

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)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО Московском государственном университете дизайна и технологии на кафедре «Автоматики и промышленной электроники»

Научный руководитель: кандидат технических наук,
профессор кафедры «Автоматики и промышленной
электроники»

Кочеров Анатолий Васильевич

Официальные оппоненты: **Жаворонков Александр Иванович**,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Моделирование, конструирование
и дизайн» Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал) Донского
Государственного технического университета

Ермаков Александр Станиславович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Бизнес-технологий в
туризме и гостеприимстве» Российского
Государственного Университета туризма и
сервиса

Ведущая организация: **ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
МОСКОВСКАЯ ОБУВНАЯ ФАБРИКА
«ПАРИЖСКАЯ КОММУНА»
(г. Москва)**

Защита состоится «__» _____ 2015 г. в ____ часов на заседании
диссертационного совета Д 212.144.03 в Московском государственном
университете дизайна и технологии по адресу:
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московского
государственного университета дизайна и технологии»

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета проф., к.т.н.

Андреев Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. 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. 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 заключается в исследовании и совершенствовании систем автоматизации технологических процессов с применением мехатронных систем, автоматически определяющих релаксационные характеристики материала в ходе его обработки с помощью специального программного обеспечения. В создании экспериментальных и теоретических моделей релаксации с применением современной технологической установки, а также необходимого программного обеспечения для достижения новых результатов в теоретическом и практическом исследовании релаксации кожи. Для достижения поставленной цели в работе:

- рассмотрены технологические циклы операций, выполняемые при обработке полуфабриката на кожевенных заводах;
- исследован метод двухосного определения релаксационных параметров с помощью установки «Relax»;

- проведен сравнительный анализ метода по определению физико-механических параметров с помощью разрывной машины на обувном предприятии;

- разработан алгоритм формирования базы данных по спектрам релаксационных параметров;

- проведен анализ получения данных по средству статистической обработки;

- рассмотрен принцип автоматизированного контроля получения и обработки данных на предприятиях легкой промышленности;

- рассмотрены способы при помощи которых можно объединить в систему полученные релаксационные параметры с дальнейшим применением на предприятии ЗАО МОФ «Парижская коммуна».

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются обувные и кожгалантерейные изделия, процесс их формуемости и приформовываемости – способность в период носки принимать формы стопы. Для исследования объектов и решения поставленных в работе задач применялась комплексная методика исследований, включающая: поиск и сбор информации; историко-аналитический и структурно-графический анализ; проведение статистического анализа; классификация и систематизация полученных данных; программирование; теоретические и практические основы разработки программного обеспечения по контролю данных.

Научная новизна работы:

- новый метод получения деформационных параметров при двухосном растяжении, позволил сформировать алгоритм для создания базы с релаксационными параметрами. Метод зарекомендовал себя с положительной стороны, как превосходящий стандартные испытания по ряду деформационных параметров одноосного, метода разрывной машины;

- впервые, 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 проанализировано и разработано программное обеспечение, с помощью которого осуществляется контроль полученных релаксационных параметров. Для реализации этой задачи было предложено несколько вариантов, характеризующиеся уровнем сложности и функциональной возможностью;

- впервые удалось разработать базу данных, позволяющей систематизировать полученные релаксационные параметры, с целью улучшения качества выпускаемой готовой продукции на обувной фабрике «Парижская коммуна».

Практическая значимость и реализация работы:

- методика получения, обработки и систематизации данных показала высокую оценку при использовании не только в лабораторных условиях университета, но и внедрения совершенных методов на производствах легкой промышленности;

- испытания, проводимые на установке «Relax» показали, что в кратчайшее время можно получить полный спектр релаксационных данных, состоящий из 12 параметров;

- полученные релаксационные параметры позволяют сформировать статистически надёжную модель, которая в дальнейшем позволит обувному предприятию сделать выбор, при улучшении потребительские свойств обуви;

- анализ способов по получению релаксационных данных на производствах легкой промышленности, позволил выбрать наиболее оптимальный для проведения усовершенствования разработанной программы по контролю за набором релаксационных характеристик кож;

- получение, применение и дальнейшая систематизация материала исследования послужит хорошим вкладом в науку и позволит развивать и совершенствовать учебные пособия для студентов профильного направления;

