

на правах рукописи

Титова Людмила Владимировна

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ И РОБАСТНОСТИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Специальность: 05.02.22 – Организация производства (текстильная и легкая промышленность) Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2022

Работа выполнена на кафедре интеллектуальных систем и защиты информации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна"

- Научный руководитель: **Переборова Нина Викторовна**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", профессор кафедры интеллектуальных систем и защиты информации
- Официальные оппоненты **Ястребов Анатолий Павлович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), профессор кафедры Бизнес-информатики и менеджмента
- Рымкевич Ольга Васильевна**, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, доцент кафедры физики.
- Ведущая организация **ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва**

Защита диссертации состоится 22.09.2022 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 212.236.07 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" по адресу 191186, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, ауд. 437. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», <http://www.sutd.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор

А. В. Марковец

Актуальность темы исследования. Развитие новых технологий и материалов текстильной промышленности в соответствии со Сводной стратегией развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2024 года и на период до 2035 года предполагает необходимость изучения направлений развития традиционных форм организации производства, проектирования сложных текстильных систем, совершенствования методов оценивания их параметров.

Современные материалы с новыми физико-механическими свойствами в сочетании с расширением спектра применения текстильных материалов и межотраслевого взаимодействия при выпуске конечной продукции требуют внедрения адаптивных организационных структур, позволяющих ускорить внедрение новых материалов, обеспечить индивидуализацию выпуска, сокращение размера партии и повышение экологичности промышленности в целом. Отечественная текстильная и легкая промышленность исчерпала возможности частичных улучшений и инноваций внешнего вида. Значительные сдвиги в ресурсном обеспечении производства и ограниченный доступ ко многим из них актуализирует необходимость включения в производственные цепочки гибридных подходов на основе текстильных систем, которые, в свою очередь, должны быть оценены на соответствие целевым показателям. Традиционно в текстильной промышленности применяется оценка системной связки «деформация – формоустойчивость». Применительно к новым задачам организации производства целесообразно дополнить существующие подходы оценкой волатильности, характерной для «умных» материалов с заданными свойствами. Устойчивость и адаптивность текстильных систем как проблема исследования детерминируется внедрением новых технологий, когда для технических, текстильных и медицинских применений производственный процесс дополняется растяжением, текстурированием, закручиванием и скручиванием многофиламентных нитей в диапазоне тонкости от 30 dtex до нескольких тысяч dtex. Такие свойства, как прочность на растяжение, удлинение, усадка и замыкание резьбы, специально регулируются, в дополнение к текстуре нити получают определенную эластичность. Комбинируя нити с различными профилями свойств, разрабатываются смешанные или гибридные нити. Для технологии волоконно-композитных материалов разрабатываются новые технологии для композитных лент из термопластичного волокна. Специальных подходов к оценке требует дифференциальная термоусадочная пряжа с атмофилом удлиненного компонента, разработка и производство медицинских нитей, сертифицированных по ISO 13485. Сохраняется потребность и в натуральных материалах, в первую очередь льне и хлопке. Требуемая система оценивания указанных текстильных систем должна быть дополнена волатильностью как сложной характеристикой текстильных систем, в первую очередь – инновационных, а также одним из показателей, определяющим модуль изменения параметров системы под воздействием технологических или эксплуатационных факторов. Динамические сдвиги текстильных систем, описанные во времени, лучше контролировать по реперным точкам, определенным с помощью аттрактора. Идеальным вариантом может быть признан фрактально положительный аттрактор, обеспечивающий целевое воспроизводство самоподобия. Сложность текстильных систем и технических условий их создания требует обновления классификации рабочих состояний текстильной системы, из которых детерминированные и вероятностные режимы соответствуют классификациям робастности как характеристики устойчивости с корректировкой на модель засорения, известную как модель Тьюки-Хубера, что требует дополнительного изучения и адаптации к специфике объекта исследования.

Очевидно, что многие вопросы невозможно решить на заключительных стадиях производственного процесса и целесообразно сфокусировать формирование условий конкурентоспособности на стадии обоснования новых организационных форм промышленных предприятий, матрицы их взаимодействия, формирования текстильных систем и методов их оценки.

Так, многие вопросы развития текстильной промышленности можно решить на стадии проектирования модульных текстильных фабрик с выбором варианта технологического триггера, встроенной модели производства, автономной фабрики с увеличенными производственными мощностями или платформенного решения, учитывающего взаимодействие с товаропроводящей системой. Все рассмотренные варианты ориентированы на учет преимуществ цифровых технологий на стадии подготовки производства.

