

На правах рукописи

Кобякова Юлия Вячеславовна

**КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЗУЧЕСТИ НЕТКАНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ НА СТАДИИ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА  
С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ**

Специальность: 05.02.22 - организация производства  
(текстильная и легкая промышленность)

Автореферат  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург  
2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна"

Научный руководитель: **Переборова Нина Викторовна**, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", доцент кафедры интеллектуальных систем и защиты информации

Официальные оппоненты: **Максимов Василий Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество "Концерн "ОКЕАНПРИБОР", главный ученый секретарь

**Коновалов Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения", профессор кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромской государственный университет"

Защита диссертации состоится 23 апреля 2019 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.236.07 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18, ауд.241.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, <http://sutd.ru/>.

Автореферат разослан \_\_\_ марта 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 212.236.07  
доктор экономических наук, профессор

Титова Марина Николаевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Развитие легкой и текстильной промышленности и использование новых перспективных материалов стимулирует задачу повышения конкурентоспособности производимых изделий текстильной и легкой промышленности. Указанную задачу проще всего решать на стадии проектирования изделий и организации их производства.

С этой целью необходимо особое внимание уделять всестороннему исследованию основных функционально-эксплуатационных свойств указанных материалов, а также численному прогнозу процессов деформации. Исследования в этой области позволяют дать рекомендации по проектированию и выпуску новых изделий из нетканых материалов с заданными свойствами.

Нетканые материалы представляют собой достаточно большую группу и находят свое применение в различных областях техники. Это, прежде всего, различные области строительства. Эти и обосновывается необходимость всестороннего исследования их функциональных и эксплуатационных свойств. Функциональные и эксплуатационные свойства нетканых материалов могут существенно отличаться от одноименных свойств других текстильных материалов, что вызвано отличиями в их макроструктурах.

Макроструктура нетканых материалов не является упорядоченной. Это - главное их отличие от других текстильных материалов. Несомненным преимуществом нетканых материалов является их сравнительно низкая стоимость.

При производстве нетканых материалов активно используются различные виды известных волокон: натуральные, синтетические, минеральные, искусственные, стеклянные, и другие. Могут использоваться также различные дисперсные и сыпучие материалы. Чаще других используются полипропиленовые, полиамидные и полиэфирные волокна, шерсть и хлопок, вискоза.

Относительная дешевизна нетканых материалов обусловлена тем, что при их производстве зачастую применяется текстильное сырье низких сортов: непрядомые и короткоштапельные волокна. Кроме этого могут применяться волокна, восстановленные из тряпья лоскута и других отходов текстильного производства. Все это экономически отличает нетканые материалы от других текстильных материалов.

Разработка методик качественного исследования функциональных и эксплуатационных свойств нетканых материалов, а также прогнозирования их деформационных процессов различного вида является актуальной, так как их использование на стадии организации производства указанных материалов позволит улучшить функциональные и эксплуатационные свойства этих материалов, повысив конкурентоспособность продукции.

**Степень разработанности темы исследования.** Повышение конкурентоспособности продукции текстильной и легкой промышленности, особенно в период продолжающихся международных санкций, является важной задачей. Задача проведения качественной оценки функционально-эксплуатационных свойств материалов текстильной и легкой промышленности на стадии организации их производства является достаточно сложной, так как зачастую предполагает не исследование имеющихся образцов текстильных материалов, а имеет дело с исследованиями прогнозируемых функциональных свойств указанных материалов на основе математического моделирования их эксплуатационных процессов.

Инновационная идея проведения качественного анализа виртуальных образцов текстильных материалов путем использования информационных технологий и методик системного анализа принадлежит научной школе СПбГУПТД, возглавляемой Переборовой Н.В.

Проведение такого анализа становится возможным благодаря установлению изоморфизма (взаимно-однозначного соответствия) между функциональными (качественными) характеристиками текстильных материалов и их эксплуатационными (количественными) свойствами, получаемых математическим моделированием и компьютерным прогнозированием деформационных процессов указанных материалов.

Проведением исследований в данном направлении повышения конкурентоспособности текстильной продукции на стадии организации ее производства в СПбГУПТД занимались также Демидов А.В., Макаров А.Г., Шванкин А.М., Егорова М.А.

**Цель работы** состоит в разработке методов качественного анализа ползучести нетканых материалов на стадии организации их производства для повышения конкурентоспособности.

Основными **задачами** исследования являются:

- разработка математической модели деформационных процессов нетканых материалов, позволяющей провести качественный анализ ползучести указанных материалов;
- разработка методов численного прогноза деформационных процессов нетканых материалов для различных режимов их эксплуатации, в частности, для процессов с циклическим чередованием нагрузок и разгрузений;
- разработка методов качественной оценки эксплуатационных и функциональных свойств нетканых материалов в различных деформационных режимах;
- разработка компьютерных алгоритмов и программ для осуществления качественного анализа функциональных и эксплуатационных свойств нетканых материалов в различных деформационных режимах.