- для реализации поставленных задач обувной фабрике «Парижская коммуна» в качестве реализации пилотного проекта по исследованию релаксационных параметров было предложено приобрести один комплект прибора «Relax» для опытной эксплуатации в течение 2014 г. Это позволило бы обеспечить более высокий научно-технический уровень контроля качественных показателей кожевенных материалов, используемых при изготовлении обуви.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается применением современных информационных технологий, корректным использованием методов статистического анализа, апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати, конференциях, семинарах, учебном процессе, а также актами производственной апробации разработанных методов и положительной их оценкой на предприятиях обувной и кожгалантерейной промышленности.

Апробация и реализация результатов работы. Основные положения диссертации и результаты работы доложены и получили положительную оценку на 64-ой научной конференции «Молодые ученые МГУДТ – XXI веку» (Москва, 2012), международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, 2013).

Результаты экспериментов включены в три отчета о проведенной научно-исследовательской работы и представлены ЗАО МОФ «Парижская коммуна» в 2012-2014 г.

Основные результаты работы прошли апробацию в ЗАО МОФ «Парижская коммуна», по которым была дана положительная оценка.

Публикации. Основные положения проведенных исследований опубликованы в 5 научных статьях и 3 отчетах, из них три в научных изданиях, включенных в список, утвержденный Высшей Аттестационной Комиссией.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, включающего 87 библиографических и электронных источников и восьми приложений. Работа изложена на 135 страницах машинного текста, содержит 63 рисунка и 5 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулированы цель и основные задачи; определены объекты и методы исследования; отражены научная новизна и практическая значимость работы, апробация полученных результатов.

В первой главе рассмотрены методы, проводимые при автоматизации предприятий и представляющих определенную сложность из-за разнообразия технологических операций. Как известно, кожевенные и обувные предприятия по категории выпускаемой продукции относятся к наиболее вредным, на них присутствует агрессивная химическая среда при обработке полуфабриката. Технологические процессы включают в себя физические, механические и химические процессы, а также вспомогательные циклы, такие как сушка и измельчение, изготовление различного рода жидкостей и растворов.

Рассмотрено и определено, что автоматизация предприятий осуществляется таким образом, что бы каждый цикл производства был под контролем отдельного элемента автоматизации, для этого вполне применимо микропроцессорное управление. Внедрение современных технологий на кожевенном и обувном производстве позволит существенно улучшить качество выпускаемой продукции. Полностью автоматизировать все процессы производства довольно сложно, на некоторых из них ручной труд является незаменимым на сегодняшний день.

Выявлен ряд технологических операций, которые являются крайне вредными и при ручной обработке наносят вред здоровью человека. Рассмотрен метод по получению физико-механических параметров на предприятиях обувной промышленности. Метод с применением разрывной машины считается наиболее распространённым в получении физико-механических параметров.

Во второй главе представлены методы исследования при одноосном и двухосном растяжении под действием нагрузки. При рассмотрении метода одноосного растяжения было выявлено, что механические показатели испытуемых образцов кожи исследуются только на растяжение. Релаксационный спектр показателей ограничен, а по продолжительности, процесс получения занимает много времени.

Получение деформационных параметров при двухосном растяжении является совершенным при определении вязкоупругих показателей и получения полного спектра релаксационных характеристик. В ходе проведения анализа, выяснено, что установка «Relax», состоит из трёх главных частей: механического блока нагружения образца, датчика линейного перемещения и аналого-цифрового преобразователя. Подробная схема с обозначением всех элементов установки, представлена на рис. 2, а то как происходит процесс деформации образца, показано на рис. 3.

