

**РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**



Значительные потери времени и материальных ресурсов имеют текстильные предприятия при постановке на производство нового ассортимента пряжи и получения из нее тканей с прогнозируемыми свойствами. Это связано с разными свойствами исходного сырья и многофакторностью производственного процесса.

Учитывая существенное обеспечение текстильных предприятий компьютерной техникой, сегодня крайне необходимо использование информационных технологий в решении проблемных вопросов прогнозирования физико-механических свойств текстильных материалов, что на стадии подготовки к производству существенно сократит срок их разработки, будет оказывать содействие экономии материальных и трудовых ресурсов.

Для решения указанной проблемы нужны новые научные подходы, которые состоят в создании метода прогнозирования физико-механических свойств текстильных материалов в процессе их изменения в условиях производства. Создание системы прогнозирования свойств текстильных материалов (СПСТМ) даст возможность оперативно определять закономерности связи между показателями свойств разных текстильных продуктов.

Для развития научных основ прогнозирования свойств текстильных материалов нужно комплексное рассмотрение процессов, начиная от подготовки волокна к получению пряжи и текстильных изделий. Эти вопросы решаются путем применения системного подхода и анализа процессов преобразования свойств текстильных материалов, определения связей между свойствами промежуточных и конечных текстильных продуктов с учетом факторов, которые влияют на них [1–3, 7–9].

На свойства текстильных нитей и изделий оказывают непосредственное влияние свойства исходного сырья, состояние технологического оборудования и уровень их обслуживания. Таким образом, процессы, которые формируют свойства волокнистых продуктов при изготовле-

нии пряжи и изделий из нее составляют определенную систему. Целью функционирования СПСТМ есть контроль за процессом преобразования свойств исходных волокнистых продуктов в свойства конечного продукта (пряжи, ткани), которые отвечают требованиям нормативной документации.

СПСТМ в процессе их производства является целенаправленным процессом создания текстильных изделий путем взаимодействия разных производственных, организационных и эксплуатационных подсистем. В свою очередь производственная система является совокупностью взаимосвязанных линий технологического оборудования и процессов, которые взаимодействуют в пределах производственной системы с целью изготовления конечного текстильного продукта.

Многоуровневый характер СПСТМ является определяющей чертой сложных систем. СПВТМ можно подать в виде определенной схемы, при этом выделить определенные стороны объекта, которые необходимы для представления его как системы, а другие стороны оставить без рассмотрения. СПСТМ содержит большое количество показателей свойств материалов, которые, объединяясь, определяют качество системы. В зависимости от точки зрения исследователя и производства в СПСТМ можно рассматривать определенные ее свойства, которые могут осветить исследуемый текстильный материал с нужной стороны [1-3, 7, 10, 11].

Системный анализ прогнозирования изменения свойств текстильных материалов в процессе их изготовления содержит следующие этапы: определение и четкое формулирование цели функционирования СПСТМ; выбор показателей эффективности функционирования СПСТМ; составление перечня факторов, которые действуют на СПСТМ; получение математических моделей показателей свойств материалов; создание общей математической модели СПСТМ.

Цель функционирования СПСТМ определяют, исходя из практической целесообразности, ассортимента текстильных материалов, особенностей развития современной техники и технологии, учитывая при этом экономическую целесообразность. Перечень факторов, которые действуют на систему, определяется конкретным видом сырья, оборудованием, уровнем его обслуживания и т.п. Математическое моделирование СПСТМ состоит в получении математических зависимостей свойств текстильных материалов от определенных факторов на каждом производственном этапе их преобразования и образовании общей математической модели всей системы. Получение общей математической модели СПСТМ состоит в создании программного комплекса для удобного и

быстрого дополнения и корректирование модели, получение результатов и принятие решения.

СПСТМ принадлежит к сложным системам, в которой процесс преобразования свойств материалов от сырья до выпуска готовой пряжи сложно описать в виде одной простой схемы. Для такой системы выделяют подсистемы, которые могут содержать от двух и больше операций производственного преобразования свойств текстильных продуктов. При этом производственные линии по изготовлению пряжи и текстильных полотен целесообразно рассматривать как систему процессов, которые происходят в машинах и агрегатах и формируют свойства текстильных продуктов, а не как систему машин и агрегатов.