**Методология и методы исследования.** В работе применяются методы организации производств текстильной промышленности, системного анализа свойств текстильных материалов, математического моделирования и управления качеством текстильной продукции. В диссертации также широко

используются численные методы, методы оптимизации и информатики, информационные технологии.

**Соответствие диссертации Паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа выполнена в рамках Паспорта научной специальности 05.02.22 – Организация производства (по отраслям) ВАК Минобрнауки РФ и соответствует пунктам:

2. Разработка методов и средств эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов в организацию производственных процессов.

3. Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов на всех стадиях.

4. Моделирование и оптимизация производственных процессов. Экспертные системы в организации производственных процессов.

5. Повышение качества и конкурентоспособности продукции, системы контроля качества и сертификации продукции.

10. Разработка методов и средств мониторинга производственных и сопутствующих процессов.

11. Разработка методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами.

**Научная новизна работы.** В диссертации для нетканых материалов были разработаны:

- математическая модель ползучести, основанная на учете специфики макроструктуры нетканых материалов;

- численные методы прогнозирования различных режимов ползучести нетканых материалов и их деформационных процессов;

- численные методы разделения полной деформации нетканых материалов на вязкоупруго-пластические и упругие компоненты;

- вариант аналитического представления спектра запаздывания (ползучести);

- программное обеспечение, соответствующее методам численного расчета параметров ползучести, прогноза ползучести и различных деформационных процессов;

- программное обеспечение, позволяющее проводить сравнительный анализ функциональных и эксплуатационных свойств.

**Теоретическая и практическая значимость** состоят в:

- разработке методов, позволяющих повышать конкурентоспособность нетканых материалов еще на стадии их проектирования и организации производства;

- разработке программного обеспечения для прогнозирования и проведения сравнительного анализа восстановительно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения, на которые получены Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018612846 от 01.03.2018 и № 2018612841 от 01.03.2018;

- разработке практических рекомендаций по проектированию нетканых материалов с целью улучшения их качества и повышения конкурентоспособности;

- использовании материалов диссертации в учебном процессе кафедры ИСиЗИ СПбГУПТД для чтения лекций аспирантам и при проведении научно-исследовательской работы.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

– разработанная математическая модель деформационных процессов различной степени сложности для нетканых материалов, включая деформационно-восстановительные и деформационно-циклические процессы;

– численные методы расчетного прогноза деформационных процессов нетканых материалов для различных режимов их эксплуатации;

- разработанный метод качественной оценки функциональности нетканых материалов и их эксплуатационных свойств;

- разработанные компьютерные алгоритмы и программы для качественной оценки функциональности нетканых материалов и их эксплуатационных свойств.

**Степень достоверности результатов.** Методики проведения качественного анализа ползучести нетканых материалов были опробованы в ЗАО "ТЕКСТИЛЬ-ИНВЕСТ" и подтвердили свою полную работоспособность. По результатам применения указанных методик были даны практические рекомендации по проектированию образцов нетканых материалов, обладающих требуемыми функциональными свойствами.

**Апробация результатов исследования:** XI Международная конференция "Современные проблемы науки о полимерах" (Санкт-Петербург, 2015); II Международная конференция "Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности" (Казань, 2016); Всероссийская конференция молодых ученых "Инновации молодежной науки" (Санкт-Петербург, 2015-2018).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 14 работ, среди которых 3 статьи в научных периодических изданиях из "Перечня ВАК", 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы (187 наименований) и 2 приложений. Содержание диссертации изложено на 151 странице машинописного текста, иллюстрировано 42 рисунками и содержит 6 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** приведена актуальность диссертации, цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

**В первой главе** приводится обзор литературных источников по вопросам, изучаемым в диссертации.

В Российской Федерации проблемами создания и использования нетканых материалов занимались Нижебицкий О.Н., Бершев Е. Н., Барабанов Г. Л., Перевозников Б. Ф. и др.

Применение нетканых материалов является перспективным ввиду значительного снижения стоимости строительных и другого рода работ. Необходимость научного и практического исследования нетканых материалов обоснована, прежде всего, проектированием новых и улучшением имеющихся образцов.

В главе 2 описаны технические характеристики имеющихся нетканых материалов, для исследования которых была разработана математическая модель и методики численного прогнозирования ползучести и различного рода деформационных процессов.