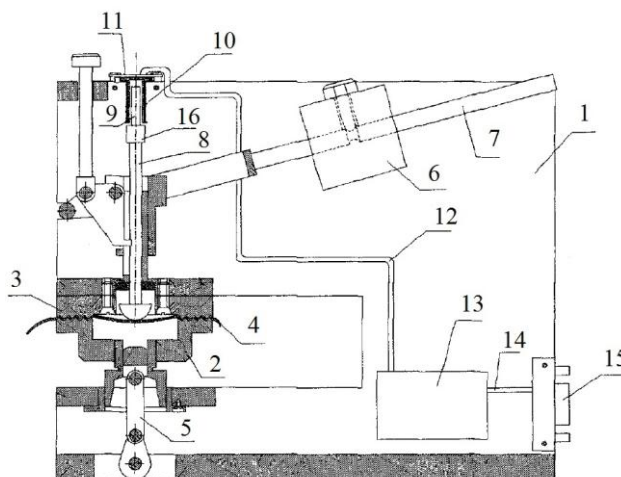


Рис. 2 Конструкция компьютерной установки «Relax»

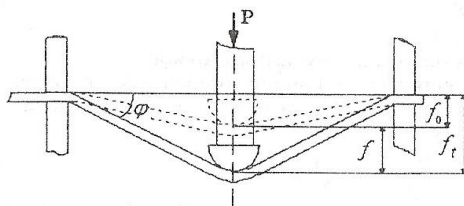


Рис. 3 Схема деформирования образца при испытании на двухосное нагружение

При проведении исследований, рассмотрен процесс снятия нагрузки под силой P , математическое описание которого представлено далее:

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

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

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

$$\varepsilon(t) = f[f(t)] \quad (3)$$

Операция по аппроксимированию параболой описывается:

$$\varepsilon(t) = A \cdot f^2(t) \quad (4)$$

Действие силы P и создаваемое напряжение σ_0 при взаимодействии на исследуемый образец кожи описывается следующими уравнениями:

$$P = \sigma_0 \cdot \pi \cdot r \cdot d \cdot \sin \alpha, \quad \sigma_0 = \frac{P}{\pi \cdot h \cdot (r + R) \sin \alpha} \quad (5)$$

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

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

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_2(t)}; \quad E_2 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_2(t) - \varepsilon_3(t)}; \quad E_n = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_1(t) - \varepsilon_3(t)}; \quad \eta_1 = T_1 \cdot E_1; \quad \eta_2 = T_2 \cdot E_2; \quad (6)$$

$$\eta_3 = \Delta t \cdot \frac{\sigma_0}{\varepsilon_3(t)}.$$

Выявлено, что производство качественной и конкурентно способной обувной продукции зависит от одного из главных качественных показателей – формоустойчивости готовой продукции. Этот показатель характеризуется прежде всего тем, что в период носки обуви она долгое время сохраняет правильную форму.

В работе, частично затронуты методы, показывающие поведение полуфабриката под воздействием теплового воздействия, а также влажно-тепловой обработки. Известно, что основополагающим процессом при влажно-тепловой обработке является – гигротермия. При воздействии оказывается физическое влияние на технологические характеристики кожи.

В третьей главе при исследовании релаксационных показателей задействован метод компьютерного анализа с помощью установки «Relax». Установка позволяет 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.

При физическом воздействии на образец происходят деформации 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. На рис. 4 схематично показаны этапы происходящие под воздействием силы, это

мгновенно-упругая деформация (а), система поршень-цилиндр с вязкой жидкостью (б) и высокоэластической (запаздывающей) деформации.

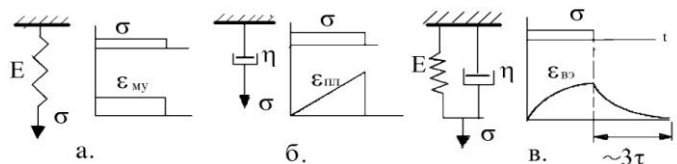


Рис. 4 Деформационные процессы по системам

Во время исследования образца может возникнуть также и остаточная (пластическая деформация), её возникновение способствует неконтролируемому перемещению молекул.

Проведённые математические расчёты показывают, 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).

Полную деформацию можно представить в виде трёх слагаемых:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\mu} + \varepsilon_{\text{вэ}} + \varepsilon_{\text{пл}}, \quad \varepsilon = \sigma/E_1 (1 - e^{-t/\tau_1}) + \sigma/E_2 (1 - e^{-t/\tau_2}) + \sigma \Delta t/\eta_3, \quad (7)$$

где E_1, E_2 – модули мгновенной 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 – длительность нагрузки.

Ещё одной важной чертой при деформации кожи является её способность запоминать все предыдущие воздействия, производимые на неё в процессе исследования.