Степень разработанности темы исследования

Теоретические основы и практических исследований по рассматриваемой тематике разработаны А. В. Демидовым, А. Г. Макаровым, Ф. Ф. Бездудным, Дафтом Р., Ойхманом Е. Г., Андерсеном Б., Беккером Й., Хершманом Дж., Чампи Р., Москаленко А. В., Фейгин М. И., Хьюбером П., Хампелем Ф., Рончетти Э., Рауссей П., Штаэлем В.

Инновационная идея оценки функциональности образцов текстильных материалов на основе моделирования свойств их виртуальных образцов на основе информационных цифровых технологий принадлежит доктору технических наук, профессору СПбГУПТД Н.В. Переборовой.

Цель работы состоит в проектировании методов повышения эффективности внедрения волоконно – оптических Smart Textiles систем на основе оценки устойчивости и робастности.

Основными задачами исследования являются:

- разработка модели процесса волатильности текстильных систем, позволяющей проведение оценки их адапционных свойств;
- разработка модели аттрактора текстильных систем, позволяющей описать ее рабочие состояния и зоны эффективного внедрения новых технологий материалов;
- разработка параметров волоконно – оптической Smart Textiles системы
- разработка методов адаптации модели робастности к оценке устойчивости текстильных систем;
- разработка организационных форм внедрения прогрессивных и цифровых технологий на основе модели модульной фабрики, позволяющих существенно повысить конкурентоспособность конечной продукции на основе роста эффективности осваиваемости инновационных результатов и процессов;
- обоснование параметров конкурентоспособности текстильных материалов и швейных изделий.

Методология и методы исследования

В работе использованы методы, применяемые при системном анализе свойств текстильных систем и новых материалов, организации текстильного производства, оценке текстильных систем на основе новых материалов с учетом волатильности и робастности.

Объектом исследования является адаптивный механизм повышения эффективности внедрения инновационных текстильных систем на основе контроля их целевых параметров.

Предметом диссертационного исследования являются особенности процессов внедрения новых материалов и технологий на современном этапе развития текстильной промышленности.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует пунктам Паспорта научной специальности 05.02.22 – Организация производства (по отраслям) ВАК Минобрнауки РФ:

1. Разработка научных, методологических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур.

4. Моделирование организационных структур и производственных процессов. Экспертные системы в организации производственных процессов.

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

6. Разработка и реализация принципов производственного менеджмента

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

Научная новизна диссертационной работы. В диссертации разработаны:

- формы организации производства, повышающие эффективность внедрения новых материалов и технологий;

- математические модели процессов волатильности текстильных систем, отражающие особенности применяемых материалов и целевое назначение конечной продукции;

- модель аттрактора, адекватная задачам внедрения новых технологий и материалов, с описанием бассейна притяжения новых технологий и материалов, имплицитруемых в конкретную производственную систему;

- новая единица текстильных систем, а именно, модель Smart Textiles системы, в том числе, волоконно – оптической;

- методология робастности в управлении устойчивостью текстильных систем на основе новых материалов и технологий.

Теоретическая и практическая значимость диссертации состоит в:

- разработке методов повышения конкурентоспособности текстильных систем на этапе проектирования и организации их производства;

- разработке модели организации производства в текстильной промышленности на основе преимуществ процессов цифровизации;

- адаптации возможностей трехслойной нейронной сети «Многослойный перцептрон» для решения задачи прогнозирования пластичности;

- обосновании выбора робастного эстиматора для оценки Smart Textiles систем;

- разработке рекомендаций по применению робастных подходов к режимам работы текстильного производства с целью повышения конкурентоспособности и качества;

- использовании результатов, полученных в диссертационном исследовании, в учебном процессе ФГБОУ ВО СПбГУПТД при чтении лекций и проведении практических занятий на кафедре ИСиЗИ.

Положения, выносимые на защиту:

- модели и варианты форм организации производства на основе новых технологий и материалов;

- модели оценки свойств текстильных систем на основе устойчивости и пластичности;

- анализ волатильности текстильных систем на основе модели аттрактора

- методы адаптации модели робастности к оценке устойчивости текстильных систем.

Степень достоверности результатов. Методы проведения анализа процессов жесткости и формоустойчивости текстильных систем апробированы в ЗАО "ТЕКСТИЛЬ-ИНВЕСТ".