Для прогнозирования и поддержания стабильного качества текстильных материалов, а также выпуска их в заданном объеме, нужно решение ряда задач:

- входного контроля качества сырья и вспомогательных материалов;
- контроля и строгого соблюдения технологической и производственной дисциплины;
- контроля качества полуфабрикатов по всем производственным переходами;
- контроля технологического оборудования, оснащения, вспомогательных инструментов и контрольно-измерительных средств;
- контроля качества работы обслуживающего персонала и повышение его квалификации;
- систематического анализа причин появления дефектов и снижения сортности продукции по всем переходам ее изготовления;
- сурового соблюдения требований нормативной документации на сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, технологическое оборудование и т.п.

На текстильных производствах одновременно перерабатывается большая масса неоднородных и неравномерных по своим свойствам текстильных волокон и нитей. Много процессов базируется на вероятностных схемах, и имеют закономерности, которые описываются с помощью методов теории вероятности и математической статистики.

Моделирование систем управления и прогнозирование качества продукции содержит описание последовательности выполнения процессов и операций, которые формируют свойства готовой продукции и полуфабрикатов, и направленные на обеспечения, поддержание и улучшение качества текстильных материалов. С помощью математической модели определяют количественные связи между показателями качества готовой продукции и свойствами сырья, полуфабрикатов, техно-

логического оборудования и управляющими действиями со стороны соответствующих органов.

В общем случае последовательность получения математической модели СПСТМ может быть разделена на четыре этапа. Исследуемая система на первом этапе распределяется на основные составные элементы. При этом анализируются взаимосвязи между отдельными структурными элементами и формируются основные закономерности этих связей в математических сроках, которые разрешают осуществлять не только качественный, а также и количественный анализ. На втором этапе решается прямая или обратная задачи моделирования. Прямая задача состоит в определении исходных параметров по известным внешним и внутренним параметрам структурного элемента. Обратная задача есть более сложной, и состоит в определении внутренних параметров структурного элемента по известным внешним и исходным параметрам. На третьем этапе проводится анализ полученных результатов и сравнение их с существующими результатами. Важность этого этапа заключается в том, что при этом устанавливается, удовлетворяет ли принятая модель критерию практики, и какую меру точности по результатам наблюдений имеет полученная информация об объекте. Результаты третьего этапа являются основой для проведения последнего четвертого этапа. Если результаты анализа в пределах заданной точности совпадают с результатами экспериментальных наблюдений, то предложенную модель можно считать о удовлетворяющей поставленным требованиям. В случае несоответствия нужно модернизировать полученную математическую модель.

Моделирование СПСТМ содержит описание последовательности выполнения процессов и операций, которые формируют свойства готовой продукции и полуфабрикатов, и которые направлены на обеспечение, поддержание и улучшение качества продукции. С помощью математической модели определяют количественные связи между показателями качества готовой текстильной продукции и свойствами производной сырья, полуфабрикатов, технологического оборудования и управляющими действиями со стороны соответствующих органов. Применение математических моделей в прогнозировании свойств позволяет предварительно определить и оценить результаты тех или других мероприятий и выбрать для реализации те из них, которые были наиболее эффективными.

Основой математической модели СПСТМ может быть принятая модель производственного преобразования производных материалов на готовую продукцию. На этом уровне формируются все заданные параметры продукции, которые определяют ее качество [11, 13].

Для построения математической модели и ее использования для прогнозирования свойств текстильных материалов применяют общий алгоритм. В алгоритм включают операции, которые выполняются в определенном порядке и которые заканчиваются формированием решений, направленных на определение необходимого уровня показателей качества продукции.

Рассмотрим особенности преобразования свойств исходных материалов на выходной текстильный продукт (пряжу, текстильное изделие). Материальный входной поток $m_0(t)$, который содержит данные о свойствах производных материалов (сырья, полуфабрикатов и т.п.), поступает на вход системы, которая имеет собственные параметры B_T и превращается ею в исходный материальный поток $m(t)$ с собственными свойствами (полуфабрикатов или готовой продукции). Это преобразование осуществляется путем упорядоченной совокупности технологических операций, которые составляют оператор T [7, 13]. Таким образом, математическая модель преобразований свойств продукции в процессе производства может быть представлена таким уравнением:

$$m(t) = T[m_0(t), B_T(u), k, E, S], \quad (1)$$

где B_T — параметры преобразований волокнистого продукта; u — действия управления, которые влияют на параметры преобразования $B_T(u)$; k — характеристики рабочих кадров; S — условия окружающей среды; E — параметры энергозатрат для поддержания производственного процесса.

Для решения задач прогнозирования свойств текстильных материалов необходимо знать вид оператора T преобразования свойств продукции в процессе изготовления, который определяют путем анализа процесса преобразования. Для этого процесс преобразования свойств текстильных материалов раскладывают на простые операции, описывая эти элементарные операции соответствующими операторами, и в дальнейшем синтезируют из них общий оператор T .

Схему преобразований свойств текстильных материалов, в которой реализуется элементарное производственное преобразование, можно назвать элементарной производственной ячейкой. Таким образом, вся система может быть представлена объединением (последовательным, параллельным или смешанным) разных элементарных производственных ячеек [13]. Конкретные элементарные ячейки производственного

процесса могут быть довольно специфическими в зависимости от характера производственного преобразования свойств материалов и места в производственном процессе, но все они могут быть описаны структурно-функциональной моделью, представленной на рис. 1.

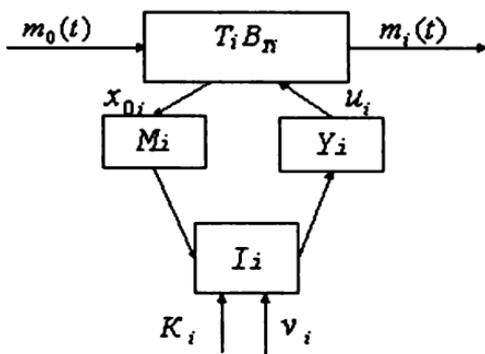


Рис. 1. Структурно-функциональная модель элементарной ячейки производственного преобразования свойств продукции:

где T_i – участок производственного преобразования волокнистого продукта; B_{T_i} – параметры участка преобразования свойств продукции; M_i – метрологический участок; I_i – информационно-логический участок управления; K_i – целевая модель; Y_i – исполнительный участок; x_{0i} – определенное свойство волокнистого потока; u_i – действие управления; v_i – внешние действия управления

Структурно-функциональная модель элементарной ячейки (рис. 1), как и любая система, состоит из основных функциональных участков. Функционирование i -й элементарной ячейки производственного процесса преобразования свойств продукции может быть описано системой таких операторных уравнений:

$$m_i(t) = T_i[m_0(t - \Delta t), B_{T_i}(u_i), k_i, S_i, E_i]; \quad (2)$$

$$u_i = Y_i(x_{0i}); u_i = I_i(\Sigma K_i, \Sigma v_i); \quad (3)$$

$$\Sigma K_i = M_i[m_0(t), B_{T_i}]. \quad (4)$$

Приведенная система уравнений является общим видом математической модели, которая описывает функционирование каждой элементарной ячейки процесса преобразования свойств материалов. Для определенных ячеек эти уравнения имеют физический смысл в зависимости от характера оператора T – превращение продукции в процессе производства [7, 13].

Состояние СПСТМ в каждый момент времени определяется перечнем значений параметров волокнистого продукта и работы оборудования, которые характеризуют систему. Для упрощения работы по прогнозированию свойств текстильных материалов нужно выделить незначительное количество независимых один от другого параметров, которые достаточно полно характеризуют систему с точки зрения достижения определенной цели.

Блоки производственного процесса преобразования свойств продукции являются сложными подсистемами (участка, цеха и т.п.), которые, объединяясь между собой, образуют общую систему производства и прогнозирования свойств текстильных материалов.

Отдельные элементарные ячейки производственного процесса преобразования свойств текстильных материалов объединяются в блоки (рис. 2), обозначение в которых аналогичные обозначения, представленным на рис. 1.

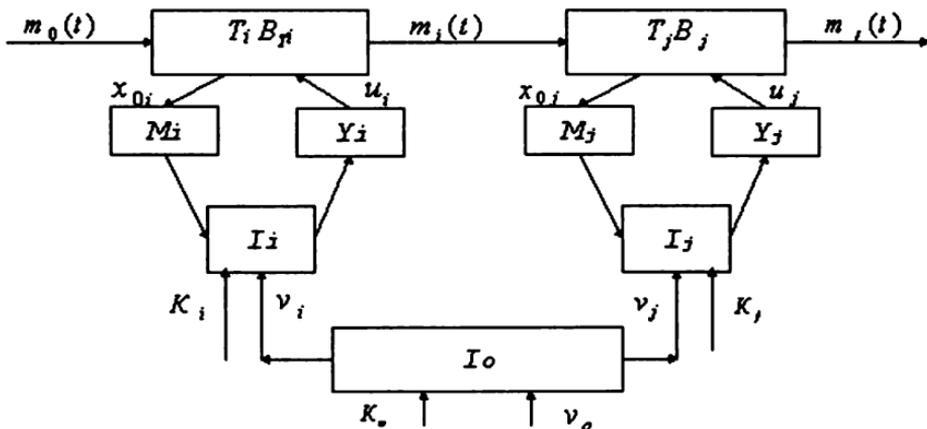


Рис. 2. Блоки ячеек производственного преобразования свойств продукции

Исходя из анализа функционирования системы прогнозирования свойств текстильных материалов, ее целесообразно распределить на производственные блоки и элементарные производственные ячейки, для которых операторы T имеют подобный характер. При этом определяются параметры B_T изменения свойств продукта для каждой из элементарных ячеек производственного процесса, блоков и системы в целом [14].

Основной целью функционирования СПСТМ есть повышение качества изготовленной продукции при сохранении заданной производительности оборудования. Для достижения этой цели определяются доминирующие параметры системы и соответственно доминирующие производственные блоки подсистем.

Структурно-функциональная схема преобразования свойств текстильных материалов в процессе производства строится на базе непосредственного изучения производственного процесса и есть моделью, которая отображает основные циклы производственного процесса, которые влияют на преобразование свойств волокнистого продукта. Такая схема разрешает выяснить особенности изменения свойств волокнистого продукта в процессе производства, а также распределить ее на относительно независимые последовательные и параллельные составляющие для того, чтобы анализировать эти составляющие отдельно [14].

Прогнозирование свойств материалов в СПСТМ заключается в разработке ее структурно-функциональной схемы производства и определении:

- показателей свойств входной продукции (волокон и клочков), по которым проводится оценка их качества и сортировка;
- количественных характеристик производственного процесса и контролируемых показателей качества исходной продукции и полуфабрикатов;
- характеристик исходной продукции, которые контролируются в процессе производства.

Для построения математических моделей в СПСТМ нужно знать информацию и иметь много данных о структуре и свойствах текстильных материалов. [6, 15, 16, 17]. Структура и свойства текстильных материалов в процессе производства и эксплуатации изменяются динамично. Изменение свойств текстильных материалов происходит во времени. Наличие влияющих факторов всегда приводит к изменению входных свойств волокнистого продукта. Степень влияния разных факторов на исходные свойства текстильных материалов неодинакова, поэтому для его определения целесообразно проводить априорное ранжирование.

Определение свойств волокнистых продуктов (клочков, лент, ровницы, пряжи, ткани), которые динамично изменяются в процессе производства и эксплуатации, сводится к нахождению зависимости определенного исходного свойства текстильного материала от входных параметров и разных факторов влияния. Такая зависимость может быть определена аналитическими (исследованием математической модели продукта) или экспериментальными (активными или пассивными) методами.