На протяжении 1.5 лет мной проводились исследования по контролю релаксационных свойств кожи верха обуви. Между МГУДТ и ЗАО МОФ «Парижская коммуна» были заключены договорные отношения о научно-техническом сотрудничестве на тему «Исследование релаксационных характеристик материалов, используемых в производстве обуви». Первый договор был заключён с декабря 2011 г. по июнь 2013 г., второй с февраля по май 2014 г. От ЗАО МОФ «Парижская коммуна» на исследование было предоставлено 41 артикула кож.

В исследовании задействованы программы «RelaxData» и «Relax2001» по каждому артикулу кожи проводилось исследование по трем образцам (квадрат [100x100] и прямоугольник [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. По полученным релаксационным параметрам была проведена статистическая обработка в программе-шаблоне

«RelaxStat» математического комплекса «MathCAD», полученные результаты выводились в итоговой таблице 1, состоящую из 12 основных определяемых параметров кожи. В таблице указаны первые шесть артикулов кож из второй партии (по 3 образца из каждого артикула), предоставленной от ЗАО МОФ «Парижская коммуна».

В полученных экспериментальных данных, важную роль характеризуют параметры модели релаксации ($T1$, $T2$, $K1$) и дополнительные параметры: пластичности (I), показатель подвижности структуры (X), упругость (Y) и компоненты упругости (MU и $BЭ$).

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

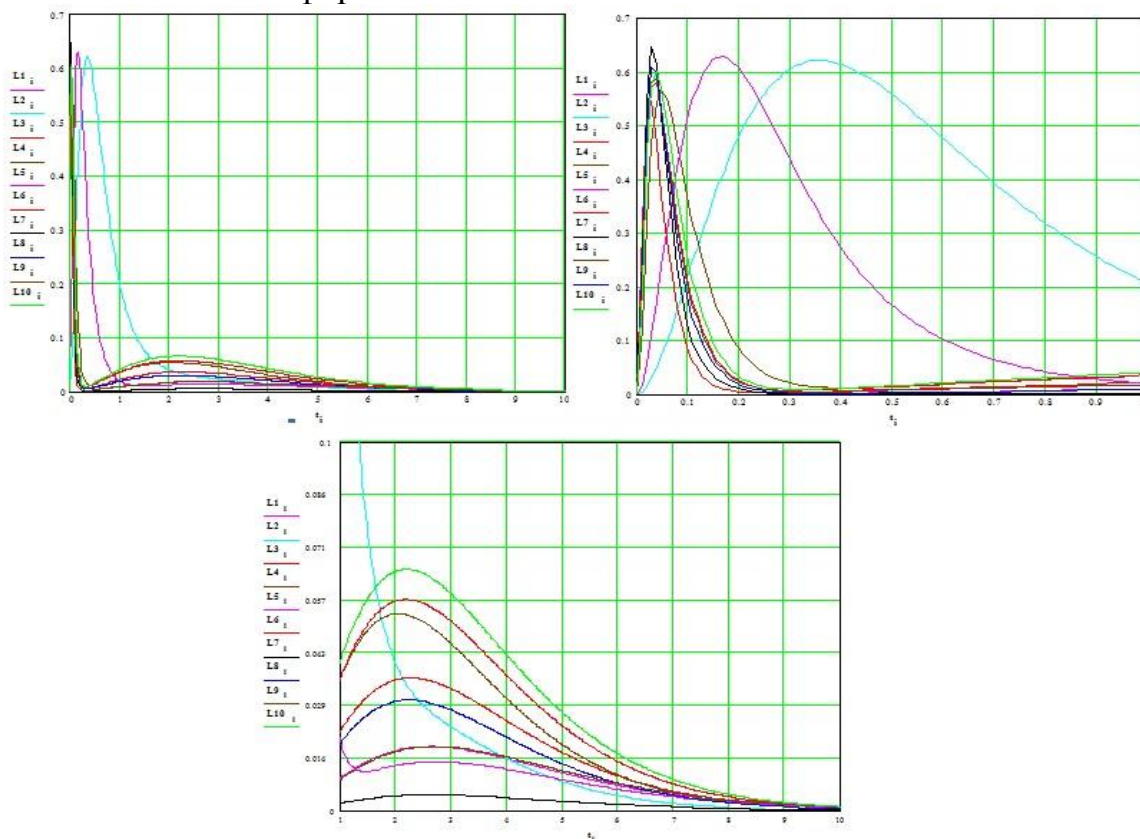


Рис. 5 Спектры релаксации: область быстрообратимых и медленнообратимых деформаций образцов кож №№ 1 – 10