Апробация результатов исследования на научных конференциях: Всероссийская конференция молодых ученых «Инновации молодежной науки» (Санкт-Петербург, 2021-22), Международная научно-практическая конференция «Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации» (Пенза, 2022).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ, среди них 3 статьи, индексируемых в международных базах научного цитирования Web of Science и Scopus, 1 статья, входящая в перечень ВАК, 3 статьи – в перечень РИНЦ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, списка использованных источников (131 наименование). Содержание диссертации изложено на 154 страницах машинописного текста, иллюстрировано 23 рисунками и содержит 10 таблиц.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Модели и варианты форм организации производства на основе новых технологий и материалов.



Рисунок 1 – Индустрия 4.0 и проблемы развития текстильной промышленности

Вопросы установления должного размера выпуска, баланса индивидуализации и массовости, опираются на особенности размещения промышленности в городском ландшафте. Технические возможности 3D-технологий, искусственного интеллекта, дополненной реальности и робототехники, включая подходы индустрии 4.0, требуют генерации информации и знаний, полученных из данных цифровых ресурсов с последующим анализом качества и ошибок на основе знаний с целью оптимизации производства на основе модульно структурированных производственных цепочек.

Таблица 1 – Производственные сценарии и преимущества современных форм организации производства

Модульная текстильная фабрика	Производственные сценарии	Преимущества
Автономная фабрика с увеличенными производственными мощностями	Гибкий производственный процесс, реализация сетевого и интегративного взаимодействия, применение цифровых технологий, максимальное использование производственной мощности. Совместимость с производством по требованию.	Возможности осуществлять производство по требованию, снижать внутрипроизводственные и транспортные затраты, высокая осваиваемость профильных элементов

Таблица 1. Продолжение		
Фабрика & ритейл	Оперативное управление ассортиментом на основе взаимодействия с системой продвижения, возможности взаимодействия с клиентами и потребителями.	Интегрирует производственный процесс как непрерывный. Предполагает прямое и обратное масштабирование, допускается высокий уровень индивидуализации.
Фабрика & фабрика (Фабрика на фабрике)	Создание или перепрофилирование дополнительного модуля в качестве цеха на текстильной или швейной фабрике (площадке) для специализированных производственных работ.	Создание дополнительного количества высококвалифицированных рабочих мест, в том числе на градообразующих предприятиях, возможность вхождения на внутрифирменной основе в стандартизированную систему коммуникации операционной деятельности, сокращение объемов нереализованной продукции, расходов на ее хранение, совершенствование цепочек поставок
Технологический центр (триггер)	Элемент технологического центра или лаборатории (fab lab) для развития экспериментального производства, проектирования, обучения и демонстрации.	Высокотехнологичный подход к производству, в котором интегрирован сквозной сетевой процесс проектирования и производства, от 3D-моделирования отдельного предмета до цифровой печати и раскроя готового изделия. «Бесшовный» цифровой интегрированный процесс. Цифровизация & аутсорсинг

Модульная текстильная фабрика синтезирует эффекты цифровизации на уровне осваиваемости новых технологий, что позволяет сокращать размер партии и реализовывать элементы кастомизации / индивидуализации. Так, применительно к производству швейных изделий на уровне организации производства данный процесс инициируется сокращением величины настила при сохранении показателей эффективности и длительности производственного цикла.

Таблица 2 – Сравнительные преимущества применения новых технологий на стадии организации производства (на примере однослойной резки по сравнению с многократной)

Контрольный параметр производственной системы	Многократная резка	Однослойная резка
Тип производственного процесса	Массовое производство, большой объем выпуска при заданном прототипе эффективности.	Короткий производственный цикл. Производство по требованию и изготовление по индивидуальному заказу
Уровень цен	Недорогие товары	Товары с высокой стоимостью
Качество воплощения в материале	Меньшая точность раскроя как особенность перед производственной стадии	Высокая точность резки, четкое позиционирование Деталей, высокое качество
Потребность в сырье и материалах	Высокий расход материалов	Низкий расход материалов
Особенности персонала	Высокие расходы на персонал	Низкие расходы на персонал
Эффективность использования площадей	Требуется больше места для размещения	Требуется меньше места для размещения
Возможность индивидуализации, кастомизации	Тенденция к индивидуализации не поддерживается.	Тенденция к индивидуализации усиливается.
Оценка цикла заказов	Циклы заказов не меняются	Циклы заказов становятся короче
Перспективы внедрения новых технологий	Многие виды работ, например, укладка (формирование настила) выполняются в ручную. Данный процесс слабо поддается автоматизации.	Производство по требованию является более экологичным и предполагает внедрение новых технологий, в том числе автоматизацию. Процесс восприимчив к цифровым технологиям.
Основное преимущество	Многослойная резка более производительна по сравнению с однослойной резкой, даже если процесс подготовки очень трудоемкий	Однослойная резка является более гибким методом и идеально подходит для максимально автоматизированной обработки.

