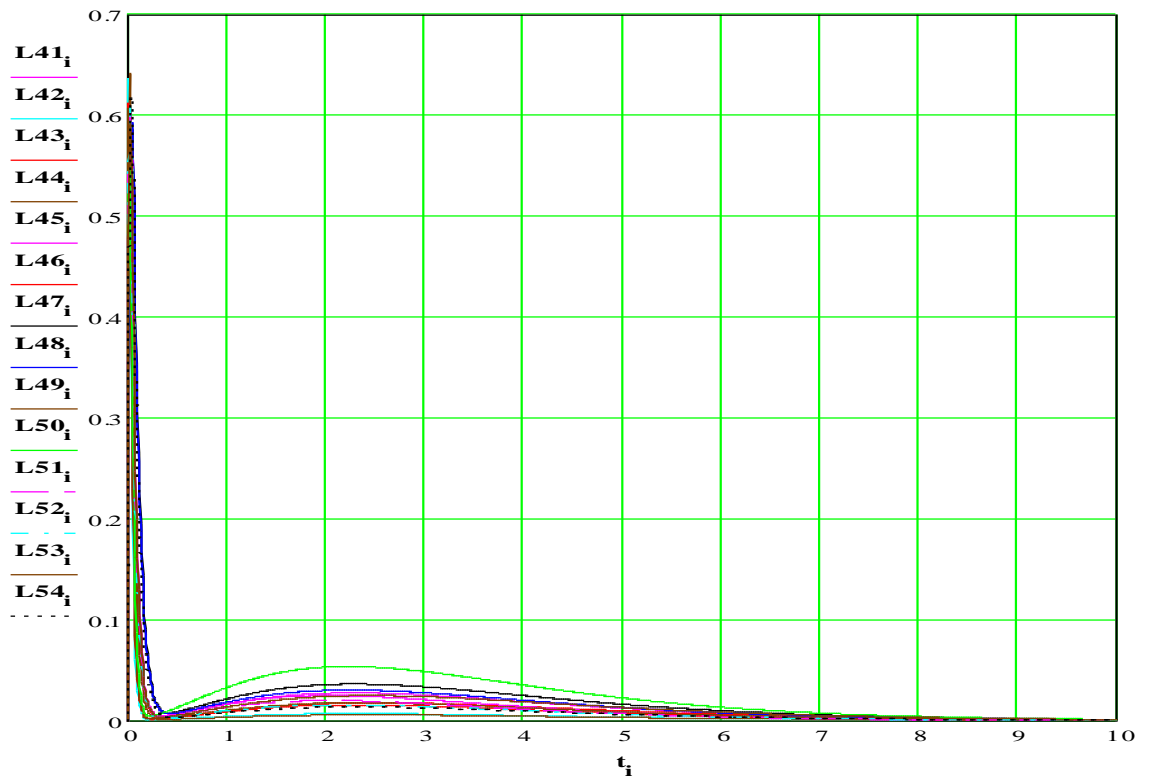


Рис.3.5.5. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 41 – 54

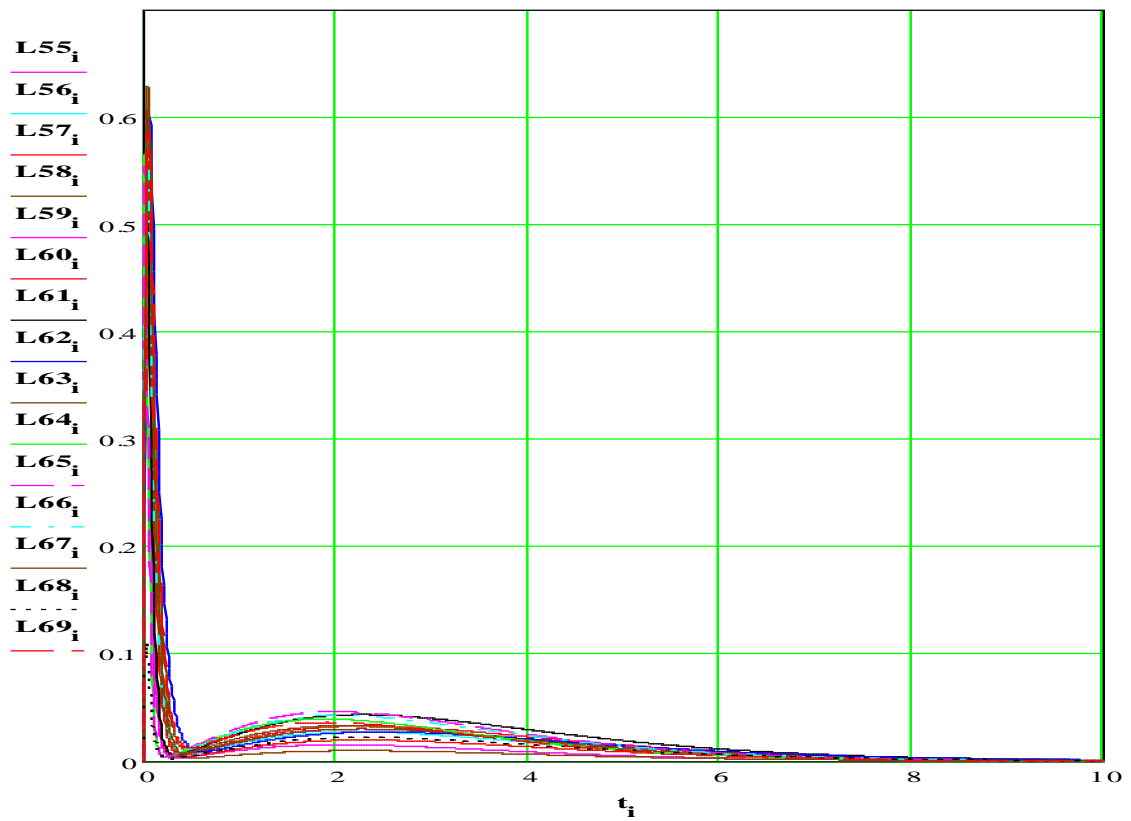


Рис.3.5.6. Общий вид спектров релаксации образцов кож №№ 55 – 69

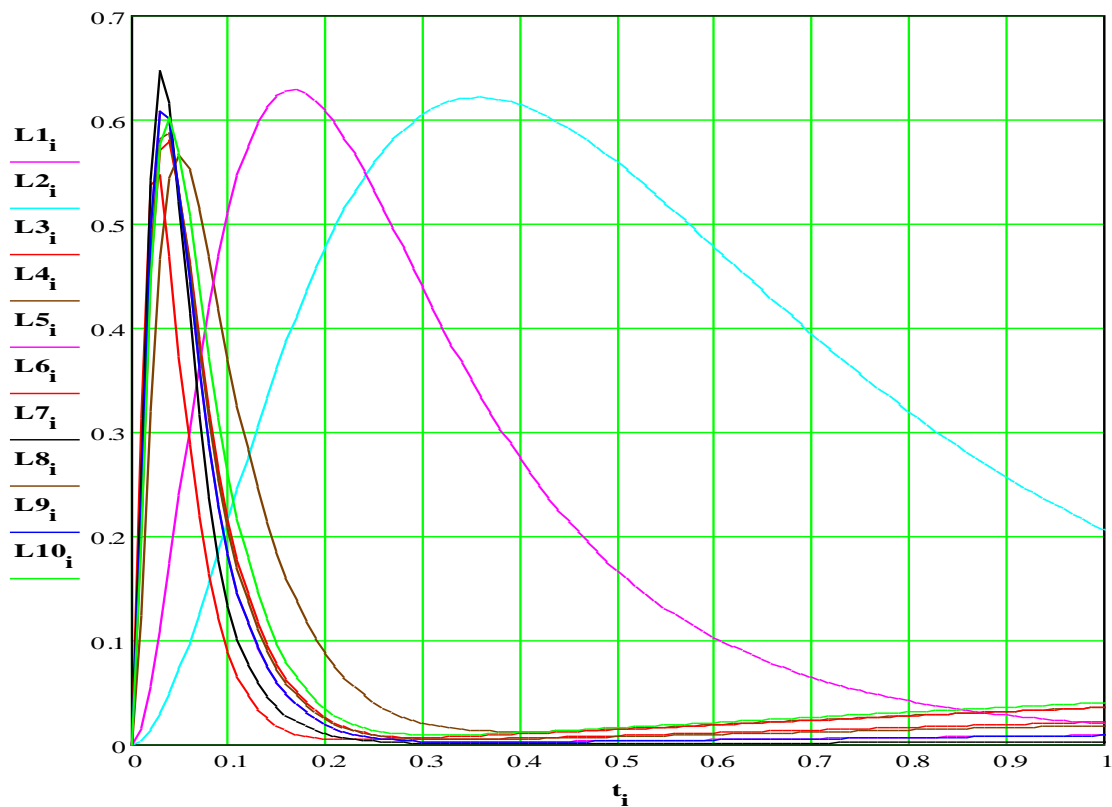


Рис. 3.5.7. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 1 – 10

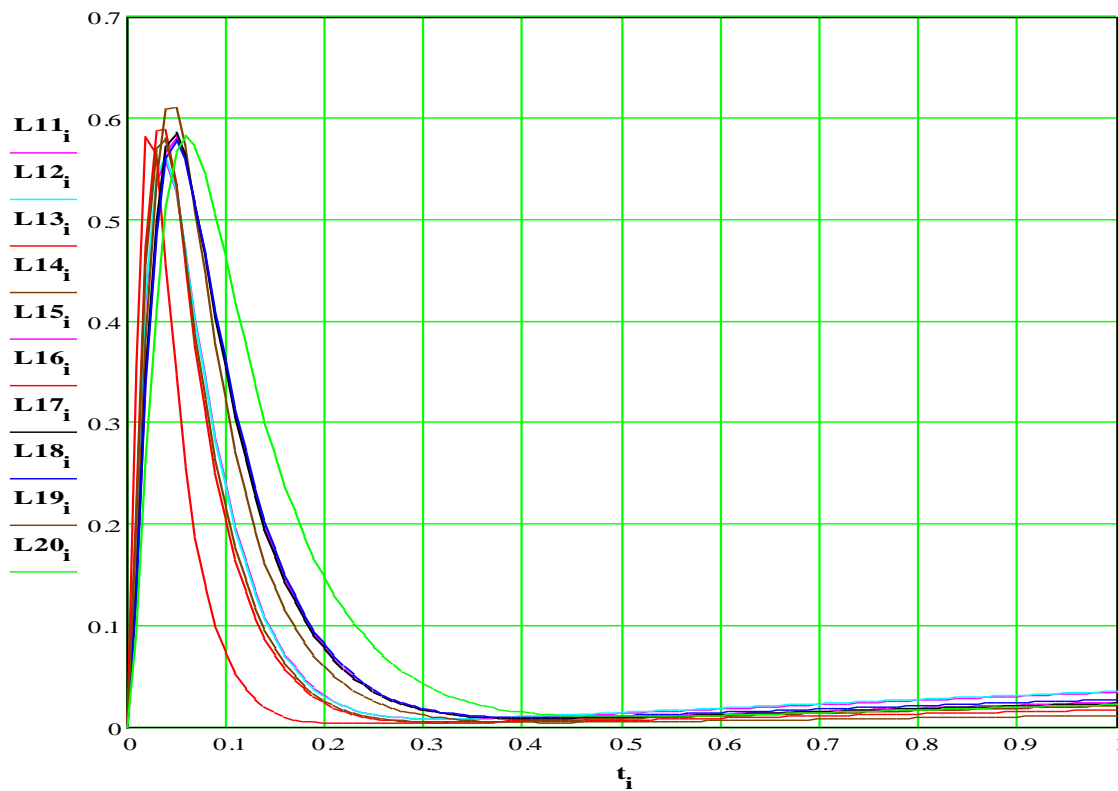


Рис. 3.5.8. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 11 – 20

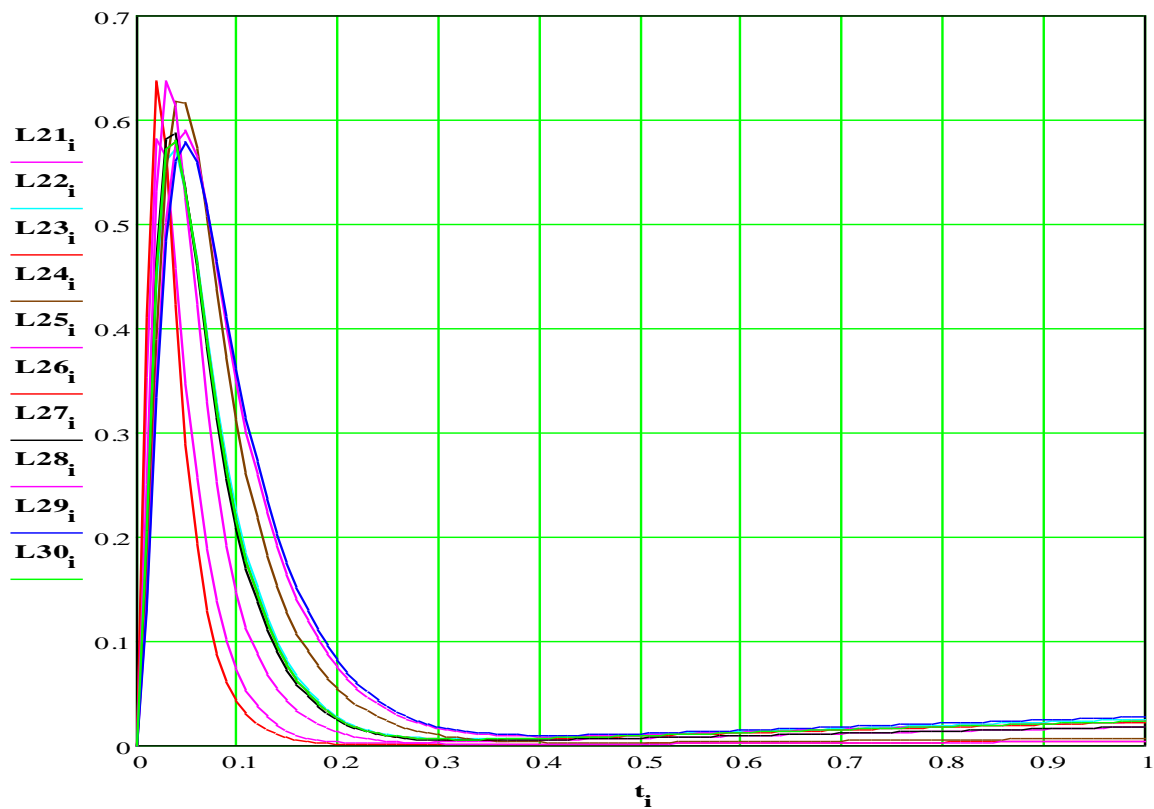


Рис. 3.5.9. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 21 – 30

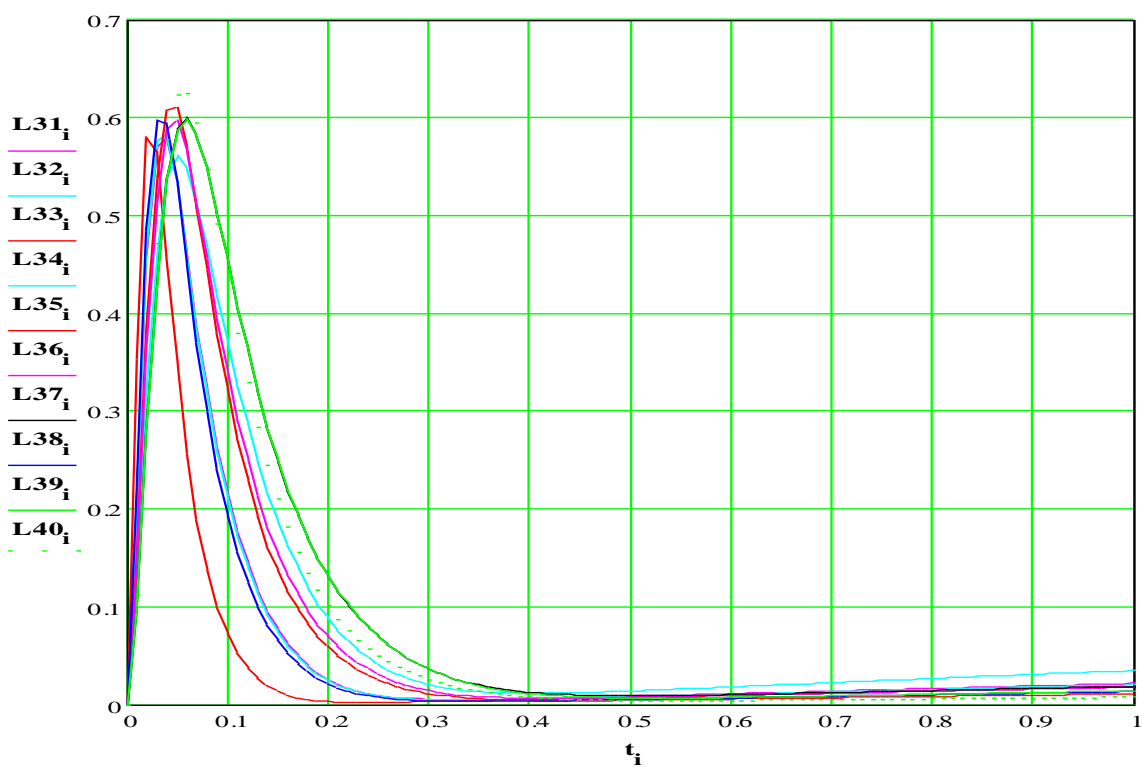


Рис. 3.5.10. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 31 – 40

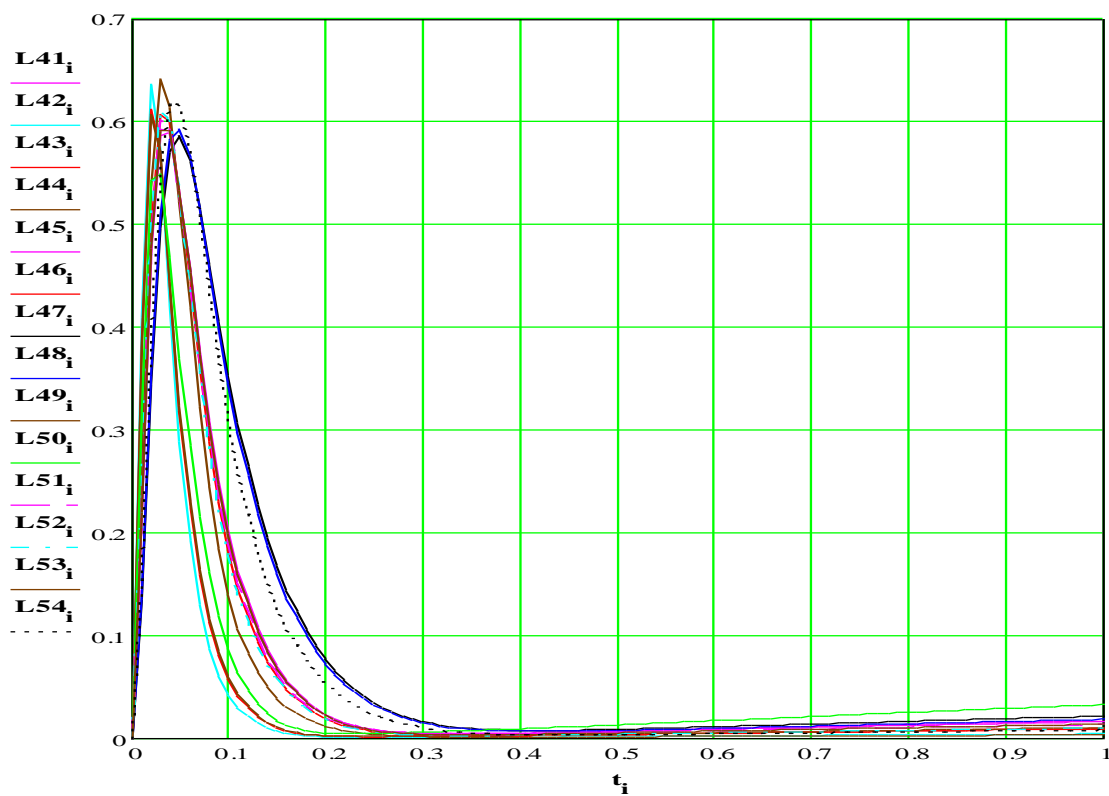


Рис. 3.5.11. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 41 – 54

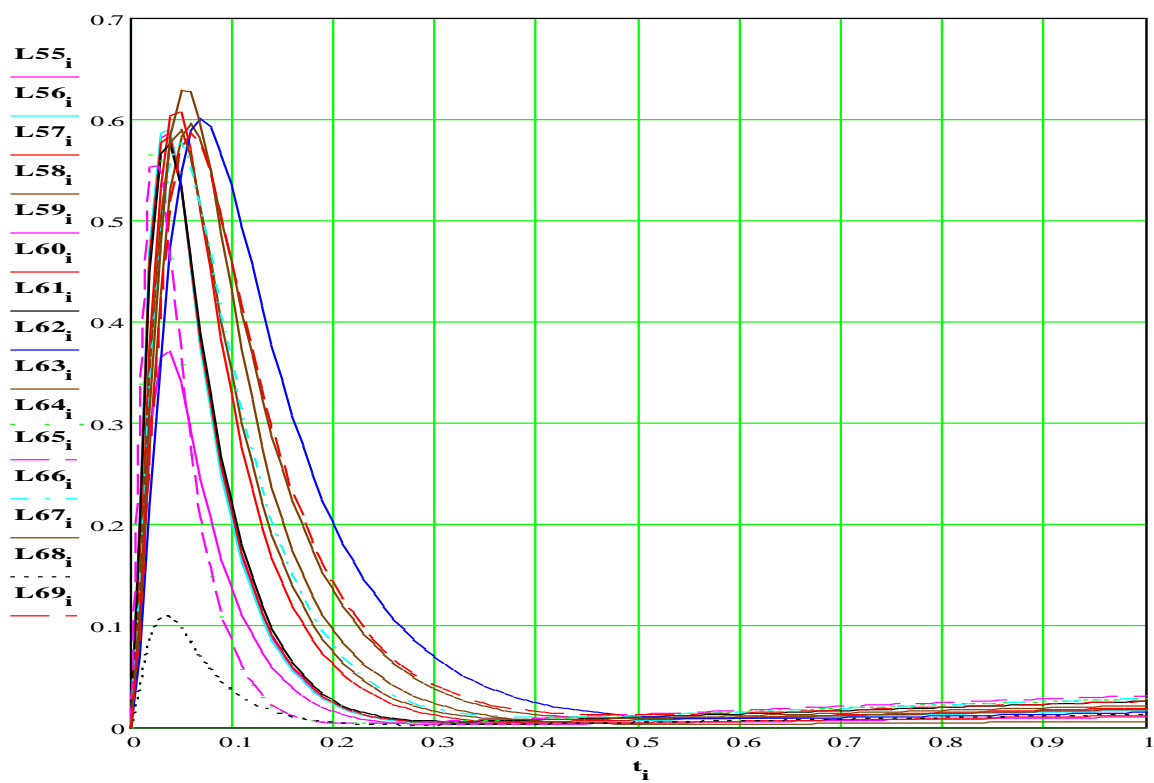


Рис. 3.5.12. Спектры релаксации: область быстрообратимых деформаций образцов кож №№ 55 – 69