Производился расчет суммы экспонент (8), модели релаксации во времени (9) и спектров постоянных времён релаксации (10-11), по их итогам строились графики спектров релаксации, представленных на рис. 5.

$$h(t) = K_1(e^{-t/T1}) + K_2(e^{-t/T2}), \quad K_1 + K_2 = 1 \quad (8)$$

$$Y(t) = K1 * \exp(-t/T1) + (1 - K1) * \exp(-t/T2) \quad (9)$$

$$L_i := 2.52 \cdot \frac{(t_i)^2}{\sigma} \cdot \left[\left[\left(\frac{K1}{T1} \cdot e1_i \right) + \left(\frac{K2}{T2} \cdot e2_i \right) \right]^2 + (K1 \cdot e1_i + K2 \cdot e2_i) \cdot \left[\frac{K1}{(T1)^2} \cdot e1_i + \frac{K2}{(T2)^2} \cdot e2_i \right] \right] \quad (10)$$

$$e1_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T1}\right) \quad e2_i := \exp\left(\frac{-t_i}{T2}\right) \quad (11)$$

N	σ, МПа	E1, МПа	E2, МПа	E3, МПа	N1, МПа.с	N2, МПа.с	N3, МПа.с	T1, с	T2, с	K1	П, %	X
1	0.501	8.94	45.41	7.34	0.3	113.75	259.51	0.034	2.63	0.84	38.47	5.57
2	0.501	9.86	41.72	7.83	0.31	75.61	753.51	0.031	1.97	0.8	25.52	3.99
3	0.501	12.30	20.47	8.20	0.68	38.87	572.46	0.03	2.28	0.77	24.96	3.36
4	0.501	12.33	36.29	9.20	1.40	91.17	1111.56	0.042	2.06	0.72	20.60	2.61
5	0.501	10.26	148.58	9.84	0.49	320.59	719.97	0.154	2.74	0.86	50.22	6.16
6	0.501	9.46	25.82	6.90	0.46	62.21	799.86	0.029	2.20	0.71	19.83	2.52
7	0.501	11.49	89.52	13.29	0.21	207.26	4.31	0.03	2.67	0.92	32.28	11.43
8	0.501	8.87	4.78	5.07	0.39	7.50	406.51	0.032	2.25	0.79	21.89	3.87
9	0.501	4.74	27.70	3.84	0.52	71.18	907.90	0.03	2.71	0.84	20.76	5.25
10	0.501	4.45	11.75	3.16	0.12	140.62	1905.39	0.033	2.21	0.73	22.71	2.78
11	0.501	7.32	16.51	5.07	0.76	35.27	637.59	0.031	2.28	0.71	21.49	2.49
12	0.501	6.06	17.62	4.48	0.9	58.13	757.97	0.03	2.08	0.72	20.53	2.68
13	0.501	6.66	53.47	5.88	0.42	126.12	1375.1	0.035	2.22	0.80	19.59	4.02
14	0.501	7.56	21.15	5.66	0.47	46.01	383.46	0.04	2.12	0.84	24.87	5.45
15	0.501	8.29	27.71	6.32	0.46	58.97	695.68	0.044	2.21	0.76	25.19	3.21
16	0.501	6.38	29.97	4.87	0.10	55.25	386.56	0.025	1.98	0.79	27.22	3.79
17	0.501	5.29	18.72	4.10	0.52	26.03	533.10	0.042	2.12	0.77	25.05	3.51
18	0.501	6.09	15.79	4.37	0.94	38.22	962.15	0.049	2.15	0.75	25.49	3.11

Таблица 1. Сводная таблица по образцам 6 артикулов кож

В работе проведен расчет дополнительных статистических характеристик, таких как среднеквадратических отклонений, доверительных интервалов, относительный разброс параметров. Было выявлено и разделено 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.

