

УДК 677.064.81.001.5

## НАУКОВІ ОСНОВИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

А. М. СЛІЗКОВ

Київський національний університет технологій та дизайну

*Розвиток наукових основ прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів дозволяє скоротити час на їх розробку та впровадження у виробництво, значно зменшити втрати матеріальних ресурсів для отримання нового асортименту пряжі та тканин із прогнозованими властивостями*

### **Об'єкти та методи дослідження**

Об'єктами дослідження є властивості текстильних матеріалів, технологічні системи виробництва текстильних ниток та виробів, сукупність взаємопов'язаних виробничих процесів, які взаємодіють в межах технологічної системи з метою виготовлення кінцевого продукту. Багато процесів, які відбуваються у текстильному виробництві, базуються на імовірнісних схемах і мають закономірності, які виявляються за допомогою методів теорії ймовірності та математичної статистики. Для визначення стану технологічної системи виробництва текстильних матеріалів використовуються методи системного аналізу.

### **Постановка завдання**

Для дослідження технологічних систем виробництва текстильних ниток та виробів, а також вирішення питань, які впливають на формування властивостей продукції актуальним є застосування системного підходу та аналізу. Вирішення задач прогнозування властивостей текстильних матеріалів пов'язано з визначенням та вивченням системи їх зміни в залежності від особливостей технологічного процесу їх виготовлення. В зв'язку з цим необхідним є аналіз факторів, які впливають на властивості текстильних матеріалів та їх якість, а також визначення критеріїв ефективності визначеної технологічної системи.

Враховуючи суттєве забезпечення текстильних підприємств комп'ютерною технікою, сьогодні вкрай необхідне використання інформаційних технологій у вирішенні проблемних питань прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів, що на стадії підготовки до виробництва суттєво скоротить термін їх розробки, сприятиме економії матеріальних та трудових ресурсів.

Для вирішення проблеми прогнозування властивостей текстильних матеріалів потрібні нові наукові підходи, які полягають у створенні методу прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів в процесі їх еволюції в умовах виробництва. Створення системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів (СПВТМ) дасть можливість оперативно визначати закономірності зв'язку між показниками властивостей різних текстильних продуктів. Актуальність зазначеної наукової проблеми полягає у комплексному теоретичному та експериментальному вивченні проблеми прогнозування властивостей текстильних матеріалів для скорочення часу на їх розробку та впровадження у виробництво, а також у можливості коригування властивостей матеріалів у процесі їх виготовлення з метою підвищення якості і конкурентоспроможності.

### *Результати та їх обговорення*

У текстильних виробництвах одночасно переробляється значна кількість неоднорідних та нерівномірних за своїми властивостями текстильних волокон та ниток, а виробничий процес відзначається багатофакторністю [1-3].

Для визначення наукових засад прогнозування властивостей текстильних матеріалів потрібен комплексний розгляд процесів, починаючи від підготовки сировини до отримання готової продукції. Ці питання вирішуються шляхом застосування системного підходу та аналізу процесів перетворення властивостей текстильних матеріалів, зв'язків між властивостями проміжних та кінцевих текстильних продуктів з урахуванням факторів, які впливають на них. Досягнення цієї мети пов'язане з визначенням та вивченням СПВТМ залежно від виробничого процесу їх виготовлення. У зв'язку з цим необхідним є аналіз факторів, які впливають на властивості текстильних матеріалів [3-5].

На властивості текстильних ниток та виробів безпосередньо впливають властивості похідної сировини, стан технологічного устаткування та рівень їх обслуговування. Таким чином, процеси, які формують властивості волокнистих продуктів при виготовленні пряжі та виробів з неї складають певну систему. Метою функціонування СПВТМ є контролювання послідовного перетворення властивостей похідних волокнистих продуктів (волокон) на властивості кінцевого продукту (пряжі, тканини), які відповідають вимогам НД [6-9].