В качестве образцов исследуемых нетканых материалов предложены нетканые полипропиленовые полотна "Пинема", изготовленные на ОАО "Пинема" (Беларусь, г. Пинск). Технические характеристики этих материалов приведены в табл.1.

Таблица 1 - Характеристики полипропиленовых материалов "Пинема"

Название материала	Поверхностная плотность материала, кг/м <sup>2</sup>	Толщина материала, см	Величина разрывного усилия, Р <sub>разр</sub> , Н	Величина разрывного удлинения, ε <sub>разр</sub> , %
"Пинема-120"	0,12	0,12	96	51
"Пинема-160"	0,16	0,17	102	55
"Пинема-200"	0,20	0,23	110	60
"Пинема-240"	0,24	0,31	130	65
"Пинема-280"	0,28	0,36	180	72
"Пинема-320"	0,32	0,39	260	77
"Пинема-360"	0,36	0,43	330	81
"Пинема-400"	0,40	0,46	410	84
"Пинема-450"	0,45	0,50	480	86
"Пинема-500"	0,50	0,56	550	87
"Пинема-600"	0,60	0,68	630	88

Результатом экспериментальных исследований в режиме ползучести для нетканых материалов (табл.1), определены "семейства" ползучести (рис.1), перестроенные в дальнейшем в "семейства" податливости (рис.2) по формуле

$$F^{-1} \cdot D_{pt} = \frac{\varepsilon_t}{P}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_t$  - значение величины деформации, зависящей от времени  $t$  ;  
 $D_{pt}$  - величина податливости;  
 $F$  - величина площади поперечного сечения материала.

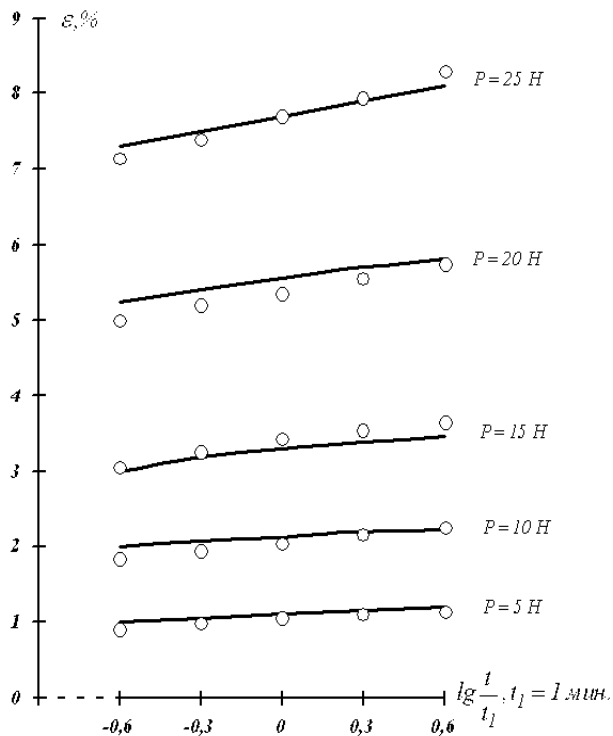


Рисунок 1 - Кривые "семейства" ползучести материала "Пинема-160" (сплошная линия - эксперимент, точки - прогнозируемые значения)

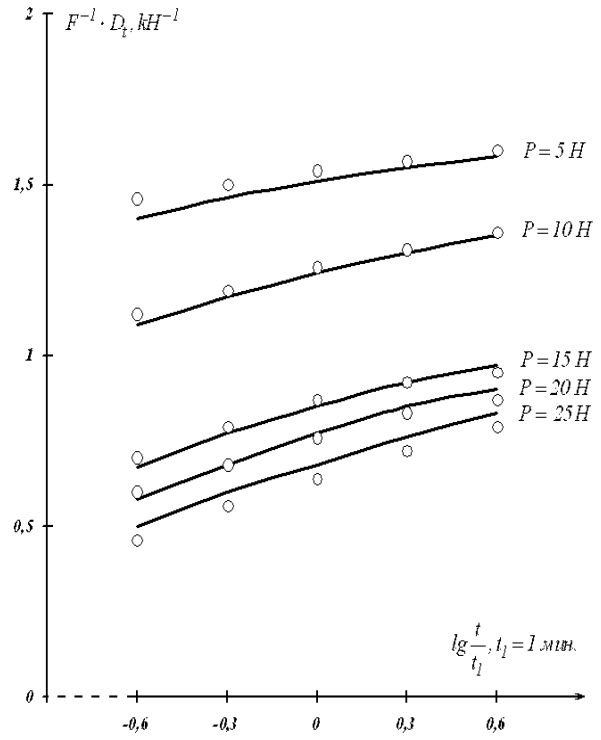


Рисунок 2 - "Семейство" кривых податливости материала "Пинема-160" (сплошная линия - эксперимент, точки - прогнозируемые значения)

Ввиду существенного отличия микроструктуры нетканых материалов от микроструктуры других текстильных материалов, для моделирования и расчетного прогнозирования ползучести и деформационно-восстановительных процессов нетканых материалов требуется разработка новой математической модели, учитывающей указанную специфику.