В четвертой главе перед началом разработки программного обеспечения проведен анализ по выбору конкретной платформы для реализации. Рассматривается три варианта: CRM/ERP система, разработка клиент-серверного приложения, написание программы с использованием встроенных средств пакета MS Office. В таблице 2 представлена сравнительная характеристика при реализации одного из ПО контроля данных.

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

Таблица 2. Сравнение вариантов реализации программного обеспечения на производстве

При разработке программного обеспечения, важно было учесть запросы обувной фабрики «Парижская коммуна» в создании автоматизированного контроля данных, поэтому начальная разработка является пилотным проектом и реализуется на платформе MS Office. Данные полученные в качестве экспериментальных исследований нуждаются в дальнейшем применении. Основным и наиболее понятным средством автоматизации являются макросы. 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, вкладка которого закреплена в панели быстрого запуска. Сами операции с макросом особой сложностью не отличаются, для написания необходимого кода затрачивается небольшое количество времени.

Например, нам требуется выбрать 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. 6.

	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. 6 Результирующая таблица до срабатывания макроса

После срабатывания макроса выборка значительно сокращается. Результат работы макроса представлен на рис. 7.

	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. 7 Результирующая таблица после срабатывания макроса

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

Вторая закладка носит название «Выборка» и содержит поля для заполнения: диапазон значений средней релаксационной характеристики, максимальное значение средней цены, максимально допустимый разброс параметров (среднеквадратичное отклонение). Указывая их, технолог формирует требования к выбираемым материалам.

Вкладка «Выборка» дополняется функцией «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 «скрытия» строк не соответствующих по одному из параметров фильтрации. Оставшиеся, «удовлетворяющие», строки копируются на закладку выборка в таблицу результатов. Результат работы макроса представлен на рисунке 8.

название	средняя цена	Средняя релаксационная характеристика	Среднеквадратичное отклонение
Премьера Шевро	10.15	11	0.68
Симфония	10.6	10	0.67
Премьера Натураль	10.7	11	0.54
Наплак	9	11	0.74
Анилин Милани	11.1	11	0.64
Флоттер Люкс	8	11	0.715

Рис. 8 Результат работы макроса выборки

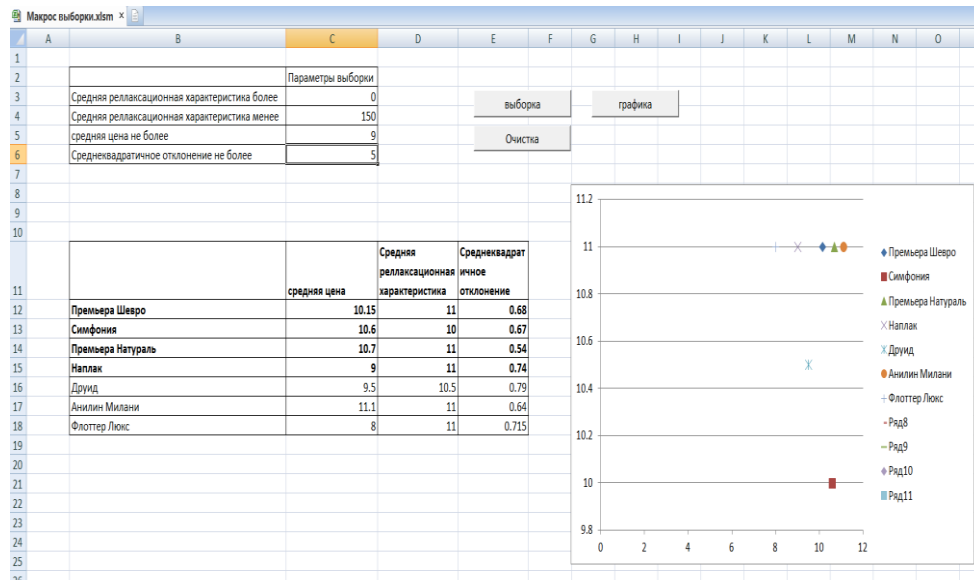


Рис. 9 Макрос выборки параметров с доработанным графическим отображением

В функцию «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 9. На приведенном графике хорошо видно, что артикулы кож «Наплак», «Друид» и «Симфония» имеют наилучшее соотношение по уровню релаксационных характеристик и цены.