При применении аналитических методов математического описания системы можно получить ее реакцию практически на любое взаимодействие. При этом полученная модель может касаться не только конкретного объекта исследования, а и целого класса объектов. Вместе с тем нужно заметить, что такая математическая модель учитывает только те условия и факторы, которые были у нее включены при формализации физической модели исследуемого процесса, и не может учитывать условия и все действующие факторы реально функционирующей системы прогнозирования свойств текстильных материалов. Аналитические методы получения модели волокнистого продукта имеют преимущества в возможности использования для широкого круга волокнистых продуктов, но имеют существенный недостаток в применении для конкретного волокнистого продукта и требуют экспериментального уточнения положений теоретической модели.

Этого недостатка нет в экспериментальных исследовательских подходах, как конкретного волокнистого продукта, так и системы в целом. При использовании активных исследовательских приемов динамические характеристики текстильного материала получают путем определения влияния искусственно измененных входных факторов и его исходных свойств. А при использовании пассивных методов — определяются динамические изменения исходных свойств текстильного продукта на основе результатов измерений входных и исходных параметров, которые получают при нормальном процессе изготовления и эксплуатации текстильного материала.

Пассивные методы лучше применять, если невозможное внесение искусственных изменений входных параметров при нормальных условиях изготовления и эксплуатации продукта, а также, если уровень препятствий довольно значительный, или если исследуемые продукты имеют несколько входов и выходов, которые часто коррелируют между собой.

Методологически оба метода подобны между собой и содержат такие этапы: выбор исходных и входных параметров исследуемого текстиль-

ного материала (волокнуистого продукта); измерение и регистрация с нужной точностью выбранных исходных и сменных входных влиятельных факторов (параметров); обработка результатов эксперимента с целью получения динамических характеристик (свойств) исследуемых продуктов.

В СПСТМ свойства текстильных материалов исследовались путем анализа соответствующих показателей волокнуистых продуктов на каждом этапе производственного процесса. Получив и объединив математические модели всех комплексов текстильного продукта, можно получить общую математическую модель СПСТМ.

Важным требованием к математическим моделям в СПСТМ есть не только их адекватность реальным параметрам, а также способность к их адаптации в сменных условиях производства. Поскольку исследуемый текстильный материал характеризуется сложностью и недостаточной информативностью связей между параметрами, которая ограничивает возможность проведения с ним экспериментов, возрастает значение неформальных (экспертных) методов получения информации об объекте, а также адаптивных принципов построения математической модели.

С развитием компьютерной техники и расширением ее применения для обработки статистической информации к математическим методам построения моделей свойств текстильных материалов предъявляются следующие обобщенные требования: универсальность, способность к интерпретации и адаптации.

Цель построения общей математической модели реальной СПСТМ может быть разной. Независимо от цели, с которой создается математическая модель СПСТМ, нужно иметь возможность вычислять значение исходной сменной y в зависимости от значений входных параметров x . В любом случае указанное вычисление выполняется с помощью того или другого алгоритма. Такие алгоритмы не обязательно используют очевидную функциональную зависимость от x , но на практике модели в виде очевидных функциональных зависимостей детерминированного или стохастического типа широко используются по многим причинам, в том числе благодаря их возможности наглядной интерпретации результатов, а также благодаря многим разработкам компьютерных реализаций моделей.

В СПСТМ нужно учитывать изменения, которые возникают в условиях реального производства и эксплуатации текстильных материалов, и обеспечить адаптацию математических моделей к этим изменениям. Использование же методов активного эксперимента целесообразно

применять для одноразового построения математической модели, которые существенно усложняются в условиях, которые нуждаются в адаптации. Также планирование активного эксперимента целесообразно применять для исследования новых процессов производства.

Построение математических моделей показателей свойств текстильных материалов с использованием результатов «пассивных» наблюдений более целесообразно для действующих предприятий, чем проведение «активных» экспериментов. Это связано с отсутствием в пассивном эксперименте потребности планирования, что ведет к возможным нарушениям определенного производственного процесса. Идентификация преобразования свойств текстильных материалов на каждом этапе производства состоит в построении математических моделей этих свойств за полученными в реальных условиях входными и выходными параметрами продуктов преобразования.

Выводы

1. Развитие научных основ прогнозирования свойств текстильных материалов базируется на применении основных положений теории систем и системного анализа и направлено на повышение качества и конкурентоспособности текстильных материалов.

2. Обоснован метод прогнозирования свойств текстильных материалов, который включает системный анализ их преобразования, а также определены подходы к построению математических моделей показателей свойств текстильных материалов в зависимости от различных внешних факторов.

3. Обосновано применение методов идентификации и кусочно-линейной аппроксимации для получения общей математической модели СПСТМ.

Список литературы

1. Михайлов Б.С. Основные принципы и законы развития техники : Монография. – СПб. : СПГУТД, 2005. – 280 с.

2. Кудрявцева Т.Н. Техническая диагностика шерстопрядильного производства. – М. : Легпромбытиздат, 1987. – 112 с.

3. Модернізація виробництва: системно-екологічний підхід : Посібник з екологічного менеджменту / [В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, В.М. Навроцький та ін.] – К. : Символ-Т, 1997. – 248 с.

4. Гинсбург Л.Н. Динамика основных процессов прядения. Формирование и выравнивание волокнистого потока: в 2 т. / Л.Н. Гинсбург, В.П. Хавкин, Ю.М. Винтер, А.С. Молчанов. — М. : Легкая индустрия. Т. 1. 1970, — 304 с.

5. Гинсбург Л.Н. Динамика основных процессов прядения. Гребнечесание и вытягивание: в 2 т. / Л.Н. Гинсбург, В.П. Хавкин, Ю.М. Винтер, А.С. Молчанов. — М. : Легкая индустрия, 1970. — Т. 2. — 1972. — 308 с.

6. Перельман И. И. Оперативная идентификация объектов управления. — М. : Энергоиздат, 1982. — 272 с.

7. Слізков А.М. Застосування системного підходу до прогнозування властивостей текстильних ниток та виробів: повідомлення 1 / А.М. Слізков // Вісник КНУТД. 2006. №3. С. 42–48.

8. Березненко М.П. Сертифікація систем якості та продукції в легкій промисловості / Березненко М.П., Савчук Н.Г., Березненко С.М. та ін. — К. : Логос, 1996. — 231 с.

9. Контроль качества и сертификация в легкой промышленности : Толковый словарь / [Н.П. Березненко, Н.Г. Савчук, Г.Г. Никитенко, И.И. Мигальцо, А.Я. Клименко]. — К. : Наук. думка, 1995. — 200 с.

10. Севостьянов А.Г. Основы технической кибернетики и ее применение в текстильной промышленности / А.Г. Севостьянов, В.П. Хавкин, А.С. Молчанов. — М. : Легкая индустрия, 1973. — 51 с.

11. Березненко М.П. Системний підхід до забезпечення якості швейних виробів / М.П. Березненко, Н.Г. Савчук, І.П. Палій // Вісник ДАЛПУ. 1999. №2. С. 11–13.

12. Черников А.Н. Управление технологическим процессом в хлопкопрядильном производстве / А.Н. Черников, А.С. Смирнов. — М. : РИО МГТА, 1999. — 24 с.

13. Слізков А. М. Математичне моделювання систем прогнозування властивостями і якістю текстильних ниток та виробів з них: повідомлення 2 / А.М. Слізков // Вісник КНУТД. 2006. №4. С. 17–24.

14. Слізков А.М. Застосування системного аналізу для вирішення практичних задач текстильного виробництва: повідомлення 3 / А.М. Слізков // Вісник КНУТД. 2006. №5. С. 25–30.

15. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. — М. : Наука, 1991. — 432 с.

16. Основы управления технологическими объектами / Под ред. Н.С. Райбмана. — М. : Наука, 1978. — 440 с.

17. Райбман Н.С. Адаптивные модели в системах управления / Н.С. Райбман, В.М. Чадеев. — М. : Сов. Радио, 1966. — 108 с.

Сведения об авторе

Слизков Андрей Николаевич. Доцент кафедры материаловедения и технологии переработки текстильных волокон Киевского национального университета технологии и дизайна (Украина), доктор технических наук.

Автор более 60 научных работ, 2 патентов Украины, 1 авторского свидетельства СССР на изобретение.