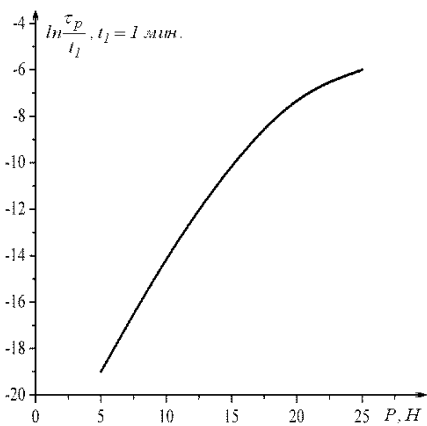


Рисунок 3 - Значения времен запаздывания (ползучести) материала "Пинема-160"

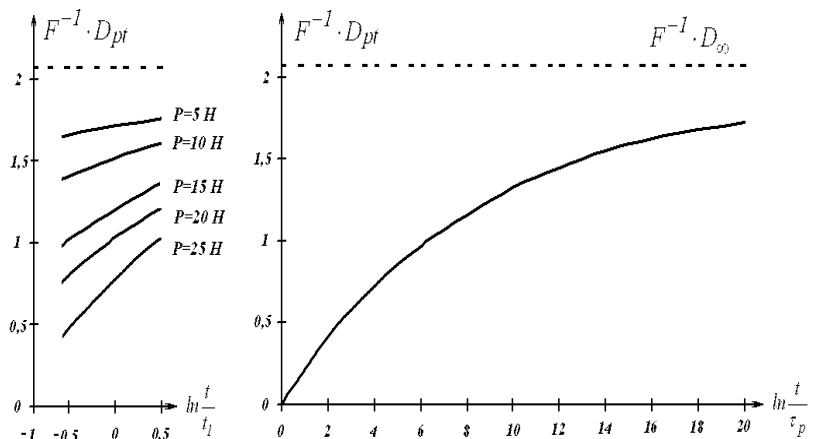


Рисунок 4 - Вид обобщенной кривой податливости материала "Пинема-160"



С целью прогнозирования процессов ползучести и других деформационных процессов для нетканых материалов предложена инновационная математическая модель. Проведенное исследование показало, что времена запаздывания (ползучести) достаточно малы (рис.3).

Поэтому в аналитической модели податливости  $D_{pt}$  учтены только неотрицательные значения логарифмическо-временной шкалы  $\ln(t/\tau_p)$  ( $t \geq \tau_p$ ). Для отрицательных значений логарифмической шкалы ( $t < \tau_p$ ) - податливость принимается равной нулевой (рис.4).

Таким образом, разработанная математическая модель податливости может быть представлена в виде:

$$F^{-1} \cdot D_{pt} = F^{-1} \cdot D_{\infty} \cdot \varphi_{pt} , \quad (2)$$

$$\varphi_{pt} = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{1}{a_n} \cdot \ln \frac{t}{\tau_p} \int_0^{\frac{z^2}{2}} e^{-z^2} \cdot dz, & t > \tau_p , \\ 0, & t \leq \tau_p \end{cases} \quad (3)$$

где  $D_{\infty}$  - величина равновесного значения податливости;  
 $0 \leq \varphi_{pt} \leq 1$  - функция податливости в виде удвоенного интеграла вероятности  
 $\tau_p$  - значение времени запаздывания (ползучести);  
 $a_n$  - величина интенсивности ползучести.

Принятое в диссертации допущение о нулевом значении податливости при малых временах деформирования не принципиально, так как изучаемые деформационные процессы проходят за значительные временные интервалы, сопоставимые со значением базового времени.

Согласно предложенной аналитической модели податливости максимальное значение ее производной приходится на значение функции  $\varphi = 0$ , т.е.  $t = \tau_p$ , что позволяет вычислить  $a_n$  :

$$\frac{1}{a_n} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{(\partial D_{pt} / \partial \ln t) \Big|_{max}}{D_{\infty}} . \quad (4)$$