СПВТМ у процесі їх виробництва є цілеспрямованим процесом створення текстильних виробів шляхом взаємодії різних виробничих, організаційних та експлуатаційних підсистем. У свою чергу виробнича система є сукупністю взаємопов'язаних ліній технологічного устаткування та процесів, які взаємодіють у межах виробничої системи з метою виготовлення кінцевого продукту.

Багаторівневий характер СПВТМ є визначальною рисою складних систем. Так, властивості стрічок із чесальних машин можуть бути розглянуті як окрема система, яка складається з підсистем (вхідних параметрів волокнистого матеріалу та основних робочих органів тощо). А отримана чесана стрічка входить підсистемою в систему вищого рангу (надсистему), якщо розглядати загальну систему зміни властивостей волокнистого продукту в процесі функціонування (стрічки зі стрічкових машин, рівниці, пряжа, тканина, перетворення властивостей у процесі експлуатації тощо).

СПВТМ можна подати у вигляді певної схеми, при цьому виділити визначені сторони об'єкта, які необхідні для представлення його як системи, а інші сторони залишити без розгляду. Залежно від цілей функціонування системи в одному і тому ж об'єкті можна виділити різні його сторони, які мають суттєве значення для розгляду об'єкта як системи. Зазначена СПВТМ містить велику кількість показників властивостей матеріалів, які, поєднуючись, визначають якість системи. Залежно від кута зору дослідника та виробництва в СПВТМ можна розглядати певні її властивості, які можуть висвітлити досліджуваний текстильний матеріал з нового боку [6, 10, 11].

Системний аналіз прогнозування зміни властивостей текстильних матеріалів у процесі їх виготовлення містить такі етапи: визначення та чітке формулювання мети функціонування СПВТМ; вибір показників ефективності функціонування СПВТМ; складання переліку факторів, які діють на СПВТМ; отримання математичних моделей показників властивостей матеріалів; створення загальної математичної моделі СПВТМ.

Мету функціонування СПВТМ визначають, виходячи з практичної доцільності, асортименту текстильних матеріалів, особливостей розвитку сучасної техніки та технології, враховуючи при цьому економічну доцільність.

Перелік факторів, які діють на систему, визначається конкретним видом сировини, устаткування, рівнем його обслуговування тощо. Математичне моделювання СПВТМ полягає у визначенні математичних залежностей властивостей текстильних матеріалів від певних факторів на кожному виробничому етапі їх перетворення і утворенні загальної математичної моделі всієї системи. Отримання загальної математичної моделі СПВТМ полягає у створенні програмного комплексу для зручного та швидкого доповнення і коригування моделі, отримання результатів і прийняття рішення.

Як зазначено вище, СПВТМ належить до складних систем, в якій процес перетворення властивостей матеріалів від сировини до випуску готової пряжі важко описати у вигляді однієї простої системи. Для такої системи виділяють підсистеми, які можуть містити від двох та більше операцій виробничого перетворення властивостей текстильних матеріалів. При цьому виробничі лінії з виготовлення текстильних виробів (пряжі, текстильних полотен) доцільно розглядати як систему процесів, які відбуваються в машинах і агрегатах та формують властивості текстильних продуктів, а не як систему машин і агрегатів.

Для прогнозування та підтримання стабільної якості продукції і випуску її в заданому обсязі потрібне вирішення низьку завдань: вхідного контролю якості сировини та допоміжних матеріалів; контролю та суворого дотримання технологічної і виробничої дисципліни; контролю якості напівфабрикатів за всіма виробничими переходами; контролю технологічного устаткування, оснащення та допоміжних інструментів і контрольно-вимірювальних засобів; контролю якості роботи обслуговуючого персоналу та підвищення його кваліфікації; систематичного аналізу причин появи дефектів та зниження сортності продукції на всіх переходах її виготовлення; суворого дотримання вимог НД на сировину, допоміжні матеріали, напівфабрикати, готову продукцію, технологічне устаткування тощо.

Системи, які мають місце в текстильній промисловості при виготовленні текстильних матеріалів, можуть бути представлені кількома способами: математичною, об'єктивною або операторною моделлю [4, 5, 7].

Моделювання систем прогнозування властивостей текстильних матеріалів містить опис послідовності виконання процесів та операцій, які формують властивості готової продукції та напівфабрикатів, і спрямовані на забезпечення, підтримання та поліпшення якості продукції. За допомогою математичної моделі визначають кількісні зв'язки між показниками якості готової продукції та властивостями похідної сировини, напівфабрикатів, технологічного устаткування та управляючими діями з боку відповідних органів. Застосування математичних моделей для прогнозування властивостей продукції та управління її якістю дозволяє попередньо визначити та оцінити результати тих або інших заходів і вибрати для реалізації ті з них, які є найбільш ефективні [12-14]. Основою математичної моделі СПВТМ та управління її якістю продукції може бути прийнята модель виробничого перетворення похідних матеріалів на готову продукцію.

У загальному випадку послідовність отримання математичної моделі СПВТМ може бути поділена на чотири етапи. Досліджувана система на першому етапі розподіляється на основні складові

елементи. При цьому аналізуються взаємозв'язки між окремими структурними елементами і формуються основні закономірності цих зв'язків у математичних термінах, які дозволяють здійснювати не тільки якісний, а й кількісний аналіз. На другому етапі вирішується пряме або зворотне завдання моделювання. Пряме завдання полягає у визначенні вихідних параметрів по відомих зовнішніх та внутрішніх параметрах структурного елемента. Зворотне завдання є більш складним і полягає у визначенні внутрішніх параметрів структурного елемента по відомих зовнішніх та вихідних параметрах. На третьому етапі проводиться аналіз отриманих результатів і порівняння їх з існуючими результатами. Важливість цього етапу полягає в тому, що при цьому встановлюється, чи задовольняє прийнята модель критерію практики і яку міру точності за результатами спостережень має отримана інформація про об'єкт. Результати третього етапу є основою для проведення останнього четвертого етапу. Якщо результати аналізу в межах заданої точності збігаються з результатами експериментальних спостережень, то запропоновану модель можна вважати такою, що задовольняє поставленим вимогам. У разі невідповідності потрібно модернізувати отриману математичну модель.

Моделювання СПВТМ містить опис послідовності виконання процесів та операцій, які формують властивості готової продукції та напівфабрикатів і спрямованих на забезпечення, підтримання та поліпшення якості продукції.

За допомогою математичної моделі визначають кількісні зв'язки між показниками якості готової продукції та властивостями похідної сировини, напівфабрикатів, технологічного устаткування та управляючими діями з боку відповідних органів. Застосування математичних моделей у прогнозуванні властивостей та управлінні якістю продукції дозволяє попередньо визначити та оцінити результати тих або інших заходів і вибрати для реалізації ті з них, які були найбільш ефективними.

Основою математичної моделі СПВТМ може бути прийнята модель виробничого перетворення похідних матеріалів на готову продукцію. На цьому рівні формуються всі задані параметри продукції, які визначають її якість [10].

Для побудови математичної моделі та її використання для прогнозування властивостей та управління якістю продукції застосовують загальний алгоритм. В алгоритм включають операції, які виконуються в певному порядку і які закінчуються формуванням рішень, спрямованих на визначення необхідного рівня показників якості продукції.

Матеріальний вхідний потік  $m_0(t)$ , який містить дані про властивості похідних матеріалів (сировини, напівфабрикатів тощо), надходить на вхід системи, яка має власні параметри  $B_T$  і перетворюється нею на вихідний матеріальний потік  $m(t)$  з власними властивостями (напівфабрикатів або готової продукції). Це перетворення здійснюється шляхом упорядкованої сукупності технологічних операцій, які складають оператор  $T$  [6, 10].

Таким чином, математична модель перетворень властивостей продукції в процесі виробництва може бути представлена таким рівнянням:

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

де  $B_T$  – параметри перетворень волокнистого продукту;  $u$  – дії управління, які впливають на параметри перетворення  $B_T(u)$ ;  $k$  – характеристики робочих кадрів;  $S$  – умови навколишнього середовища;  $E$  – параметри енерговитрат для підтримання виробничого процесу.

Для вирішення задач прогнозування властивостей текстильних матеріалів необхідно знати вид оператора  $T$ , який визначають шляхом аналізу процесу еволюції перетворення властивостей текстильних матеріалів у процесі виробництва. Для цього процес перетворення властивостей текстильних матеріалів розкладають на прості операції, описуючи ці елементарні операції відповідними операторами і в подальшому синтезуючи з них загальний оператор  $T$  перетворення властивостей продукції в процесі виготовлення. Схему перетворень властивостей текстильних матеріалів в процесі виробництва, в якій реалізується елементарна операція, можна назвати елементарною виробничою чарункою. Таким чином

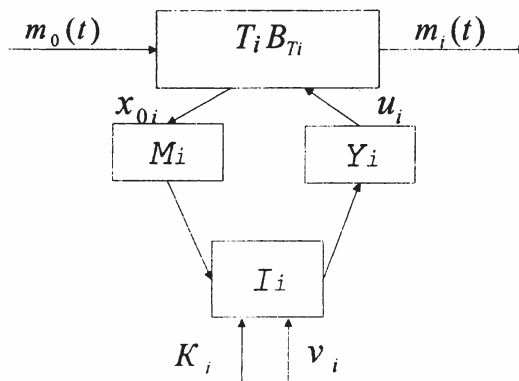


Рис. 1. Структурно-функціональна модель елементарної чарунки виробничого перетворення властивостей продукції:

$T_i$  – ділянка виробничого перетворення волокнистого продукту;  $B_{Ti}$  – параметри ділянки перетворення властивостей продукції;  $M_i$  – метрологічна ділянка;  $I_i$  – інформаційно-логічна ділянка управління;  $K_i$  – цільова модель;  $Y_i$  – виконавча ділянка;  $x_{0i}$  – певна властивість волокнистого потоку;  $u_i$  – дія управління;  $v_i$  – зовнішні дії управління

вся система може бути представлена поєднанням (послідовним, паралельним чи змішаним) різних елементарних виробничих чарунок [10]. Конкретні елементарні чарунки виробничого процесу можуть бути досить специфічними залежно від характеру виробничого перетворення властивостей матеріалів та місця у виробничому процесі, але всі вони можуть бути описані структурно-функціональною моделлю, представленою на рис. 1.

Структурно-функціональна модель елементарної чарунки (рис. 1), як і будь-яка система, складається з основних функціональних ділянок. Функціонування  $i$ -ї елементарної чарунки виробничого процесу перетворення властивостей продукції може бути описано системою таких операторних рівнянь:

$$m_i(t) = T_i \left[ m_{0i}(t - \Delta t), B_{Ti}(u_i), k_i, S_i, E_i \right]; \quad (2)$$



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

$$\sum K_i = M_i[m_{0i}(t), B_{T_i}]. \tag{4}$$

Наведена система рівнянь є загальним виглядом математичної моделі, яка описує функціонування кожної елементарної чарунки виробничого процесу перетворення властивостей продукції. Для певних чарунок ці рівняння мають фізичний смисл залежно від характеру оператора  $T$  – перетворення продукції в процесі виробництва [6, 10]. Стан системи в кожен момент часу визначається переліком значень параметрів волокнистого продукту та роботи устаткування, які характеризують систему. Для спрощення роботи з прогнозування властивостей текстильних матеріалів потрібно виділити незначну кількість незалежних один від одного параметрів, які достатньо повно характеризують систему під кутом зору досягнення визначеної мети. Блоки виробничого процесу перетворення властивостей продукції є складними підсистемами (ділянки, цехи тощо), які, об’єднуючись між собою, утворюють загальну систему виробництва і прогнозування властивостей та управління якістю текстильних матеріалів [10].

Окремі елементарні чарунки виробничого процесу перетворення властивостей текстильних матеріалів об’єднуються в блоки (рис.2), позначення в яких аналогічні позначенням, представленим на рис. 1.

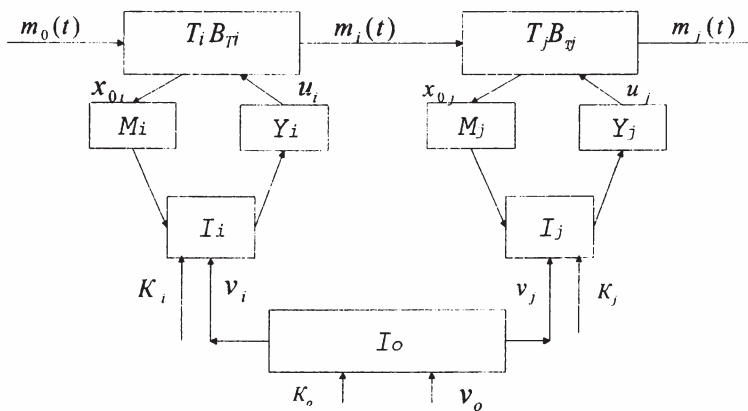


Рис. 2. Блоки чарунок виробничого перетворення властивостей продукції

Виходячи з аналізу функціонування системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів, її доцільно розподілити на виробничі блоки та елементарні виробничі чарунки, для яких оператори  $T$  мають подібний характер. При цьому визначаються параметри  $B_T$  зміни властивостей продукту для кожної з елементарних чарунок виробничого процесу, блоків та системи в цілому [11].

Основною метою функціонування СПВТМ є підвищення якості виготовленої продукції при збереженні заданої продуктивності устаткування. Для досягнення цієї мети визначаються домінуючі параметри системи та відповідно домінуючі виробничі блоки підсистем.

Структурно-функціональна схема перетворення властивостей текстильних матеріалів у процесі виробництва будується на базі безпосереднього вивчення виробничого процесу і є якісною мовно-

графічною моделлю, яка відображає основні цикли виробничого процесу, що впливають на зміну властивостей продукту. Така схема дозволяє з'ясувати особливості зміни властивостей продукту в процесі виробництва, а також розподілити її на відносно незалежні послідовні та паралельні складові для того, щоб аналізувати ці складові окремо [11].

Прогнозування властивостей матеріалів у СПВТМ полягає в розробці її структурно-функціональної схеми виробництва та визначенні: показників властивостей вхідної продукції (волокон та жмутків), за якими проводиться оцінка їх якості та сортування; кількісних характеристик виробничого процесу і контрольованих показників якості вихідної продукції та напівфабрикатів (жмутків, стрічок, рівниці); характеристик вихідної продукції (пряжі), які контролюються в процесі виробництва.

Для побудови математичних моделей в СПВТМ потрібно знати інформацію та мати багато даних про їх структуру та властивості. [12, 13, 14]. Структура та властивості текстильних матеріалів у процесі виробництва та експлуатації змінюються динамічно. Зміна властивостей текстильних матеріалів відбувається в часі, а наявність впливових факторів завжди призводить до зміни вхідних властивостей волокнистого продукту [4, 5]. Ступінь впливу різних факторів на вихідні властивості текстильних матеріалів неоднаковий, тому для його визначення доцільно проводити апріорне ранжирування.

Визначення властивостей волокнистих продуктів (жмутків, стрічок, рівниці, пряжі, тканини), які динамічно змінюються в процесі виробництва та експлуатації, зводиться до знаходження залежності певної вихідної властивості від вхідних параметрів та різних факторів впливу. Така залежність може бути визначена аналітичними (дослідженням математичної моделі продукту) або експериментальними (активними або пасивними) методами [4, 5].

При застосуванні аналітичних методів математичного опису системи можна отримати її реакцію практично на будь-яку взаємодію. При цьому отримана модель може стосуватися не тільки конкретного об'єкта дослідження, а й цілого класу об'єктів. Разом з тим потрібно зауважити, що така математична модель враховує тільки ті умови і фактори, які були в неї включені при формалізації фізичної моделі досліджуваного процесу, і не може враховувати умови й усі діючі фактори реально функціонуючої системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів. Аналітичні методи отримання моделі волокнистого продукту мають переваги в можливості використання для широкого кола волокнистих продуктів, але мають суттєвий недолік у застосуванні для конкретного волокнистого продукту і вимагають експериментального уточнення положень теоретичної моделі.

Цього недоліку немає в експериментальних методах дослідження як конкретного об'єкта, так і системи в цілому. При використанні активних методів дослідження динамічні характеристики текстильного матеріалу отримують шляхом визначення впливу штучно змінених вхідних факторів та його вихідних властивостей. А при використанні пасивних методів – визначаються динамічні зміни вихідних властивостей текстильного продукту на основі результатів вимірювань вхідних та вихідних параметрів, які отримують при нормальному процесі виготовлення та експлуатації текстильного матеріалу.

Пасивні методи краще застосовувати, якщо неможливе внесення штучних змін вхідних параметрів при нормальних умовах виготовлення та експлуатації продукту, а також, якщо рівень перешкод досить значний, або якщо досліджувані продукти мають кілька входів та виходів, що часто корелюють між собою.

Методологічно обидва методи подібні між собою і містять такі етапи: вибір вихідних та вхідних параметрів досліджуваного текстильного матеріалу (волоконистого продукту); вимірювання та реєстрація з потрібною точністю вибраних вихідних та змінних вхідних впливових факторів (параметрів); обробка результатів експерименту з метою отримання динамічних характеристик (властивостей) досліджуваних продуктів.

У СПВТМ їх властивості досліджувалися шляхом аналізу відповідних показників волоконистих продуктів на кожному етапі виробничого процесу. Отримавши та угрупувавши математичні моделі всіх комплексів текстильного продукту, можна отримати загальну математичну модель усієї СПВТМ.

Важливою вимогою до математичних моделей в СПВТМ є не тільки їх адекватність реальним параметрам, а й здатність до їх адаптації в змінних умовах виробництва. Оскільки досліджуваний об'єкт характеризується великою складністю та недостатньою інформативністю зв'язків між параметрами, що обмежує можливість проведення з ним експериментів, зростає значення неформальних (експертних) методів отримання інформації про об'єкт, а також адаптивних принципів побудови математичної моделі [15].

З розвитком комп'ютерної техніки та розширенням її застосування в обробці статистичної багатомірної інформації до математичних методів побудови моделей реальних об'єктів ставляться такі узагальнені вимоги: універсальність і здатність до інтерпретації та адаптації.

Мета побудови загальної математичної моделі реальної СПВТМ може бути різною. Незалежно від мети, з якою створюється математична модель СПВТМ, потрібно мати можливість обчислювати значення вихідної змінної у залежності від значень вхідних параметрів  $x$ .

У будь-якому випадку зазначене обчислення виконується за допомогою того чи іншого алгоритму. Такі алгоритми не обов'язково використовують очевидну функціональну залежність у від  $x$ , але на практиці моделі у вигляді очевидних функціональних залежностей детермінованого або стохастичного типу широко використовуються з багатьох причин, у тому числі завдяки їх можливості наочної інтерпретації результатів, а також завдяки багатьом розробкам з комп'ютерних реалізацій моделей.

У СПВТМ потрібно враховувати зміни, які виникають в умовах процесу реального виробництва та експлуатації, і забезпечити адаптацію математичних моделей до цих змін.

Використання ж методів активного експерименту доцільно застосовувати для одноразової побудови математичної моделі, що суттєво ускладнюється в умовах, які потребують адаптації. Також планування експерименту доцільно застосовувати для дослідження нових процесів виробництва.

Побудова математичних моделей показників властивостей текстильних матеріалів з використанням результатів „пасивних” спостережень більш доцільна для діючих підприємств, ніж проведення „активних” експериментів. Це пов'язано з відсутністю в пасивному експерименті потреби планування та врахування можливих порушень визначеного виробничого процесу.

Зауважимо, що ідентифікація перетворення властивостей текстильних матеріалів на кожному етапі їх виробництва полягає у побудові математичних моделей цих властивостей за отриманими в реальних умовах вхідними та вихідними параметрами їх напівфабрикатів.



### Висновки

1. Наукові засади прогнозування властивостей текстильних матеріалів полягають в комплексному розгляді виробничих процесів, починаючи від підготовки сировини та отримання готової продукції. Вищезазначене вирішується шляхом застосування системного підходу та аналізу процесів перетворення властивостей текстильних матеріалів, зв'язків між властивостями проміжних та кінцевих текстильних продуктів з урахуванням факторів, які впливають на них.

2. Застосування теорії систем та системного аналізу в прогнозуванні властивостей текстильних матеріалів дозволяє визначити напрями наукового підходу до управління їх якістю. Виробничі лінії виготовлення текстильних матеріалів (пряжі, текстильних полотен) утворюють складні системи, в яких виділяють певні підсистеми, які мають у собі від двох та більше виробничих операцій, об'єднаних за типовими ознаками.

3. СПВТМ залежить від якісних показників похідної сировини та допоміжних матеріалів, якості роботи устаткування та кваліфікації виробничих робітників і працівників управління. Основною метою функціонування СПВТМ прийнято підвищення їх якості при збереженні заданої продуктивності устаткування. Стан СПВТМ у процесі виробництва в кожен момент часу визначається переліком значень їх параметрів (показників властивостей) та роботи устаткування, які характеризують систему. Для цього краще виділити незначну кількість незалежних один від одного параметрів, які достатньо повно характеризують СПВТМ під кутом зору досягнення їх певної якості.

4. Основою математичної моделі СПВТМ прийнята модель виробничого перетворення похідних матеріалів на готову продукцію. На цьому рівні формуються всі задані параметри продукції, які визначають її якість. Загальна математична модель СПВТМ у процесі їх виготовлення визначається шляхом з'ясування підходів та методів кількісного розрахунку зміни їх властивостей на певній виробничій ділянці, аналізу та опису управління цим процесом, використовуючи теоретичні та експериментальні методи.

5. Аналіз СПВТМ, розподіл її на блоки та елементарні виробничі чарунки, опис їх за допомогою математичних моделей дають можливість визначити вид оператора виробничого перетворення властивостей, для яких оператори  $T$  подібні між собою, а також параметри  $B_{T_i}$  для елементарних виробничих чарунок, блоків та системи в цілому та вирішити задачу оптимізації властивостей продукції та управління якістю за вибраними критеріями.

6. У загальній СПВТМ доцільним є виділення підсистем, кожна з яких має особливий характер оператора  $T$ . Розробка блок-схеми системи прогнозування властивостей текстильного виробу в процесі виробництва дає підстави краще з'ясувати особливості зміни властивостей продукту в кожній її підсистемі, а також розподілити СПВТМ на відносно незалежні послідовні або паралельні складові для їх детального аналізу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлов Б. С. Основные принципы и законы развития техники: (Монографія) / Б. С. Михайлов. – СПб.: СПГУТД, 2005. – 280 с.
2. Шевчук В. Я., Саталкін Ю. М., Навроцький В. М. та ін. Модернізація виробництва: системно-екологічний підхід: Посібник з екологічного менеджменту. – К.: Символ -Т, – 1997. – 248 с.
3. Кудрявцева Т. Н. Техническая диагностика шерстопрядильного производства / Т. Н. Кудрявцева. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 112 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, 1970. – 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. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Черников А. Н. Управление технологическим процессом в хлопкопрядильном производстве / А. Н. Черников, А. С. Смирнов. – М.: РИО МГТА, 1999. – 24 с.
10. 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.
11. Слізков А. М. Застосування системного аналізу для вирішення практичних задач текстильного виробництва : повідомлення 3 / А. М. Слізков // Вісник КНУТД. – 2006. – №5. – С. 25-30.
12. Перельман И. И. Оперативная идентификация объектов управления / И. И. Перельман. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
13. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюнг. – М.: Наука, 1991. – 432 с.
14. Основы управления технологическими объектами / [под ред. Н. С. Райбмана]. – М.: Наука, 1978 – 440 с.
15. Райбман Н. С. Адаптивные модели в системах управления / Н. С. Райбман, В. М. Чадеев. – М.: Сов. Радио, 1966. – 108 с.

Надійшла 07.07.2010