Преимущества цифровых технологий на стадии подготовки производства представлены на рис. 2.

2. Модели оценки свойств текстильных систем на основе устойчивости и адаптивности:



Рисунок 2 – Возможности цифровых технологий на этапе организации производства

3. Анализ волатильности текстильных систем на основе модели аттрактора

Волатильность означает рассматриваемое по модулю изменение параметров системы под воздействием технологических или эксплуатационных факторов. Это сложная комплексная характеристика текстильного полотна, изделия, а также одним из основных качественных показателей, определяющим эксплуатационные свойства швейных изделий.

Для оценки волатильности тканей и швейных изделий при многократном пространственном и одноосном деформировании рекомендовано использовать обратный позитивный показатель – Xm – число серий деформирования ткани, при котором значение остаточной деформации достигает значения в заданных пределах:

$$Xm = 1/(f_c / a)^{1/6} \quad (1)$$

где: f_c – остаточная деформация;

a и b – постоянные, характеризующие волокнистый состав и структуру материала.

Динамический тип состояния представляет собой набор элементов в системе координат «время – целевой агрегатор», что позволяет описать состояние динамической системы. Именно состояние системы позволяет корректно применить процессный подход, а именно процесс перехода из одного состояния в другое. Стихийный процесс, как и флуктуации не соответствуют задачам исследования. Фазовое пространство системы как совокупность всех возможных состояний велико, введем ограничение, описываемое стандартной производственной функцией и ее основными переменными, которое далее будет рассматриваться в качестве системы с дискретным временем. Дискретное, или

каскадное время позволяет контролировать параметры процесса через последовательность состояний (рис. 3).