Асимптотический параметр математической модели  $D_{\infty}$ , соответствующий квазиравновесному значению податливости можно найти, используя его обратную величину  $E_{\infty}$  - модуля вязкоупругости:

$$D_{\infty} = E_{\infty}^{-1} , \quad (5)$$

так как

$$E_{\infty} \cdot D_{\infty} = 1 . \quad (6)$$

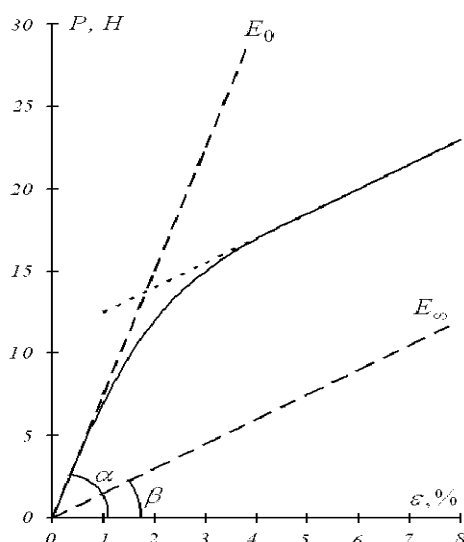


Рисунок 5 - Начало диаграммы растяжения (Пинема-160) - эксперимент

Значение же модуля вязкоупругости определяется графически по диаграмме растяжения, как тангенс угла наклона касательной к графику диаграммы растяжения в конце его начальной (стабильной) части (рис.5):

Для определения времен запаздывания (ползучести) используется логарифмическая функция  $f_p$ :

$$f_p = \ln \frac{\tau_p}{t_1} < 0, \quad (7)$$

$$\ln \frac{t}{t_1} = \ln \frac{t}{\tau_p} + \ln \frac{\tau_p}{t_1}. \quad (8)$$

График функции  $f_p$  приведен на

рис.3.

Определение значения равновесной податливости  $D_\infty$  также производится по началу диаграммы растяжения (которое соответствует участку деформирования материала без значительных разрушающих воздействий). Такой метод определения равновесной податливости позволяет компенсировать погрешность при выборе начальной податливости в виде нулевого значения.

Расчетные характеристики ползучести нетканых материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2. - Расчетные характеристики ползучести материалов "Пинема"

Название материала	$F^{-1} \cdot D_\infty, \text{кН}^{-1}$	$a_n$
"Пинема-120"	4,9	10,4
"Пинема-160"	6,2	11,0
"Пинема-200"	7,4	12,4
"Пинема-240"	8,5	14,2
"Пинема-280"	9,2	16,6
"Пинема-320"	9,5	18,0
"Пинема-360"	9,4	19,4
"Пинема-400"	9,3	21,0
"Пинема-450"	9,1	19,7
"Пинема-500"	8,9	18,9
"Пинема-600"	8,7	17,2

Оценка адекватности аналитической модели ползучести была произведена путем сравнения вычисленных значений податливости и измеренных экспериментально (рис.1, рис.2).

Близость вычисленных значений к экспериментально измеренным дает основание убедиться в адекватности и надежности проведенного

математического моделирования ползучести нетканых материалов.

Преимуществом предложенной математической модели ползучести нетканых материалов является минимальное число параметров, являющихся одновременно и деформационными характеристиками этих материалов.

В главе 3 на основе разработанной во второй главе математической модели ползучести нетканых материалов, предлагаются методики численного расчета их процесса ползучести и деформационных процессов. Такой численный расчет основан на использовании интегрального уравнения Больцмана-Вольтерра, модифицированного для данного случая:

$$\varepsilon_t = F^{-1} \cdot D_{\infty} \cdot \int_{\ln \tau_p}^{\ln t} P_{t-s} \cdot \varphi'_{ps} \cdot d \ln s. \quad (8)$$

Для различных режимов ползучести предложены разные методики вычислений:

- для процесса с явным увеличением скорости нагружения - временной интервал разбивается в виде увеличивающейся геометрической прогрессии;
- для процесса с малым изменением скорости нагружения - временной интервал разбивается в виде убывающей геометрической прогрессии.

Численный расчет ползучести и деформационных процессов упрощается с применением вычислительной техники. На рис. 6 приведен сравнения прогнозируемого и экспериментального деформационно-восстановительного процесса с полной разгрузкой материала "Пинема-160".