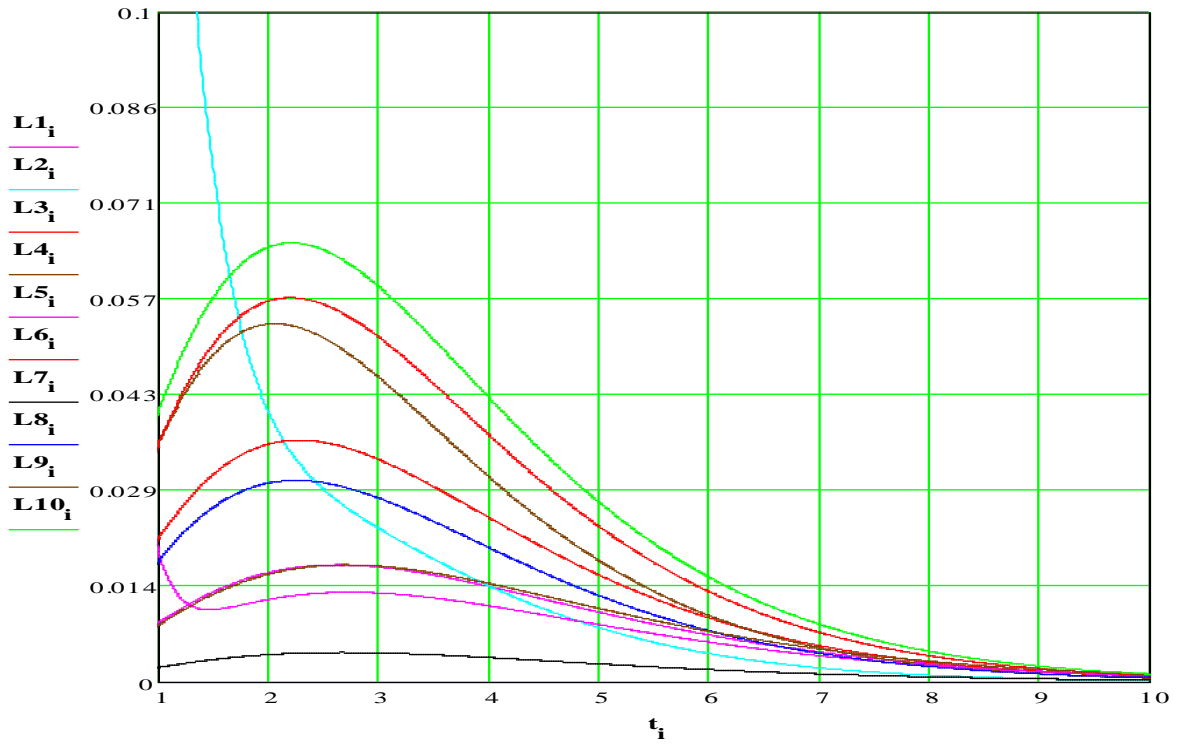


Рис. 3.5.13. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 1 – 10

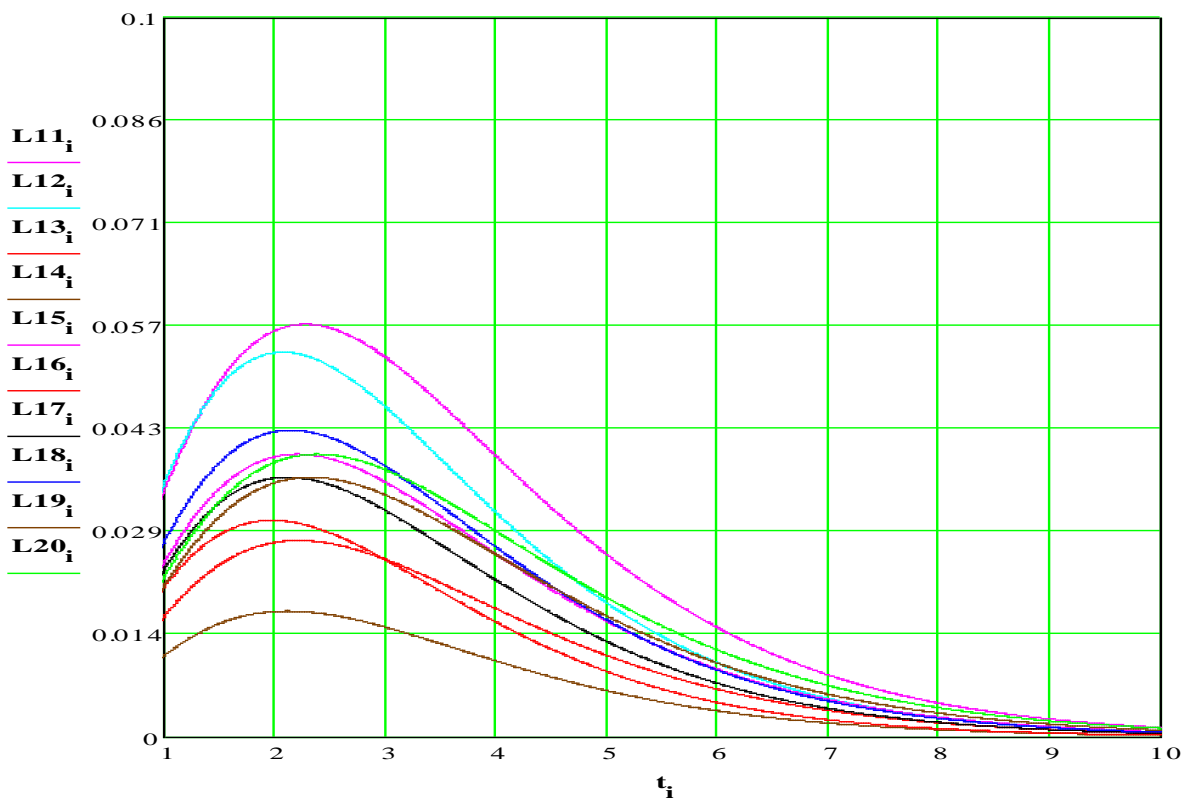


Рис. 3.5.14. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 11 – 20

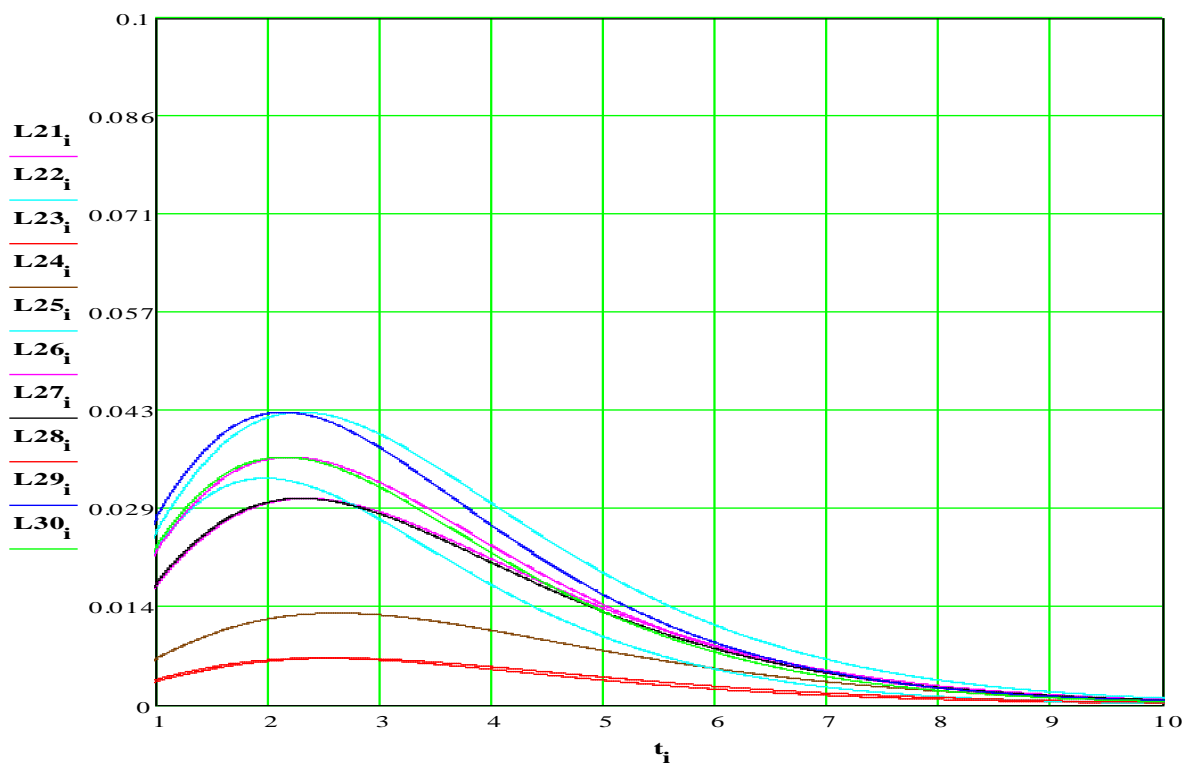


Рис. 3.5.15. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 21 – 30

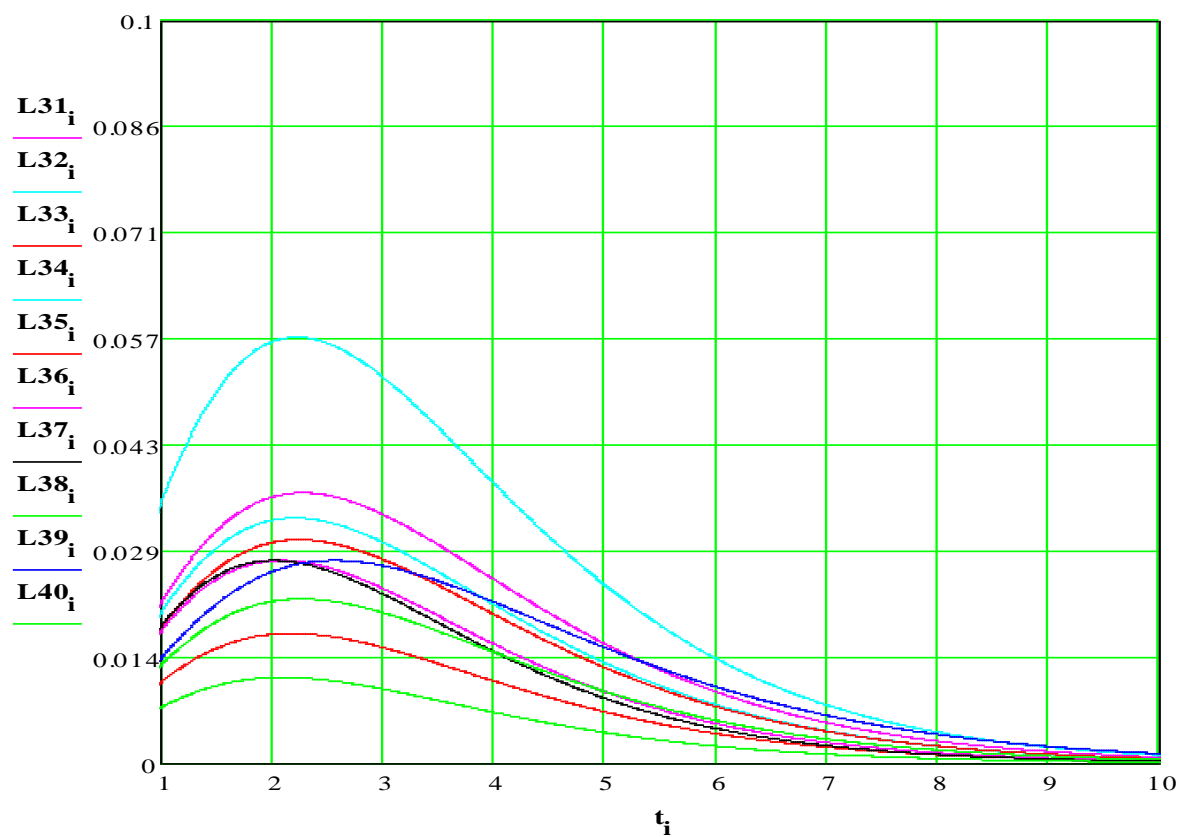


Рис. 3.5.16. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 31 – 40

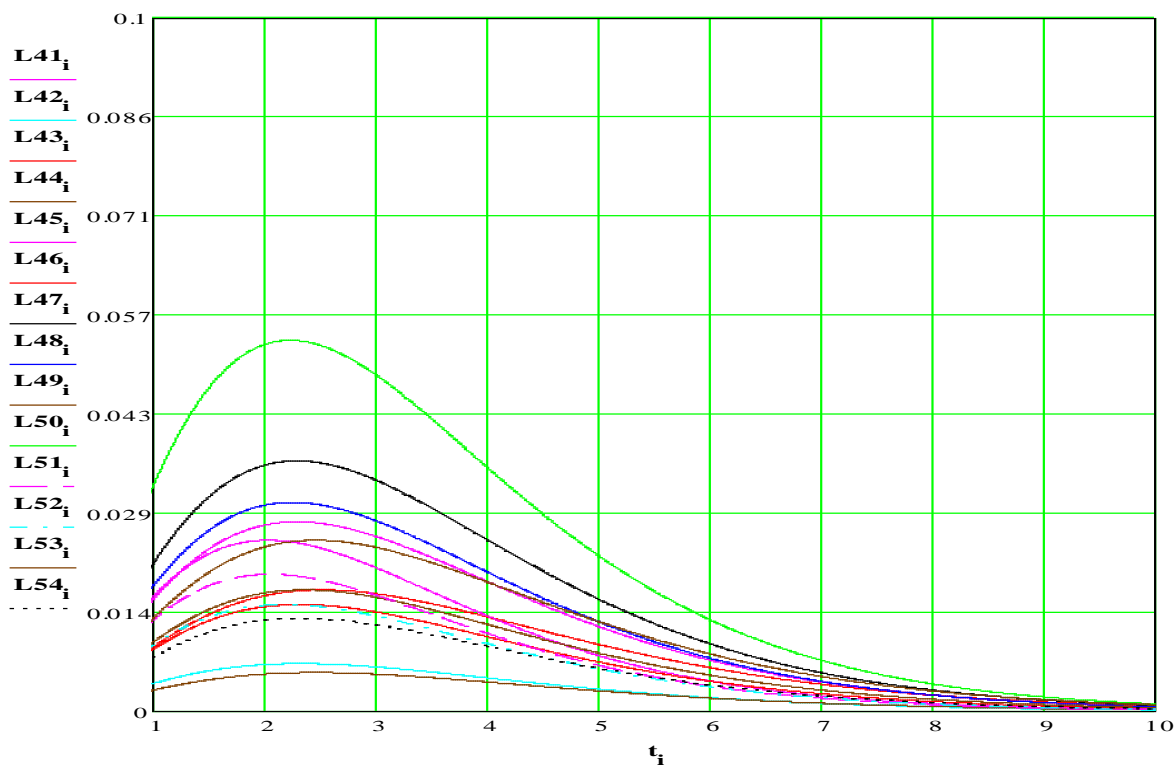


Рис. 3.5.17. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 41 – 54

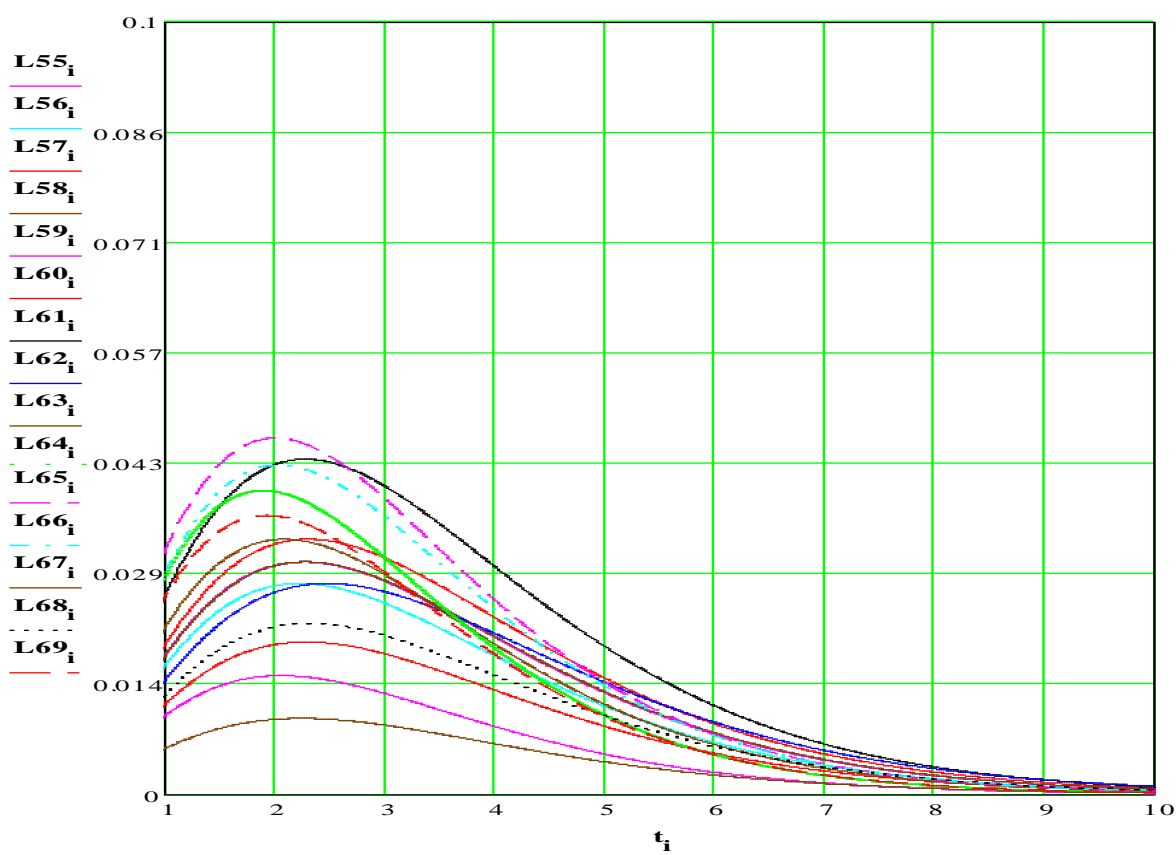


Рис. 3.5.18. Спектры релаксации: область медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 55 – 69

На основании проведённой аппроксимации [53] и статистической обработки полученных результатов по 69 образцам кожи, было выявлено 13 образцов с наилучшими показателями модуля упругости E_3 и пластичности Π , а также те образцы, которые оказались более жёсткими, но при этом формоустойчивыми [28,29]. По ним были построены спектры времён релаксации в логарифмических координатах [58]. Расчет и график построенный в математическом комплексе «MathCAD» изображены ниже на рис. 3.5.19.