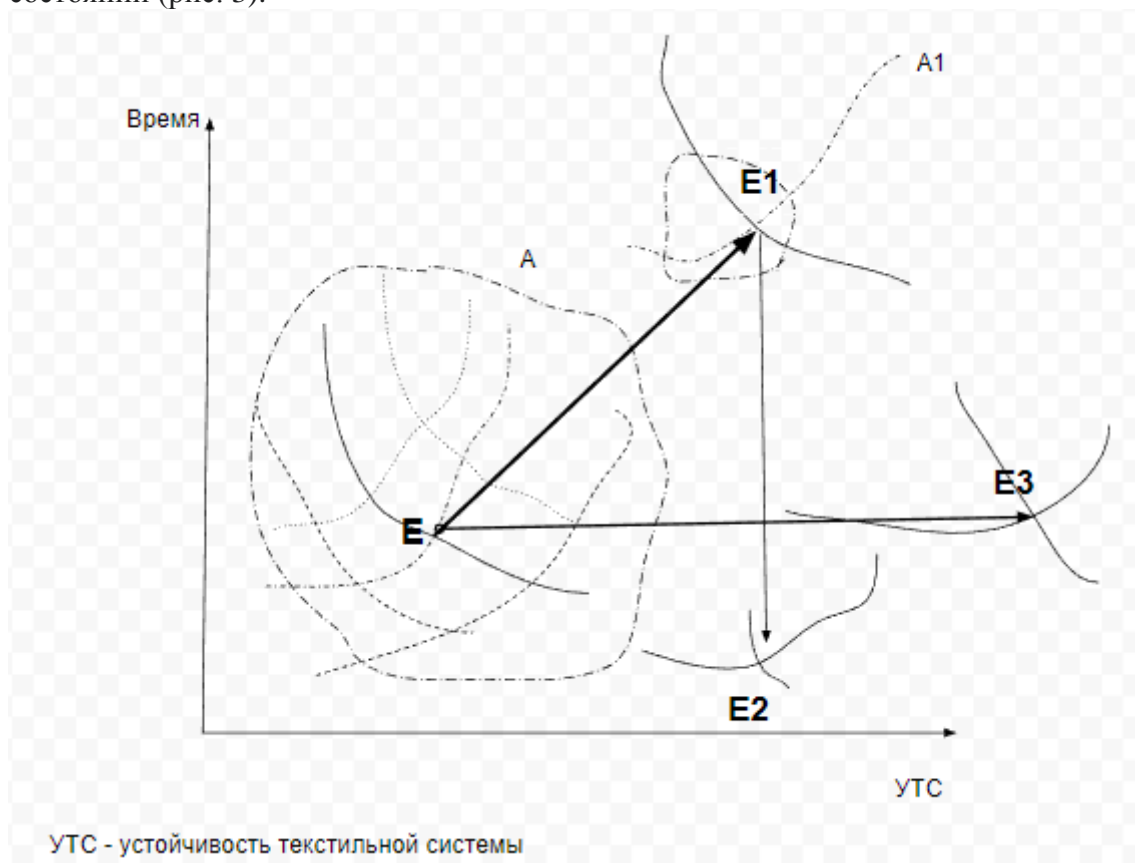


Рисунок 3 – Виды равновесия и устойчивость текстильных систем

Например, состояние до и после внедрения новой техники, технологии, материалов. Системы потокового типа, предполагающие возможность контроля целевых параметров в каждый момент времени, в большей степени соответствуют уже функционирующим производственным системам непрерывного цикла, например, химическая промышленность и производство волокон.

Признав устойчивость текстильной системы динамической, можно применить соответствующие инструменты ее описания. Для оценки подмножества изменений в свете осваиваемости новых материалов применяется метод разбиения стабильного или фазового пространства по признаку соответствия каждой точки одному состоянию с помощью модель бифуркаций, учитывающей влияние изменений параметра, в нашем случае параметром, определяющим инновационность, на качественную картину целого. Так как всякая точка фазового пространства соответствует одному состоянию системы, в анализ следует вовлечь траектории представляющий (изображающих) точек. Указанные траектории соответствуют изменению состояния системы или ее динамике и могут быть описаны как восходящие, увеличивающие целевой показатель анализа (E, E1), нисходящие, уменьшающие целевой показатель анализа (E1, E), масштабирующийся (E, E3, E1), демасштабирующийся (E3, E2).

Развитие инструментов анализа динамических систем предполагает использование возможностей аттракторов как вариантов множества, вложенного множества, подчиненных асимптотической цели, то есть инвариантным множеством. Идеальным вариантом мог стать фрактально положительный аттрактор, обеспечивающий целевое воспроизводство самоподобия. Данный вариант может быть закреплен в стационарной среде, что не свойственно текстильной и легкой промышленности. Для внедрения новых технологий точки E должны образовать неблуждающее множество. Интересен вопрос об объеме

возможного внедрения новых технологий и материалов. Так как всякая минимально динамическая система транзитивна, мы можем установить бассейны притяжения и исключить бассейны отталкивания новых технологий и материалов, имплицитных в конкретную производственную систему (окрестности неправильной формы E, E_1).

4. Концепция робастности в управлении устойчивостью текстильных систем

Если устойчивость — это способность системы стремиться к некоторому равновесию или первоначальному состоянию, то робастность в классическом подходе определяется относительно неопределенности, которая может быть параметрической или непараметрической, включающей, в свою очередь, немоделируемую динамику (H^∞ -теория, QFT), структурную неопределенность (M- Δ и μ -анализ) и внешние воздействия. Робастность в организации производства означает свойство системы сохранять свойства и качества в пределах, предъявляемых или заданных требований при предположении о происходящем изменении ее параметров или структуры под влиянием как внутренних, так и внешних воздействий. Для текстильных систем важна возможность учета технологического разброса ее параметров, вызванных изменением нагрузки и старением.

На рисунке 4 представлены возможные состояния объекта, из которых ТС в большей степени соответствует динамические детерминированные режимы, случайные режимы отнесем на нарушения технологических регламентов и цепочек поставок, как приведшие у нарушению таргетированных показателей равновесия.



Рисунок 4 – Рабочие состояния текстильной системы

Детерминированные и случайные/вероятностные режимы соответствуют классификациям робастности как характеристики устойчивости с корректировкой на модель засорения, известную как модель Тьюки-Хубера. Задача робастной устойчивости состоит в проверке устойчивости системы для каждого элемента из множества возможных значений (множества неопределённости), что отражено на рис. 5 «Характеристики робастности, ориентированные на устойчивость текстильных систем».



Рисунок 5 – Характеристики робастности, ориентированные на устойчивость текстильных систем

Для оценки устойчивости текстильных систем предложено использовать робастные эstimаторы. Последовательность расчета может быть представлена на рис. 6.

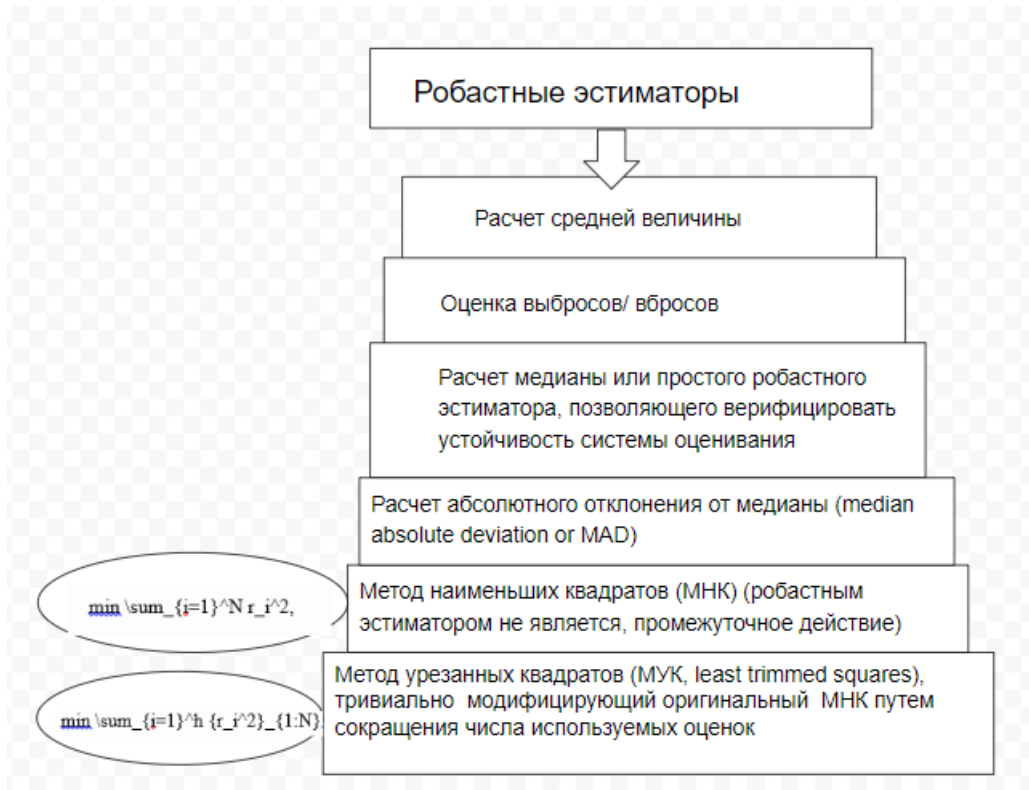


Рисунок 6 – Возможности робастных эstimаторов

Структурная схема формирования условий повышения эффективности внедрения новых материалов и технологий представлена на рис. 7.

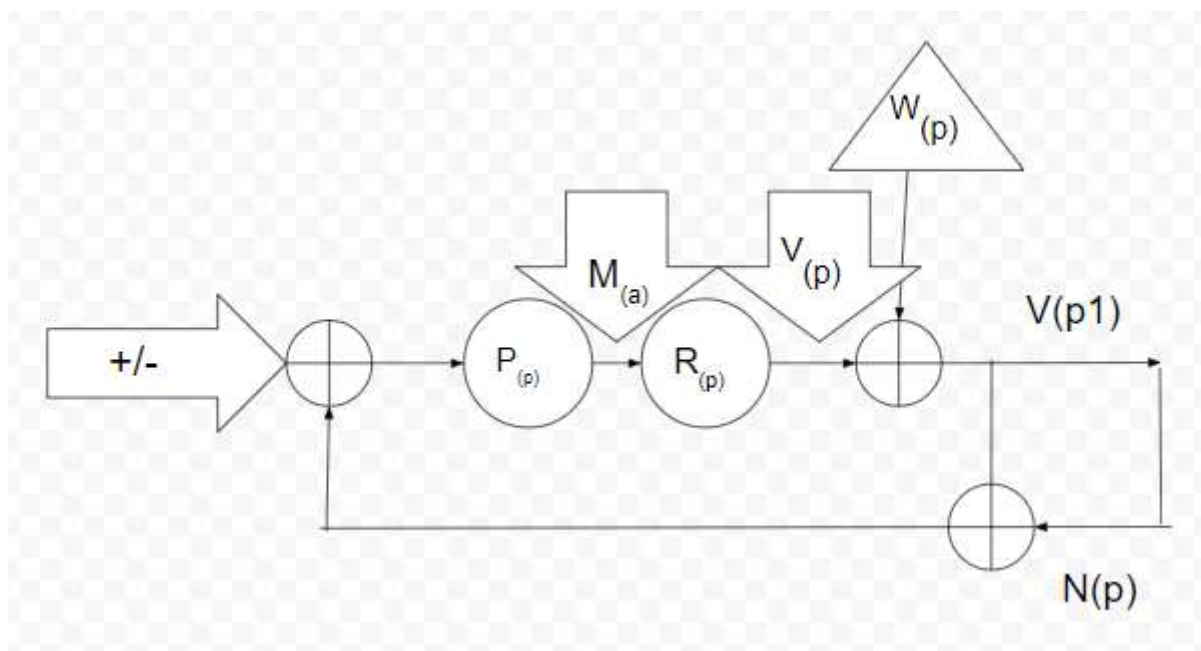


Рисунок 7 – Структурная схема формирования условий повышения эффективности внедрения новых материалов и технологий:

$P(p)$ – множество/пространство регулятора

$M(a)$ – управляющее воздействие

$R(p)$ – множество/пространство объекта

$V(p)$ – целевая величина

$N(p)$ – засорение измерений.

По имеющимся параметрам можно установить функцию чувствительности, которая отражает левэридж по схеме «воздействие – результат».

$$S_{wo}(p) = 1 / (1 + P(p) R_o(p)) \quad (2)$$

Методологии оценки робастного качества позволяют создать образ новой единицы текстильных систем, а именно, функциональную модель волоконно – оптической Smart Textiles системы, настроенной на текстильно-интегрированные датчики / компоненты.

Создание волоконно – оптических Smart Textiles и их аналогов систем требует развития подходов к организации производства на основе проектирования параметрического множества допустимых вероятностных значений известных функций влияния, так как надежность системы контрольных показателей должна быть повышена. Важным методическим подходом, заложенным в семействе функций влияния, является допущение о том, что эмпирическая функции может не совпадать с заданной параметрической (input order – астатизм =1), что предопределяет требования к системным характеристикам конкретного объекта и позволяет оценить свойства робастности оценок. Свойства критериев проверки гипотез позволяют установить значение некоего параметра при снятии отмеченного как input order – астатизм =1 противоречия.

В части тестирования статистических гипотез предложена связь функции влияния и эффективностью критериев Питмена.

$$H^2(D_n, U_{y0}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[dC(D_n, U_y) / dy |_{y=y_0}]}{nN(D_n, U_{y0})} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[j_n(y_0)]}{nN(D_n, U_{y0})} \quad (3)$$

Цели контроля параметров внедрения новых технологий и материалов представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Цели контроля параметров внедрения

Цели контроля параметров внедрения		
Параметр	Традиционный подход	Робастный подход
Стабильность	Номинальная: система стабильна без неопределенности модели	Робастная: система стабильна для всех возмущенных состояниях объекта (неопределенность и возмущение модели).
Производительность	Номинальная: система удовлетворяет техническим характеристикам без неопределенности модели	Робастная: система удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым ко всем объектам пространства
Внутренний контроль	Производственный и управленческий учет	Конфигурация обратной связи или внутреннее управление моделью (Внутренний контроль модели ИМС).
Наблюдаемость	0–50 %	50–100 %

Пример преобразования сырья и внедрения новых технологий в условиях сокращения сроков жизненного цикла этапов проектирования и разработки представлен на рисунке представлен на рис. 8.

Сырье	Технологический процесс	Результат
Полилактичная кислота (PLA)	Экструзионной намотки	Стабильная при хранении пряжа, может быть дополнительно переработана в плоские текстильные конструкции
Добавки для улучшения экструзируемости, ударной вязкости и кристаллизационных свойств	Прядения-растяжения (процесс FDY) Монофиламентная пряжа с титром 22 dtex и максимальной скоростью 3000 м/мин наматывается на катушки	
Добавки для стабилизации гидролиза	Сетка для защиты от насекомых. FILBIO®PLA и ULTRAVENT®PLA	Получено прядильное соединение в гранулированной форме.

Рисунок 8 – Пример преобразования сырья и внедрения новых технологий

ВЫВОДЫ

1. Разработанная модель описания процесса волатильности текстильных систем позволяет установить контрольные показатели эффективности внедрения новых материалов и технологий

2. Разработанная математическая устойчивость и адаптивности текстильных систем позволяет проводить качественные оценки их деформационно-эксплуатационных свойств на основе формоустойчивости и пластичности.

3. Разработанная модель волатильности текстильных систем на основе модели аттрактора позволяет позиционировать текстильные системы как статические и динамические, установить контрольные параметры внедрения новой техники и технологии. Так как всякая минимально динамическая система транзитивна, можно установить бассейны притяжения и исключить бассейны отталкивания новых технологий и материалов, имплицитных в конкретную производственную систему.

4. Предложена новая классификационная единица текстильных систем, а именно, функциональную модель волоконно – оптической Smart Textiles системы, когерентная к методологиям оценки робастного качества.

5. Предложенные методы адаптации модели робастности к оценке устойчивости текстильных систем позволяют уточнить целевые параметры конкурентоспособности текстильных систем, предприятий на основе функции влияния, позволяющей реализовать правило отбраковки выделяющихся наблюдений и устанавливаем связь между свойствами робастных оценок и критериями обнаружения выбросов в выборке. В результате формируются условия для оптимизации параметров организации производства и организационных форм текстильных предприятий.

6. Разработанная система оценок устойчивости текстильных систем, в том числе с учетом точек бифуркации, позволяет повысить эффективность управления производственным процессом по этапам технологической последовательности.

7. Предложенные подходы к достижению целевых показателей конкурентоспособности на основе новых технологий и материалов могут быть рекомендованы для предприятий различной отраслевой принадлежности.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах Статьи в рецензируемых журналах Web of Science и Scopus

1. Хамматова В.В. Исследование свойств высокопрочного текстильного материала для защитной одежды с содержанием арамидных волокон / Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова Э.А., Титова Л.В. // Химические волокна. – 2021. – № 3 – С. 55–59.

англ. версия: Titova M. N. Scenario Modeling and Optimization of Parametric Proportions for the Conjugated Production of Chemical Fibers and Textiles in Conditions of Raw Material Recycling / M. N. Titova, L. K. Sirotnina // Fibre Chemistry. – 2021. – Vol. 53. – No 3. – P. 204-207. – DOI 10.1007/s10692-021-10266-2.

2. Киселев С.В. Влияние крутки швейных полиэфирных нитей на их деформационные свойства/ Переборова Н.В., Титова Л.В., Климова Н.С.// Химические волокна. – № 3. – 2021, С. 23–27.

англ. версия: Kiselev S. V. Influence of Degree of Twist of Polyester Sewing Threads on Their Deformation Properties/ N. V. Pereborova, L. V. Titova and N. S. Klimova //Fibre Chemistry. – 2021. – Vol. 53. – No. 3. – P. 171-175. DOI 10.1007/s10692-021-10261-7

3. Буряк Е.А. Математическое моделирование вязкоупругих свойств швейных армированных полиэфирных нитей / Климова Н.С., Переборова Н.В., Титова Л.В. // Химические волокна. – № 4. – 2021. – С. 23–27.

англ. версия: Buryak, E.A. Mathematical Modeling of Viscoelastic Properties of Reinforced Polyester Sewing Threads / N.S. Klimova, N.V. Pereborova, L.V. Titova, //Fibre Chemistry.- 2022,- Vol. 54, No. 4.

ВАК

4. Переборова Н.В. Решение задач повышения качества и конкурентоспособности продукции текстильной и легкой промышленности / Литвинов А.М., Титова Л.В. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. – 2022. – № 2. – С. 5–10 (**ВАК**).

Прочие публикации

5. Титова, Л. В. Обоснование подходов к выбору показателей оценки устойчивого развития микроэкономического уровня / Л. В. Титова, В. В. Ильинский // Актуальные проблемы экономики современной России. – 2012. – № 8. – С. 165–168.

6. Титова, Л. В. Теория и законы организации / Л. В. Титова, В. В. Ильинский // Научная сессия ГУАП, Часть 3. Сборник докладов 11–15 апреля 2012г. – СПб.: ГУАП. – 2012. – С. 259–262.

7. Титова, Л. В. Инновации как основа динамического развития экономики / Л. В. Титова, В. В. Ильинский // Научная сессия ГУАП, Часть 3. Сборник докладов 11–15 апреля 2011г. – СПб.: ГУАП. – 2011. – С. 278–280.