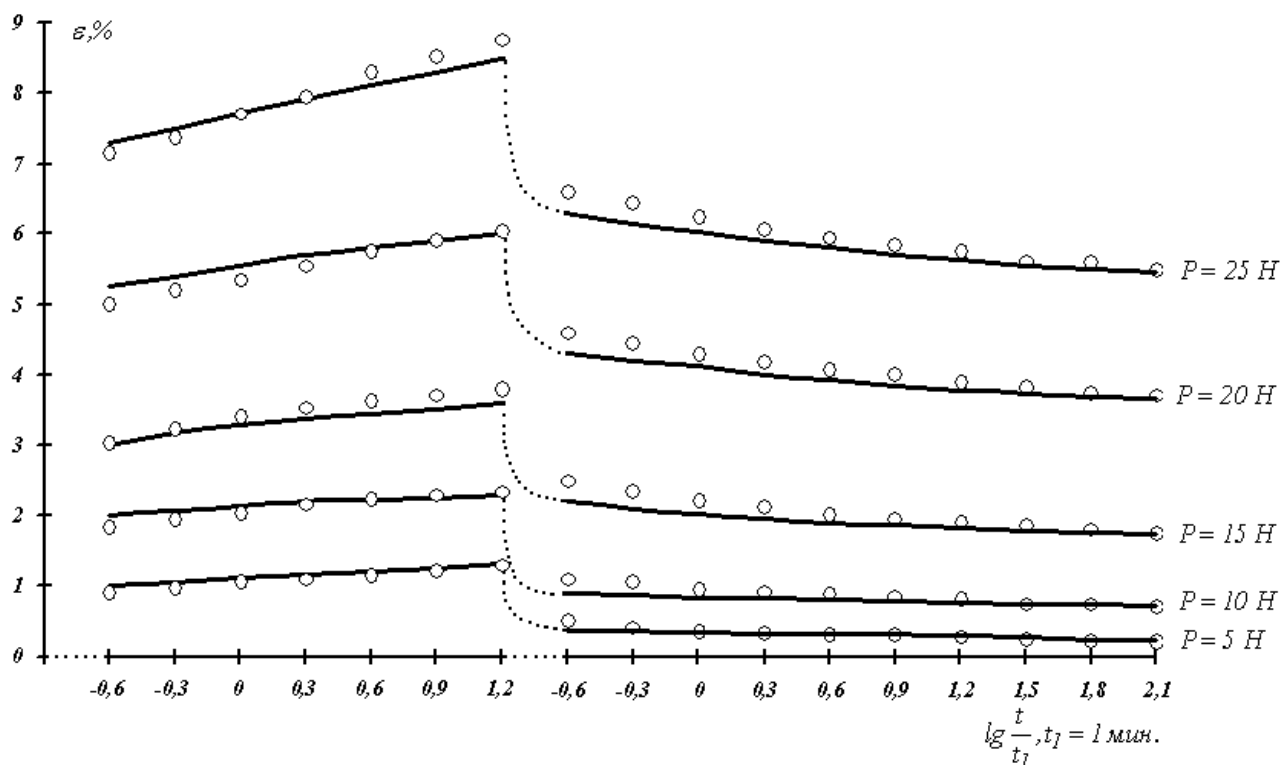


Рисунок 6 - Пример сравнения прогнозируемого и экспериментального деформационно-восстановительного процесса с полной разгрузкой (Пинема-160, точки - расчет, линии - эксперимент)

Численный расчет процесса ползучести и деформационных процессов реализован в виде двух программ: "Прогнозирование восстановительно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения" (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612846 от 01.03.2018), "Проведение сравнительного анализа восстановительно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения" (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612841 от 01.03.2018).

В четвертой главе описан метод разделения полной деформации нетканых материалов на вязкоупруго-пластическую и упругую компоненты. Такое разделение позволяет классифицировать указанные материалы по степени их пластичности и упругости.

Имеются различные варианты разделения полной деформации  $\varepsilon_t$  на компоненты. Так, например, указанная деформация  $\varepsilon_t$  может быть разделена следующим образом:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{y.} + \varepsilon_{\text{в.у.}} + \varepsilon_{\text{нл.}}, \quad (9)$$

где

$$\varepsilon_{y.} = E_o^{-1} \cdot F^{-1} \cdot P_t - \quad (10)$$

упругая деформация;

$$\varepsilon_{\text{нл.}} = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon_t \quad (P = 0 \text{ H}) - \quad (11)$$

пластическая деформация и

$$\varepsilon_{\text{в.у.}} = \varepsilon_t - \varepsilon_{y.} - \varepsilon_{\text{нл.}} - \quad (12)$$

вязкоупругая деформация.

Аналогично раскладывается механическая работа при деформировании:

$$a_t = \int_0^{\varepsilon_t} \sigma_t \cdot d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_t} F^{-1} \cdot P_t \cdot d\varepsilon \quad (13)$$

на упругую механическую работу  $a_{to}$  и вязкоупруго-пластическую механическую работу  $a_{tt}$ :

$$a_{to} = \frac{P_t^2 \cdot a_t}{2 \cdot E_o \cdot F \cdot \int_0^{\varepsilon_t} P_t \cdot d\varepsilon}, \quad (14)$$

$$a_{tt} = a_t - a_{to} \quad (15)$$

Пример разделения полной механической работы деформирования нетканых материалов на компоненты приведен на рис. 7.

Выявление степени преобладания упругих или вязкоупруго-пластических компонент деформации в нетканых материала важно при проведении качественного анализа функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов.

Среди изучаемых в диссертации образцов нетканых материалов наибольшее преобладание упругой компоненты деформации над вязкоупруго-пластической наблюдается у материала "Пинема-400".

Такой материал лучше подойдет для дорог с повышенной интенсивностью движения. Такой материал быстрее восстанавливает форму и менее разрушается.

Однако, при строительстве дорог с повышенной аварийностью, для ее снижения лучше применять материал с преобладанием вязкоупруго-пластической деформации (Пинема-160), так как он наилучшим образом способен гасить вредные механические воздействия.

**Пятая глава** посвящена аналитическому построению спектров времен запаздывания (ползучести) изучаемых нетканых материалов.

Если спектр запаздывания (ползучести) обозначить через  $Q_{pt}$ , то формула связывающая его с податливостью  $D_{pt}$  имеет вид:

$$\int_0^{\infty} Q_{pt} \cdot e^{-tx} \cdot dx = \frac{d\varphi_{pt}}{dt} \quad (16)$$

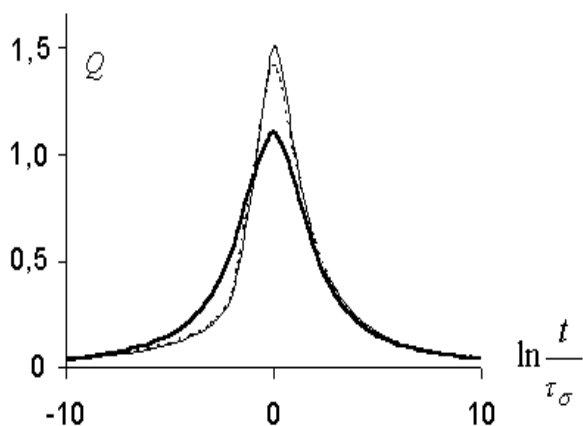


Рисунок 8 - Примеры графического представления спектров запаздывания (ползучести) "Пинема-160" (—,  $a_n = 11$ ); "Пинема-320" (.....,  $a_n = 18$ ); "Пинема-400" (— · —,  $a_n = 21$ )

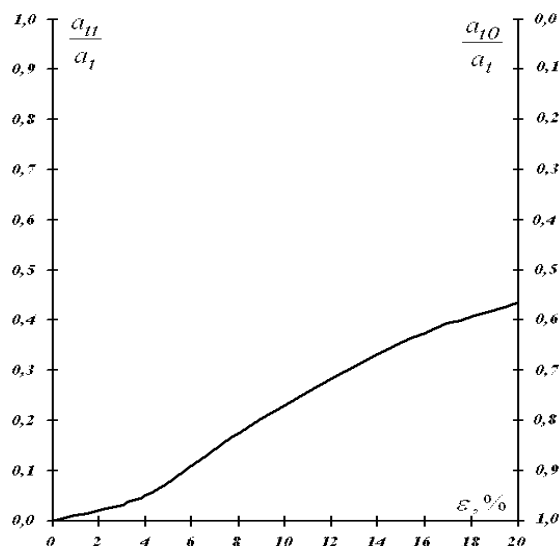


Рисунок 7 - Пример разделения полной механической работы деформирования нетканых материалов на компоненты (Пинема-160)

На рис. 10 приведены примеры расчета спектров запаздывания (ползучести) для трех образцов нетканых материалов. В главе также показывается, что форма спектра запаздывания (ползучести) зависит только от параметра  $a_n$  - интенсивности ползучести. Проведение спектрального анализа нетканых материалов позволяет определить зависимость функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов от их технических характеристик (табл. 1), что, несомненно, важно при проведении качественного анализа указанных свойств.

Среди рассмотренных образцов нетканых материалов наибольшее значение параметра  $a_n$  наблюдается у материала "Пинема-400" ( $a_n = 21$ ), что означает наибольшую долговечность этого материала по сравнению с другими. Этот материал менее всего подвержен разрушению.

Самым же "рыхлым" и наиболее разрушимым материалов является "Пинема-160" ( $a_n = 11$ ) с наименьшим значением параметра интенсивности  $a_n$ .

Следовательно, спектры времен ползучести нетканых материалов позволяют определить зависимость функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов от их технических характеристик.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанная математическая модель ползучести нетканых материалов и их деформационных процессов является одним из инструментов для проведения качественного анализа функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов.

2. Разработанные методики определения параметров ползучести нетканых материалов в рамках предложенной математической модели деформационных процессов позволяют выявить основные функциональные свойства указанных материалов.

3. Предложенные методики прогнозирования различных режимов ползучести нетканых материалов оптимизированы под эти режимы.

4. Предложенные методики численного разделения деформации нетканых материалов на упругую и вязкоупруго-пластическую компоненты являются одним из инструментов проведения качественной оценки эксплуатационных свойств указанных материалов.

5. Предложенная методика аналитического построения спектра запаздывания (ползучести) нетканых материалов является одним из инструментов проведения качественной оценки функциональных свойств указанных материалов.

6. Разработанные методики определения параметров и прогнозирования ползучести, разделения деформации на компоненты и аналитического построения спектра запаздывания (ползучести) позволяют решать задачи по качественной оценке функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов и давать рекомендации по повышению их конкурентоспособности.

7. На основе методик определения параметров и прогнозирования ползучести, разделения деформации на компоненты и аналитического построения спектра запаздывания (ползучести) разработаны алгоритмы и программы для ЭВМ, позволяющие получать рекомендации по улучшению функциональных и эксплуатационных свойств указанных материалов с целью повышения их конкурентоспособности.

## **Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:**

### **Статьи в рецензируемых журналах, входящих в "Перечень ВАК РФ" (по специальности 05.02.22 - Организация производства (по отраслям)):**

1. Кобякова, Ю.В. Методы системного анализа вязкоупруго-пластических свойств морских полимерных канатов / Кобякова Ю.В., Егорова М.А., Переборова Н.В. и др. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2017. № 3. С. 110-119.

2. Кобякова, Ю.В. Моделирование сложных режимов деформирования полимерных текстильных материалов как инструмент оценки и улучшения их функционально-эксплуатационных свойств / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Климова Н.С. и др. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2017. № 5. С. 85-92.

3. Кобякова, Ю.В. Исследование деформационных свойств арамидных текстильных материалов с целью улучшения их функционально-эксплуатационных характеристик / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Климова Н.С. и др. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2017. № 5. С. 118-126.

### **Прочие публикации**

4. Кобякова, Ю.В. Моделирование и спектральный анализ вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Абрамова И.В. и др. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. 2018, № 2, с. 115-125.

5. Кобякова, Ю.В. Проведение качественного анализа релаксационно-деформационных свойств арамидных текстильных материалов на стадии организации их производства / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Климова Н.С. и др. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4. Промышленные технологии. 2018, № 1, с. 16-26.

6. Кобякова, Ю.В. Методы компьютерного прогнозирования деформационных процессов технического текстиля / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Климова Н.С. и др. // Дизайн. Материалы. Технология. 2017. № 3 (47). С. 97-104.

7. Кобякова, Ю.В. Методы компьютерного прогнозирования вязкоупруго-пластических свойств морских полимерных канатов / Кобякова Ю.В., Егорова М.А., Переборова Н.В. и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2017. Т. 38. № 4. С. 17-26.

8. Кобякова, Ю.В. Методы системного анализа при исследовании сложных релаксационных и деформационных процессов полиамидных тканей для куполов парашютов / Кобякова Ю.В., Васильева Е.К., Егоров И.М. и др. // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2017. Т. 38. № 4. С. 7-16.

9. Кобякова, Ю.В. Моделирование деформационных процессов нетканых материалов / Ю.В. Кобякова // XI Международная Санкт-Петербургская конференция молодых ученых "Современные проблемы науки о полимерах". - СПб.: ИВС РАН. - 09-12.11.2015.

10. Кобякова, Ю.В. Качественный анализ ползучести нетканых материалов для строительства / Ю.В. Кобякова // II Международная научно-практическая конференция "Модели инновационного развития текстильной и легкой промышленности на базе интеграции университетской науки и индустрии: образование - наука - производство". - Казань: КНИТУ. - 23-24.03.2016.

11. Кобякова, Ю.В. Прогнозирование восстановительно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Зурахов Н.С. и др. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018612846 от 01.03.2018.

12. Кобякова, Ю.В. Проведение сравнительного анализа восстановительно-релаксационных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Зурахов Н.С. и др. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018612841 от 01.03.2018.

13. Кобякова, Ю.В. Прогнозирование деформационно-эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Козлов А.А. и др. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019610733 от 17.01.2019.

14. Кобякова, Ю.В. Прогнозирование релаксационно-эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов / Кобякова Ю.В., Переборова Н.В., Киселев В.С. и др. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2019611245 от 23.01.2019.

Оригинал подготовлен автором

Подписано в печать 22.02.2019. Печать трафаретная

Усл. печ. л. 0,9. Формат 60 x 84 1/16. Тираж 100 экз. Заказ 38.

Отпечатано в типографии СПбГУПТД

121028, г. Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26