$i := 1..5000$	$t_i := \frac{i}{100}$	$j := 1..13$					
$K1_1 := 0.72$	$K2_1 := 1 - K1_1$	$T1_1 := 0.04$	$T2_1 := 2.06$	$\sigma_1 := 0.501$	Образец 4	$X=2,61$	
$K1_2 := 0.86$	$K2_2 := 1 - K1_2$	$T1_2 := 0.15$	$T2_2 := 2.74$	$\sigma_2 := 0.501$	Образец 5	$X=6,16$	
$K1_3 := 0.92$	$K2_3 := 1 - K1_3$	$T1_3 := 0.03$	$T2_3 := 2.67$	$\sigma_3 := 0.501$	Образец 7	$X=11.43$	
$K1_4 := 0.73$	$K2_4 := 1 - K1_4$	$T1_4 := 0.03$	$T2_4 := 2.21$	$\sigma_4 := 0.501$	Образец 10	$X=278$	
$K1_5 := 0.77$	$K2_5 := 1 - K1_5$	$T1_5 := 0.04$	$T2_5 := 2.12$	$\sigma_5 := 0.501$	Образец 17	$X=3.51$	
$K1_6 := 0.75$	$K2_6 := 1 - K1_6$	$T1_6 := 0.04$	$T2_6 := 2.15$	$\sigma_6 := 0.501$	Образец 18	$X=3.11$	
$K1_7 := 0.77$	$K2_7 := 1 - K1_7$	$T1_7 := 0.03$	$T2_7 := 2.33$	$\sigma_7 := 0.501$	Образец 19	$X=3.43$	
$K1_8 := 0.8$	$K2_8 := 1 - K1_8$	$T1_8 := 0.03$	$T2_8 := 2.29$	$\sigma_8 := 0.501$	Образец 41	$X=4.17$	(32)
$K1_9 := 0.9$	$K2_9 := 1 - K1_9$	$T1_9 := 0.02$	$T2_9 := 2.32$	$\sigma_9 := 0.501$	Образец 42	$X=8.96$	
$K1_{10} := 0.84$	$K2_{10} := 1 - K1_{10}$	$T1_{10} := 0.02$	$T2_{10} := 2.36$	$\sigma_{10} := 0.501$	Образец 49	$X=5.26$	
$K1_{11} := 0.76$	$K2_{11} := 1 - K1_{11}$	$T1_{11} := 0.03$	$T2_{11} := 2.17$	$\sigma_{11} := 0.501$	Образец 61	$X=3.32$	
$K1_{12} := 0.88$	$K2_{12} := 1 - K1_{12}$	$T1_{12} := 0.05$	$T2_{12} := 2.25$	$\sigma_{12} := 0.501$	Образец 67	$X=7.85$	
$K1_{13} := 0.82$	$K2_{13} := 1 - K1_{13}$	$T1_{13} := 0.07$	$T2_{13} := 2.32$	$\sigma_{13} := 0.501$	Образец 68	$X=4.56$	

$$e1_{i,j} := \exp\left(\frac{-t_i}{T1_j}\right) \quad e2_{i,j} := \exp\left(\frac{-t_i}{T2_j}\right)$$

$$L_{i,j} := 2.52 \cdot \frac{(t_i)^2}{\sigma_j} \cdot \left[\left[\left(\frac{K1_j}{T1_j} \cdot e1_{i,j} \right) + \left(\frac{K2_j}{T2_j} \cdot e2_{i,j} \right) \right]^2 + (K1_j \cdot e1_{i,j} + K2_j \cdot e2_{i,j}) \cdot \left[\frac{K1_j}{(T1_j)^2} \cdot e1_{i,j} + \frac{K2_j}{(T2_j)^2} \cdot e2_{i,j} \right] \right] \quad (33)$$

В логарифмических координатах :

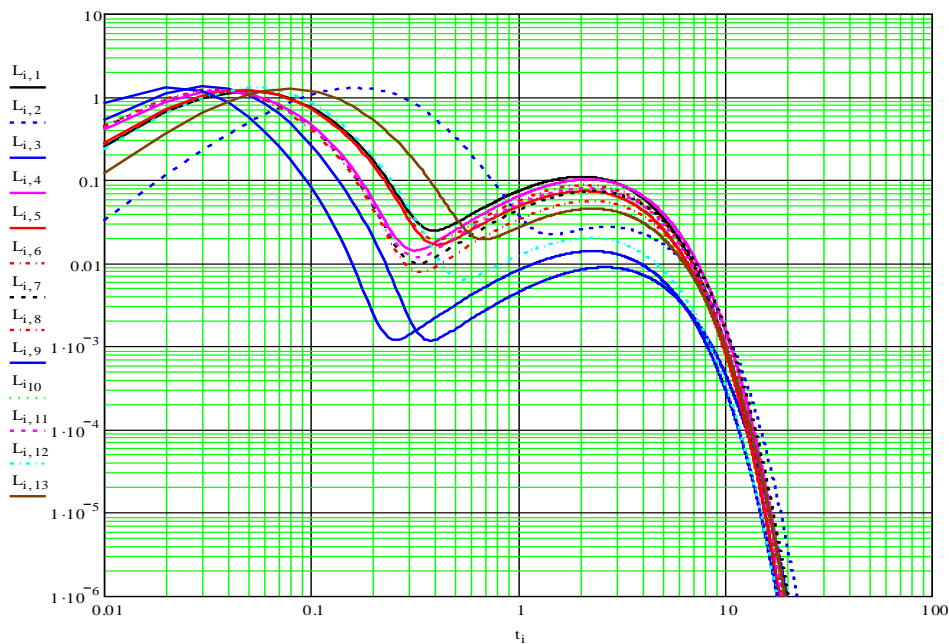


Рис. 3.5.19. Спектры релаксации в логарифмических координатах по 13 образцам кож

3.5.1 Расчет статистических характеристик моделей релаксации

По данным эксперимента рассчитали статистические характеристики по артикулам кож №№ 2, 3, 4, 6, 7, 14, 17, 21 и 23.

Выборочные среднеквадратичные отклонения S :

1. Артикул № 2, образец № 4: $S(T_1) = 0.02$; $S(T_2) = 0.328$; $S(K_1) = 0.028$;
 $S(\Pi) = 2.667$; $S(X) = 0.378$.

2. Артикул № 2, образец № 5: $S(T_1) = 9.859 \cdot 10^{-3}$; $S(T_2) = 0.616$;
 $S(K_1) = 0.089$; $S(\Pi) = 15.143$; $S(X) = 3.342$.

3. Артикул № 3, образец № 7: $S(T_1) = 8.228 \cdot 10^{-3}$; $S(T_2) = 0.653$;
 $S(K_1) = 3.847 \cdot 10^{-3}$; $S(\Pi) = 20.454$; $S(X) = 4.106$.

4. Артикул № 4, образец № 10: $S(T_1) = 0.023$; $S(T_2) = 0.273$; $S(K_1) = 0.035$;
 $S(\Pi) = 3.873$; $S(X) = 0.494$.

5. Артикул № 6, образец № 17: $S(T_1) = 0.024$; $S(T_2) = 0.589$; $S(K_1) = 0.048$;
 $S(\Pi) = 3.207$; $S(X) = 0.901$.

6. Артикул № 6, образец № 18: $S(T_1) = 0.026$; $S(T_2) = 0.137$; $S(K_1) = 0.058$;
 $S(\Pi) = 8.221$; $S(X) = 1.079$.

7. Артикул № 7, образец № 19: $S(T_1) = 0.012$; $S(T_2) = 0.366$; $S(K_1) = 0.095$;
 $S(\Pi) = 3.033$; $S(X) = 2.261$.

8. Артикул № 14, образец № 41: $S(T_1) = 0.019$; $S(T_2) = 0.257$; $S(K_1) = 0.078$;
 $S(\Pi) = 5.922$; $S(X) = 2.757$.

9. Артикул № 23, образец № 67: $S(T_1) = 0.038$; $S(T_2) = 0.367$; $S(K_1) = 0.037$;
 $S(\Pi) = 4.927$; $S(X) = 2.483$.

10. Артикул № 23, образец № 68: $S(T_1) = 0.023$; $S(T_2) = 0.234$;
 $S(K_1) = 0.075$; $S(\Pi) = 3.554$; $S(X) = 0.027$.

Задаваясь надежностью оценки $P=0.95$, оценим доверительные интервалы для этих параметров. Отметим, что для всех 13 образцов кож результаты будут одинаковыми. Параметр Стьюдента $t(5;0.95) = 2.78$, отсюда:

$$\{0.024 < T_1 < 0.053\}_{P=0.95}; \quad \{1.87 < T_2 < 2.573\}_{P=0.95}; \quad \{0.789 < K_1 < 0.831\}_{P=0.95}; \\ \{0.789 < \Pi < 0.831\}_{P=0.95}; \quad \{0.789 < X < 0.831\}_{P=0.95}.$$

Относительный разброс параметров:

1. Артикул № 2, образец № 4: $\varepsilon(T_1) \approx 47.5\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 15.9\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 3.8\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 12.9\%$; $\varepsilon(X) \approx 14.3\%$.

2. Артикул № 2, образец № 5: $\varepsilon(T_1) \approx 29.1\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 22.4\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 10.4\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 30.1\%$; $\varepsilon(X) \approx 42.7\%$.

3. Артикул № 3, образец № 7: $\varepsilon(T_1) \approx 27.6\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 24.4\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 0.41\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 63.3\%$; $\varepsilon(X) \approx 41.8\%$.

4. Артикул № 4, образец № 10: $\varepsilon(T_1) \approx 67.5\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 12.3\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 4.7\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 17.5\%$; $\varepsilon(X) \approx 17.4\%$.

5. Артикул № 6, образец № 17: $\varepsilon(T_1) \approx 57.02\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 30.5\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 6.2\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 12.8\%$; $\varepsilon(X) \approx 24.5\%$.

6. Артикул № 6, образец № 18: $\varepsilon(T_1) \approx 52.01\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 6.3\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 7.6\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 32.2\%$; $\varepsilon(X) \approx 32.5\%$.

7. Артикул № 7, образец № 19: $\varepsilon(T_1) \approx 34.3\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 15.6\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 12.2\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 11.8\%$; $\varepsilon(X) \approx 73\%$.

8. Артикул № 14, образец № 41: $\varepsilon(T_1) \approx 58.2\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 11.1\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 9.7\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 22.5\%$; $\varepsilon(X) \approx 54.8\%$.

9. Артикул № 23, образец № 67: $\varepsilon(T_1) \approx 72.9\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 16.2\%$; $\varepsilon(K_1) \approx 4.1\%$;
 $\varepsilon(\Pi) \approx 45.1\%$; $\varepsilon(X) \approx 29.2\%$.

10. Артикул № 23, образец № 68: $\varepsilon(T_1) \approx 31.7\%$; $\varepsilon(T_2) \approx 10.07\%$;
 $\varepsilon(K_1) \approx 9.1\%$; $\varepsilon(\Pi) \approx 31.4\%$; $\varepsilon(X) \approx 33.2\%$.

Проведённая аппроксимация [53] и расчет функций релаксации деформаций [65], построение спектров релаксации [58], статистическая обработка данных по всем артикулам кож, показало, что можно выявить из общего числа 13 образцов из 9 артикулов кож, а именно («Асоль бирюза», «Асоль бледно-зелёный», «Асоль Иван чай», «Асоль нежно-голубой», «Асоль океан», «Лазурь 2380 розовая», «Лазурь белая с перламутром», «Лазурь

2380 графит» и «Лазурь красная») по которым главные потребительские свойства кожи [7,28,29,57,64]: характеристика упругости, рассчитываемая модулем равновесной упругости E_3 , МПа, пластичность – характеризуемая частью остаточными деформационными свойствами Π %, и свойствами подвижности многоуровневой структуры – внутреннее трение, характеризующее направленность подвижности X , были разделены на три группы: наиболее мягкие и формоустойчивые образцы кож, наименее и более жёсткие, но формоустойчивые образцы кож. Меньшим модулем упругости характеризуются более мягкие кожи, а меньшим модулем пластичности – более формоустойчивые. Эти свойства испытанных образцов наглядно показаны на диаграммах (рис. 3.5.20 – 3.5.22), где каждая точка показывает упруго-пластические свойства соответствующего образца.

По экспериментальным релаксационным данным, сведенных в (таблицу 3.5.1) видно, что наиболее мягкие образцы кож с наименьшим модулем упругости E_3 : №№ 67 и 68, наименее мягкие образцы №№ 10, 17, 18, 19 и 41. Достаточно формоустойчивыми, но более жёсткими являются образцы: №№ 4, 5, 7, 42, 49 и 61.

Обр. №№: 1, 2,69

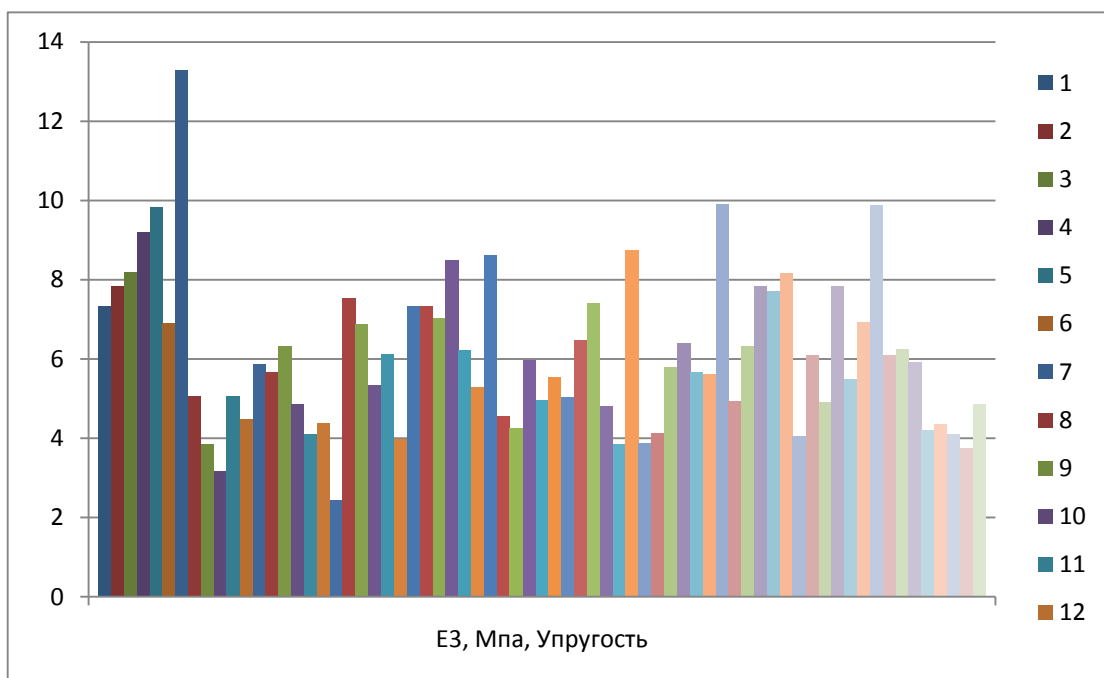


Рис. 3.5.20. Упругие свойства модуля E_3 по 69 образцов кож

Обр. №№: 1, 2,69

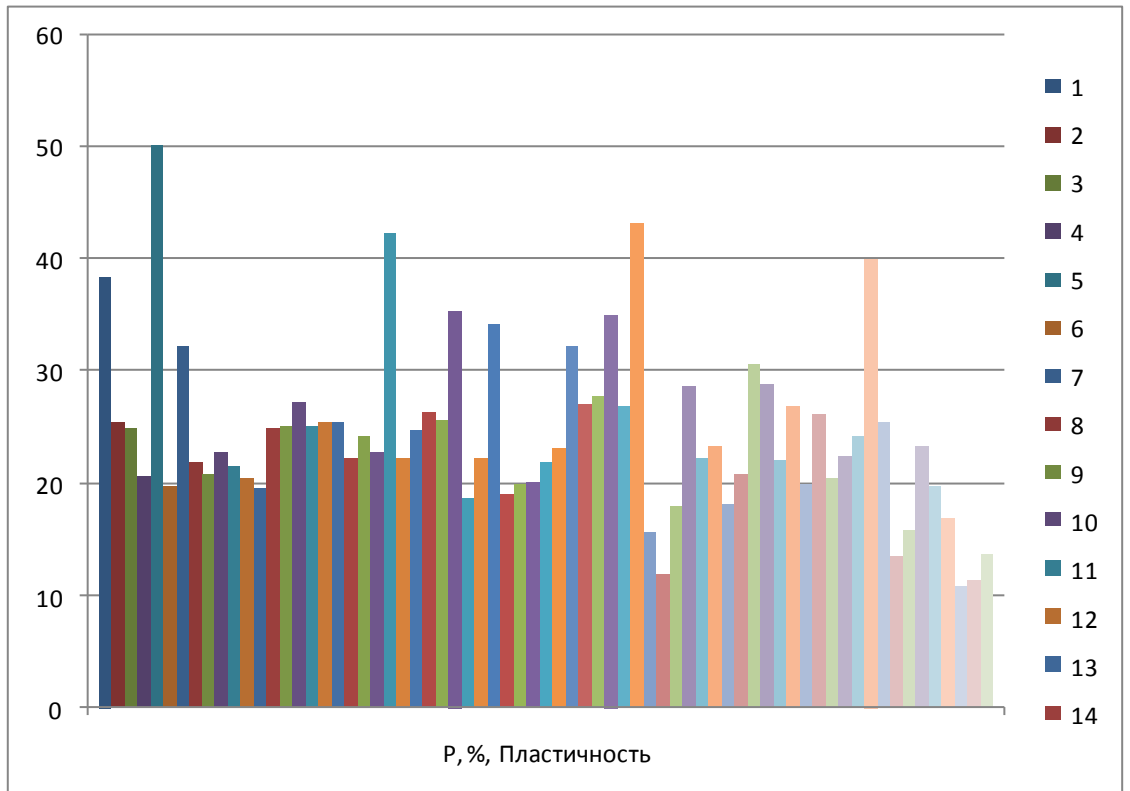


Рис. 3.5.21. Пластические свойства, P по 69 образцам кожи

Обр. №№: 1, 2,69

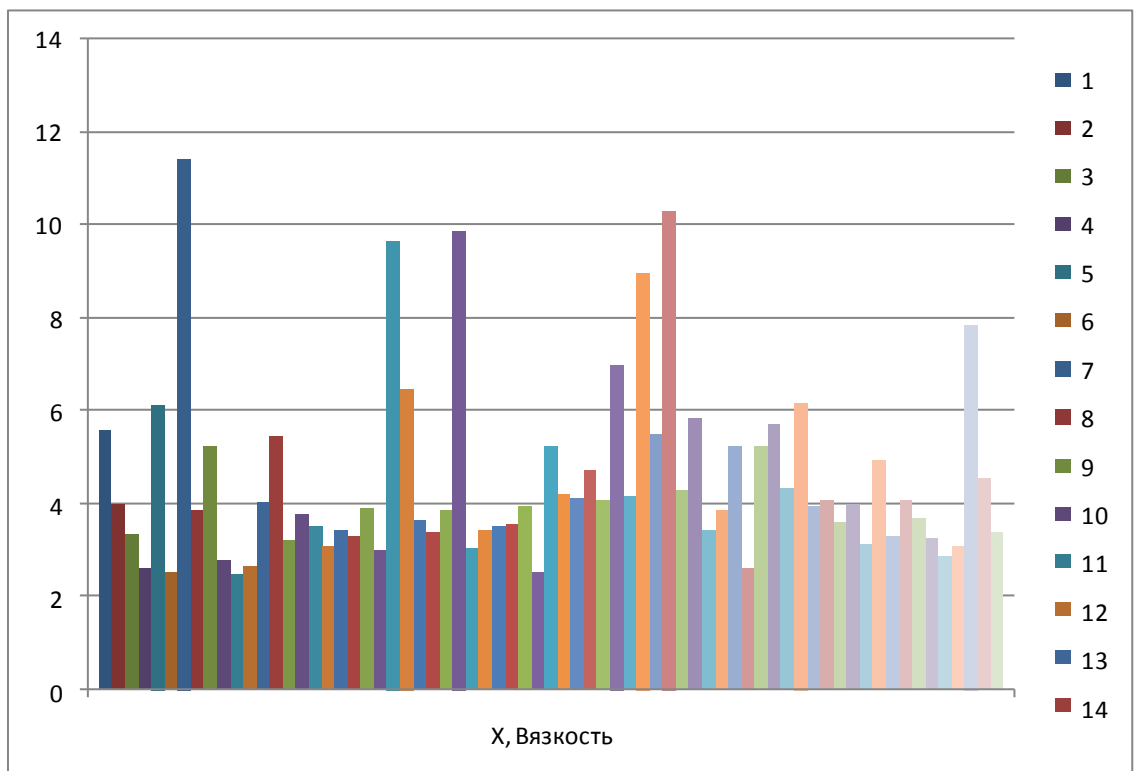


Рис. 3.5.22. Вязкие свойства, X по 69 образцам кожи

Показатель $X = K1/K2$ характеризует более быстрый процесс в релаксации [30], чем он выше, тем внутреннее трение будет наименьше и увеличится подвижность структуры. Для кож показатель будет в пределах $X = 2-5$.

ВЫВОДЫ ПО 3 ГЛАВЕ

1. При помощи компьютерной установки «Relax» были проведены исследования релаксационных характеристик 87 образцов по 41 артикулу кожи. В ходе проведённой аппроксимации, статистической обработки данных в программе «Relax Stat», были определены основные и важные параметры деформации под действием нагрузки.
2. По результатам исследования, сведённых в итоговые таблицы было определено, что важнейшими технологическими параметрами обувной продукции является пластичность (П), характеризующаяся приформовываемостью и формоустойчивостью, а также не мало важную роль на качестве играет характер подвижности (Х) – определяющийся скоростью релаксационных процессов в коже.
3. Исследование большого количества артикулов кож позволило выделить по спектрам релаксации несколько артикулов, у которых релаксационные характеристики показали наилучшие результаты по мягкости, также сформировалась ещё 2 группы с образцами, которые оказались наименее и более жёсткие, но формоустойчивые. Меньшим модулем упругости характеризуются более мягкие кожи, а меньшим модулем пластичности – более формоустойчивые.
4. Экспериментальная составляющая проводимых исследований, формирует базу с релаксационными показателями и даёт хорошую основу для дальнейшего использования при создании необходимого программного обеспечения. Прогнозирование заданных свойств таких сложных систем с использованием современных технологий не только ускоряет проектирование изделия, но и позволяет улучшить его потребительские свойства.
5. Для реализации поставленных задач обувному предприятию «Парижская коммуна» рекомендовали приобрести один комплект прибора «Relax» для опытной эксплуатации в течение 2014г. Это позволило бы обеспечить более

высокий научно-технический уровень контроля качественных показателей кожевенных материалов, используемых для изготовления обуви.

Глава 4. Разработка программного обеспечения для интегрирования релаксационных параметров автоматизации легкой промышленности.

4.1. Проектирование систем автоматизированного учета данных

Проведение анализа и учета при проектировании и производстве полученных при контроле качества релаксационных данных является необходимым условием формирования системы контроля качества соответствующий международному стандарту ISO9000 [75], основывающемуся на цикле Деминга. Для проведения такого анализа и адаптации его результатов к технологическим процессам предприятия легкой промышленности требуется разработка специализированного программного обеспечения.

Перед началом разработки программного обеспечения необходимо выбрать платформу, на которой будет данное ПО работать. В данном разделе будет описан выбор программной платформы. При выборе рассматривалось 3 варианта программной платформы: CRM/ERP система [76], разработка клиент-серверного приложения [77], написание с использованием встроенных средств пакета MS Office [74].

Независимо от выбранного типа разработки приложения, необходимо определить ее функционал и типы входных и выходных данных. В качестве входных данных будут использоваться результаты измерения релаксационных характеристик образцов материалов, название конкретного материала, его производитель и цена. В дальнейшем возможно добавление дополнительных параметров, измерение которых проходит в рамках входного контроля на предприятии легкой промышленности. Применяя нормирование по 2 нормальной форме, получаем 4 таблицы со следующими столбцами:

- ID материала, имя материала;
- ID материала, производитель материала;

- ID материала, цена материала;
- ID материала, релаксационные характеристики материала.

В качестве уникального, первичного, ключа будет использоваться ID материала. Следует отметить, что в таблице содержащей релаксационные характеристики материала, предполагается использование, большего чем единица количества столбцов с релаксационными характеристиками материала, что позволяет в дальнейшем вести статистику и строить отчеты по изменению качества каждого материала.

Таблица 4.1 - Результаты измерений релаксационных показателей и цена по артикулам кож

ID	Название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение
	Данс Грейс	9,4	Нет данных	
	Наппа Вальс	8,2	Нет данных	
1	Хром Круз	11,4	11	0,753
2	Рона	7,3	11	1,163
3	Премьера Крит	10,3	15	0,927
4	Премьера Шевро	10,15	11	0,68
5	Симфония	10,6	10	0,67
6	Премьера Натураль	10,7	11	0,54
7	Гранд	9,7	13	0,72
8	Наплак	9	11	0,74
9	Друид	9,5	10,5	0,79
10	Анилин Милани	11,1	11	0,64
11	Флоттер Люкс	8	11	0,715
12	Соната	8,2	13	0,69

4.1.1 Выбор типа реализации программного обеспечения

Современные CRM/ERP системы [76], например MS Dynamics, Oracle BI,SAP ERP [78], позволяют провести сквозную автоматизацию бизнес-процессов компании и интегрировать функцию управления качеством и

оптимизацию выбора используемых материалов на этапе проектирования. Данные системы обладают встроенными средствами разработки и описания технологических и бизнес-процессов. Так же следует отметить возможность участия в разработке различными разработчиками и способностью к добавлению функционала. Недостатками подобных систем является высокая лицензионная стоимость, высокая стоимость первичного внедрения и высокие сроки первичного обследования и внедрения. Реализовать задачу обработки результатов измерения релаксационных характеристик с использованием подобного подхода целесообразно только в случае наличия уже внедренной соответствующей CRM/ERP системы, либо при планировании подобного внедрения в ближайшее время.

К преимуществам разработки клиент-серверного специализированного приложения [77] стоит отнести минимализацию стоимости лицензионных платежей. Они могут потребоваться только за систему управления базой данных, в случае если будет использоваться соответствующее платное ПО. К недостаткам подобной системы следует отнести высокую стоимость разработки и поддержки подобного программного обеспечения. Так же следует отметить, что при необходимости добавить какой-либо функционал, например дополнительные параметры снимаемые при входном контроле, потребуется переписывание программного обеспечения, так же потребуются дополнительные трудозатраты на валидацию программного кода, перед добавлением какого-либо функционала. Следует отметить, что клиент-серверная модель предполагает разработку как серверной (исполняемой на удаленной машине), так и клиентской части приложения.

Разработка приложения с использованием встроенных средств MS Office [74] несет в себе ряд преимуществ для бюджетного, либо пилотного проекта. К таким преимуществам следует отнести возможность функционирования на любом компьютере с установленным пакетом ПО MS office без какой-либо дополнительной установки. Разработанное ПО не требует компонент

нуждающихся в администрировании или дополнительном лицензировании, таких как сервера баз данных. В качестве базового приложения предполагается использование программного продукта MS Excel входящего в популярный пакет MS Office. К недостаткам следует отнести крайне затруднительный процесс сквозной автоматизации бизнес-процессов предприятия, определенные трудности с реализацией многопользовательской работы с приложением.

Таблица 4.1.1 - Сравнение вариантов реализации программного обеспечения на производстве

Наименование	CRM/ERP	Клиент-серверное специализированное ПО	ПО на основе MS Office
Сложность написания	Высокая	Высокая	низкая
Сложность дописывания	Средняя	Очень высокая	низкая
Время на внедрение	~год	неопределенно	часы
Требуемые аппаратные ресурсы	много	неопределенно	незначительно
Многопользовательский режим	да	Да	нет
Распараллеливание задач	да	неопределенно	нет
Стоимость лицензирования и поддержки	Стоимость СУБД, ERP/CRM	Стоимость СУБД и app server	Стоимость пакета MS Office

Исходя из того, что разрабатываемое ПО является пилотным (первым) для заказчика, низкого бюджета на разработку и внедрения, выбран вариант реализации встроенными средствами пакета MS Office.

Входящее в пакет MS Office ПО MS Excel обладает большим функционалом для автоматизации. В него входят функции Макросов, позволяющие записать последовательность действий с таблицей и в последствие воспроизводить их по вызову макроса. Например, нам требуется выбирать материалы по наименьшей цене, наилучшему значению релаксационной характеристики и наименьшему разбросу данного параметра от образца к образцу. Для этого используется макрос описывающий следующие действия: установка фильтров, настройка фильтра по столбцу релаксационная характеристика равного выше среднего, настройка фильтра среднеквадратичное

отклонение ниже среднего, упорядочивание по цене по возрастанию. Наглядно этот процесс показан по рис. 4.1.1.

	A	B	C	D	E
1	ID	название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение
2	1	Хром Круз	11,4	11	0,753
3	2	Рона	7,3	11	1,163
4	3	Премьера Крит	10,3	15	0,927
5	4	Премьера Шевро	10,15	11	0,68
6	5	Симфония	10,6	10	0,67
7	6	Премьера Натураль	10,7	11	0,54
8	7	Гранд	9,7	13	0,72
9	8	Наплак	9	11	0,74
10	9	Друид	9,5	10,5	0,79
11	10	Анилин Милани	11,1	11	0,64
12	11	Флоттер Люкс	8	11	0,715
13	12	Соната	8,2	13	0,69
14					
15					
16					
17					

Рис. 4.1.1. Результирующая таблица до срабатывания макроса

После срабатывания макроса выборка значительно сокращается. Результат работы макроса представлен на рис. 4.1.2.

	A	B	C	D	E
1	ID	название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение
8	12	Соната	8,2	13	0,69
13	7	Гранд	9,7	13	0,72
16					
17					

Рис. 4.1.2. Результирующая таблица после срабатывания макроса

Следует отметить, что данный макрос значительно упрощает выбор подходящего материала. Так же MS Excel поддерживает средства автоматизации с помощью языка программирования Visual Basic for Application. Код макроса на языке VBA представлен в листинге 4.1.1.


```

Sub макрос3()
'
' макрос3 макрос
'
'
ActiveSheet.Range("$A$1:$E$15").AutoFilter Field:=4, Criteria1:=
_xlFilterAboveAverage, Operator:=xlFilterDynamic
ActiveSheet.Range("$A$1:$E$15").AutoFilter Field:=5, Criteria1:=
_xlFilterBelowAverage, Operator:=xlFilterDynamic
ActiveWorkbook.Worksheets("лист1").AutoFilter.Sort.SortFields.Clear
ActiveWorkbook.Worksheets("лист1").AutoFilter.Sort.SortFields.Add
Key:=Range( _"C1:C15"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending,
DataOption:= _xlSortNormal
With ActiveWorkbook.Worksheets("лист1").AutoFilter.Sort
.Header = xlYes
.MatchCase = False
.Orientation = xlTopToBottom
.SortMethod = xlPinYin
.Apply
End With
End Sub

```

Листинг 4.1.1. Код Макроса выбирающего оптимальный материал

В разработке программного обеспечения будет реализован и дополнен функционал: форма ввода и редактирования данных, алгоритмы выбора данных, проверка вводимых и выводимых значений.

4.2 Автоматизация технологических процессов по средству применения Макросов

Данные полученные в качестве экспериментальных исследований нуждаются в дальнейшем автоматизации. Основным и наиболее понятным средством автоматизации являются макросы. Под макросом [82] понимается последовательность действий, сохраненная с присвоенным названием. Осуществляя необходимые операции в пакете MS Excel, все действия, например такие как добавление строки, заполнение ячеек и других надо выполнять каждый раз повторно, макрос же позволяет зациклить всевозможные операции и в последующем реализовывать столько раз, сколько на это потребуется. Сохраненный макрос запускается при помощи специального диалогового окна, а также закрепить его в панели быстрого запуска. Сами операции с макросом особой сложностью не отличаются, для написания необходимого кода затрачивается небольшое количество времени. В настоящее время, для создания необходимых программ-листингов для автоматизации данных доступно много всякого рода научной литературы, как для начинающих, так и для пользователей обладающих хорошими навыками знания программирования в среде VBA MS Excel.

При осуществлении различного рода операций на производстве и получение необходимых данных в дальнейшем встаёт задача, то как автоматизировать полученные результаты для удобства персонала, так и по возможности для рядового пользователя. Метод [80], который позволяет осуществить связь между разными приложениями в настоящее время актуален. Данные, полученные тем или иным технологическим процессом автоматизируются посредством пакета MS Office, в программе MS Excel по средству создания макросов в VBA. Автоматизация процессов на предприятии реализуема с помощью технологии OLE (Object Linking and Embedding), которая за всю свою историю развития преобразовалась в COM – модель

компонентных объектов, ActiveX и DCOM – распределенная модель компонентных объектов. Развитие технологии COM ориентировано на интегрирование распределенных объектных приложения, работающих в сети. Программа, которая может осуществлять взаимосвязь с объектом является OLE-клиентом, а приложение которое управляет объектами носит функцию сервера автоматизации, либо так называемым ActiveX-сервером.

При разработке методики, учитываются переменные «Dim rngData As Range». Первой библиотекой объектов, в которой содержится объект «Range» – библиотека объектов Excel, поэтому в пакете Excel он определяется как единственный объект. Путаница может возникнуть только тогда, когда переменные начинают ссылаться на большое число библиотек, в которых используется объект «Range». Что бы не происходило таких проблем, в листинге программного кода необходимо прописывать конкретно имя используемой библиотеки, в данном случае это Excel. Пример листинга представлен ниже.

```
Sub GetRanges ( )
    ' Объект Range в Excel
    Dim rngData As Excel.Range
    ' Объект Range в Word
    Dim wrngTitle As Word.Range
End Sub
```

Листинг 4.2.1. Применение библиотеки для объекта «Range»

Объект COM включает в себя «vTable» или так называемую виртуальную функциональную таблицу, в которой сформированы свойства объекта, адреса в памяти, содержание точки входа. При введении этой переменной, компилятор рассматривает все точки входа свойств в таблице «vTable». Записываются все проделанные действия при переходах к выражениям. Если же в VBA коде

запрашиваются свойства, код запускается в ячейках памяти. Такой процесс именуется «ранним связыванием». Эта операция осуществляется путём ссылки на библиотеку объектов через команду «References» в VBA, начинают включаться в объект библиотеки идентификаторы GUID. Этот идентификатор позволяет получать информацию о COM объектах. Во время работы проекта происходит проверка GUID объекта с исходным GUID, если их данные совпадают, то используется ссылка объекта с изначальными данными «vTable».

При введении переменной данный «Object» важно, что после определения переменной объекта, ссылки на объект VBA проверялись с «vTable», при каждой ссылке на свойства для выявления адреса в памяти, в которые будет происходить переход. Такой процесс носит название – динамическое связывание (поздним). Помимо позднего, существует и раннее связывание, основным фактором при использовании раннего или позднего заключается в установке приложения автоматизации на пользовательский компьютер. Как правило этот фактор заставляет использовать раннее связывание. Благодаря этому возникает возможность воспользоваться технологией «IntelliSense». Данные с раннем связыванием гораздо удобнее создавать, обрабатывать и оптимизировать к нормальной работе. Отличие применения позднего связывания заключается в том, что любая ошибка ссылки на объект легко поддается обработке.

Управление с экземплярами происходит следующим образом: нужно подключиться к экземпляру приложения, важно что бы в этот момент экземпляр не использовался другим пользователем, иначе может возникнуть ошибка приложения, произойти такое может если пользователь вдруг решит закрыть используемое приложение. Возможность того, что приложение начнет мешать работе пользователя становится велик.

Создание нового экземпляра осуществляется по алгоритму: создание происходит через команды «New» или функцию «CreateObject». Чаще всего используется функция «CreateObject», эта функция никак не зависит, от того

как будет происходить связывание, раннее или позднее. Не смотря на то, что функция «New» позволяет гораздо быстрее осуществлять операции, чем это выполняет «CreateObject», главный плюс состоит в минимальном оптимизировании между ранним и поздним связыванием. Пример листинга по созданию и закрытию экземпляра Excel с обработкой ошибок рассмотрен ниже.

```
Sub StartExcel ( )
    ' Раннее связывание
    Dim wrdApp1 As Excel.Application
    Set wrdApp1 = New Excel.Application
    ' Раннее связывание
    Dim wrdApp2 As Excel.Application
    Set wrdApp2 = CreateObject ("Excel.Application")
    ' Позднее связывание
    Dim wrdApp3 As Object
    Set wrdApp3 = CreateObject ("Excel.Application")
End Sub
```

Листинг 4.2.2. Создание экземпляра в Excel

```
Sub ControlExcel ( )
    Const sSOURCE As String = "ControlExcel"
    Dim wrdApp As Excel.Application
    On Error GoTo ErrorHandler
    ' Запуск Excel
    Set wrdApp = CreateObject ("Excel.Application")
    ' Выполнение операций
ErrorExit:
    ' Выполнение кода очистки
    ' независимо от наличия ошибок
    If Not WrdApp Is Nothing Then
```

```

' Завершение работы Excel, игнорируя любые ошибки.
' Без выражения On Error Resume Next ошибка
' вызовет в обработчике бесконечный цикл
On Error Resume Next
wrdApp.Quit savechanges:=False
On Error GoTo ErrorHandler
' Очистка
Set wrdApp = Nothing

End If
Exit Sub

ErrorHandler:
If bCentralErrorHandler (msMODULE, sSource) Then
    Stop
    Resume
Else
    Resume ErrorExit
End If

End Sub

```

Листинг 4.2.3. Пример закрытия экземпляра Excel с обработкой ошибок

Автоматизирование программы в большинстве случаев лучше всего осуществлять создавая новый экземпляр. При осуществлении запуска нужного нам приложения используется параметр «objApp». Применение его в тексте программы представлено в листинге 4.2.4. Функция может быть использована независимо, какой тип связывание задействован, но при этом нет никакой гарантии, что при связи с библиотекой объектов, приложение будет работать без сбоев.

```

Function bIsAppAvailable (ByVal sClass As String, _
                        ByRef objApp As Object) As Boolean
    On Error Resume Next
    Set objApp = CreateObject (sClass)
    bIsAppAvailable = (Not objApp Is Nothing)
End Function

```

Листинг 4.2.4. Связывание между приложением и библиотекой объектов с помощью параметра «objApp»

Использование программы MS Excel является надежным и простым средством управления и обработкой полученных экспериментальных данных. В дальнейшем будет рассматриваться раздел по разработке «оригинального» макросов программы в обработке полученных результатов исследования релаксационных параметров.

4.3 Разработка макросов в создании программного обеспечения на базе MS Office

В предыдущих разделах главы описаны функциональные характеристики разрабатываемого обеспечения и проведен выбор способа реализации. В качестве способа реализации был выбран функционал «Макрос», являющийся функцией пакета MS Office [74]. Для реализации используется русскоязычная версия программного пакета MS Office, как наиболее распространенная на территории РФ.

Разработанное ПО, представляет собой файл xlsm и для своей работы требует разрешения использования Макросов [79]. Файл содержит 2 excel вкладки. Первая из них носит название «Данные» и содержит таблицу 4.1.1 с данными по материалам. Предполагается, что эти данные заносит ответственный сотрудник из отдела контроля качества.

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Параметры выборки			
3		Средняя релаксационная характеристика более			выборка	
4		Средняя релаксационная характеристика менее				
5		средняя цена не более			Очистка	
6		Среднеквадратичное отклонение не более				
7						
8						
9						
10						
11		название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение	
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

Рис. 4.3.2. Структура параметров во вкладке «Выборка»

В дальнейшем, параметры таблиц и параметры выборки могут быть расширены. Так же в процессе формирования находятся автоматизированные выборки. Код макроса выборки представлен в листинге 4.3.1.

```
Sub param()
'
' param Макрос
'
'
Sheets("Выборка").Select
    i = Range("C3").Value
    x = Range("C4").Value
    Price = Range("C5").Value
    g = Range("C6").Value
    Sheets("Данные").Select
```

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=4, Criteria1:="<=" & g, _
Operator:=xlAnd

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=3, Criteria1:=">=" & i, _
Operator:=xlAnd, Criteria2:="<" & x

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=2, Criteria1:="<=" & Price,
_ Operator:=xlAnd

Range("B1:E15").Select

Selection.Copy

Sheets("ДАННЫЕ").Select

Range("B1:E38").Select

Application.CutCopyMode = False

Selection.Copy

Sheets("Выборка").Select

Range("B11").Select

ActiveSheet.Paste

Sheets("ДАННЫЕ").Select

ActiveWindow.ScrollRow = 15

ActiveWindow.ScrollRow = 14

ActiveWindow.ScrollRow = 11

ActiveWindow.ScrollRow = 10

ActiveWindow.ScrollRow = 1

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=2

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=3

ActiveSheet.Range("\$B\$1:\$E\$15").AutoFilter Field:=4

Sheets("Выборка").Select

Range("B12:E15").Select

Selection.Font.Bold = True

```
Range("B11").Select
```

```
End Sub
```

Листинг 4.3.1. Код макроса выборки

Данный макрос основан на встроенной функции MS Excel [74,79] «автофильтр». Фильтрация является оптимальной, с точки зрения использования аппаратных ресурсов, и может учитывать множество параметров. Таким образом, используется не алгоритм поиска нужных значений в массиве данных, а метод исключения и «скрывания» строк не соответствующих по одному из параметров фильтрации. Оставшиеся, «удовлетворяющие», строки копируются на закладку выборка в таблицу результатов. Результат работы макроса представлен на рисунке 4.3.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2			Параметры выборки					
3		Средняя релаксационная характеристика более	9					
4		Средняя релаксационная характеристика менее	11.2					
5		средняя цена не более	11.1					
6		Среднеквадратичное отклонение не более	0.75					
7								
8								
9								
10								
11		название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение			
12		Премьера Шевро	10.15	11	0.68			
13		Симфония	10.6	10	0.67			
14		Премьера Натураль	10.7	11	0.54			
15		Наплак	9	11	0.74			
16		Анилин Милани	11.1	11	0.64			
17		Флоттер Люкс	8	11	0.715			
18								
19								
20								

Рис. 4.3.3. Результат работы макроса выборки

Код макроса очистки представлен в листинге 4.3.2:

```
Sub очистка()
'
' очистка Макрос
'
'
Rows("12:150").Select
Selection.Delete Shift:=xlUp
Range("A11").Select
End Sub
```

Листинг 4.3.2. Код макроса очистки

Данный макрос очищает таблицу выборки. Результат работы макроса представлены на рисунке 4.3.4.

	A	B	C	D	E	F
1						
2			Параметры выборки			
3		Средняя релаксационная характеристика более	9			выборка
4		Средняя релаксационная характеристика менее	11.2			
5		средняя цена не более	11.1			Очистка
6		Среднеквадратичное отклонение не более	0.75			
7						
8						
9						
10						
11		название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение	
12						
13						
14						

Рис. 4.3.4. Результат работы макроса очистки

В дальнейшем приложение может быть модифицировано, путем внедрения дополнительного функционала. В качестве опций планируется введение накопления статистики запросов и присвоения им типа изделия, таким образом можно будет в автоматизированном режиме предлагать технологу материалы в зависимости от заданного типа изделия, без формирования запроса.

На основании написанного макроса со встроенной функции MS Excel [74,79] «автофильтр» была произведена доработка в формировании графического отображение результатов. Доработка прежде всего необходима для наглядного отображения полученных результатов. В данной реализации используются параметры цена и релаксационная характеристика. Пример работы приведен на рисунке 4.3.5 ниже. Например, на приведенном графике хорошо видно, что «Наплак», «Друид» и «Симфония» имеют наилучшее соотношение по уровню релаксационных характеристик и цены.

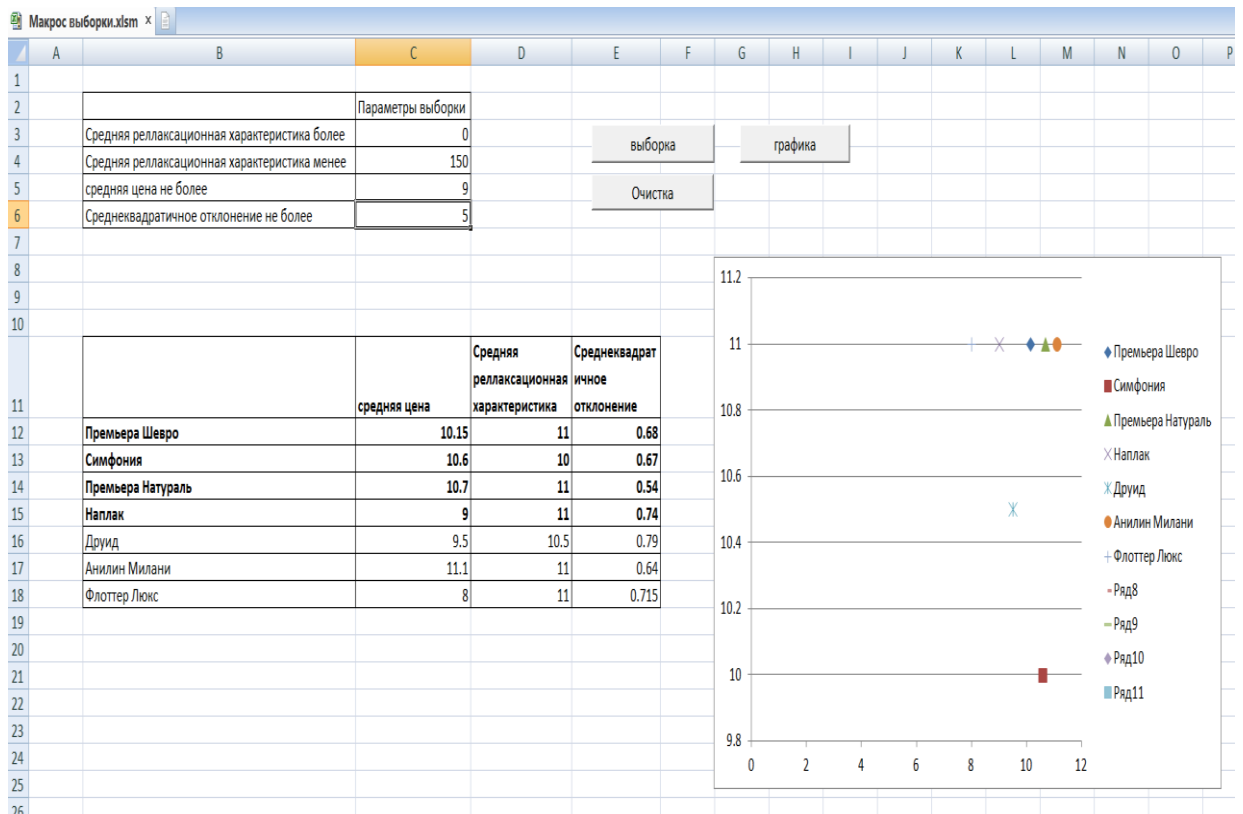


Рис. 4.3.5. Применение графического отображения

Системные требования разработанного ПО: компьютер с установленным пакетом MS Office с поддержкой макросов. На текущий момент, было проведено тестирование в пакете MS Word 2007 с мультязыковым пакетом. В системных настройках должна быть выбрана «.» в качестве разделителя для чисел. Пример проведения подобных настроек представлен на рисунке 4.3.6.

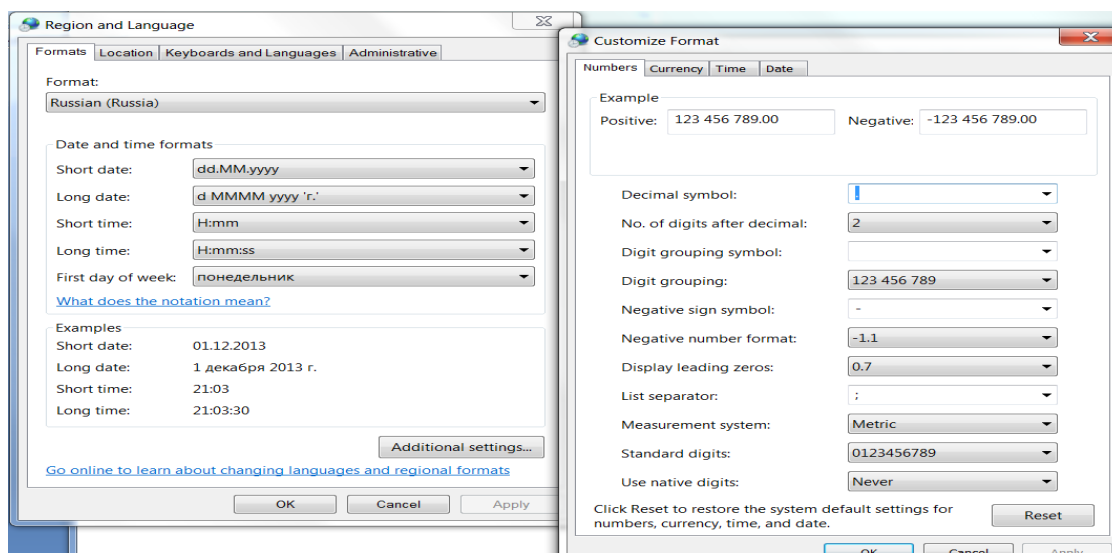


Рисунок 4.3.6. Применение языковых настроек

Данная настройка является обязательной для работы функционала MS Excel Autofilter (автофильтр).

4.4 Применение паттернов в разработанном программном обеспечении релаксационных параметров

Способ проведения анализа паттернов [83] совершенно новейший раздел в области взаимосвязи различного рода объектов во времени. Основной задачей является группировка объектов на подмножества – паттернами, и необходимо что бы каждый паттерн состоял из похожих объектов. Распространены два способа анализа данных, при первом паттерны представляются в статическом виде и разделение происходит на классы, типы и кластеры. Во втором случае,

появляется возможность провести анализ паттернов, которые присваиваются объектами в течении определенного времени.

В автоматизации особое место уделяется анализу статистических данных, с помощью методов и средств создания и оптимизации паттернов данных. При аналитическом описании особое внимание обращалось к математическим методам корреляционного анализа данных, так называемые модифицированные, а также совершенно новый подход в исследовании данных, основывающихся на методах анализа изображений и семантической интерпретации паттернов, реализованных благодаря методов статистической обработки инновационной деятельности.

В разработке программного обеспечения по средству пакета MS Office в программе MS Excel для улучшения функционирования статистических данных параметров были применены паттерны.

Они служат для формирования характеристикам необходимым для того или иного применения материалов. Закладка паттерны редактируется технологами предприятия, и позволяет исключить ошибки к формированию запросов к выборке.

Пример заполнения паттернов приведен на листе паттерны изображенных на рисунке. По результатам работы получены дополнительные данные для программы выборки. После получения ценовых характеристик таблица будет дополняться.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3		Средняя релаксационная характеристика более	Средняя релаксационная характеристика менее	средняя цена не более	Среднеквадратичное отклонение не более			
4	Эконом	0	150	9	5	применить		
5	Лучшее	0	10.55	150	0.7	Применить		
6								
7								

Рис. 4.4.1. Применение паттернов к таблице данных «качество-цена»

4.5 Управление базами данных на основе «Клиент/сервер»

На сегодняшний день главной проблемой при автоматизированной работе с базами данных существует отсутствие или крайне плохая связь продукта MS Excel с самой базой данных. Как известно, компоненты баз данных взаимодействуют друг с другом. Одним из наиболее подходящих методов использования в структурировании данных является использование реляционных баз данных. Главной особенностью организации таких баз предполагает доступ с данными при помощи разных способов, такая база может быть легко расширена, а доступ к базе можно осуществить с помощью запросов на языке SQL – язык структурированных запросов.

Реляционные базы [84,85] делятся на два типа: файловые базы данных и базы данных «клиент/сервер», различие доступа между двумя типами заключается в логическом доступе. Файловая база может состоять из одного или нескольких файлов с данными. При организации связи с приложением осуществление происходит через компьютер пользователя. Особенности таких систем в простоте, незначительном обслуживании и наиболее экономны. Недостатком можно считать большое количество запросов через сеть, число данных ограничено и также количество пользователей, которые могут подключиться к базе. Основа, на которой будет организована база данных ложится на MS Access и MS Visual Fox Pro.

База данных «Клиент/сервер» [84,85] состоит из большого числа сервисных приложений, сервер базы (а их может быть много) откликаются на запросы к данным приложений. Базы данных, основанные на «Клиент/серверной» модели сокращаются время загрузки сетевых соединений. Серверы имеют возможность сохранять гораздо больше информации, чем это возможно с файловой базой. Недостатком таких баз считается дорогая и сложная эксплуатация, для нормальной работы баз требуется дополнительное программное обеспечение.

Популярным средством автоматизации баз данных служат Microsoft SQL Server и Oracle.

Необходимым условием и критерием создания баз данных служит нормализация, это процесс оптимизации данных в таблицах с данными. Целью является отсекать ненужные и лишние данные, а оставлять только связанные. Существуют три типа нормализации. Первая – «первичный ключ», структура состоит из одного или более столбцов таблицы, данные которой определяют каждую строку.

Далее для представления данных следует «первая нормальная форма», в ней должны выполняться следующие принципы:

- параметры столбцов должны быть экспериментальными;
- группы, которые начинают повторяться должны быть удалены в другие созданные новые таблицы. В результате мы получаем таблицу с данными, изображенную на рисунке 4.5.1. Примером рассмотрена база данных одного из предприятий.

Номер_отдела	Название	Руководитель	Бюджет	Расположение
100	продаж	000	1000000	Москва
100	продаж	000	1000000	Зеленоград
600	разработок	120	1100000	Тверь
100	продаж	000	1000000	Калуга

Рис. 4.5.1. Табличные данные «Отдел» до приведения к первой нормальной форме

После приведения табличных данных к первой нормальной форме, создаётся новая таблица «Расположение отделов», в которой определяется первичный ключ. В итоге мы получаем таблицу с данными, где каждого отдела существуют разные строки, благодаря этому отсекаются лишние повторяющиеся группы. Полученный результат таблицы «Расположение отделов» отображен ниже на рис. 4.5.2.

Номер_отдела	Расположение
100	Москва
100	Зеленоград
600	Тверь
100	Калуга

Рис. 4.5.2. Табличные данные, полученные после отсекания лишних повторяющихся групп

Вторая нормальная форма состоит также из двух принципов:

- табличные данные должны соответствовать первой нормальной форме;
- все столбцы таблицы зависят от первичного ключа.

В пример можно взять, если нам необходимо распределить работников по проектам. Для этого создаётся новая таблица под названием «Проект» с составным первичным ключом, в таблице появляются две новые графы – «Номер_работника» и «ИД_проекта». На рисунке ниже изображен полученный результат.

Номер_работника	ИД_проекта	Фамилия	Назв_проекта	Описание_проекта	Продукт
28	БРЖ	Иванов	Биржа	<blob>	программа
17	ДОК	Петров	Документы	<blob>	программа
06	УПР	Сидоров	Управление	<blob>	адм.меры

Рис. 4.5.3 Привидение таблицы ко второй нормальной форме

В данной таблице появляется и проблема, так как графы «Название_проекта», «Описание_проекта» и «Продукт» зависят от графы «ИД_проекта» являются частью первичного ключа, то есть становятся зависимы. Для нормализации таблицы необходимо удалить графы «Номер_работника» и «Фамилия» и создадим новую таблицу под названием «Работник в проекте», в которую войдут эти вычеркнутые графы.

В третью нормальную форму входят следующее:

- табличные данные должны соответствовать второй нормальной форме;
- не ключевые столбцы не должны описывать другие не ключевые столбцы.

При добавлении графы «Номер_руководителя» и «Телефон» в таблицу, изображенную на рисунке 4.5.4.

ИД_проекта	Номер_руководителя	Телефон	Назв_проекта	Описание_проекта	Продукт
БРЖ	02	2-21	Биржа	<blob>	программа
ДОК	12	2-43	Документы	<blob>	программа
УПР	08	2-56	Управление	<blob>	адм.меры

Рис. 4.5.4. Приведение таблицы к третьей нормальной форме

Для нормализации таблицы необходимо вычеркнуть графу «Телефон», а «Номер_руководителя» изменяем на «Руководитель» и связываем с внешним ключом, который ссылается на графы «Номер работника» в таблице 4.5.6. После изменения табличные данные примут вид.

ИД_проекта	Руководитель	Назв_проекта	Описание_проекта	Продукт
БРЖ	02	Биржа	<blob>	программа
ДОК	12	Документы	<blob>	программа
УПР	08	Управление	<blob>	адм.меры

Рис. 4.5.5 Нормализация табличных данных с удалением двух граф

Номер_работника	Фамилия	Имя	Отчество	Номер_отдела	Код_профес	Телефон	Зарплата
04	Иванов	Иван	Иванович	100	инж	2-69	500
08	Петров	Петр	Петрович	200	мндж	2-56	1000
23	Сидоров	Иван	Петрович	200	мндж	2-45	800

Рис. 4.5.6 Добавление двух граф в таблицу сформированную во второй нормальной форме

Проведение нормализации позволяет избавиться от повторяющихся данных и группировании данных в логической последовательности. Необходимость разделения данных на более мелкие части позволяет повысить надёжность баз данных, но одним из главных минусов становится, то что производительность работы резко начинает снижаться, требуются дополнительные ресурсы программного обеспечения. К применению нормализации баз данных обычно подходят обдуманно, проанализировав все возможные причины и затруднения её реализации и дальнейшей адекватной работе.

Как известно, такие параметры как связи и целостность данных являются важнейшими критериями реляционных баз данных. Создание связи между таблицами позволяет не допускать последующих вводов данных и возникающих в результате ошибок. Сохранение всех содержащихся данных в таблицах проверяется с данными, введёнными в другие связанные таблицы.

Доступность данных зависит от выстраивания логического уровня, например хранение данных в том же Excel характеризуется тем, что данные не требуют применения более сложного программного обеспечения. С ростом данных появляется необходимость привлечения файловой базы данных. В процессе развития и пополнения баз данных, а также из-за того что всё больше пользователей запрашивают эти данные, встаёт вопрос о возможном привлечении баз данных «клиент/сервер».

Создание и оптимизация приложения [84] для автоматизированного контроля данных осуществляется таким образом, что бы не было конфликта с другими уровнями приложений, особенно важно при смене баз данных. Задачей создания базы данных заключается в абстрагированной логике по выбору определенного метода хранения данных и представления в виде единого формата конечного варианта, это не должно сугубо повлиять на применение данных, откуда бы они не поступали, к примеру из Excel или же базы данных SQL Server. К концепции создания и доступу баз данных будет организован уровень деловой логики, от его действий зависит доступ к данным, при котором будет доступен ввод, обновление или же удаления данных. Логические действия будут осуществляться в виде физической задачи и не будут зависеть от того, как организован способ хранения данных.

Наиболее распространёнными средствами хранения и поддержки пользовательских данных на сегодняшний день остаётся с помощью SQL [86] и ADO [87]. ActiveX Data Objects представляет собой технологию доступа к хранящимся данным по факту высокоуровневых интерфейсов. Данная технология помогает пользователям наиболее быстро и без особых затруднений получить нужную информацию. Технология ADO позволяет организовать связь между данными и пользователем на языке VBA. Приложения, которые хранят в себе незначительную часть данных могут вполне реализоваться без технологических операций ADO, однако что бы исключить возможное

возникновение проблем при переходе к хранилищу данных, доступ будет организован при помощи компонентов ADO.

Алгоритм выполнения операций с базами данных заключается в следующем: происходит запрос к технологии более низкого уровня, так называемой OLE DB. Ко всем приложениям используемых при доступе даётся свой источник OLE DB, происходит преобразование функций низкого уровня к объединению с функциями интерфейса. Для того что бы у ADO был организован доступ к данным базы необходимо задействовать изначальный источник OLE DB, либо же существует ещё вариант, заимствование источника OLE DB для ODBS, являющимся открытым интерфейсом для взаимодействия с базами данных, он также относится к низкому уровню.

Структура технологии ADO состоит из трёх важнейших для осуществления работы компонентных объектов: Connection, Command и Recordset, а также коллекции этих объектов Errors, Parameters и Fields. Все эти объекты выполняют функции независимо от занимаемого места в иерархии.

Описание же для чего служат объекты и их коллекции следует ниже:

- объект Connection выполняет роль соединения с базой данных, а также существует возможность выполнения этим объектом непосредственного участия с SQL;
- объект Command задействуется для реализации всякого рода инструкций и процедур SQL, у которых нет возможности на возврат данных или же прием параметров;
- объект RecordSet выполняет обратную функцию, при которой реализует инструкции и при этом осуществляет возврат в приложение с данными;
- элемент коллекции Errors используется для осуществления возврата ошибочных кодов, поступающих от источника, с помощью которого организована подключение в базе;

- элемент коллекции Parameters является хранилищем переменных величин, передающиеся в инструкцию SQL, при помощи этого элемента происходит дополнение объекта Command;
- элемент коллекции Fields задействован для синхронизации с данными баз, который содержится в объекте RecordSet, этот элемент коллекции отвечает за значения в столбцах, схожие с активной строкой.

Соединение с источниками данных могут осуществляться разными способами, например с помощью свойств объекта Connection в технологии ADO, либо объединив свойства в одну строку подключения. Строка запрашивает, к какому именно необходимо подключиться источнику и определяются параметры соединения, содержание строки состоит из «свойство-значение», самым начальным параметром в строке задаётся элемент Provider, ссылающейся на ADO, тем самым определяется источник, который будет задействован в строке подключения. Если же по какой то причине источник определён быть не может, то по умолчанию применяется OLE DB для ODBC, но переход к такому варианту подключения происходит крайне редко. Варианты листингов возможных подключений изображены ниже.

```
Dim sConnect As String
```

```
sConnect = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.4;" & _
           "Data Source=C:\Files\MyDatabase.mdb;" & _
           "User ID=UserName;" & _
           "Password=Password;"
```

Листинг 4.5.1. Подключение OLE DB к базе данных Access

В коде листинга видно, в начале указывается первый аргумент источника OLE DB, после него задаётся Data Source, благодаря ему указывается путь к базе данных Access, возможно база будет находиться под защитой, вводится имя и пароль.

Подключение с помощью SQL Server:

```
Dim sConnect As String
```

```
sConnect = "Provider=SQLOLEDB;" & _  
          "Data Source=Server\Instance;" & _  
          "Initial Catalog=DatabaseName;"
```

Листинг 4.5.2. Способ подключения базы данных к SQL Server

Подключение базы данных с помощью SQL Server может осуществляться двумя вариантами. При входе в систему запрашиваются различного рода регистрационные данные, вход может происходить как через стандартную защиту, при вводе данных непосредственно в SQL Server, а также через интегрированную защиту, когда ввод производится через систему Windows.

Ниже представлены два листинга подключения со стандартной и интегрированной защитами:

```
Dim sConnect As String
```

```
sConnect = "Provider=SQLOLEDB;" & _  
          "Data Source=ServerName\InstanceName;" & _  
          "Initial Catalog=DatabaseName;" & _  
          "User ID=UserName;" & _  
          "Password=Password;"
```

Листинг 4.5.3. Подключение базы к SQL Server с применением стандартной защиты

```
Dim sConnect As String
```

```
sConnect = "Provider=SQLOLEDB;" & _  
          "Data Source=ServerName\InstanceName;" & _  
          "Initial Catalog=DatabaseName;" & _  
          "Integrated Security=SSPI"
```

Листинг 4.5.4. Подключение базы к SQL Server с применением интегрированной защиты

```
Dim sConnect As String
```

```
sConnect = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;" & _  
          "Data Source=C:\Files\MyWorkBook.xls;" &  
          "Extended Properties=""Excel 8.0;HDR=YES"";"
```

Листинг 4.5.5. Подключение к рабочей книге Excel

Применение данных из Excel задействует свойство `Extended Properties`, оно характеризует подключение к рабочей книге Excel, а также указывает на верное осуществление интерпретации данных в листе. Значение элемента `HDR=YES` соответствует тому, что в первой строке присутствуют заголовки столбцов.

Применение баз данных основанных на «Клиент/серверной» модели позволяет расширить возможность для пользователя. Рассматриваемая модель в предыдущих разделах основана на использования кода макроса в продукте Excel и ограничивается стационарной работой с базой данных, где какие либо изменения и модификационные действия возможно проводить оператором только лишь находясь за одним компьютером и нет возможности доступа с других точек персональных компьютеров. Отличительной особенностью, и наверное главным минусом данного метода является более трудоёмкий процесс организации работоспособности технологии, постоянная поддержка, затраты на дополнительное программное обеспечение в исключении непредвиденных сбоев по доступности баз данных.

ВЫВОДЫ ПО 4 ГЛАВЕ

1. При проведении анализа полученных экспериментальных данных возникает новая задача, применение результатов в создании базы автоматизированного контроля. Интеграция данных с программным обеспечением должно соответствовать международному стандарту ISO9000.
2. При разработке программного обеспечения рассматриваются три варианта реализации, от самого простого и доступного каждому пользователю – пакета программ MS Office (входящего в пакет MS Excel и на Макросов на языке VBA), создании «клиент-серверного» приложения и более сложного, внедрение в производство CRM/ERP системы, эта система является наиболее сложной и дорогостоящей.
3. В ходе разработки пилотного программного обеспечения, в которое будут включены результаты экспериментов проведённых ранее исследований, было принято решение осуществить разработку с простого и менее затратного метода – программного продукта MS Excel входящего в пакет MS Office. Золотой серединой создания программы является написание Макросов, с помощью которых сохраняется последовательность действий с табличными данными. Критерием выборки по параметрам таблицы может быть разной.
4. В главе отражены три листинга программы Макросов, реализующие главную функцию – выбора по запросу пользователя программы оптимального материала. При осуществлении операции Макросов используется вспомогательная функция «автофильтр».
5. В целях разработки и усовершенствования программы содержащей данные проведённого измерения были добавлены дополнения в виде графического отображения некоторых позиций по качеству товара и соответствующей цене. В дополнение также вошли и созданные паттерны, обеспечивающие формирование определённого применения материала. Это сделано для

облегчения работы оператора в случае возникновения ошибочных данных при выборке.

6. Включение экспериментальных данных в программное обеспечение на базе MS Excel уже на первоначальном этапе показывает, как вполне простой алгоритм может реализовать идею по внедрению такого контроля на производство. Обувная фабрика «Пражская коммуна» в лице зам. генерального директора Татарчука И. Р. заинтересована поставленным экспериментом, по созданию простого, но в тоже время многозадачного программного обеспечения.

7. Рассмотрение метода «Клиент/серверной» модели баз данных показало, что применение её зависит от заинтересованности и возможности заказчика вложить гораздо большую часть средств и времени. Поэтому в качестве эксперимента было изначально принято решение начать разработку метода хранения баз данных, простым и практически не затратным для заказчика способом реализации поставленной задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В основу диссертационной работы вошли методы реализации автоматизированного контроля релаксационных характеристик обувного материала. С целью усовершенствования уже существующих методов и разработки новых были проведены исследования, эксперименты и компьютерное моделирование:

1. Полученные экспериментальные значения при помощи компьютерной установки «Relax» по двум партиям, состоящим из 41 артикула кож были подвергнуты статистическому анализу данных:

– проведена аппроксимация данных, по результату которой производится расчёт физико-механических параметров кож;

– по расчету вязкоупругих характеристик были построены графики, показывающие наглядно протекание релаксации в виде изображённой кривой, зависящей от величин деформации (прогиб образцов) и времени, за которое происходит восстановление в изначальное положение;

– после получения спектров по всем артикулам кож и сведения релаксационных параметров в итоговые сводные таблицы, было выявлено три категории, по которым следует относить артикулы кож, это пластичность, подвижность и упругость;

– было выявлено, что 3 образца кож имеют наименьший модуль упругости, наименьшую мягкость показали 9 образцов кож и достаточно формоустойчивыми, но более жесткими оказались 12 образцов. По ним были проведены дополнительные расчеты выборочных среднеквадратические отклонения, определены доверительные интервалы и относительный разброс параметров (ошибка при эксперименте), по 13 образцам кож были рассчитаны и построены релаксационные спектры в логарифмических координатах.

2. Полученные данные проведенных экспериментов дают хорошую базу для дальнейшего применения их в автоматизированном контроле

релаксационных характеристик на производстве. Из-за того, что на большинстве предприятий легкой промышленности, в частности кожевенной и обувной автоматизация процессов крайне мало задействована, в большинстве технологических процессах, операции совершаются в ручную, а автоматизация контроля параметров релаксации практически не осуществляется. Этот момент сформировал основные цели и реализацию поставленных задач над решением данной проблемы.

3. В процессе одной из научно-деловых встреч, между стороной в лицах асп. Ясенковым Д. А., асп. Нахимовским К. А., к.т.н., проф. Кочеровым А. В. и стороны от лица ЗАО МОФ «Парижская коммуна» – зам. директора Татарчука И. Р. были достигнуты научно-договорные отношения и то, как можно помочь предприятию в реализации поставленных задач. За время проведения экспериментов на обувную фабрику предоставлялись отчеты с научно-исследовательскими данными, всего таких отчета было предоставлено 3 экземпляра.

4. Реализация разработки программного обеспечения по контролю за релаксационными параметрами артикулов кож продолжалась на протяжении всего исследования. Было предложено три варианта, как можно автоматизировать получаемые экспериментальные данные:

- применение сквозной автоматизации путём интегрирования функции управления качеством используемого материала используя системы CRM/ERP, такие как MS Dynamics, Oracle BI, SAP ERP. Реализовать задачу автоматизированной обработки результатов измерения релаксационных характеристик с использованием подобного подхода целесообразно только в случае наличия уже внедренной соответствующей CRM/ERP системы, либо при планировании подобного внедрения в ближайшее время;

- разработка клиент/серверного приложения позволит минимизировать стоимость лицензионных расходов, но при этом придется дополнительно сделать финансовые вложения для включения с разработку дополнительного

программного обеспечения, такая необходимость может возникнуть при использовании баз данных. «Клиент/серверная» модель предполагает разработку как серверной (исполняемой на удаленной машине), так и клиентской части приложения;

– разработка приложения с использованием встроенных средств MS Office является наиболее подходящим способом в роли пилотного проекта. К преимуществам данной разработки с использованием продукта MS Excel можно отнести, то что программа не будет зависеть от установки какого либо дополнительного программного обеспечения. Не придется нести лишние траты на лицензирование серверов баз данных.

Последний из методов основанный на автоматизированном контроле релаксационных характеристик с помощью продукта MS Excel, предложенный ЗАО МОФ «Парижская коммуна» заинтересовал зам. директора Татарчука И. Р. В настоящее время с учетом имеющихся статистических данных проведённых экспериментов в течении трех лет, уже создано приложение, готовое показать, на сколько простой и пилотный проект созданный на основе программного обеспечения, доступного каждому пользователю можно реализовать непростые задачи и помочь предприятию в целях улучшений качества выпускаемой готовой продукции.

5. Разработка и совершенствование программного обеспечения не стоит на месте. Для ускорения процесса контроля релаксационных показателей обувной фабрике «Парижская коммуна» было предложено приобрести в качестве опытной партии компьютерные установки для исследования релаксационных характеристик кож «Relax». Это позволило бы прямо на производстве осуществлять все необходимые физико-механические и вязкоупругие показатели, после чего включать полученные показатели в базу данных, оператор полностью осуществлял бы контроль над всем технологическим процессом автоматизировании данных, а любому заинтересованному пользователю не составило особого труда определиться и

сделать необходимый ему выбор в пользу качества получаемого изделия и соответствующей цены на него.



3. Физико-механические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Методика испытаний	Результат	Нормативное значение
1	Толщина, мм			
2	Предел прочности при растяжении, 10МПа		13	
3	Напряжение при появлении трещин лицевого слоя, 10МПа		13	
4	Удлинение при напряжении 10МПа, %		18	10
5	Устойчивость покрытия к многократному изгибу, баллы		35	30-40

Руководитель ИЦ «Парижская коммуна»
Лаборант ИЦ

Маш
Гж

Список используемой литературы

1. *Наумов В. Н., Пятов Л. И.* Автоматика и автоматизация производственных процессов в легкой промышленности: Учебник // Легкая и пищевая промышленность. М., – 1984.
2. *Бекмурзаев Л.А., Водорезова В.Ф., Шайкевич Е.И.* Технология одежды из кожи // Кожевенно-обувная промышленность, изд. Форум, Инфра-М. М., – 2010. С. 26–30.
3. *Лебедев В.С.* Технологическое оборудование ремонтно-обувных предприятий // Легкая промышленность, изд. Легкая индустрия. М., – 1972.
4. Патент № 199478 МПК G 01п УДК 677-042:620.172. (СССР) Релаксометр для испытания волокон. 1967.
5. *Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Бернштейн М.М.* Материаловедение изделий из кожи // Легпромбытиздат, М., – 1988.
6. *Михеева Е.П., Беляев Л.С.* Современные методы оценки качества обуви и обувных материалов // Легкая и пищевая промышленность, М., – 1984.
7. *Куприянов М.П.* Упруго-пластические свойства верхних кожевенно-обувных материалов // Научно-исследовательские труды УкрНИКП, 1958.
8. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности // Госэнергоиздат, М., – 1952.
9. *Анохин Д.И., Зыбнн Ю.П.* Исследование формовочных свойств заготовок верха обуви // Изв. вузов. ТЛП, 1960.
10. *Шестакова Н.А., Чернов Н.В.* О релаксации напряжений в коже // Изв. ВУЗов. Кожевенная промышленность, № 2, М., – 1966.
11. *Бурмистров А.Г., Сироткин Г.П.* Практикум по машинам кожевенно-мехового производства, для студентов спец. 1707, 2807, 2103, М., МТИЛП, 1992, 2–е изд. 1997.
12. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н.* Текстильное материаловедение // Легпромбытиздат, М., 1989. – С. 65–69.

13. *Ерофеева С. Н.* Механические свойства волокон и нитей // Методические указания. Волгоград, 2001. – 44 с.
14. *Монастырский А. Г.* Испытание текстильных материалов // Легкая индустрия, М., 1970. – С. 233–243.
15. *Шашкова Т. М., Резникова Т. М., Воробьева В. Ф.* Методы и приборы для оценки качества хлопчатобумажных тканей // ЦНИИТЭИлегпром, М., 1991. – С. 12–18.
16. *Жагрина И.Н., Жихарев А.П., Кочеров А.В., Бурмистров А.Г.* Исследование вязкоупругих свойств материалов и их систем // Тезисы докладов межвузовской научной конференции «Соврем. проблемы текстильной и легкой промышленности» РосЗИТЛП, 1996.
17. *Бурмистров А.Г.* Способ исследования деформационных свойств кожи и подобных ей материалов // Заявка на патент N 93032464(031682) от 22.06.93 кл.G01 N3/08.
18. *Бурмистров А.Г., Соколовский А.Р.* Установка для исследования релаксационных спектров кожаной ткани // Сборник научных трудов МТИЛП, 1986.
19. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В.* Оценка качества кожеподобных материалов по их релаксационным характеристикам на компьютерной установке «RELAX» // Учебное пособие. М., МГАЛП, 1996.
20. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В.* Компьютерный комплекс «RELAX» для оценки качества материалов на основе анализа процесса релаксации // Тезисы докладов межвузовской научной конференции «Современные проблемы текстильной и легкой промышленности» РосЗИТЛП, 1996.
21. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В., Сочнев С.А.* Автоматизированная установка для контроля деформационных свойств кожи // Материалы семинара «Основные направления технического прогресса в легкой промышленности», МДНТ, 1990.

22. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В., Остроухов Д.С.* Компьютерная система контроля качества материалов, основанная на исследовании процессов релаксации // Сборник научных трудов «Динамика машин легкой промышленности» МГАЛП, 1996.
23. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В., Островский К.Ю.* Компьютерная оценка качества кожеподобных материалов по их релаксационным характеристикам // Тезисы докладов Всероссийской научно-методической конференции «Новые информационные технологии в вузах и на предприятиях легкой промышленности», С–Пб, 1998.
24. *Бурмистров А.Г., Ибара П., Чурсин В.И., Илюхина О.А.* Исследование деформационных характеристик дермы на отдельных стадиях кожевенного производства // Технология легкой промышленности, методика исследования (сообщение 1). Известия ВУЗов, 1992.
25. *Бурмистров А.Г., Ибара П., Чурсин В.И., Илюхина О.А.* Исследование деформационных характеристик дермы на отдельных стадиях кожевенного производства // Обсуждение результатов (сообщение 2). Известия ВУЗов, 1992.
26. *Адигезанов Л. И.* Увлажнение, сушка и влажно-тепловая обработка в обувном производстве // Легкая и пищевая промышленность. М., 1983. – С. 17–27.
27. *Лифиц И.М., Акулова Т.К.* ИК для верха обуви и их устойчивость к многократному изгибу // РИО ВЗИТЖ. М., 1968.
28. *Горюшица Л.А., Беляев Л.С., Горнецкая Т.С., Булеева В.А.* Методика определения формуемости и формоустойчивости обувных материалов // ЦНИИТЭИлегпром. М., 1985.
29. *Горюшица Л.А., Беляев Л.С., Горнецкая Т.С., Булеева В.А.* О методе оценки формоустойчивости материалов и систем материалов в динамических условиях // Изв. ВУЗов. ТЛП. М., 1984, С. 21–24.

30. *Шестакова Н.А., Чернов Н.В.* О релаксации напряжений в коже // Кожевенная промышленность, изв. ВУЗов. М., 1966.
31. *Рагаутас А.С., Маяускене Н.Ю.* Влияние влажно-тепловой обработки на остаточное удлинение кожи хромового дубления // Изв. ВУЗов. ТЛП., 1969, С. 93–97.
32. *Луцык Р. В., Хомяк Н.Е.* Влияние тепла и влаги на релаксационные свойства и формоустойчивость искусственных и синтетических кож // КОП. М., 1979, С. 45–48.
33. *Остриков М.А.* Капиллярно-механические явления в дисперсных структурах // Конденсационные структуры и капиллярно-механические явления. Новочеркасск, 1973, С. 23–32.
34. *Кавказов Ю.Л.* Взаимодействие кожи с влагой // Легкая индустрия. М., 1952.
35. *Файбншенко М.А.* Влияние различных факторов на формоустойчивость обуви // КОП. М., 1965.
36. *Кравченко А.Д.* Влияние тепловой обработки на деформацию кожи при двухмерном растяжении // Кожевенно-обувная промышленность. М., 1973.
37. *Аскадский А.А., Матвеев Ю.И.* Химическое строение и физические свойства полимеров. М., 1983. С. 248.
38. *Алфрей Т.* Механические свойства высокополимеров // ИЛ. М., 1952.
39. *W. Grabmann, R. Zeschitz.* «Das Leder», № 7, 8, 1954.
40. *Кавказов Ю.Л.* Взаимодействие кожи с влагой // Легкая индустрия. М., 1952.
41. *Кутянин Г.И., Уруджев Р.С.* Термостойкость и износостойкость кожи // Легкая индустрия. М., 1973.
42. *Жихарев А.П., Петропавловский Д.Г.* Влияние низких температур на механические свойства кожи хромового дубления при одноосном растяжении // Изв. ВУЗов. ТЛП. 1979, С. 52–56.

43. Черников Н.Н. Установление срока службы материалов в деталях обуви // Гизлегпром, 1952.
44. Станевич А.М. Расчетное прогнозирование сложных режимов деформирования высоко ориентированных полимеров // Проблемы прочности, 1985, С. 40–42.
45. Станевич А.М. Разработка методики расчета упруго-релаксационных характеристик поликапроамидных нитей // Хим. волокна, 1985, С. 41–43.
46. Станевич А.М. Температурно-силовая зависимость вязкоупругих эффектов у высоко ориентированных нитей из ароматического полиамида // Хим. волокна, 1981, С. 31–33.
47. Станевич А.М., Рымкевич П.П. Моделирование вязкоупругости синтетических нитей. Препринты // V Международный симпозиум по хим. волокнам. Калинин, 1990, С. 105–111.
48. Станевич А.М. Уравнения напряженно-деформированного состояния высоко ориентированных синтетических волокон. Препринты // III Международный симпозиум по хим. волокнам. Калинин, 1981, С. 113–115.
49. Луцык Р.В., Хомяк Н.Е., Холод В.П. Влияние влаги на релаксационные процессы, происходящие в обувных материалах при формовании // Изв. ВУЗов. ТЛП. 1987, С. 59–63.
50. Тиранов В.Г. Качественное и количественное описание релаксационных процессов комплексных текстильных нитей на основе механической модели // Изв. ВУЗов. ТГП., 1985, С. 20–23.
51. Автоматизация в легкой промышленности // Datasolution [электронный ресурс]. URL: <http://datasolution.ru/avtomatizatsiya-v-legkoj-promyshlennosti/>
52. Бурмистров А.Г., Кочеров А.В. Компьютерный комплекс «RELAX» для оценки качества материалов на основе анализа процессов релаксации // Кожевенно-обувная промышленность, №1, 1998.

53. *Ибара П., Наумов В.Н., Бурмистров А.Г.* Аппроксимация функций релаксации кожной ткани при автоматизированном получении спектров // Технологические, экономические и экологические проблемы кожевенного и мехового производства. Сб. научных трудов МТИЛП, 1991.
54. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В., Манукян А.М.* Автоматизированная система контроля релаксационных свойств кожи // Тезисы научн. конф. МГУДТ, 2000.
55. *Островский К.Ю., Григоровский С.А.* Датчик перемещения для измерения релаксационных характеристик // Кож.обувная пром., №3, 1999.
56. *Бурмистров А.Г.* Машины и аппараты производства кожи и меха // Учебник для вузов, гриф УМОлегпром, КолосС. М., 2006.
57. *Бурмистров А.Г., Жихарев А.П., Оганесян А.А.* Упруго-пластические свойства материалов и пакетов для одежды из кожи // Материалы докладов Международной научной конференции «Роль предметов личного потребления в формировании среда жизнедеятельности человека». МГУДТ. М., 2002.
58. *Бурмистров А.Г., Соколовский А.Р.* Применение релаксационных спектров для оценки структурных изменений кожной ткани при ее обработке // Известия вузов, ТЛП, №1, 1986.
59. *Бурмистров А.Г., Соколовский А.Р.* Установка для исследования релаксационных спектров кожной ткани // Сб. научных трудов МТИЛП, 1986.
60. *Бурмистров А.Г.* Устройство для определения релаксационных свойств кожи и подобных ей гибких материалов // Патент RU № 2210753 от 06.12.2001, опубл. 2.08.2003, бюл. № 23.
61. *Кочеров А.В., Бурмистров А.Г., Егоров Д.А., Хусяинова Э.Х.* О возможности автоматизированного контроля влажности кожевенных материалов по их релаксационным характеристикам // Кожевенно-обувная пром., №5, 2005.
62. *Бурмистров А.Г., Кочеров А.В., Гродский Д.М.* О точности аппроксимации функций релаксации на установке «Relax» // Тематический сборник научных трудов МГУДТ, №7, 2007.

63. *Бурмистров А.Г., Жихарев А.П., Оганесян А.А.* Метод прогнозирования формоустойчивости одежды из кожи // Швейная промышленность, №6, 2002.
64. *Соколов В.Н., Бурмистров А.Г., Татарчук И.Р., Литвин Е.В.* Оценка взаимосвязи процессов сжатия и релаксации кожи // Межвузовский сборник научных трудов «Наука и образование». Новые технологии», выпуск №6 «Техника и технологии». М., 2002.
65. *Бурмистров А.Г., Чурсин В.И., Манукян А.М.* Автоматизация контроля деформационных свойств кожи на установке «Relax» // Кожевенно-обувная промышленность, №4, 2000.
66. *Кочеров А.В., Бурмистров А.Г., Ясенков Д.А., Черкашин И.В.* Контроль релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Дизайн и Технологии, 2012 – №30 – С. 109–114.
67. *Ясенков Д.А., Черкашин И.В.* Контроль релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Дизайн и Технологии, 2013 – №36 – С. 28–32.
68. *Кочеров А.В., Ясенков Д.А.* Компьютерный анализ релаксационных параметров кож в обувном производстве // Дизайн и Технологии, 2014 – №38 – С. 38–43.
69. *Кочеров А.В., Бурмистров А.Г., Ясенков Д.А., Черкашин И.В.* Исследование релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Докл. о науч.-исслед. работе по результатам проведенного эксперимента на установке «Relax». Часть 1. МГУДТ. М., 2012.
70. *Кочеров А.В., Ясенков Д.А., Черкашин И.В.* Исследование релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Докл. о науч.-исслед. работе по результатам проведенного эксперимента на установке «Relax». Часть 2. МГУДТ. М., 2013.
71. *Кочеров А.В., Ясенков Д.А., Нахимовский К.А.* Исследование релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Докл. о науч.-исслед. работе по результатам проведенного эксперимента на установке «Relax». Часть 3. МГУДТ. М., 2014.

72. Ясенков Д.А. Контроль релаксационных характеристик в обувном производстве / Ясенков Д.А., Кочеров А.В., Черкашин И.В. // Молодые учёные – XXI веку: тезисы докл. научн. конф. (Москва, 10–12 апреля, 2012). – Москва. – 2012.
73. Ясенков Д.А., Нахимовский К.А. Контроль релаксационных характеристик в обувном производстве / Ясенков Д.А., Нахимовский К.А., Кочеров А.В. // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности: тезисы докл. межд. научн. конф. (Москва, 12–13 ноября, 2013). – Москва. – 2013.
74. Применение макросов MS Excel в разработке ПО // Excel – это не сложно! [электронный ресурс]. URL: <http://www.excel-vba.ru/>
75. Международные стандарты качества ISO 9000 // Quality [электронный ресурс]. URL: http://quality.eup.ru/GOST/ms_iso9000.htm
76. Отличие ERP от CRM систем // Computerworld [электронный ресурс]. URL: <http://www.osp.ru/cw/2001/36/44356/>
77. Клиент-серверное приложение на потоковом сожете TCP // Professorweb [электронный ресурс]. URL: http://professorweb.ru/my/csharp/web/level3/3_2.php
78. Битва титанов. Часть 1. Краткая история большой тройки (Независимое сравнение SAP, ORACLE и Microsoft Dynamics) // Единый ресурсный центр SAP-проектов. [электронный ресурс]. URL: http://www.exrp.ru/freelance/blogs/y_nechitaylovsapro_ru/?post=207
79. Тригуб С.Н., Гинзбург В.Р., Журавлева А.В. Применение VBA и макросов в Microsoft Excel // Издательский дом «Вильямс». М., 2006.
80. Тригуб С.Н., Гинзбург В.Р., Чайки И.В., Василенко И.В. Профессиональная разработка приложений Excel / (Stephen Bullen, Rob Bovey, John Green. Professional Excel Development) // Издательский дом «Вильямс». М., 2007, С. 509–519.

81. Автоматизация и моделирование бизнес-процессов в Excel // Корпоративный менеджмент [электронный ресурс]. URL: <http://www.cfin.ru/itm/excel/pikuza/06.shtml>
82. Автоматизация работы в документах Microsoft Excel // Excel трюки и приемы [электронный ресурс]. URL: <http://excelexpert.ru/avtomatizaciya-raboty-v-dokumentax-microsoft-excel>
83. Методы исследования развития науки, образования и инновационной деятельности: анализ паттернов // Институт статических исследований и экономики знаний [электронный ресурс]. URL: <http://issek.hse.ru/news/84167510.html>
84. Тригуб С.Н., Гинзбург В.Р., Чайки И.В., Василенко И.В. Профессиональная разработка приложений Excel / (Stephen Bullen, Rob Vovey, John Green. Professional Excel Development) // Издательский дом «Вильямс». М., 2007, С. 365–380 и 381–385.
85. Основы работы с базами данных // CIT Forum [электронный ресурс]. URL: <http://citforum.ru/programming/32less/les31.shtml>
86. Средства и методологии проектирования, разработки и сопровождения клиент-серверных приложений // CIT Forum [Электронный ресурс]. URL: http://citforum.ru/cfin/prcorpsys/infosistpr_05.shtml
87. Руководство по работе с БД Firebird с использованием библиотеки ADO .Net 2.0 // CIT Forum [Электронный ресурс]. URL: <http://citforum.ru/database/interbase/oledb/>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный
университет дизайна и технологии»
(ФГБОУ ВПО «МГУДТ»)

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
«МОСКОВСКАЯ ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ОБУВНАЯ ФАБРИКА
«ПАРИЖСКАЯ КОММУНА»

ДОГОВОР О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ

Проведение научных исследований на тему: «Научные исследования особенностей обувного производства на ЗАО МОФ «Парижская коммуна» с целью улучшения уровня автоматизации производства».

1. Исследования планируются проводить на обувном предприятии «Парижская коммуна» и в МГУДТ, исполнители аспиранты кафедры Автоматики Ясенков Д.А., Нахимовский К.А..

Руководители от МГУДТ: заведующий кафедры Автоматики профессор Кочеров А.В.

Представитель от фабрики «Парижская коммуна»: инженер-технолог Паничева С.Е.

Предполагаемый период исследований: октябрь 2012г. – декабрь 2013г.

2. Исследования проводятся в двух направлениях:

2.1. Создание базы данных материалов верха кож посредством релаксационного метода исследования, разработка классификационных групп по качественным показателям кож возлагаются на аспиранта Ясенкова Д.А.

2.2. Создание программного комплекса для статистической обработки базы данных на основе п. 2.1 возлагается на аспиранта Нахимовского К.А.

3. В конце каждого квартала МГУДТ предоставляет промежуточные отчеты по результатам исследований, в декабре 2013г. – заключительный отчет.

4. Данные исследования проводятся без предъявления каких-либо взаимных финансовых требований.

5. Весь комплекс авторских прав, на все объекты интеллектуальной собственности принадлежит ЗАО МОФ «Парижская коммуна».

От МГУДТ:

Проректор по научной работе, проф.

Костылева В.В.

Заведующий кафедрой Автоматики, проф.

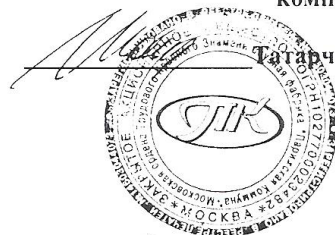
Кочеров А.В.



От фабрики «Парижская коммуна»:

Заместитель генерального директора
по управлению производственным
комплексом

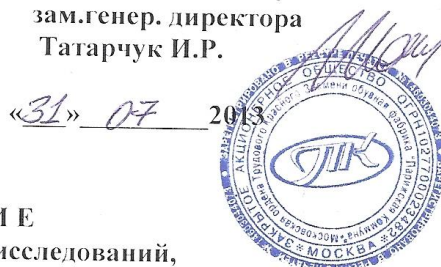
Татарчук И.Р.



От МГУДТ:
Проректор МГУДТ
по научной работе
проф. Шустов Ю.С.



От ЗАО «Московского
ордена трудового Красного
Знамени обувной фабрики
«Парижская Коммуна»
зам. генер. директора
Татарчук И.Р.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по результатам научных исследований,
представленных в отчете МГУДТ, каф. Автоматики
31 июля 2013г.

1. Научные исследования, результаты которых представлены в данном отчете, выполнялись согласно Договору о научно-техническом сотрудничестве, заключенным между МГУДТ и ЗАО Московская ордена трудового Красного Знамени обувной фабрики «Парижская Коммуна» на период декабрь 2011 – декабрь 2013г.
В данном отчете представлены результаты исследований по направлению 2а: «Релаксационный контроль качества кож, поступающих для обувного производства на «Парижскую Коммуну», в период декабрь 2011 – июнь 2013г.
2. Проведены исследования 18 типов кож, используемых в обувном производстве, получены релаксационные характеристики и проведен сравнительный анализ этих характеристик по 11 показателям качества кож. Исследования проведены на высоком теоретическом и практическом уровне.
3. По результатам исследований дана рекомендация фабрике «Парижская Коммуна» приобрести один комплект прибора «RELAX-M» для опытной эксплуатации.
4. Для продолжения научно-технического сотрудничества между каф. Автоматики МГУДТ и обувной фабрики «Парижская Коммуна» провести совместный анализ возможных объектов автоматизации обувного производства.

Зав. каф. Автоматики МГУДТ
проф. Кочеров А.В.

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный
университет дизайна и технологии»
(ФГБОУ ВПО «МГУДТ»)

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МОСКОВСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ОБУВНАЯ
ФАБРИКА «ПАРИЖСКАЯ КОММУНА»

ДОГОВОР О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ:

Проведение научных исследований на тему: «Научные исследования особенностей обувного производства на московском обувном предприятии «Парижская Коммуна» с целью улучшения уровня автоматизации производства».

1. Исследования планируется проводить на обувном предприятии «Парижская Коммуна» и в МГУДТ, исполнители аспиранты каф. Автоматики Ясенков Д.А., Нахимовский К.А., Руководители: от МГУДТ зав. каф. Автоматики проф. Кочеров А.В. От «Парижская Коммуна»: *Татарчук И.Р.*

Предполагаемый период исследований: [январь– декабрь] 2014г.

2. Исследования проводятся в двух направлениях:

- А) релаксационный контроль качества кож, поступающих для обувного производства на «Парижскую Коммуну»- на приборе «RELAX» в МГУДТ, - выполняет асп. Ясенков Д.А.
- Б) анализ аппаратно-программного комплекса систем автоматизации на «Парижской Коммуне» с целью выработки рекомендаций по улучшению качества работы систем автоматизации и рекомендаций по внедрению новых программно-аппаратных средств-, -выполняет асп. Нахимовский К.А.

3. В конце каждого квартала МГУДТ предоставляет промежуточные отчеты по результатам исследований, в декабре 2014г. – заключительный отчет.

4. Данные исследования проводятся без предъявления каких-либо взаимных финансовых требований.

От МГУДТ
Проректор проф. Шустов Ю.С.

зав. каф. Автоматики
проф. Кочеров А.В.



От «Парижской Коммуны»:
Татарчук И.Р.



Техническое задание
к договору о техническом сотрудничестве
между МГУДТ и московским обувным предприятием «Парижская
Коммуна» с целью улучшения уровня автоматизации обувного
производства», 2012/2013 г.г.

1. Экспериментальные исследования планируется проводить
в МГУДТ, исполнители

а) аспиранты каф. Автоматики Ясенков Д.А.,
Нахимовский К.А.

б) аспирант каф. «Технологии кожи и меха» Черкашин И.В.
руководитель: зав. каф. Автоматики проф. Кочеров А.В.

2. Предполагаемый период исследований: ноябрь 2012г. –
декабрь 2013г.

Предприятие раз в месяц формирует пакет образцов обувных
материалов с приложением технических данных (поставщик,
назначение материала, стандартные показатели качества,
ориентировочная цена) и передает в МГУДТ.

Каждый образец не менее [70x70] мм., по каждому материалу не
менее 3х образцов.


3. Экспериментальные исследования проводятся на приборе
"RELAX" в МГУДТ. Результаты исследований оформляются
протоколом и передаются предприятию.

4. Данные исследования проводятся без предъявления каких-
либо взаимных финансовых требований.

От МГУДТ
Проректор проф. Костылева В.В

От «Парижской Коммуны»:
Татарчук И.Р.

зав. каф. Автоматики
проф. Кочеров А.В.

07.11.12. 



«УТВЕРЖДАЮ»

От МГУДТ:
Проректор МГУДТ
по научной работе
проф. Шустов Ю.С.



Шустов Ю. С.

«УТВЕРЖДАЮ»

От ЗАО МОФ
«Парижская коммуна»
зам. генер. директора
Татарчук И.Р.



Татарчук И. Р.

АКТ

Настоящий акт составлен представителями ЗАО МОФ «Парижская коммуна» и Московского государственного университета дизайна и технологии о том, что на ЗАО МОФ «Парижская коммуна» проведены исследования релаксационных характеристик кож в обувном производстве при помощи компьютерной установки по контролю релаксационных параметров «Relax», разработанной в Московском государственном университете дизайна и технологии (руководитель работ - к.т.н., проф. А. В. Кочеров, ответственный исполнитель - асп. Д. А. Ясенков).

Проведенная апробация показала, что установка благодаря которой можно получить широкий спектр релаксационных показателей может быть реализована в условиях современного обувного производства.

Существующая методика контроля физико-механических параметров позволяет на обувном предприятии определить предел прочности кожи, упругую и остаточную деформацию, условный модуль упругости кожи по ГОСТ 939-75. Принципиально новым подходом в исследовании является методика, основанная на том, что достаточно полную информацию о технологических и потребительских свойствах кожи дают её релаксационные характеристики. Метод разработан в Московском государственном университете дизайна и технологии и широко используется при исследовании материалов из кожи, полимеров и другого рода материалов. Основная задача заключается в точном, оперативном и автоматизированном определении полного комплекса релаксационных показателей упругих, вязких и пластических свойств и спектра времен релаксации кожи и подобных ей материалов без разрушения образца.

Для проведения исследований между МГУДТ и ЗАО МОФ «Парижская коммуна» был заключен договор о научно-техническом сотрудничестве. В первой партии для испытаний от ЗАО МОФ «Парижская Коммуна» было предоставлено 18 артикулов кожи, во второй партии - 23 артикула кожи. На основании проведенных исследований были выявлены

артикулы кож с наилучшими показателями модуля упругости и пластичности П, а также те образцы, которые оказались более жёсткими, но при этом формоустойчивыми.

Исследования проводились в течение 1.5 лет в период(01.01.2013г.-30 06.2014г.) в двух направлениях:

- релаксационный контроль качества кож, поступающих для обувного производства на «Парижскую коммуну» - на компьютерной установке «Relax»;

- анализ аппаратно-программного комплекса систем автоматизации на ЗАО МОФ «Парижская коммуна» с целью выработки рекомендаций по улучшению качества работы систем автоматизации и рекомендаций по внедрению новых программно-аппаратных средств.

Анализ полученных результатов позволил разработать статистически надежную модель по указанным релаксационным параметрам, т.е. статистически обоснованный стандарт релаксационных показателей кожи для обуви.

Рекомендуем разработанную систему к использованию на производстве, для определения и контроля полного спектра релаксационных показателей обувной продукции. Это позволит существенно улучшить потребительское качество выпускаемой готовой продукции.

Представители МГУДТ:
коммуна»:

к.т.н., профессор А.В. Кочеров


аспирант Д.А. Ясенков 

Представители ЗАО МОФ «Парижская



Приложение 6.

Пример расчета аппроксимации по одну из образцов кожи в компьютерных программах “RelaxData” для интеграции прибора с ЭВМ и получения файла данных испытания образца, программе “Relax2001” для обработки файла и получения результатов испытания образца и программы “ARW-15” для статистической обработки результатов нескольких испытаний и получения спектра. Приведены тексты программ на языке MathCAD.

```

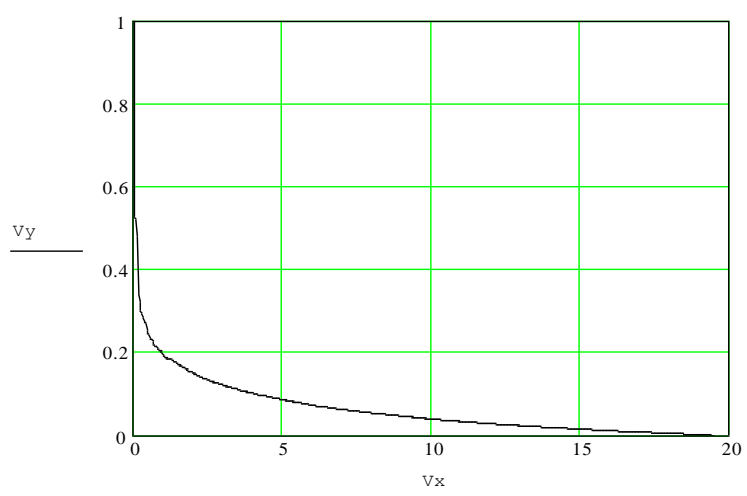
ARW-14 АППРОКСИМАЦИЯ И РАСЧЕТ ФУНКЦИЙ РЕЛАКСАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ
*****
Ввод данных:          VV := READPRN ("R002.Dat")          N := 02          Исходная матрица
Число строк данных:   i := 0.. (rows (VV) - 3)          данных с датчика
Столбцы данных-время
и положение индентора: hm := VV2, 1
Vxi := VVi+2, 0          h0 := VV0, 0          hm = 5.22
Vyi := VVi+2, 1          hn := VVrows (VV) -1, 1  hn = 1.99
                        hu := hm - hn          hu = 3.23
                        P1 := VV1, 1          P1 = 14
                        δ := VV1, 0          δ = 1
Сглаживание данных    Vy := medsmooth (Vy, 5)
Нормирование данных:  Vy :=  $\frac{Vy - VV_{rows (VV) -1, 1}}{VV_{2, 1} - VV_{rows (VV) -1, 1}}$ 
Vx := Vx - VV2, 0
Нормированная матрица
сложением столбцов:  VV := augment (Vx, Vy)

```

0.47	0
1	14
0.44	5.22
0.48	3.68
0.52	3.67
0.56	3.53
0.6	3.09
0.64	3.02
0.68	2.95
0.72	2.93
0.76	2.9
0.8	2.86
0.84	2.86
0.88	2.81
0.92	2.78
0.96	2.77

Vx _i =	Vy _i =
0	1
0.04	0.524
0.08	0.519
0.12	0.478
0.16	0.34
0.2	0.318
0.24	0.299
0.28	0.292
0.32	0.283
0.36	0.271
0.4	0.269
0.44	0.253
0.48	0.246
0.52	0.242
0.56	0.233
0.6	0.23

i := 0.. (rows (VV) - 2) Vx_i := (VV_{i, 0}) Vy_i := VV_{i, 1}
 Экспериментальная кривая



rows (VV) - 1 = 487

Аппроксимирующая функция - сумма двух экспонент
и ее частные производные по неизвестным параметрам
 $u_0=K_1$, $u_1=1/T_1$, $u_2=1/T_2$

$$F(t, u) \equiv \begin{bmatrix} u_0 \cdot e^{-t \cdot u_1} + (1 - u_0) \cdot e^{-t \cdot u_2} \\ e^{-t \cdot u_1} \cdot -e^{-t \cdot u_2} \\ -u_0 \cdot e^{-t \cdot u_1} \cdot t \\ -(1 - u_0) \cdot e^{-t \cdot u_2} \cdot t \end{bmatrix}$$

Наилучшее приближение

$$P := \text{genfit}(Vx, Vy, Vg, F)$$

Начальное приближение K_1, T_1, T_2 :

$$Vg \equiv \begin{pmatrix} 0.75 \\ 15.0 \\ 0.90 \end{pmatrix} \quad P = \begin{pmatrix} 0.7683 \\ 14.1112 \\ 0.2086 \end{pmatrix}$$

Результаты аппроксимации

$$K_1 := P_0$$

$$K_1 = 0.77$$

$$K_2 := 1 - K_1$$

$$K_2 = 0.23$$

$$X := \frac{K_1}{K_2}$$

$$X = 3.32$$

$$T_1 := \frac{1}{P_1}$$

$$T_1 = 0.07$$

$$T_2 := \frac{1}{P_2}$$

$$T_2 = 4.79$$

$$D := \sum_{i=3}^{\text{rows}(VV)-3} \frac{(VV_{i,1} - F(VV_{i,0}, P))_0^2 \cdot hu}{\text{rows}(VV) - 3}$$

$$\text{Дисперсия: } D = 3.89 \times 10^{-4}$$

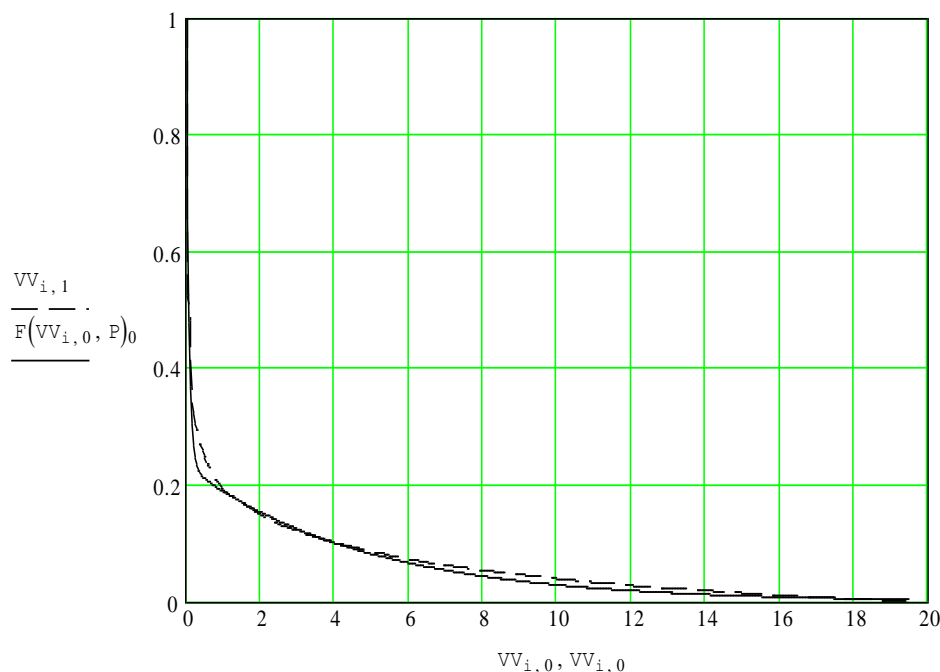
Точность, %
отнош. ср. кв.
к среднему

$$\Delta := \frac{(\sqrt{D}) \cdot 100}{hu}$$

$$\Delta = 0.61$$

$$i := 0 .. \text{rows}(VV)$$

Экспериментальная и аппроксимирующая кривые



***** РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЛАКСАЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ

Перемещения индентора
от нулевой плоскости,
определяемой калибровкой:

нулевое положение индентора $h_0 = 0.47$
(провисание образца)-
максимальный ход под нагрузкой- $h_m = 5.22$
установившееся положение $h_n = 1.99$
после разгрузки- $h_u = 3.23$

Относительные деформации:
-фиктивная от провисания $\epsilon_0 := 1.26 \cdot 10^{-3} \cdot h_0^2$ $\epsilon_0 = 2.82 \times 10^{-4}$
-полная $\epsilon_m := 1.26 \cdot 10^{-3} \cdot h_m^2 - \epsilon_0$ $\epsilon_m = 0.034$
-пластическая $\epsilon_n := 1.26 \cdot 10^{-3} \cdot h_n^2 - \epsilon_0$ $\epsilon_n = 4.7 \times 10^{-3}$
-упругая суммарная $\epsilon_u := \epsilon_m - \epsilon_n$ $\epsilon_u = 0.03$

После аппроксимации
экспериментальной кривой
упругого восстановления
определяются:

 $T_1 = 0.07$ $K_1 = 0.77$
 $T_2 = 4.79$ $K_2 = 0.23$

После чего определяются
составляющие упругой
деформации:
-мгновенная упругая $\epsilon_{mu} := K_1 \cdot \epsilon_u$ $\epsilon_{mu} = 0.02$
-высокоэластическая $\epsilon_{ve} := K_2 \cdot \epsilon_u$ $\epsilon_{ve} = 6.79 \times 10^{-3}$

Нагрузка, Н $P_1 = 14$
Толщина, мм $\delta = 1$

Среднее напряжение
по меридиану, МПа:

 $\sigma := 0.32 \cdot \frac{P_1}{h_m \cdot \delta}$ $\sigma = 0.86$

Модули упругости, МПа:
-мгновенно-упругий $E_1 := \frac{\sigma}{\epsilon_{mu}}$ $E_1 = 38.15$

-высокоэластический $E_2 := \frac{\sigma}{\epsilon_{ve}}$ $E_2 = 126.53$

-равновесный $E_3 := \frac{\sigma}{\epsilon_u}$ $E_3 = 29.31$

Коэффициенты вязкости:
 $n_1 := T_1 \cdot E_1$ $n_1 = 2.7$
 $n_2 := T_2 \cdot E_2$ $n_2 = 606.5$
 $n_3 := 30 \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_n}$ $n_3 = 5.48 \times 10^3$

	0	1
	0.04	0.524
	0.08	0.519
	0.12	0.478
	0.16	0.34
	0.2	0.318
	0.24	0.299
$VV =$	0.28	0.292
	0.32	0.283
	0.36	0.271
	0.4	0.269
	0.44	0.253
	0.48	0.246
	0.52	0.242
	0.56	0.233
	0.6	0.23

Дополнительные характеристики:

Пластичность- $\Pi := \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_m} \cdot 100$ $\Pi = 13.84$

Упругость- $\gamma := \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_m} \cdot 100$ $\gamma = 86.16$ $\Pi + \gamma = 100$

Компоненты упругости- $M\gamma := \frac{\varepsilon_{mu}}{\varepsilon_m} \cdot 100$ $M\gamma = 66.2$

$B\gamma := \frac{\varepsilon_{ve}}{\varepsilon_m} \cdot 100$ $B\gamma = 19.96$ $M\gamma + B\gamma = 86.16$

Характер подвижности структуры- $X := \frac{K1}{K2}$ $X = 3.32$ $\frac{M\gamma}{B\gamma} = 3.32$

Точность аппроксимации по дисперсии D,% : $\Delta := \frac{\sqrt{D}}{hu} \cdot 100$ $\Delta = 0.61$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦА

Params of models:	Moduls:
*****	*****
$p1 = 14$ $\delta = 1$	$E1 = 38.15$ $\Pi = 13.84$
$\sigma = 0.86$ $T1 = 0.07$	$E2 = 126.53$ $\gamma = 86.16$
$hm = 5.22$ $T2 = 4.79$	$E3 = 29.31$ $X = 3.32$
$\varepsilon_m = 0.03$ $K1 = 0.77$	$n1 = 2.7$
$\varepsilon_n = 4.7 \times 10^{-3}$ $\Delta = 0.61$	$n2 = 606.5$
	$n3 = 5.48 \times 10^3$

Строка данных для матрицы программы статобработки:

$$AA := (N \quad \sigma \quad E1 \quad E2 \quad E3 \quad n1 \quad n2 \quad n3 \quad T1 \quad T2 \quad K1 \quad P \quad X)$$

$$AA = (2 \quad 0.86 \quad 38.15 \quad 126.53 \quad 29.31 \quad 2.7 \quad 606.5 \quad 5.48 \times 10^3 \quad 0.07 \quad 4.79 \quad 0.77 \quad 13.84 \quad 3.32)$$

Пример протокола испытания по образцу № 19 артикула кожи "Асоль океан", расчет упругих, пластических, вязко-подвижных характеристик и построение спектров релаксации выполнен в компьютерной программе MathCAD.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦА №19 (Асоль океан)

Считывание данных: M := READPRN("Result7.1.txt")

M =	0.725	15.31	38.25	10.93	0.422	87.41	1137.3	0.028	2.285
	0.784	19.26	92.61	15.94	0.493	244.83	1140.9	0.026	2.644
	0.715	12.33	122.57	11.2	0.433	337.23	969.4	0.035	2.751
	0.725	17.59	35.84	11.8	0.51	66.48	948.7	0.029	1.855
	0.731	14.74	44.21	11.05	0.808	95.13	1129.8	0.055	2.152

N := 1
 i := 0..4
 σ := M⁽⁰⁾
 E1 := M⁽¹⁾
 E2 := M⁽²⁾
 E3 := M⁽³⁾

N1 := M⁽⁴⁾ N2 := M⁽⁵⁾ N3 := M⁽⁶⁾ T1 := M⁽⁷⁾ T2 := M⁽⁸⁾ K1 := M⁽⁹⁾

Статистическая обработка:
 Среднее-mean mean(T1) = 0.035 mean(T2) = 2.337 mean(K1) = 0.774
 Ошибка опыта $\frac{\text{stdev}(T1)}{\text{mean}(T1)} \cdot 100 = 30.728$ $\frac{\text{stdev}(T2)}{\text{mean}(T2)} \cdot 100 = 13.993$ $\frac{\text{stdev}(K1)}{\text{mean}(K1)} \cdot 100 = 10.946$

Аппроксимация степенными функциями σ_i := log(σ_i)

E3_i := log(E3_i) E1_i := log(E1_i) E2_i := log(E2_i)
 a1 := intercept(σ, E3) a6 := intercept(σ, E1) a7 := intercept(σ, E2)
 b1 := slope(σ, E3) b6 := slope(σ, E1) b7 := slope(σ, E2)
 a1 = 1.636 a6 = 1.67 a7 = 2.351
 b1 = 4.161 b6 = 3.565 b7 = 4.373

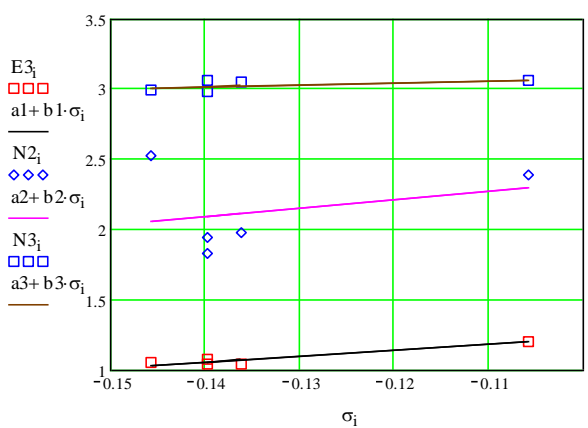
N2_i := log(N2_i) N3_i := log(N3_i) N1_i := log(N1_i)
 a2 := intercept(σ, N2) a3 := intercept(σ, N3) a8 := intercept(σ, N1)
 b2 := slope(σ, N2) b3 := slope(σ, N3) b8 := slope(σ, N1)
 a2 = 2.901 a3 = 3.211 a8 = -0.227
 b2 = 5.765 b3 = 1.391 b8 = 0.441

Характер подвижности:
 X := $\frac{\text{mean}(K1)}{1 - \text{mean}(K1)}$ X = 3.433

Пластичность P = $\begin{pmatrix} 22.379 \\ 29.535 \\ 25.739 \\ 27.174 \\ 22.685 \end{pmatrix}$
 $\frac{\text{stdev}(P)}{\text{mean}(P)} \cdot 100 = 10.638$
 P := mean(P) P = 25.503

E1(σ) := a6 + b6 · (σ)
 E2(σ) := a7 + b7 · (σ)
 E3(σ) := a1 + b1 · (σ)
 N1(σ) := a8 + b8 · (σ)
 N2(σ) := a2 + b2 · (σ)
 N3(σ) := a3 + b3 · (σ)

Приведение к σ = МПа
 σ := -0.3 10^σ = 0.501
 E1 := 10^{E1(σ)} E1 = 3.988
 E2 := 10^{E2(σ)} E2 = 10.935
 E3 := 10^{E3(σ)} E3 = 2.442
 N1 := 10^{N1(σ)} N1 = 0.437
 N2 := 10^{N2(σ)} N2 = 14.831
 N3 := 10^{N3(σ)} N3 = 622.445
 P = 25.503



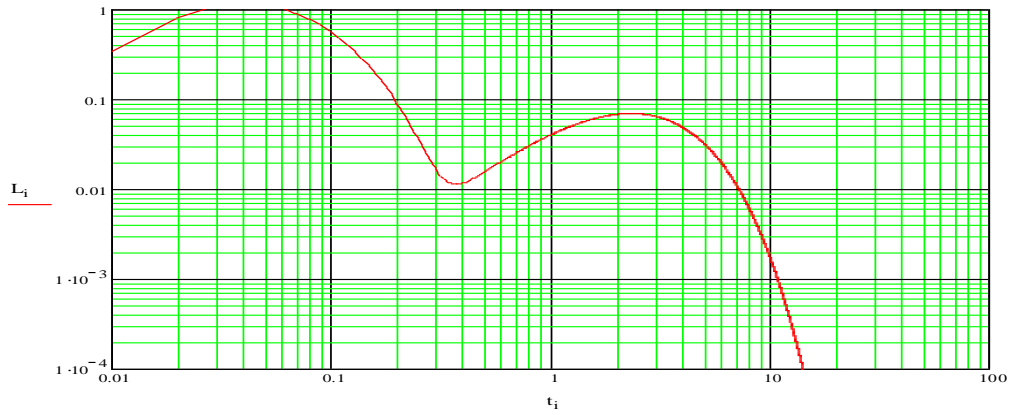
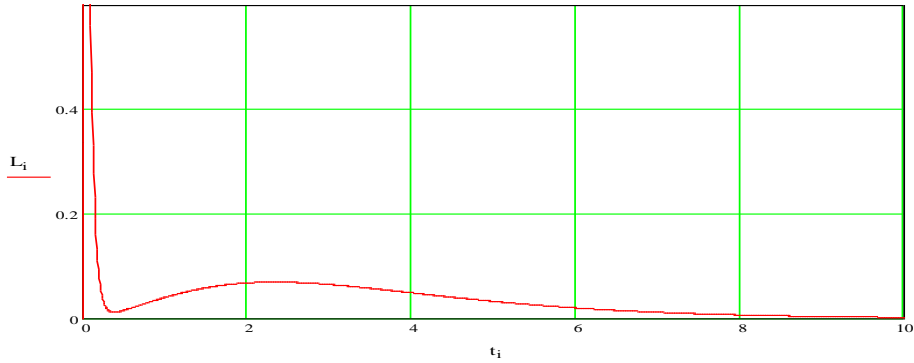
σ := 10^σ T1 := mean(T1) T2 := mean(T2) K1 := mean(K1)

AA := (N σ E1 E2 E3 N1 N2 N3 T1 T2 K1 P X)
 AA = (1 0.501 3.988 10.935 2.442 0.437 14.831 622.445 0.035 2.337 0.774 25.503 3.433)

*****ПОСТРОЕНИЕ СПЕКТРА *****

$$i := 0..3000 \quad t_i := \frac{i}{100} \quad K2 := 1 - K1 \quad e1_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T1}\right) \quad e2_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T2}\right)$$

$$L_{\text{мк}} := 2.52 \cdot \frac{(t_i)^2}{\sigma} \left[\left[\left(\frac{K1}{T1} \cdot e1_i \right) + \left(\frac{K2}{T2} \cdot e2_i \right) \right]^2 + (K1 \cdot e1_i + K2 \cdot e2_i) \cdot \left(\frac{K1}{T1^2} \cdot e1_i + \frac{K2}{T2^2} \cdot e2_i \right) \right]$$



Возврат к натуральным переменным
 $\sigma := M^{(0)}$ $E3 := M^{(3)}$ $N2 := M^{(5)}$ $N3 := M^{(6)}$

Оценка точности: ошибка опыта, D%

$$D2 := \sqrt{\frac{\frac{1}{5} \cdot \sum_{i=0}^4 [N2_i - 10^{a2} \cdot (\sigma_i)^{b2}]^2}{\text{mean}(N2)}} \cdot 100$$

D2 = 64.7

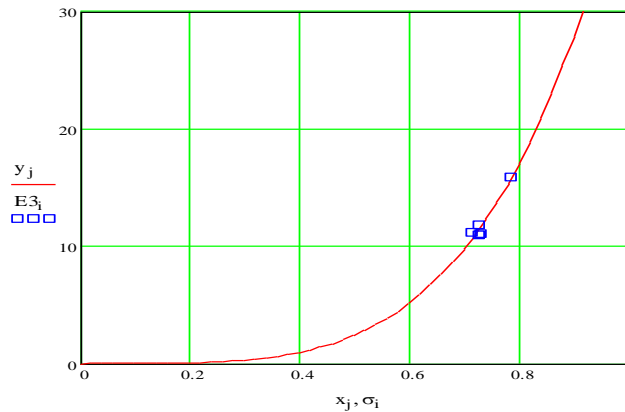
$$D1 := \sqrt{\frac{\frac{1}{5} \cdot \sum_{i=0}^4 [E3_i - 10^{a1} \cdot (\sigma_i)^{b1}]^2}{\text{mean}(E3)}} \cdot 100$$

D1 = 3.938

$$D3 := \sqrt{\frac{\frac{1}{5} \cdot \sum_{i=0}^4 [N3_i - 10^{a3} \cdot (\sigma_i)^{b3}]^2}{\text{mean}(N3)}} \cdot 100$$

D3 = 6.869

$$j := 0..500 \quad x_j := \frac{j}{50} \quad y_j := 10^{a1} \cdot (x_j)^{b1} \quad a1 = 1.636 \quad b1 = 4.161$$



$E3 =$	$\begin{pmatrix} 10.93 \\ 15.94 \\ 11.2 \\ 11.8 \\ 11.05 \end{pmatrix}$	$\sigma =$	$\begin{pmatrix} 0.725 \\ 0.784 \\ 0.715 \\ 0.725 \\ 0.731 \end{pmatrix}$
--------	---	------------	---

$$P_i := \frac{100}{1 + \frac{N3_i}{30E3_i}}$$

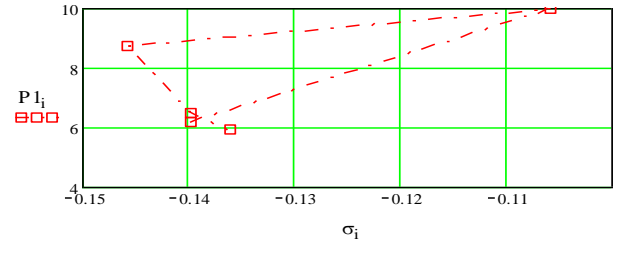
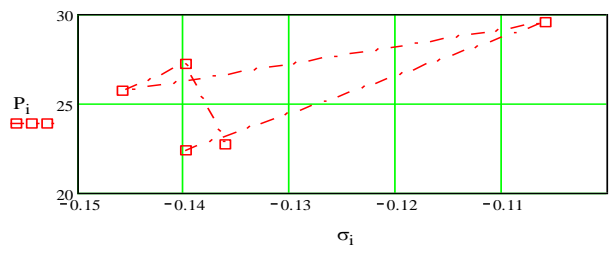
$\text{mean}(P) = 25.503$
 $\frac{\text{stdev}(P)}{\text{mean}(P)} \cdot 100 = 10.638$

$$P = \begin{pmatrix} 22.379 \\ 29.535 \\ 25.739 \\ 27.174 \\ 22.685 \end{pmatrix}$$

$$P1_i := \frac{100}{1 + \frac{N3_i}{3 \cdot T2_i \cdot E3_i}}$$

$\text{mean}(P1) = 7.455$
 $\frac{\text{stdev}(P1)}{\text{mean}(P1)} \cdot 100 = 21.466$

$$P1 = \begin{pmatrix} 6.181 \\ 9.977 \\ 8.705 \\ 6.474 \\ 5.939 \end{pmatrix}$$



Приложение 8.

По данным эксперимента в программе MathCAD были рассчитаны статистические характеристики: выборочные среднеквадратические отклонения (СКО), доверительные интервалы, относительный разброс параметров (ошибка). В качестве примера приведён расчет по артикулу кожи № 23.

**Статистика по данным эксперимента 21.04.14, кожа Артикул № 23,
"Лазурь Красная", толщина 1.1 мм, образец №68
1. пост. времени T1**

$$N := 5 \quad i := 1..N$$

$$a_i :=$$

$$A := \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i a_i \quad A = 0.073$$

0.096
0.077
0.078
0.082
0.034

$$s1 := \sqrt{\left(\frac{1}{N-1}\right) \cdot \sum_i (a_i - A)^2}$$

$$s1 = 0.023$$

Параметр Стьюдента
(при P=0.95, N=5)

$$t := 2.78$$

$$B := A - t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$G := A + t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$\{0.024 < A < 0.053\}_{P=0.95}$$

$$B = 0.044$$

$$G = 0.102$$

Относительная ошибка, %:
(при P=0.95, N=5)

$$\varepsilon := \left(\frac{s1 \cdot 100}{A}\right) \quad \varepsilon = 31.741 \quad \%$$

**Статистика по данным эксперимента 21.04.14, кожа Артикул № 23, "Лазурь
Красная", толщина 1.1 мм, образец №68
2. пост. времени T2**

$$N := 5 \quad i := 1..N$$

$$a_i :=$$

2.100
2.549
2.197
2.161
2.598

$$A := \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i a_i \quad A = 2.321$$

$$s1 := \sqrt{\left(\frac{1}{N-1}\right) \cdot \sum_i (a_i - A)^2} \quad s1 = 0.234$$

Параметр Стьюдента
(при P=0.95, N=5)

$$t := 2.78$$

$$B := A - t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$G := A + t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$\{1.87 < A < 2.573\}_{P=0.95}$$

$$B = 2.03$$

$$G = 2.612$$

Относительная ошибка, %:
(при P=0.95, N=5)

$$\varepsilon := \left(\frac{s1 \cdot 100}{A}\right) \quad \varepsilon = 10.07 \quad \%$$

Статистика по данным эксперимента 21.04.14, кожа Артикул № 23, "Лазурь Красная", толщина 1.1мм, образец №68
3.коэффиц. передачи K1

$$N := 5 \quad i := 1..N$$

$$a_i :=$$

0.747
0.900
0.901
0.793
0.761

$$A := \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i a_i \quad A = 0.82$$

$$s1 := \sqrt{\left(\frac{1}{N-1}\right) \cdot \sum_i (a_i - A)^2} \quad s1 = 0.075$$

Параметр Стьюдента
(при P=0.95, N=5)

$$t := 2.78$$

$$B := A - t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$G := A + t \cdot \frac{s1}{\sqrt{5}}$$

$$B = 0.727$$

$$G = 0.914$$

$$\{0.789 < A < 0.831\}_{P=0.95}$$

Относительная ошибка, %:
(при P=0.95, N=5)

$$\varepsilon := \left(\frac{s1 \cdot 100}{A}\right) \quad \varepsilon = 9.142 \quad \%$$

Статистика по данным эксперимента 21.04.14, кожа Артикул № 23, "Лазурь Красная", толщина 1.1мм, образец №68
4.подвижность X

$$N := 5 \quad i := 1..N$$

$$k_i :=$$

0.096
0.077
0.078
0.082
0.034

$$a_i := \frac{k_i}{1 - k_i}$$

$$a_i =$$

0.106
0.083
0.085
0.089
0.035

$$A := \left(\frac{1}{N}\right) \cdot \sum_i a_i$$

$$A = 0.08$$

$$s1 := \sqrt{\left(\frac{1}{N-1}\right) \cdot \sum_i (a_i - A)^2} \quad s1 = 0.027$$

Параметр Стьюдента t_a
(при $P=0.95$, $N=5$)

$$t := 2.78$$

$$B := A - t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$G := A + t \cdot \frac{s1}{\sqrt{5}}$$

$$B = 0.047$$

$$G = 0.113$$

$$\{0.789 < A < 0.831\}_{P=0.95}$$

Относительная ошибка ε , %:
(при $P=0.95$, $N=5$)

$$\varepsilon := \left(\frac{s1 \cdot 100}{A} \right)$$

$$\varepsilon = 33.253$$

Статистика по данным эксперимента 21.04.14, кожа Артикул № 23, "Лазурь Красная", толщина 1.1мм, образец №68
5.пластичность Р

$$a_i :=$$

$$N := 5$$

$$i := 1..N$$

9.946
7.619
14.11
8.929
15.95

$$A := \left(\frac{1}{N} \right) \cdot \sum_i a_i$$

$$A = 11.311$$

$$s1 := \sqrt{\left(\frac{1}{N-1} \right) \cdot \sum_i (a_i - A)^2}$$

$$s1 = 3.554$$

Параметр Стьюдента t_a
(при $P=0.95$, $N=5$)

$$t := 2.78$$

$$B := A - t \cdot \frac{s1}{\sqrt{N}}$$

$$G := A + t \cdot \frac{s1}{\sqrt{5}}$$

$$B = 6.892$$

$$G = 15.729$$

$$\{0.789 < A < 0.831\}_{P=0.95}$$

Относительная ошибка ε , %:
(при $P=0.95$, $N=5$)

$$\varepsilon := \left(\frac{s1 \cdot 100}{A} \right)$$

$$\varepsilon = 31.421$$