Для улучшения функционирования статистических данных параметров были применены паттерны. Они служат для формирования характеристик необходимых для того или иного применения материалов. Закладка паттерны редактируется технологами предприятия, и позволяет исключить ошибки к формированию запросов к выборке.

	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. 10 Применение паттернов к таблице данных «качество-цена»

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о целесообразности дальнейших разработок, путем внедрения дополнительного функционала. В качестве нововведений, возможно добавление 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. Разработка позволяет и далее развивать начатые исследования в области контроля релаксационных характеристик материалов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Исследованный двухосный метод по определению релаксационных характеристик, по сравнению с одноосным методом, где исследуемый материал подвергается частичному или полному разрушению, показал, что внутренняя структура и форма образца не подвергается разрушению, и на протяжении проведения экспериментов остаётся целостной. Математическое описание метода измерения при двухосном испытании, позволяет после получения необходимых параметров деформации, использовать данные в дальнейшей компьютерной обработке.

2. В ходе проведенного анализа по определению недостатков и достоинств, метод двухосного определения релаксационных характеристик установлен лучшим. Метод позволил в кратчайшее время определить полный набор упругих, вязких и пластических свойств, спектра времён релаксации кожи и подобных ей материалов без разрушения образца. Процесс получения требуемого набора показателей занял не более 2-3 минут на образец.

3. Проведенное исследование позволило получить релаксационные характеристики по 123 образцам кожи. С помощью специальных программ «RelaxData» и «Relax2001» и «MathCAD» определены важнейшие параметры, такие как постоянные времени T_1 быстрой и T_2 медленной характеристики упругого восстановления структуры кожи, коэффициенты K_1 и K_2 экспонент. Рассчитаны параметры мгновенно упругой и высокоэластической деформации, модули высокоэластичности и равновесной упругости, вязкие коэффициенты быстрой и медленной релаксационной характеристики.

4. По полученным результатам спектров релаксации установлено, что у нескольких артикулов кож, релаксационные характеристики показали наилучшие результаты по мягкости, а также сформировалось 2 группы, характеризующиеся наименее и более жёсткими, но формоустойчивыми показателями. Определено, что меньшим модулем упругости характеризуются более мягкие кожи, а меньшим модулем пластичности – более формоустойчивые.

5. В ходе разработки ПО, в которое включены результаты проведённых экспериментов, создана программа по контролю за релаксационными характеристиками на базе программного продукта MS Excel, входящего в пакет MS Office. Установлено, что золотой серединой программы является написание Макросов, с помощью которых сохраняется последовательность действий с табличными данными. Усовершенствование характеристик программы в виде добавления графического отображения позиций по качеству товара и соответствующей цены, функций «автофильтра» и паттернов, позволило избежать возникновения ошибочных данных при выборке и облегчить работу оператора в производственных условиях.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Ясенков Д.А. Контроль релаксационных характеристик в обувном производстве / Ясенков Д.А., Кочеров А.В., Черкашин И.В. // Молодые учёные – XXI века: тезисы докл. научн. конф. (Москва, 10 – 12 апреля, 2012). – М.: – 2012.

2. Кочеров А.В., Бурмистров А.Г., Ясенков Д.А., Черкашин И.В. Контроль релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Научный ж-л «Дизайн и Технологии», №30 – М.: ИИЦ МГУДТ, 2012 – С. 109 – 114 **(из перечня ВАК)**.

3. Ясенков Д.А., Черкашин И.В. Контроль релаксационных характеристик кож в обувном производстве // Научный ж-л «Дизайн и Технологии», №36 – М.: ИИЦ МГУДТ, 2013 – С. 28 – 32 **(из перечня ВАК)**.

4. 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). – М.: – 2013.

5. Кочеров А.В., Ясенков Д.А. Компьютерный анализ релаксационных параметров кож в обувном производстве // Научный ж-л «Дизайн и Технологии», №38 – М.: ИИЦ МГУДТ, 2014 – С. 38 – 43 **(из перечня ВАК)**.

Ясенков Дмитрий Анатольевич

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

Специальность: 05.13.06

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

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук