

СЛІЗКОВ АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 677.064.81.001.5

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗИКО-
МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ
ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Спеціальність 05.02.01 - **Матеріалознавство**

Автореферат дисертації на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук

Київ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Київському національному університеті технологій та дизайну (КНУТД) Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор **Щербань Володимир Юрійович**,
Київський національний університет технологій та дизайну,
кафедра інформаційних технологій проектування, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Орловський Броніслав Вікентійович**,
Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра машин
легкої промисловості, завідувач кафедри;

доктор технічних наук, професор **Пугачевський Григорій Федорович**,
Київський національний торговельно-економічний університет, кафедра
товарознавства та експертизи непродовольчих товарів, професор кафедри;

доктор технічних наук, професор **Валько Микола Іванович**, Херсонський
національний технічний університет, кафедра технічної хімії та харчових
технологій, завідувач кафедри.

Захист дисертації відбудеться «15» лютого 2010 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.102.03 в Київському національному університеті технологій та дизайну за адресою: 01011, м. Київ, вул. Н.-Данченка, 2, корпус 1, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського національного університету технологій та дизайну за адресою: 01011, м. Київ, вул. Н.-Данченка, 2.

Автореферат розіслано «12» січня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Т. О. Полька

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Підсумки роботи текстильної промисловості України за останнє десятиріччя свідчать про великі зміни в діяльності прядильних і ткацьких підприємств. Ці підприємства працюють в умовах нестабільного внутрішнього та зовнішнього ринку, загострення конкуренції, появи нового асортименту текстильних матеріалів, які мають специфічні властивості та їх ймовірнісні зміни в процесі виготовлення.

Значних витрат часу та матеріальних ресурсів зазнають текстильні підприємства України при постановці на виробництво нового асортименту вовняної пряжі та отримання з неї тканин із прогнозованими властивостями. Це пов'язано з різними властивостями похідної сировини та багатофакторністю виробничого процесу.

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 зазначеної проблеми текстильного матеріалознавства потрібні нові наукові підходи, які полягають у створенні методу прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту 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 матеріалів вовняного асортименту.

Важливим елементом СПВТМ є методи та засоби визначення показників властивостей досліджуваних текстильних матеріалів. Існуючі методи визначення структурних характеристик волокнистих стрічкоподібних продуктів досить складні і вимагають багато часу. Крім того, вони не систематизовані, тому виникає потреба у розробці класифікації, за допомогою якої можна визначити напрями створення нових прогресивних методів та пристроїв оцінки ступеня розпрямленості та орієнтації волокон у цих матеріалах.

Немає методів визначення здатності пряжі до текстильної переробки, хоча більша кількість обривів у текстильних процесах виникає через комплексну дію різних видів деформацій та тертя. Методи визначення незминальності текстильних полотен неорієнтовним способом потребують удосконалення, що пов'язано з більшою адекватністю експлуатаційним взаємодіям та точністю дослідження. Немає експресних методів визначення пористої структури текстильних матеріалів.

Виходячи із зазначеного вище, актуальними залишаються питання розробки класифікації методів визначення структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів, нового методу визначення структури текстильних матеріалів, методу оцінки здатності ниток до текстильної переробки, а також експресного методу оцінки пористої структури текстильних матеріалів. Потребує удосконалення метод визначення незминальності текстильних полотен неорієнтовним способом.

Підсумовуючи зазначене вище, доходимо висновку, що актуальність роботи полягає у комплексному теоретичному та експериментальному вивченні проблеми прогнозування властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту побутового призначення 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

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася згідно з науковим напрямом «Теоретичні і практичні основи створення поліфункціональних волокнистих полімерних матеріалів та виробів з прогнозованими в'язкопружними, медико-біологічними і енергохвильовими характеристиками» (держбюджетна тема № ДР 0109U002472, фундаментальна); «Нові наукоємні технології виробництва матеріалів, виробів широкого вжитку та спеціального призначення» (держбюджетна тема № Н/н 1-09 2003-2009 рр.), «Розробка методів прогнозування якості та надійності матеріалів легкої промисловості різного цільового призначення» № Н/р 1-08-10.1/08; «Розробка нових технологій та вдосконалення обладнання для виробництва пряжі з льону та нетрадиційних видів сировини, дослідження властивостей цих видів пряжі» № Н/р 1-08-10.2/08 відповідно до плану НДДКР Київського національного університету технологій та дизайну (КНУТД).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є вирішення важливої науково-прикладної проблеми текстильного матеріалознавства, яка пов'язана з розвитком наукових основ прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту прядильного та ткацького виробництв для скорочення часу на їх розробку та впровадження у виробництво.

Для досягнення поставленої мети в роботі були поставлені такі задачі:

- розробити метод прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення вовняного асортименту прядильного та ткацького виробництв;
- розробити алгоритм прогнозування та створити загальну математичну модель процесу еволюції фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту прядильного та ткацького виробництв;
- розробити основні положення методів ідентифікації і кусково-локальної апроксимації у прогнозуванні фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту;
- розробити програмне забезпечення прогнозування фізико-механічних властивостей пряжі та тканин вовняного асортименту;
- розробити методологію визначення критерію ефективності системи прогнозування фізико-механічних властивостей пряжі та тканин вовняного асортименту;
- розробити класифікацію методів визначення структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів;
- розробити фізичну модель електромагнітного резонатора та пристрій для дослідження структури текстильних матеріалів прядильного виробництва;
- розробити метод визначення придатності пряжі до текстильної переробки, експресний термогравікалориметричний (ТГК) метод визначення пористої

структури текстильних матеріалів, удосконалити метод та розробити пристрій для визначення незминалності текстильних полотен неорієнтовним способом зминання.

Об'єкт дослідження – процес еволюції фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів у виробничих умовах.

Предмет дослідження – наукові основи прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях теорії систем при вирішенні складних багатofакторних задач прогнозування властивостей текстильних матеріалів прядильного та ткацького виробництв; на методах ідентифікації для встановлення закономірностей зв'язку між показниками різних властивостей текстильних матеріалів; положеннях теорії міцності та зв'язку основних параметрів похідної сировини (волокон) з параметрами структури текстильних матеріалів (пряжі, тканин). Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах та в умовах функціонування реальних текстильних виробництв.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

- уперше в текстильному матеріалознавстві розвинуто основні положення теорії систем у прогнозуванні фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення, що дає підстави застосовувати ідентифікацію та методи кусково-локальної апроксимації в побудові математичних моделей цих властивостей;
- уперше в текстильному матеріалознавстві отримано систему математичних моделей фізико-механічних властивостей волокнистих продуктів прядильного та ткацького виробництв в залежності від структури та властивостей похідних матеріалів, що дає можливість прогнозувати зміну їх структури та властивостей у процесі переробки;
- уперше в текстильному матеріалознавстві теоретично обґрунтовано вплив структури волокнистого матеріалу на зміну резонансної частоти при проходженні через нього електромагнітної хвилі та отримано емпіричні залежності між структурою матеріалу та зміною частоти резонатора, що дає можливість оперативно оцінювати структуру волокнистого продукту неруйнівним методом;
- отримано математичні моделі залежності напівциклових характеристик вовняної пряжі від комплексної дії багаторазового розтягування та згинання, що дає можливість прогнозувати витривалість пряжі в умовах текстильного виробництва та в процесі експлуатації текстильних виробів;
- отримано математичні залежності зміни формостійкості текстильних полотен побутового призначення від експлуатаційних факторів;
- уперше в текстильному матеріалознавстві отримано об'єднану модель структури та фізико-механічних властивостей матеріалів вовнопрядильного виробництва, що дає можливість визначати закономірності зв'язків між ними;
- визначено вплив структури пряжі на мікро- та макропористу структуру полотен та запропоновано комплексний експрес-метод оцінки пористої структури

текстильних полотен, що дає можливість прогнозувати їх фізико-гігієнічні властивості (повітро-, водопроникність тощо).

Практичне значення отриманих результатів:

- запропоновано алгоритм та розроблено математичні моделі прогнозування фізико-механічних властивостей пряжі та тканин вовняного асортименту;
- розроблено загальну математичну модель та програмне забезпечення для прогнозування фізико-механічних властивостей пряжі і тканин вовняного асортименту;
- розроблено класифікацію методів визначення характеристик структури стрічкоподібних волокнистих матеріалів, що дає можливість визначати перспективні напрями створення нових методів дослідження розпрямленості та орієнтації волокон у них;
- розроблено новий метод та виготовлено пристрій для отримання експресної інформації про структуру стрічкоподібного волокнистого матеріалу;
- розроблено метод визначення здатності пряжі до текстильної переробки (ДСТУ 3673-97 «Метод визначення здатності до текстильної переробки. Нитки високомодульні неорганічні та вуглецеві»);
- розроблено пристрій для оцінки незминальності текстильних полотен неорієнтовним способом;
- удосконалено метод оцінки незминальності текстильних полотен способом неорієнтовного зминання, що дає підстави об'єктивно оцінити формостійкість матеріалів для швейних виробів (ДСТУ 2994-95 «Метод визначення незминальності. Полотна трикотаажні»);
- результати дослідження впроваджено у виробничий процес ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ», а також у навчальний процес кафедри матеріалознавства та технології переробки текстильних волокон КНУТД у лекційних курсах «Матеріалознавство швейного виробництва», «Текстильне матеріалознавство», «Основи технології виробів», «Методи і засоби досліджень», «Механічна технологія текстильних матеріалів», для проведення практичних та лабораторних робіт з цих дисциплін та для виконання курсових і дипломних робіт;
- практичне значення отриманих результатів підтверджено двома патентами України на корисну модель за №34897 «Спосіб визначення властивостей текстильних матеріалів», Бюл. № 16 від 26.08.2008 та за №37282 «Резонансний пристрій для визначення властивостей текстильних матеріалів», Бюл. № 22 від 25.11.2008).

Особистий внесок здобувача полягає у виборі та постановці теми дисертації, у вирішенні основних теоретичних та експериментальних завдань досліджень. За безпосередньої участі автора здійснено вибір предмета дослідження, розвинуто наукові основи прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту побутового призначення; розроблено метод, отримано математичні моделі та створено програмне забезпечення для прогнозування властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту; розроблено класифікацію методів визначення показників розпрямленості та орієнтації волокон у стрічкоподібних волокнистих продуктах і на її основі створено

новий експресний метод та пристрій для їх визначення; розроблено метод для визначення здатності пряжі до текстильної переробки; розроблено метод та пристрій для визначення незмиральності текстильних полотен неорієнтовним способом; запропоновано експресний метод визначення пористої структури текстильних матеріалів.

Авторові особисто належать основні ідеї опублікованих праць, отриманих патентів, а також аналіз та узагальнення результатів роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались та здобули позитивну оцінку на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу КНУТД (1990-2009 рр.); науково-технічній конференції «Проблеми легкой и текстильной промышленности на пороге века» (м. Херсон: ХДТУ, 1999 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности «Прогресс – 2002» (м. Іваново: ІДТА, 2002 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности «Поиск - 2003» (м. Іваново: ІДТА, 2003 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности «Текстиль-2008» (м. Москва: МТА, 2008 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми легкой та текстильної промисловості України» (м. Херсон: ХНТУ, 2008 р.).

Дисертація доповідалась повністю та здобула позитивну оцінку на науковому семінарі кафедри матеріалознавства та технології переробки текстильних волокон КНУТД (м. Київ, 2009 р.), технічній раді Чернігівського ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ» (м. Чернігів, 2009 р.) та міжкафедральному науковому семінарі кафедри матеріалознавства та технології переробки текстильних волокон КНУТД (м. Київ, 2009 р.).

Публікації. Основний зміст і результати дисертації опубліковано у 61 науковій роботі, у тому числі у 21 статті у фахових наукових виданнях, з них 6 одноосібно, у монографії, підручнику з грифом МОН України, тлумачному словнику з грифом МОН України, 2 патентах України на корисну модель, 2 Державних стандартах України і 2 навчальних посібниках.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, семи розділів з висновками, загальних висновків, додатків та списку використаних джерел. Основна частина дисертації подана на 278 сторінках друкованого тексту, з них 17 сторінок ілюстрацій, 7 сторінок таблиць; список використаних джерел з 349 найменувань на 32 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 402 сторінки, включаючи 5 додатків на 86 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та основні задачі досліджень, визначено наукову новизну і практичне значення роботи.

У **першому** розділі розглянуто сучасний стан проблеми прогнозування властивостей текстильних матеріалів на стадії їх підготовки до виробництва та можливість їх коригування в процесі виробництва.

Відомо, що процес, в результаті якого відбувається перетворення властивостей текстильних матеріалів, визначає систему цілеспрямованих дій, сукупність способів, методів перетворення властивостей похідної сировини, енергії та інформації на кінцевий продукт. Таким чином, сукупність елементів (частин), які взаємопов'язані між собою для досягнення визначеної мети, утворює цілісну систему. Виходячи з цього, процеси перетворення властивостей текстильних матеріалів, які здійснюються на виробничих лініях, можна вважати однією системою. Тому при вирішенні задач прогнозування їх властивостей доцільно застосовувати основні положення теорії систем та системний аналіз.

Враховуючи зазначене вище, при прогнозуванні властивостей текстильних матеріалів у роботі виникає потреба застосування ідентифікації та методів кусково-лінійної апроксимації для розробки математичного, алгоритмічного, інформаційного та програмного забезпечення.

Одним з важливих елементів системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів є методичне забезпечення визначення цих властивостей, яке застосовується в низці навчальних, наукових та дисертаційних робіт.

Дослідженням структури та властивостей текстильних матеріалів займався ряд провідних вчених Кукін Г. М., Соловійов О. М., Бузов Б. А., Березненко М. П., Кострицький В. В., Перепьолкін К. Є., Кобляков О. І., Павлов А. І., Кирюхін С. М., Скрипник Ю. О., Луцик Р. В., Корицький К. І., Гінзбург Л. М., Хавкін В. П., Матуконіс А. В., Малкін Є. С., Севастьянов А. Г., Михайлов Б. С., Щербань В. Ю., Березненко С. М., Гусєв Б. М., Шустов Ю. С., Гущина К. Г. та інші. Разом з тим проблемні питання визначення структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів, а також показників незминальності текстильних полотен неорієнтованими методами, здатності пряжі до текстильної переробки та експресного визначення пористої структури текстильних матеріалів потребують подальшої розробки методичного забезпечення.

Таким чином, для реалізації в цілому системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів актуальною є розробка нових неруйнівних експресних методів та засобів визначення структурних показників текстильних матеріалів, які можуть бути застосовані безпосередньо на устаткуванні; удосконалення методу оцінки незминальності текстильних полотен способом неорієнтованого зминання і визначення здатності пряжі до переробки та експресних методів визначення пористої структури текстильних матеріалів.

За викладеними в розділі результатами аналізу сучасного стану проблеми прогнозування властивостей текстильних матеріалів визначено завдання дослідження, вирішення яких забезпечить у подальшому розвиток наукових основ прогнозування властивостей текстильних матеріалів.

У **другому розділі** обґрунтовано застосування теорії систем та системного аналізу в прогнозуванні фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів.

Для побудови математичної моделі перетворення властивостей текстильних матеріалів воняного асортименту та її використання для прогнозування властивостей та управління якістю продукції розроблено загальний алгоритм (рис. 1), в якому представлено послідовно виконувані етапи аналізу та синтезу, спрямовані на забезпечення необхідного рівня показників якості продукції.

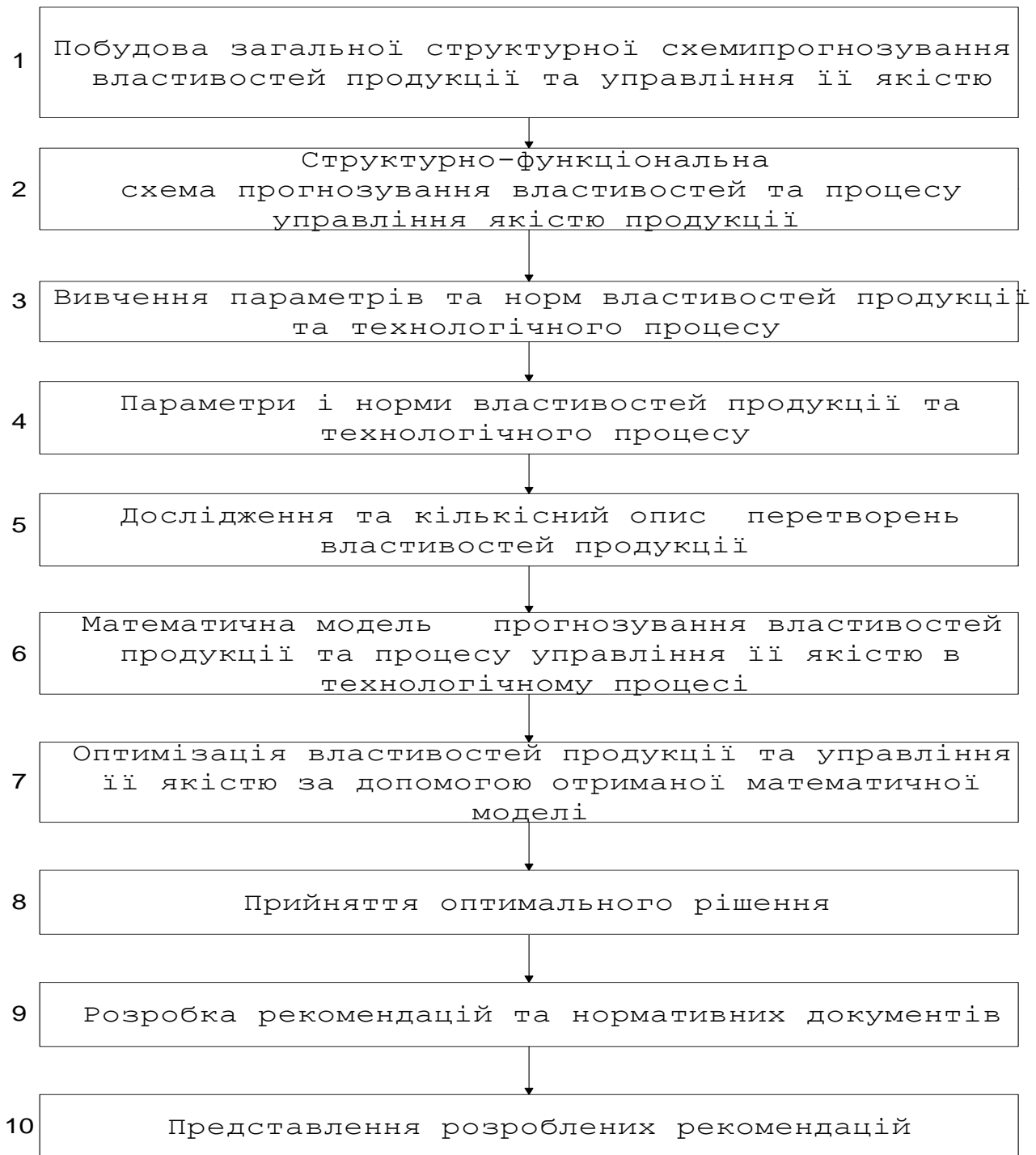


Рис. 1. Алгоритм прогнозування властивостей текстильних матеріалів

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 виробничих операцій, які складають оператор T . Таким чином, математична модель перетворень

властивостей текстильних матеріалів у 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 ; k – характеристики робочих кадрів, які беруть участь у процесі виробництва; S – умови навколишнього середовища, які впливають на хід виробничого процесу; E – параметри енерговитрат, потрібних для підтримання виробничого процесу.

Функція $m(t)$ є математичною моделлю потоку текстильного матеріалу, в яку входять характеристики $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, які описують властивості певного волокнистого продукту та визначають рівень його якості. Кількісний показник рівня якості волокнистої продукції K вводиться таким функціоналом: $K = T^n [m(t)]$, де n – номер виробничого переходу.

Показник продукції K в прогнозуванні властивостей текстильних матеріалів є цільовою функцією, а саме прогнозування зводиться до такого вибору управляючих дій u , які сприяють досягненню оптимального значення показника K при обмеженнях, накладених на величини k, E та S , а також при заданих (фіксованих) значеннях властивостей вхідного матеріального потоку $m_0(t)$.

Для розв'язання зазначеної вище задачі необхідно знати вид оператора T , який визначають шляхом аналізу процесу перетворення властивостей текстильних матеріалів у процесі виробництва. Для цього процес перетворення властивостей текстильних матеріалів у процесі їх виготовлення розкладають на прості операції, описуючи ці елементарні операції відповідними операторами і в подальшому синтезуючи з них загальний оператор T перетворення цих властивостей.

Схему перетворення властивостей текстильних матеріалів у процесі виробництва, в якій реалізується елементарне виробниче перетворення, можна назвати елементарною чарункою. Таким чином, уся система перетворення властивостей текстильного матеріалу може бути представлена поєднанням (послідовним, паралельним або змішаним) різних елементарних чарунок. Конкретні елементарні чарунки можуть бути досить специфічними залежно від характеру перетворення властивостей та їх місця у виробничому процесі, але всі вони можуть бути описані структурно-функціональною моделлю, представленою на рис. 2.

Структурно-функціональна модель елементарної чарунки (рис. 2), як і будь-яка система, складається з таких основних функціональних ділянок: T_i – виробничої ділянки перетворення властивостей текстильного матеріалу, в якій безпосередньо здійснюється фізична, хімічна або інша матеріальна дія на волокнистий продукт; M_i – метрологічної ділянки, яка виконує функцію генерації (отримання) інформації про властивості волокнистого продукту шляхом інструментальних вимірювань або спостереження; I_i – інформаційно-логічної ділянки управління, в якій інформація,

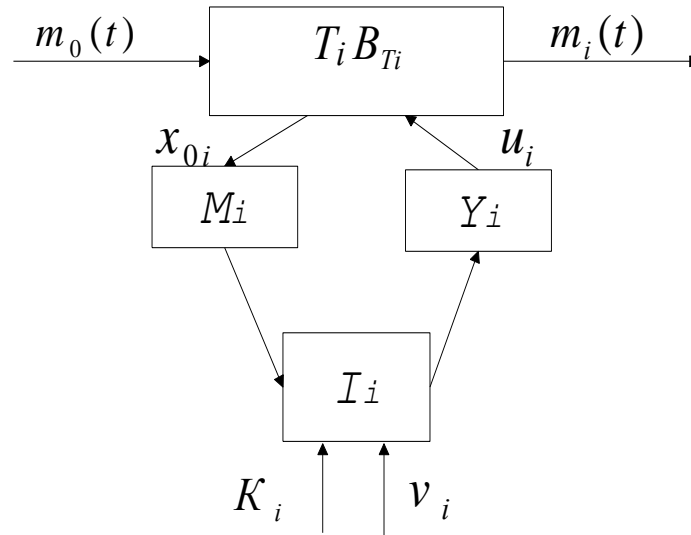


Рис.2. Структурно-функціональна модель елементарної чарунки перетворення властивостей текстильного матеріалу

отримана ділянкою M , складається в цілісну модель поточної ситуації, яка порівнюється з цільовою моделлю K_i (вимоги та норми нормативної документації тощо), на базі чого виробляється рішення управління (алгоритм); Y_i – виконавчої ділянки, яка перетворює інформаційне повідомлення (що надійшло від певної характеристики потоку x_{0i}) на дію управління u_i , яке безпосередньо впливає на параметри ділянки зміни властивостей продукції B_{T_i} і які змінюються упродовж дії виробничого процесу в елементарній чарунці; v_i – зовнішніх дій управління, які надходять на цю елементарну чарунку від ділянки управління вищого рівня.

Функціонування i -ї елементарної чарунки перетворення властивостей текстильного матеріалу в процесі виробництва може бути описане системою таких операторних рівнянь:

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

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

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

Наведена система рівнянь є загальним виглядом математичної моделі, яка описує функціонування кожної елементарної чарунки перетворення властивостей текстильного матеріалу в процесі виробництва. Для певних чарунок ці рівняння мають фізичний зміст залежно від характеру оператора T – процесу перетворення властивостей матеріалів. Окремі елементарні чарунки перетворення властивостей

об'єднуються в блоки, позначення в яких будуть аналогічні позначенням на рис. 2. Блоки процесу перетворення властивостей певних волокнистих продуктів є складними підсистемами, які, об'єднуючись між собою, утворюють загальну систему прогнозування властивостей та управління якістю текстильних матеріалів.

У третьому розділі визначається критерій ефективності СПВТМ для здійснення контролю за кожною ділянкою перетворення властивостей продукції та системи в цілому.

Загальний підхід до визначення критерію ефективності СПВТМ полягає у виборі одиничних показників якості (ОПЯ); ранжируванні ОПЯ за значущістю; отриманні безрозмірних оцінок ОПЯ; визначенні комплексного показника якості певного продукту; визначенні показника ефективності певної ділянки системи; визначенні комплексного показника ефективності системи.

Тому, виходячи з наведеного вище, для визначення ефективності СПВТМ потрібно разом з комплексним показником якості продукції ввести показник, який враховував би особливості перетворення властивостей продукції в процесі виробництва. Таким показником може бути коефіцієнт виходу якісного продукту b_i в процесі кожної технологічної операції:

$$b_i = m_{\text{вих}} / m_{\text{вх}}, \quad (5)$$

де $m_{\text{вих}}$ – кількість якісної продукції на виході після i -ї ділянки виробничого процесу; $m_{\text{вх}}$ – кількість якісної продукції на вході i -ї ділянки виробничого процесу.

Ефективність перетворення властивостей продукції в кожній i -й ділянці ($i = 1, \dots, n$) виробничого процесу E_i визначається за такою формулою:

$$E_i = R_{\text{як}}^i \cdot b_i \cdot K_{\text{кч}}^i, \quad (6)$$

де $R_{\text{як}}^i$ – комплексний показник якості продукції i -ї ділянки; $K_{\text{кч}}^i$ – коефіцієнт корисного часу роботи устаткування i -ї ділянки.

Для визначення показника ефективності СПВТМ спочатку потрібно визначити комплексний показник якості кожного продукту (волокна, волокнистої маси, настилу, стрічки, рівниці, одониткової пряжі, крученої пряжі, сирової тканини та готової тканини) при застосуванні безрозмірних значень ОПЯ.

Після цього визначають ефективність перетворення властивостей продукції в кожній i -й ділянці виробничого процесу за формулою (6). У подальшому визначають узагальнений критерій ефективності СПВТМ за такою формулою:

$$E_c = \sum_{i=1}^m E_i / n, \quad (7)$$

де n – кількість ділянок виробничого процесу.

Доцільність застосування формул (6) та (7) визначається комплексним показником якості волокнистого продукту кожної ділянки виробничого процесу $R_{як}^i$, який залежить від особливостей вхідної сировини, стану устаткування і визначає зміни основних параметрів системи. Разом з тим на коефіцієнт виходу продукту b_i та значення $K_{кч}$, крім стану устаткування та якості вхідної сировини, впливає ще й кваліфікаційний рівень персоналу та умови функціонування виробництва. При зменшенні коефіцієнта виходу продукту b_i та $K_{кч}$ зменшується ефективність кожної ділянки виробничого процесу та системи в цілому.

Як приклад у роботі проведено оцінку ефективності системи прогнозування властивостей вовняної пряжі. У табл. 1 наведено значення загального показника ефективності для кожного варіанта крученої пряжі. Виходячи з зазначеного вище, можна визначати найбільш ефективний варіант виготовлення пряжі та пропонувати вносити відповідні корективи у кожен ділянку виробничого перетворення властивостей волокнистого продукту.

Таблиця 1

Значення загального показника ефективності системи

Позначення варіанта крученої пряжі	Загальний показник ефективності системи E_c
В 1	0,760
В 2	0,657

Наведені дані свідчать, що варіант 1 крученої пряжі має переваги порівняно з варіантом 2. Тому для підвищення якості продукції, що виробляється в досліджуваній системі (варіант 2), визначають ділянки, на яких погіршуються властивості продукту або зменшуються інші показники ефективності (виходу продукту, роботи устаткування), і розробляють заходи з підвищення ефективності виготовлення пряжі варіанта 2.

Таким чином, застосування системного аналізу в прогнозуванні властивостей текстильних матеріалів дає можливість порівнювати ефективність перетворення властивостей різних видів волокнистих продуктів та визначати напрями підвищення їх якості.

Виходячи з алгоритму прогнозування властивостей текстильних матеріалів (рис.1), для повного виконання всіх складових системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів потрібно мати сучасні методи та засоби визначення їх структури та властивостей. Для цього в роботі застосовано діючі методи та прилади визначення, а для визначення деяких показників структури та властивостей

текстильних матеріалів, описаних у розділі 1, розроблено нові або вдосконалено існуючі методи та пристрої.

У четвертому розділі обґрунтовується науковий підхід до побудови фізичної моделі електромагнітного резонатора. Принцип його дії базується на зміні резонансної частоти електромагнітної хвилі при її проходженні крізь текстильний матеріал. Побудовано об'єднану модель структури та фізико-механічних властивостей волокнистих продуктів прядильного виробництва, яка дає підстави встановлювати закономірності зв'язку між ними.

Розроблено класифікацію методів визначення розпрямленості та орієнтації волокон у волокнистих продуктах і на її основі створено нову випробувальну установку та безконтактний метод експресного визначення розпрямленості та орієнтації волокон у стрічкоподібних волокнистих продуктах (стрічки, рівниці, пряжі). Для унормування значень електричних імпульсів при вимірюванні структури волокнистих продуктів розробленою установкою були попередньо визначені значення структури волокнистого продукту за допомогою відомого методу Ліндслея-Леонтьєвої.

Розглянемо, як відбувається поширення електромагнітних хвиль крізь текстильний матеріал товщиною d . Будемо вважати, що плоска лінійно-поляризована монохроматична електромагнітна хвиля, рівняння якої $E(\omega, z) = E \cdot \exp\left[i(\omega \cdot t - 2\pi \cdot z \cdot \sqrt{\tilde{\epsilon}}/\lambda)\right]$, поширюється вздовж вісі OZ , а вісі OX і OY збігаються з напрямками основних значень тензора діелектричної проникності ϵ_x, ϵ_y (рис. 3).

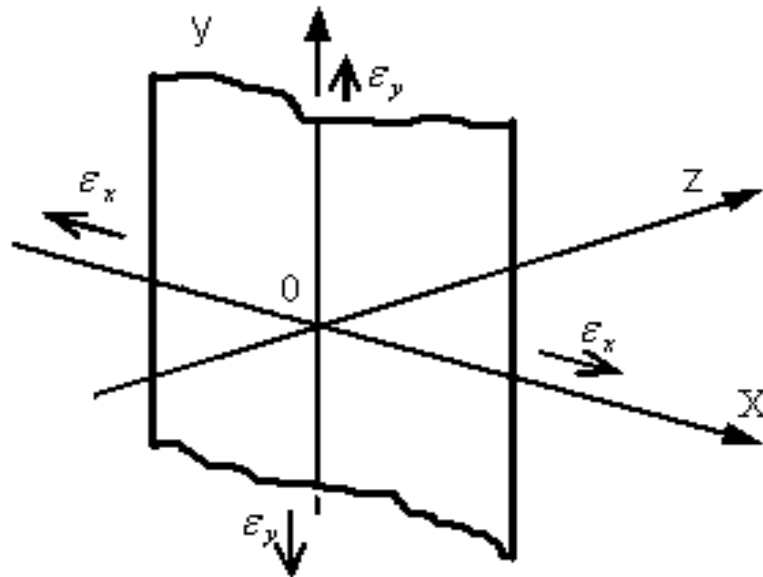


Рис. 3. Схема поширення електромагнітної хвилі крізь матеріал

Аналітичний вираз функції зв'язку між величиною розпрямленості волокон і діелектричними параметрами має надзвичайно складний вигляд і більш-менш доступні математичні моделі, отримані лише для так званих ортотропних пластин,

які в кожній своїй точці мають три ортогональні площини симетрії. При цьому найчастіше аналізують випадок плоско-неоднорідного стану (тонка пластина з анізотропією по осях OX і OY).

Між хвилями, що будуть відбиті текстильним матеріалом товщиною d або які пройдуть крізь нього, по ортогональних напрямках буде мати місце фазовий зсув, який є функцією розпрямленості волокон.

За критерій оцінки анізотропії структури текстильного матеріалу η при еліптичній поляризації електромагнітної хвилі можна прийняти таке співвідношення:

$$\eta = 1 - (I_{\min} / I_{\max}), \quad (8)$$

де (I_{\min} / I_{\max}) – ступінь ізотропності при поляризації; I_{\min} – мала піввісь еліпса поляризації; I_{\max} – величина великої півосі поляризації.

Для виявлення просторової анізотропії контрольованого середовища в роботі використали резонатори з неоднорідним розподілом електромагнітного поля в перерізі. Застосовуючи два резонатори, орієнтовані у взаємно перпендикулярних напрямках, і вимірюючи різницю резонансних частот, отримаємо електричний сигнал, пропорційний ступеню анізотропії властивостей контрольованого середовища за певними напрямками.

Структура електричної складової поля прямокутного в перерізі резонатора матиме вигляд, представлений на рис. 4. Напруженість електричного поля по лініях $a-b$ та $c-d$ буде суттєво відрізнятися, що викликатиме різну зміну параметрів резонатора при відповідній орієнтації контрольованого текстильного матеріалу.

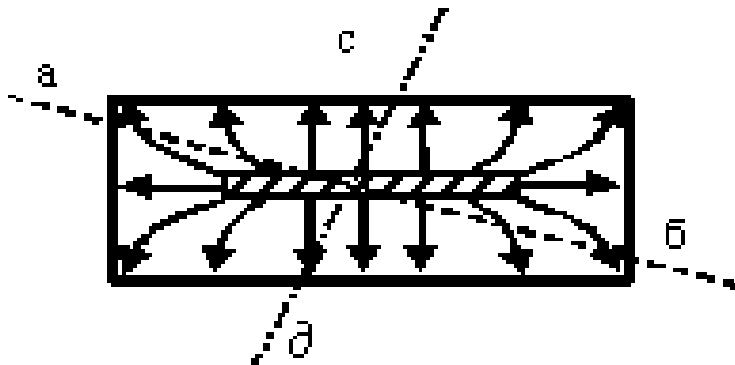


Рис. 4. Структура електричної складової поля прямокутного резонатора

Якщо як вимірювальний перетворювач використати надвисокочастотний резонатор, створений відрізком передавальної лінії, відкритої з одного боку, то його резонансна частота і добротність залежатимуть від діелектричних параметрів середовища, з яким він контактує. Тоді відносна зміна резонансної частоти і добротність резонатора будуть залежати від діелектричних параметрів контрольованого середовища для орієнтації за лінією $a-b$:

$$\begin{aligned} \frac{f_{01} - f_1}{f_{01}} &= \frac{K_{11}}{2} \cdot (\varepsilon_1 - 1) = \Delta f_1 / f_{01}; \\ \frac{Q_{01} - Q_1}{Q_{01}} \cdot \frac{1}{Q_1} &= K_{21} \cdot \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1 = \Delta Q_1 / Q_{01} \cdot Q_1, \end{aligned} \quad (9)$$

де ε_1 і $\operatorname{tg} \delta_1$ – складові тензора ε за напрямком a - b ; f_0 та Q_0 – резонансна частота і добротність опорного (пустого) резонатора; f та Q – відповідні параметри резонатора, що перебуває в контактi з контрольованим середовищем; K_1 і K_2 – коефіцієнти, які залежать від форми резонатора і типу коливань у ньому; ε – дійсна частина діелектричної проникності; $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс кута діелектричних втрат контрольованого середовища.

А для орієнтації за лінією c - d :

$$\begin{aligned} \frac{f_{02} - f_2}{f_{01}} &= \frac{K_{12}}{2} \cdot (\varepsilon_2 - 1) = \Delta f_2 / f_{02}; \\ \frac{Q_{02} - Q_2}{Q_{02}} \cdot \frac{1}{Q_2} &= K_{22} \cdot \varepsilon_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 = \Delta Q_2 / Q_{02} \cdot Q_2, \end{aligned} \quad (10)$$

де ε_2 і $\operatorname{tg} \delta_2$ – складові тензора ε за напрямком c - d .

Таким чином, відносна зміна резонансної частоти і добротності резонатора, який перебуває в контактi з діелектричним середовищем, залежатимуть від параметрів резонатора та структури текстильного матеріалу.

За критерій оцінки анізотропії досліджуваного середовища, використовуючи наведений вище метод, можна прийняти такі співвідношення:

$$\eta_f = 1 - \frac{\Delta f_1 / f_{01}}{\Delta f_2 / f_{02}}, \quad (11)$$

$$\eta_Q = 1 - \frac{\Delta Q_1 / Q_{01} \cdot Q_1}{\Delta Q_2 / Q_{02} \cdot Q_2}. \quad (12)$$

Порівнюючи результати, отримані механічним методом Ліндслея-Леонтьєвої та запропонованим резонансним методом, визначено високий кореляційний зв'язок між отриманими в цих методах показниками орієнтації волокон. Виходячи з цього, формули (11) та (12) можуть бути прийняті для оцінювання комплексного коефіцієнта розпрямленості та орієнтації волокон η у стрічкоподібних волокнистих продуктах, а резонансний метод може бути використаний для експрес-контролю цього показника в умовах виробництва.

На рис. 5 представлені графіки залежностей структури комплексних ниток з використанням резонатора з асиметричним розподілом електромагнітного поля в апертурі.

У результаті дослідження встановлено, що для оцінки ступеня розпрямленості та орієнтації волокон волокнистої стрічки достатньо одного шару продукту, а для рівниці та пражі – достатньо відповідно трьох та п'яти шарів.

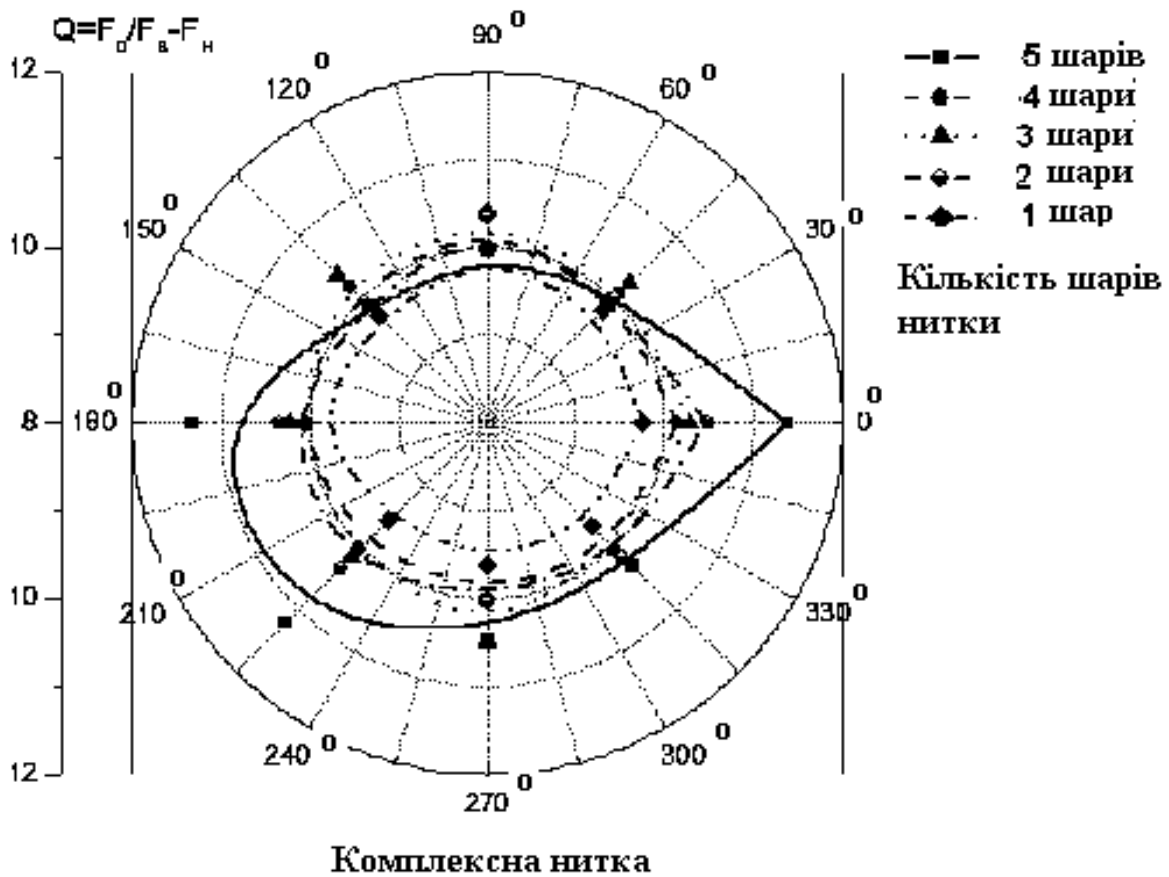


Рис. 5. Графіки зміни сигналу залежно від структури текстильного матеріалу в полярних координатах

Змінюючи характеристики резонаторів, можна зробити кілька варіантів пристрою і визначати показники структури кожного окремого волокнистого продукту на кожному переході текстильного виробництва.

П'ятий розділ присвячено розробці та удосконаленню методів і пристроїв для визначення здатності пряжі до текстильної переробки, незмінальності текстильних полотен та пористої структури текстильних матеріалів.

Здатність пряжі до текстильної переробки є важливим показником, який визначає безперервну роботу виробничого устаткування, що впливає на продуктивність та якість виготовлених текстильних виробів.

Дослідження показали неоднозначність визначення здатності пряжі до текстильної переробки тільки при одному виді механічної дії (одноразове або багаторазове розтягування). Тому для порівняння здатності пряжі різної структури до текстильної переробки доцільно застосовувати комплексні методи, комбінуючи багатоциклові та напівциклові види деформацій.

У роботі запропоновано новий метод визначення здатності пряжі до текстильної переробки, розроблений на базі відомого приладу 5-24-11 виробництва «Метримпекс» (Угорщина) (рис. 6).

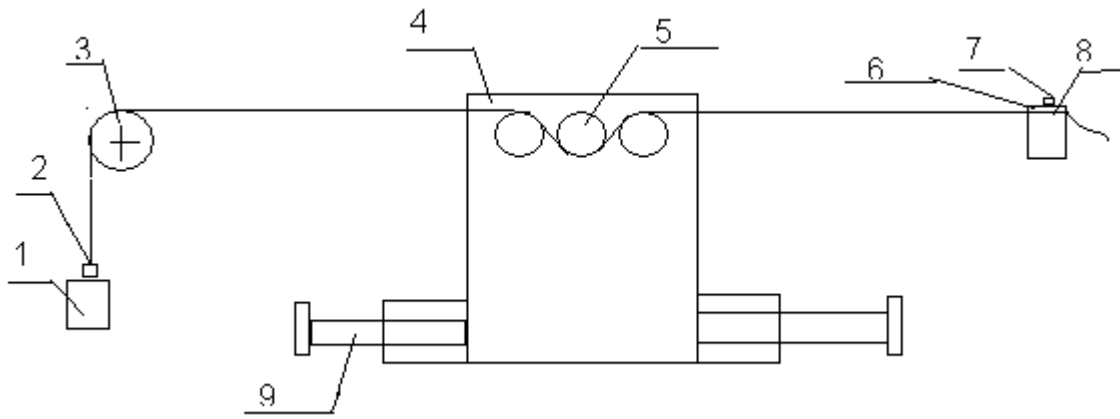


Рис. 6. Прилад 5-24-11:

1 – вантажотримач; 2 – затискач; 3 – напрямний диск; 4 – каретка; 5 – валики; 6 – спільний затискач; 7 – болт; 8 – паз; 9 – штанга

Запропонований метод дає можливість моделювати дію напружень на пряжу під час текстильної переробки (ткацтва, в'язання тощо). Сутність методу полягає в оцінці зміни розривального навантаження пряжі після дії різних варіантів циклічних навантажень (розтягнення, вигину і можливого тертя). Кількість циклів багаторазової дії розтягування та згинання визначається виробничими умовами переробки певного виду пряжі. Пряжа, змотуючись з навою, витримує майже 5000 циклів до запрацювання в тканину.

Перед багаторазовими випробуваннями певної партії пряжі визначають їх середнє розривальне навантаження P_1 на розривальній машині типу РМ-3 або РМ-30. Після багаторазової дії комбінованих видів деформацій (розтягування та згинання) нитки звільняють із затискачів і визначають їх середнє розривальне навантаження P_2 .

Коефіцієнт витривалості елементарної проби пряжі K_i , %, розраховують за формулою:

$$K_i = \frac{P_{2i}}{P_{1i}} \cdot 100, \quad (13)$$

де i – номер проби пряжі.

Коефіцієнт витривалості одиниці продукції пряжі $K_{од}$, % розраховують за формулою:

$$K_{од} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 K_i, \quad (14)$$

де n – кількість проб з одиниці продукції.

Коефіцієнт витривалості пряжі K , % за партією визначають за такою формулою:

$$K = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^5 K_{од}, \quad (15)$$

де m – кількість одиниць продукції з однієї партії.

Здатність випробовуваної партії пряжі до текстильної переробки оцінюють згідно з залежністю $K \geq [K_d]$, де K_d – допустимий коефіцієнт витривалості, значення якого повинно бути не менше 50 %.

Зміна розривального зусилля Y_1 , сН та відносного видовження Y_2 , % на момент розірвання в другій фазі багаторазового розтягування (від 500 до 5000 циклів розтягування) для пряжі різних структур визначається такими лінійними залежностями ($P_d = 0,95$):

$$Y_{11} = 18,4 - 7,6 \times 10^{-4} X_1; \quad (16)$$

$$Y_{12} = 18,9 - 2,2 \times 10^{-4} X_1; \quad (17)$$

$$Y_{21} = 6,1 - 4,6 \times 10^{-4} X_1; \quad (18)$$

$$Y_{22} = 7,4 - 4,5 \times 10^{-4} X_1, \quad (19)$$

де X_1 – кількість циклів багаторазового розтягування.

Запропонований метод уможливорює визначення здатності пряжі до текстильної переробки та при порівнянні між собою пряжі різного сировинного складу та структури. Це дає можливість оперативно оцінювати якість пряжі та визначати напрями оновлення її асортименту. Похибка вимірювання при цьому не перевищує 5%.

На базі цього методу у співпраці з АТ УкрНДПВ автор розробив ДСТУ 3673-97 «Метод визначення здатності до текстильної переробки. Нитки високомодульні неорганічні та вуглецеві».

Формостійкість текстильних полотен визначає зовнішній вигляд швейних виробів і залежить від їх незмиральності. На цей показник впливають сировинний склад та структура пряжі, вид переплетення тканини, щільність тканини за основою та утком, яка визначає розміщення пряжі та їх взаємозв'язок. Для визначення незмиральності (змиральності) застосовують різні методи. Залежно від характеру утворених на текстильних полотнах складок методи поділяються на два типи: орієнтовного та неорієнтовного змінання матеріалів. З цих методів для текстильних полотен перевагу має метод неорієнтовного змінання, який найбільше відповідає експлуатаційним навантаженням. Для визначення незмиральності текстильних полотен методом неорієнтовного змінання застосовуються різні прилади та пристрої, яких немає в Україні. Тому розробка більш простих та доступних пристроїв і методик визначення незмиральності текстильних полотен методом неорієнтовного змінання є актуальною.

Для визначення незмиральності текстильних полотен автор розробив пристрій (рис. 7) та відповідну методику. Враховуючи літературну інформацію та умови експлуатації текстильних матеріалів у швейних виробках, визначено фактори, які впливають на незмиральність текстильних матеріалів. До найбільш впливових з них належать: вільність облягання пробою циліндра 1 (X_1), розміри циліндра 1 (X_2), тривалість навантаження (X_3) та тривалість відпочинку (X_4), величина статичного навантаження, а також кліматичні умови.

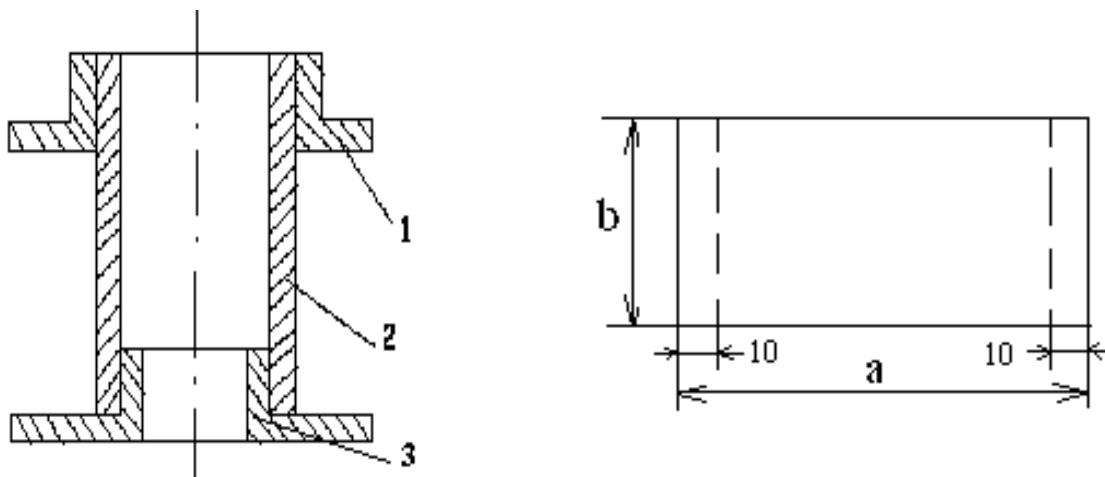


Рис. 7. Схема пристрою та елементарної проби матеріалу:

1 – порожнистий жорсткий циліндр; 2 – верхня циліндрична насадка з фланцем;
3 – нижня циліндрична насадка з фланцем; а – довжина проби; b – висота проби

Вільність облягання $C_{об}$ розраховувалася за формулою:

$$C_{об} = D_{пр} / D_{ц} , \quad (20)$$

де $D_{пр}$ – діаметр проби, мм; $D_{ц}$ – діаметр циліндра, мм.

Для дослідження було використано напіввовняні камвольні костюмні тканини (50% – вовна, 50% – ВПЕ). Коефіцієнт незмиральності K_n , % визначався за відомою формулою. Експеримент проводився за D -оптимальним планом на гіперкубі у три повтори. Значення величини статичного навантаження та параметри кліматичних умов в експерименті були прийняті постійними.

У результаті обробки статистичної інформації після відсіювання незначущих членів рівняння отримана адекватна ($R_d=0,95$) математична модель коефіцієнта незмиральності тканин залежно від зазначених вище факторів у кодованих значеннях змінних:

$$Y = 93,8 + 2,6X_1 + 0,8X_4 + 0,5X_1^2 - 0,8X_2^2 - 1,4X_3^2 + 0,6X_1X_2 \text{ (\%)} . \quad (21)$$

За значеннями коефіцієнтів при змінних в отриманому рівнянні визначаємо вплив кожної змінної (фактора) на незмиральність текстильних полотен. Найбільший вплив має фактор вільності облягання (X_1), другим за значущістю є фактор тривалість навантаження (X_3), тривалість відпочинку (X_4) має третій рівень значущості.

Розроблений пристрій та методика роботи на ньому дають можливість визначати незмиральність текстильних полотен різної структури та прогнозувати формостійкість цих матеріалів у процесі експлуатації.

На базі цього методу у співпраці з АТ УкрНДПВ автор розробив ДСТУ 2994-95 «Метод визначення незмиральності. Полотна трикотажні».

Наявність достатньо точних приладів та експресних методів визначення пористої структури текстильних матеріалів може мати суттєве значення при розробці їх структури, визначенні особливостей їх обробки та напрямів оновлення асортименту.

Для дослідження пористої структури тканин у роботі запропоновано комплексний метод, який складається з експресного ТГК та сорбційного методів. За допомогою ТГК методу можна досить швидко (1,5 – 2 год.) кількісно оцінювати мікро- та макропористу структуру текстильного матеріалу і, відповідно до цього, робити висновок про його фізико-гігієнічні властивості (повітро-, водопроникність тощо).

Для дослідження були відібрані тканини, які мають різну структуру пряжі, переплетення та волокнистий склад. Порівняльні характеристики деяких властивостей і параметрів досліджуваних тканин наведені в табл. 2. Тканини варіантів 1 та 2 відрізняються між собою тільки нитками утку. Різниця в структурі ниток утку тканин 1 і 2 полягає у різному ступені розпрямленості та орієнтації волокон, яка зумовлена особливістю їх отримання на прядильному устаткуванні.

Таблиця 2

Структурні характеристики тканин

Т к а н и н а	Поверх- нева густина, г/м ²	Склад, %	Товщина, мм	Водопро- никність, $\frac{л}{м^2 \cdot с}$	Число ниток на 10 см		Вид та лінійна густина ниток Т, текс		Переплетення
					основа	уток	основа	уток	
1	460	ВПЕ 100	1,4	2,2	169	120	72 x 2	ССВ* 72 x 2	Саржа 2/2
2	460	ВПЕ 100	1,4	2,1	169	120	72 x 2	72 x 2	Саржа 2\2
3	530	НПА 100	1,8	2,1	120	88	250	250	Полотняне

*ССВ – пряжа скороченого способу виробництва

Одним із задач дослідження було визначення впливу структури та волокнистого складу пряжі на їх мікро- та макропорову структуру і, як наслідок, на фізико-гігієнічні властивості (повітро- та водопроникність тощо) виготовлених з них тканин. Для порівняння використано тканину 3, виготовлену з поліамідних комплексних ниток, яка відрізняється від тканин варіантів 1 і 2 показниками структури та переплетенням (табл. 2).

У табл. 3 наведено значення показників пористості досліджуваних варіантів тканин, визначених за ТГК методом.

Характеристики пористої структури тканин

Тканина	Об'єм пор, м ³ /г ($\times 10^7$)					Питома поверхня, м ² /г
	V ₁	$\Delta V_{11'}$	$\Delta V_{1'4}$	ΔV_{45}	V ₅	
1	88,6	79,9	6,2	1,6	0,9	32
2	105,8	96,2	6,6	1,7	1,3	45
3	83,6	66,6	10,0	5,5	1,5	60

Значення V₁ відповідає повному об'єму пор, різниця $\Delta V_{11'}$ – об'єму макропор ($r > 10^{-7}$ м) між нитками основи та утоку в тканині і волокнами у пряжі, різниця $\Delta V_{1'4}$ – об'єму мікропор ($r < 10^{-7}$ м), різниця ΔV_{45} – об'єму мікропор полімолекулярної адсорбції, значення V₅ – об'єму ультрамікропор мономолекулярної адсорбції проби матеріалу.

Виходячи з цього, характеристики пористої структури тканин, такі як повна вологоємність, кількість води у макропорах визначаються як структурою пряжі, так і структурою самої тканини. Наведені у табл. 3 дані свідчать, що у тканин 1, 2 та 3 (різних за сировинним складом та структурою ниток) є різниця у мікро- та макропоровій структурі. Разом з тим у тканин 1 та 2 з однаковим сировинним складом, але різною за структурою пряжею утоку, спостерігаються відмінності в макропоровій структурі та об'ємі ультрамікропор.

Для порівняння в роботі макро- та мікропорова структура тканин досліджувалися за допомогою сорбційного методу (методу ізотерм сорбції-десорбції) при температурі середовища 293 K із застосуванням лабораторного обладнання, виготовленого нами на основі використання тензометричного методу Мак-Бена (рис. 8), де W, % – вологість тканини, а ϕ , % – відносна вологість повітря.

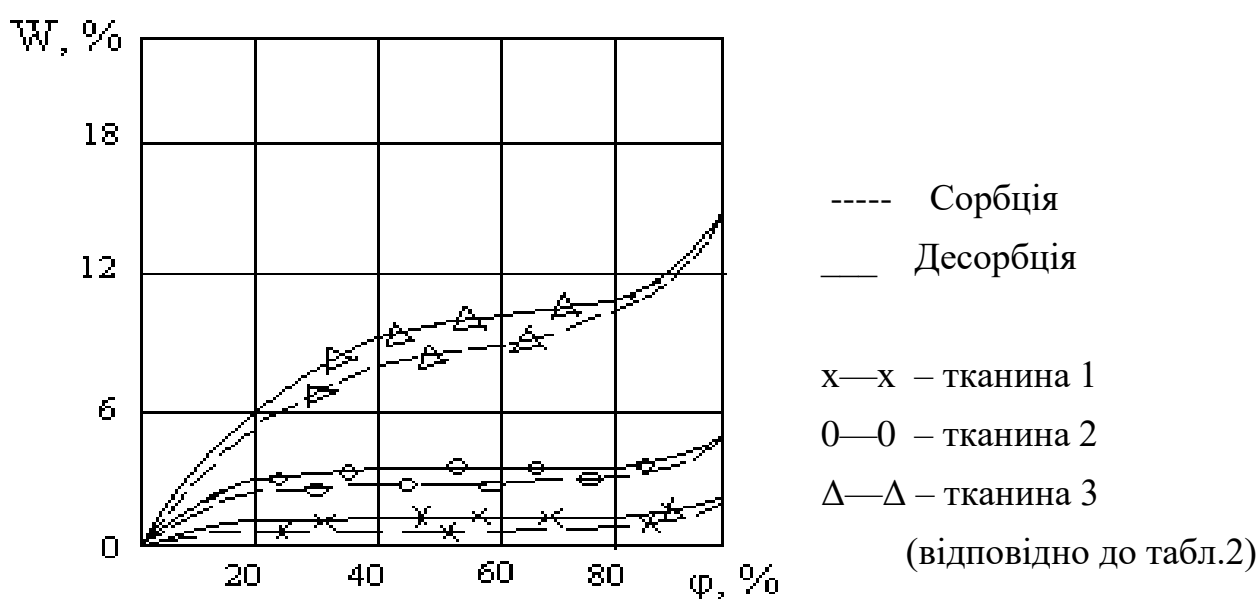


Рис. 8. Ізотерми сорбції-десорбції досліджуваних тканин

Як відомо з теорії питань адсорбції волокон різними речовинами, частина ізотерми адсорбції, яка обернена випуклою частиною до вісі вологоємності матеріалу, відповідає мономолекулярній адсорбції, а обернена до вісі тиску – полімолекулярній. Також відомо, що вологоємність тканин при $\varphi \rightarrow 1$ відповідає максимальній кількості гігроскопічної вологи. Це уможливорює порівняння даних, отриманих двома незалежними методами (ТГК та сорбційним). Зазначене вище свідчить, що дані, отримані методом ТГК, в основному збігаються з даними, отриманими сорбційним методом. Так, за об'ємом мікро- і макропор досліджувані тканини розташовуються у такому порядку: 3, 2 та 1.

Порівнюючи ізотерми сорбції тканин 1 та 2 (рис. 8), необхідно зазначити, що гігроскопічність та об'єми мікропор тканини 2 практично вдвічі більші, ніж у тканини 1. Зазначене вище доводить, що мікропорова структура текстильних матеріалів в основному залежить від їх волокнистого складу, а макропорова – від структури пряжі, технології виготовлення, оздоблення та особливостей будови тканин.

Таким чином, запропонований комплексний метод дає можливість швидко та точно визначати макро- та мікропористу структуру текстильних полотен і відповідно до цього прогнозувати їх проникність, здатність до фарбування та різних оздоблювальних операцій. Метод також уможливорює проведення порівняльних досліджень різних текстильних полотен і подальше визначення напряму їх застосування.

Шостий розділ присвячено розвитку наукових основ створення методу побудови математичних моделей для прогнозування властивостей текстильних матеріалів.

У роботі застосовуються методи ідентифікації та кусково-локальної апроксимації, розроблено інформаційне, алгоритмічне та математичне забезпечення завдань моделювання СПВТМ.

Для вирішення завдань системного підходу до прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів потрібно мати програмні засоби побудови математичних моделей властивостей, які дадуть можливість адаптувати їх до відповідних умов виробничого процесу. Функціонування всієї СПВТМ у процесі виробництва має забезпечуватися програмними засобами, які враховують конкретні особливості умов текстильного виробництва.

Одним з основних математичних способів побудови моделей на базі експериментальних результатів є регресійний аналіз, який передбачає, що структура досліджуваної властивості відома з точністю до вектора невідомих параметрів. Вибір класу допустимих рішень параметричної сукупності функцій є важливим завданням, від вирішення якого залежить адекватність отриманих математичних моделей, які використані у прогнозуванні властивостей продуктів прядильного та ткацького виробництв та управління їх якістю. Найбільш широко в моделюванні виробничих процесів та властивостей продуктів прядильного та ткацького виробництв використовують клас лінійних функцій, що пояснюється їх відносною простотою, а також наявністю ефективних чисельних методів оцінки коефіцієнтів лінійних моделей. Проте лінійні моделі не завжди адекватно описують реальні

процеси, тому потрібно проводити детальний аналіз похідних даних і визначити можливість побудови лінійних математичних моделей досліджуваного об'єкта.

У роботі розглянуто питання про адекватність моделей лінійного регресійного аналізу процесу еволюції властивостей текстильних матеріалів.

Припустимо, що певна властивість текстильного матеріалу описується вхідними (початковими) кількісними змінними $x_j, j = 0, \dots, p-1$, а сам матеріал у ході деякого етапу виробничого процесу підлягає тому чи іншому перетворенню. Змінні x_j будуть називатися регресорними змінними (регресорами) або факторними змінними (факторами). Інколи для них застосовується і звична назва «незалежні змінні», хоча не виключена ситуація, коли деякі x_j є функціями інших x_j . Залежно від кута зору зазначені змінні x_j можуть вважатися детермінованими або випадковими.

Позначимо y кількісну характеристику матеріалу після зазначеного вище перетворення (залежна змінна або відгук, що характеризує перетворений продукт). Нижче, як правило, для більшої простоти позначень y вважається скалярною змінною. Випадок векторної залежної змінної y зводиться до розгляду кількох скалярних залежних змінних.

Припустимо, що залежна змінна y з точністю до випадкової адитивної похибки ε може бути представлена як лінійна комбінація введених вище факторних змінних (регресорів) x_0, x_1, \dots, x_{p-1} :

$$y = \beta_0 x_0 + \dots + \beta_{p-1} x_{p-1} + \varepsilon, \quad (22)$$

де коефіцієнти $\beta_0, \dots, \beta_{p-1}$ є невідомими.

Нехай проведено n спостережень за зміною властивостей текстильного матеріалу при зазначеному вище перетворенні. Позначимо x_{ij} значення j -го регресора при i -му спостереженні. Відповідне значення y позначимо y_i , а значення похибки спостереження — ε_i . Тоді матимемо n скалярних рівностей типу:

$$y_i = \beta_0 x_{i0} + \dots + \beta_{p-1} x_{i,p-1} + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (23)$$

Застосовуючи векторно-матричні позначення

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1,p-1} \\ x_{20} & x_{21} & \dots & x_{2,p-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n0} & x_{n1} & \dots & x_{n,p-1} \end{pmatrix}; \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_{p-1} \end{pmatrix}; \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix},$$

де Y — вектор розмірності n (n - вектор) спостережень залежної змінної; X — матриця спостережень незалежних змінних розміру $(n \times p)$ ($(n \times p)$ — матриця експерименту); β — p -вектор коефіцієнтів; ε — n -вектор помилок, систему рівностей (24) можна записати у вигляді однієї векторно-матричної рівності:

$$Y = X\beta + \varepsilon. \quad (24)$$

(Знак ' використовується як символ транспонування матриці або вектора, зокрема, вектор-стовпець Y може бути записано як $(y_1, \dots, y_n)'$).

Модель залежності даних у формулах (22) — (24) має назву лінійної регресійної моделі, причому залежність у формулі (24) має назву загальної лінійної моделі. З прийняттям моделі (22) — (24) для опису процесу зміни властивостей текстильних виробів основним завданням є оцінка вектора коефіцієнтів β з використанням результатів спостережень факторних змінних x_0, x_1, \dots, x_{p-1} і змінної відгуку y .

Найпоширенішим методом такої оцінки в регресійних моделях є метод найменших квадратів (МНК). Згідно з цим методом як оцінка вектора коефіцієнтів β приймається вектор $b = (b_0, \dots, b_{p-1})$, що є розв'язком задачі мінімізації:

$$\|Y - X\beta\|^2 \xrightarrow{\beta \in R^p} \min, \quad (25)$$

де R^p — p -вимірний евклідов простір, мінімум розшукується по $\beta \in R^p$, а норма $\|z\|$ вектора $z = (z_1, \dots, z_n) \in R^n$ визначена як $(z_1^2 + \dots + z_n^2)^{1/2}$. Відомо, що розв'язок задачі (25) можна знайти як розв'язок b системи так званих нормальних рівнянь $X'X\beta = X'Y$. За будь-яких умов система є сумісною, причому у разі, якщо матриця X має повний ранг, її розв'язок (а отже, і розв'язок задачі (25)) єдиний і має вигляд $b = (X'X)^{-1} X'Y$. Для скорочення оцінка b вектора β за МНК буде називатися МНК-оцінкою.

Наступні шість припущень є характерними для класичного регресійного аналізу: 1) лінійна модель (22) — (24) є адекватною реальним даним; 2) помилок у визначенні незалежних змінних x_j немає або вони несуттєві; 3) середнє значення похибки спостережень ε дорівнює 0, тобто $M\varepsilon = M\varepsilon_i = 0$, $i = 1, \dots, n$ (M — символ математичного сподівання випадкової величини або вектора); 4) значення ε_i є попарно некорельованими і мають однакову скінченну дисперсію: $D\varepsilon = D\varepsilon_i = \sigma^2 = \text{const}$, $i = 1, \dots, n$ (D — символ дисперсії випадкової величини); 5) матриця X має ранг p (тобто є матрицею повного рангу); 6) вектор помилок ε має n -вимірний нормальний розподіл ймовірностей $N(0, \sigma^2 I_n)$, тобто n -вимірний нормальний розподіл з вектором середніх $0 = (0, \dots, 0)'$ та коваріаційною матрицею $\sigma^2 I_n$, де I_n — одинична матриця (діагональна матриця, усі діагональні елементи якої дорівнюють 1).

Зазначені припущення гарантують наявність важливих імовірнісно-статистичних властивостей визначених вище оцінок вектора β . Так, за виконання вимог 1) — 3) лінійна модель (24) може бути записана у вигляді $MY = X\beta$. Якщо при цьому виконується ще й припущення 5), то МНК-оцінка b вектора β є незміщеною: $Mb = \beta$. За виконання всіх вимог 1) — 5) МНК-оцінка $b = (b_0, \dots, b_{p-1})$ є ефективною в класі всіх лінійних за Y незміщених оцінок вектора β , тобто для довільної такої оцінки $\tilde{b} = (\tilde{b}_0, \dots, \tilde{b}_{p-1})$ мають місце нерівності $D(b_j) \leq D(\tilde{b}_j)$, $j = 0, \dots, p-1$ (D — символ дисперсії випадкової величини). При цьому кожна оцінка, що є ефективною в означеному класі оцінок, є МНК-оцінкою. За певних додаткових умов МНК-оцінки $b = b_n$ є обґрунтованими оцінками параметра β , тобто такими, що збігаються до β за

ймовірністю $\forall \delta > 0 P(\| \mathbf{b}_n - \boldsymbol{\beta} \| > \delta) \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$, де P є символом ймовірності; $\| \cdot \|$ — визначена вище норма в просторі R^p .

Припущення б) не відіграє ніякої ролі при знаходженні МНК-оцінки $\boldsymbol{\beta}$, але з його прийняттям з'являються додаткові приводи для використання МНК та можливості визначення розподілів певних статистик, що залежать від значень регресорів x_j та залежної змінної y . Останнє дає можливість ефективного знаходження довірчих інтервалів для тих чи інших параметрів регресії та виконання перевірки різноманітних статистичних гіпотез, що пов'язані з якістю побудованої моделі.

На практиці статистичні показники властивостей текстильних матеріалів, від яких залежить можливість використання регресійної моделі (22) — (24), багато в чому формують властивості так званої інформаційної матриці $A = X'X$. Остання матриця трапляється у багатьох співвідношеннях регресійного аналізу і відіграє важливу роль у конкретних розрахунках та аналізі отриманих результатів. У свою чергу зазначена інформаційна матриця пов'язана з матрицею початкових даних X . Як показують відповідні дослідження спільної поведінки матриці X і вектора спостережень Y , у реальних умовах „жорсткі” умови класичного лінійного регресійного аналізу (див. наведені вище припущення 1) — б)) досить часто порушуються. Такий стан речей призводить до зниження точності та ефективності оцінок, отриманих методом найменших квадратів. Зокрема, при аналізі використаних у роботі даних по зміні властивостей текстильних матеріалів було виявлено ефекти так званої колінеарності (інакше — мультиколінеарності) і відхилення розподілу ймовірностей залежної змінної від нормального розподілу. Виявляється, що такі аномалії досить часто трапляються в даних, отриманих в умовах текстильного виробництва. У зв'язку із зазначеним розроблений у роботі комплекс комп'ютерних програм містить, зокрема, частини, призначені для нейтралізації згаданих негативних ефектів.

Ідентифікація еволюції властивостей текстильних матеріалів в умовах виробництва та експлуатації полягає у побудові моделі перетворення цих властивостей за отриманими в реальних умовах їх вхідних та вихідних параметрів.

Розглянемо особливості процесу еволюції властивостей текстильного матеріалу, кінцевий продукт якого створюється за деяку скінченну кількість N етапів. Кожен k -й етап процесу ($1 \leq k \leq N$) характеризується значенням певного (векторного) контрольованого параметра $x^k = (x_1^k, \dots, x_{n_k}^k)$, $1 \leq k \leq N$ (вектор умов етапу) і значенням вектора ознак (характеристик якості) продукту $y^{k-1} = (y_1^{k-1}, \dots, y_{m_{k-1}}^{k-1})$ ($1 < k \leq N$), яких цей продукт набув на попередньому ($k - 1$)-му етапі — «вхід» етапу. «Вихід» k -го етапу характеризується значенням вектора ознак $y^k = (y_1^k, \dots, y_{m_k}^k)$. Вектор y^0 характеризує набір властивостей (ознак) продукту, які він мав перед початком процесу їх перетворення. Цей вектор вважається відомим. При фіксованих k вектори x^k можна зарахувати до так званих ендогенних змінних, а y^{k-1} — до екзогенних. За означенням процес перетворення властивостей завершується задовільно, якщо вектор ознак y^N останнього N -го етапу належить заздалегідь визначеній підмножині евклідового простору R^{m_N} .

Будемо вважати, що дії кожного етапу процесу еволюції властивостей текстильних матеріалів спрямовані на зміну в потрібному напрямку значення вектора властивостей (ознак). Під математичним кутом зору це означає, що існують певні залежності, яким повинні задовольняти параметри процесу і вектори властивостей (ознак) продукту. З іншого боку, процесам еволюції властивостей притаманна певна стохастичність: відомо, що навіть при найбільшому можливому ступені налагодженості виробництва буде існувати той чи інший розкид параметрів якості продукту (координати векторів ознак). Останнє зауваження означає, що в математичні залежності мають входити випадкові складові. Виходячи з зазначеного вище, можна припустити, що значення вказаних змінних задовольняють таким рівностям (структурним співвідношенням):

$$\begin{aligned}
 f^1(x^1, y^0; y^1; \varepsilon^1) &= 0; \\
 f^2(x^2, y^1; y^2; \varepsilon^2) &= 0; \\
 &\dots\dots\dots \\
 f^k(x^k, y^{k-1}; y^k; \varepsilon^k) &= 0; \\
 &\dots\dots\dots \\
 f^N(x^N, y^{N-1}; y^N; \varepsilon^N) &= 0,
 \end{aligned} \tag{26}$$

де $f^k, k = 1, \dots, N$ — деякі функції; ε^k — випадкові величини (вектори).

У задачах проектування та прогнозування властивостей текстильних матеріалів інформація про конкретний вид функцій f^k та розподіл ймовірностей величин ε^k є дуже важливою.

На жаль, зазначену інформацію дуже рідко можна отримати, виходячи тільки з аналізу змісту і дій конкретного процесу перетворення властивостей. Тому її доводиться отримувати емпіричним шляхом, використовуючи дані щодо проходження реальних процесів перетворення властивостей і попередні міркування фахівців. При цьому точний вид функцій f^k вдається отримати тільки у дуже простих випадках, тому на практиці приймаються ті чи інші припущення щодо конкретного виду функцій f^k .

Як правило, вважається, що ці функції є відомими з точністю до деякого параметра залежності $\theta^k = (\theta_1^k, \dots, \theta_{i_k}^k)$. У такій ситуації систему структурних співвідношень (26) можна записати у такому вигляді:

$$\begin{aligned}
 f^1(x^1, y^0; y^1; \theta^1; \varepsilon^1) &= 0; \\
 f^2(x^2, y^1; y^2; \theta^2; \varepsilon^2) &= 0; \\
 &\dots\dots\dots \\
 f^N(x^N, y^{N-1}; y^N; \theta^N; \varepsilon^N) &= 0.
 \end{aligned} \tag{27}$$

Насправді у загальному випадку неможливо виключити ситуацію, в якій, крім змінних y^{k-1} , y^k , x^k , функції f^k залежать ще й від деяких змінних з числа $\{y^j, j \leq k-2\}$ та $\{x^j, j \leq k-1\}$ (так звані лагові змінні), так що мають місце такі наведені рівності:

$$f^k = f^k(x^{k-q}, \dots, x^k; y^{k-r}, \dots, y^{k-1}; y^k; \theta^k; \varepsilon^k), k = 1, \dots, N, \quad (28)$$

де $q = q(k): 0 \leq q < k$ та $r = r(k): 1 \leq r \leq k$.

Зрозуміло, що залежність функцій f^k від лагових змінних означає, що на результат k -го етапу процесу перетворення властивостей текстильних матеріалів впливають результати й умови проведення не тільки безпосередньо попереднього етапу, а й деяких інших попередніх етапів (ефект запізнення).

Основними задачами математичного моделювання такого процесу є адекватний вибір функцій f^k , оцінка параметрів θ^k , $k = 1, \dots, N$, оцінка ймовірнісної поведінки випадкових складових залежностей, розробка алгоритмів статистичного моделювання процесу перетворення властивостей текстильних матеріалів на базі вибраної моделі.

На практиці, щоб уникнути необґрунтованого ускладнення досліджень, часто припускають, що співвідношення (27) можна представити у явному вигляді відносно змінних y^k , так що система (27) (з урахуванням рівностей (28)) набуде такого вигляду:

$$\begin{aligned} y^1 &= f^1(x^1; y^0; \theta^1; \varepsilon^1); \\ y^2 &= f^2(x^1, x^2; y^0, y^1; \theta^2; \varepsilon^2); \\ &\dots\dots\dots \\ y^N &= f^N(x^{N-q}, \dots, x^N; y^{N-r}, \dots, y^{N-1}; \theta^N; \varepsilon^N). \end{aligned} \quad (29)$$

Для ідентифікації визначеної математичної моделі необхідно виконати ту чи іншу кількість експериментів. За означенням, вони полягають у послідовному виконанні належних дій процесу еволюції властивостей текстильних матеріалів при різних припустимих значеннях параметрів процесу перетворення і фіксації властивостей (ознак) продукту, яких він набуває в процесі виконання зазначених дій. Інколи при цьому можливе планування проведення експериментів, яке полягає в попередньому визначенні значень параметрів перетворення властивостей x^k , $k = 1, \dots, N$ та вектора початкових властивостей y^0 . В інших випадках таке планування неможливе.

Незалежно від того, виконуються експерименти відповідно до попереднього плану відбору x^k чи дані пасивного експерименту отримують, у конкретних ситуаціях щодо співвідношень (29) робляться уточнюючі припущення. Такі припущення базуються на професійних міркуваннях і на бажанні застосувати розроблені відомі методи дослідження статистичного аналізу даних.

Так, випадкова складова моделі найчастіше вважається адитивною або мультиплікативною, а залежності мають поліноміальний чи степеневий вигляд. Можливе використання тих чи інших перетворень предикторних (незалежних) змінних і змінних відгуку (залежних змінних). Обчислення умовних (частинних)

коефіцієнтів кореляції між змінними моделі може призвести до її спрощення за рахунок попереднього уточнення значень величин q та r .

Для оцінювання параметрів (коефіцієнтів, показників степенів тощо) співвідношень типу (29) можуть застосовуватися методи класичного регресійного аналізу або їх узагальнення та модифікації, розроблені спеціально для випадків, коли основні припущення класичної теорії не мають місця.

Зупинимося дещо детальніше на останньому положенні. Припустимо для простоти, що співвідношення (29) визнано за доцільне вважати лінійним за параметрами залежностей і за виробничими змінними, лагових змінних, за винятком y^{k-1} , немає (тобто $q = 0$, $r = 1$), а ознака якості і параметри умов перетворення властивостей є скалярними, так що маємо справу з співвідношеннями такого вигляду:

$$y^k = \beta_0^{(k)} + \beta_1^{(k-1)} y^{k-1} + \alpha^{(k)} x^k + \varepsilon^k, k = 1, \dots, N. \quad (30)$$

Теоретично доцільний спосіб використання експериментальних даних властивостей текстильних матеріалів для оцінювання параметрів α та β у зазначених залежностях пов'язаний з питанням, чи припустимо у цьому випадку вважати значення y^{k-1} та x^k в (30) звичайними фіксованими числами або, як і величину y^k , потрібно розглядати як випадкові величини. Відповідні способи оцінки зазначених параметрів у цих випадках можуть суттєво відрізнятися один від одного. Пояснимо, що стохастичність x^k пов'язана, в основному, з похибками метрологічного плану, тоді як стохастичність величин y^j є суттєвим наслідком стохастичності самого процесу перетворення властивостей текстильних матеріалів.

Під кутом зору практики питання про належний спосіб оцінювання параметрів залежностей (30) пов'язане з наявністю чи відсутністю стохастичної або структурної залежності між значеннями змінних параметрів перетворення властивостей y^{k-1} та x^k із значеннями стохастичного збурення ε^k . Здається досить очевидним, і практика підтверджує це, що для процесів еволюції властивостей текстильних матеріалів, для яких припускаються надто широкі інтервали варіювання можливих значень y^{k-1} або x^k , згадана залежність швидше за все буде мати місце. Це вносить додаткові питання щодо обґрунтованості використання класичного регресійного аналізу і, як наслідок, додає ускладнень у побудову математичної моделі процесу і знижує надійність побудованої моделі. З іншого боку, надто звужені інтервали зміни параметрів моделей типу (28), (29) можуть призвести до зниження якості оцінок параметрів моделей.

Іншою, можливо найважливішою під кутом зору практики особливістю побудови математичних моделей процесів еволюції властивостей текстильних матеріалів є проблема співвідношення кількості спостережень за процесом і кількості скалярних параметрів у співвідношеннях (26) – (29). Так, якщо n – кількість різних точок (векторів) спостереження, то навіть якщо система (29) є лінійною за параметрами, стандартна процедура ідентифікації коефіцієнтів за методом найменших квадратів не може бути застосована без виконання умови $n \geq l_1 + \dots + l_N$, де l_j – кількість дійсних параметрів залежностей в j -й рівності зазначеної системи. У той же час технологічні процеси, які становлять реальний

інтерес, є такими, що дотримання зазначеної умови спричиняє значні обчислювальні труднощі в розв'язанні задач оцінювання потрібних параметрів у зв'язку з високою розмірністю згаданих задач. З іншого боку, суто практичні труднощі виникають при спробах отримати таку кількість статистичних даних з функціонування досліджуваного процесу, щоб згадана умова виконувалася.

У конкретних випадках доцільно, використовуючи ті чи інші особливості досліджуваних виробничих процесів, максимально спрощувати систему (29) з метою знаходження практично досяжних розв'язків. Отримані розв'язки мають перевірятися на відповідність побудованої моделі реальним даним, можливості прогнозування та прийняття рішень на їх основі. Так, у цій роботі з використанням методу експертних оцінок виконувався відсів «неперспективних» змінних, що в результаті дало можливість знаходити оцінки параметрів не для самої системи рівнянь (29), а для деякої її редукції, що виявилось достатнім для побудови належних математичних моделей. Зауважимо, що під кутом зору методів побудови математичних моделей дії, які при цьому виконувалися, можна трактувати як певний різновид методу кусково-лінійної апроксимації. Побудова загальної математичної моделі процесу еволюції властивостей текстильного матеріалу полягає у побудові послідовної належної кількості «кускових» моделей кожного показника, для ідентифікації якої використовувалися методи лінійного регресійного аналізу.

Сьомий розділ присвячено реалізації наукових методів побудови математичних моделей та програмного забезпечення СПВТМ (чистововняної та напіввовняної одиночної, крученої пряжі та тканини).

На основі теоретичних положень, представлених у шостому розділі, розроблено комп'ютерне програмне забезпечення, яке робить можливим побудову адекватних математичних моделей процесу зміни властивостей текстильних матеріалів у процесі їх переробки у виробничому процесі.

Для побудови адекватної загальної математичної моделі процесу еволюції властивостей текстильних матеріалів використано послідовність виробничих етапів. Відбір незалежних змінних проводився із застосуванням методу експертних оцінок. Регресійний аналіз використовувався для побудови математичних моделей визначених виробничих етапів. Загальна модель процесу еволюції властивостей текстильних матеріалів (як об'єднання моделей етапів) дає можливість на основі вхідних параметрів сировини отримати оцінки параметрів кінцевої продукції. У результаті обробки даних пасивного експерименту отримано адекватні ($R_d=0,95$) математичні моделі лінійної залежності властивостей волокнистих продуктів (жмутків, стрічок, рівниці, пряжі, сирової тканини, готової тканини) від параметрів сировини та вхідних властивостей попередніх волокнистих продуктів.

Розроблений програмний комплекс у діалоговому режимі формує базу даних, обчислює статистичні показники досліджуваної властивості текстильного матеріалу та визначає адекватні математичні моделі зміни властивостей текстильних матеріалів у процесі їх виготовлення.

Запропонована в роботі методика побудови загальної математичної моделі СПВТМ полягає у такому: формування електронних таблиць початкових даних; визначення статистичних показників параметрів (властивостей), наведених в

електронних таблицях даних; формування зведених електронних таблиць статистичних показників параметрів; формування баз даних параметрів; побудова математичних моделей кожного етапу перетворення властивостей.

Наведемо приклад побудови загальної математичної моделі еволюції властивостей продуктів прядильного виробництва до отримання чистововняної камвольної костюмної тканини.

Електронні таблиці деяких показників властивостей текстильних продуктів (волокон, жмутків, стрічок, рівниці, пряжі та тканини) наведено в табл. 4 та 5.

Таблиця 4

Перелік показників властивостей текстильного матеріалу

Позначення показника	Назва показника	Одиниці вимірювання
Y_1^0	Довжина волокна	мм
Y_2^0	Діаметр (тонина) волокна	мкм
Y_3^0	Питоме розривальне навантаження волокна	сН/текс
Y_4^0	Лінійна густина волокна	текс
Y_5^0	Поверхнева густина жмутків до тіпання	мг/мм ²
Y_6^0	Коефіцієнт варіації за поверхневою густиною жмутків до тіпання	%
.....		
Y_{10}^{19}	Стійкість до стирання тканини	цикли

Таблиця 5

Значення лінійної густини чесаної стрічки

Лінійна густина, ктекс				
12,6	13,0	11,6	12,2	13,8
12,4	12,6	11,4	13,0	13,6
12,8	12,4	12,4	12,4	14,4
.....				
12,4	13,6	13,2	11,8	12,0

У подальшому визначають статистичні показники кожного визначеного показника властивостей текстильного продукту. Приклад результатів для стрічки наведено в табл. 6.

Статистичні показники лінійної густини стрічки

Середнє арифметичне, ктекс	Середнє квадратичне відхилення, ктекс	Коефіцієнт варіації, %	Мода, ктекс	Медіана, ктекс	Мінімум, ктекс	Максимум, ктекс
12,6	0,832	6,6	12,6	12,6	11	14,4

Після отримання статистичних характеристик кожного з параметрів досліджуваного продукту результати зводяться в загальну таблицю в послідовності, яка відповідає переходам виробничого перетворення властивостей текстильного продукту (табл. 7).

Таблиця 7

Зведена таблиця статистичних показників стрічки

Номер виробничого переходу	Середнє арифметичне, ктекс	Середнє квадратичне відхилення, ктекс	Коефіцієнт варіації, %	Мода, ктекс	Медіана, ктекс	Мінімум, ктекс	Максимум, ктекс
1	12,6	0,83	6,5	12,6	12,6	11	14,4
2	29,9	0,87	2,9	29,6	30,0	28	31,4
.....							
<i>N</i>	25,4	0,71	2,7	25	25,4	24	26,8

У подальшому з урахуванням результатів обчислень, наведених у табл.7, сформована таблиця бази даних (табл. 8), де k – номер переходу перетворення властивостей текстильного продукту; n – позначення показника властивості текстильного продукту.

Таблиця 8

База даних досліджуваних текстильних матеріалів

Y_1^0	Y_2^0	Y_3^0	Y_4^0	Y_5^0	Y_6^0	.....	Y_n^k
59,1	23	7,5	512,9	0,78	105,4	.....	97,7
58,9	22,7	7,6	540,6	0,79	106,5	.....	101,8
58,9	23,4	7,36	548,5	0,77	106,5	.....	97,1
.....							
60,2	22,7	7,42	524,1	0,81	102,5		98,5

На основі бази даних показників властивостей текстильних продуктів розробляється структура їх математичних моделей (табл. 9).

Таблиця 9

Структура математичних моделей показників властивостей текстильних матеріалів

Назва волокнистого продукту	Жмутки після тіпання	Чесана стрічка	...	Готова тканина
	1	2	....	n
Волокна та жмутки до тіпання	$Y_1^1 (Y_2^0, Y_3^0, Y_4^0, Y_5^0)$ $Y_2^1 (Y_2^0, Y_4^0, Y_6^0)$			
Жмутки після тіпання		$Y_1^2 (Y_1^0, Y_2^0, Y_4^0, Y_1^1)$ $Y_2^2 (Y_1^0, Y_2^0, Y_5^0, Y_2^1)$ $Y_3^2 (Y_1^0, Y_2^0, Y_1^1)$	... ... ... ...
.....				
Сирова тканина				$Y_1^{19} (Y_1^0, Y_2^0, Y_4^0, Y_1^{17})$ $Y_2^{19} (Y_1^0, Y_2^0, Y_5^0, Y_2^{17})$

Обробка зазначених вище даних за допомогою ПК та прикладних програм дала можливість отримати адекватні математичні моделі визначених показників властивостей текстильних продуктів (табл. 10), які в сукупності характеризують їх еволюцію в процесі текстильного виробництва.

Таблиця 10

Математичні моделі показників властивостей текстильних матеріалів

Жмутки після тіпання	
Y_1^1	$0,001Y_1^0 + 0,0015Y_2^0 - 0,006Y_3^0 + 0,353Y_5^0$
Y_2^1	$181,872 - 0,763Y_1^0 - 6,14Y_2^0 + 1,12Y_6^0$
Чесальна стрічка	
Y_1^2	$478,38 - 2,63 Y_1^0 - 11,63 Y_2^0 - 223,8 Y_1^1$
Y_2^2	$19,39 - 0,08 Y_1^0 - 0,37 Y_2^0 - 0,035 Y_1^2$
Y_3^2	$0,959 - 0,025 Y_2^0 + 2,27 Y_1^1$
.....	
Однониткова пряжі	
Y_1^{15}	$-0,0146 + 0,176 Y_1^{14} - 0,002 Y_3^{14} - 0,035 Y_5^{15}$
Y_2^{15}	$-7,817 - 0,33 Y_2^{14} + 11,67 Y_3^{14}$
.....	

У результаті реалізації системи математичних моделей отримано прогноз властивостей волокнистих продуктів у процесі виготовлення камвольної костюмної тканини на кожному етапі їх виробничого перетворення (приклад у табл. 11).

Таблиця 11

Прогнозовані значення показників властивостей текстильних матеріалів за виробничими переходами

Назва показника	Розрахункові значення
<i>Жмутки після тіпання</i>	
Поверхнева густина, г/см ²	0,091
Нерівнота за поверхневою густиною, %	99,3
<i>Чесальна стрічка</i>	
Лінійна густина, ктекс	22,1
Нерівнота за лінійною густиною, %	2,1
Ступінь розпрямленості та орієнтації волокон, -	0,626
<i>Рівниця</i>	
Лінійна густина, ктекс	0,450
Нерівнота за лінійною густиною, %	1,2
Ступінь розпрямленості та орієнтації волокон, -	0,954
Відносне розривальне навантаження, сН/текс	8,1
Коефіцієнт варіації за крутінням, %	2,9
<i>Однотиткова пряжа</i>	
Лінійна густина, текс	21,5
Нерівнота за лінійною густиною, %	2,2
Відносне розривальне навантаження, сН/текс	53,1
Видовження при розриванні, %	6,7
Коефіцієнт варіації за крутінням, %	2,4
Коефіцієнт витривалості, %	94,3
<i>Кручена пряжа</i>	
<i>Сирова тканина</i>	
<i>Готова тканина</i>	
Поверхнева густина, г/м ²	215,3
Лінійна густина, г/м	335,8
Розривальне навантаження по основі, Н	358,2
<i>.....</i>	
Питома пористість, м ² /г	48,0
Повітропроникність, дм ³ /(м ² ·с)	58,3
Коефіцієнт зминальності, -	0,27
Стійкість до тертя, цикли	5922,5
Пілінгування, пілі/см ²	2,1

Для прикладу на рис. 9-11 наведені графіки фактичних та теоретичних значень властивостей волокнистих продуктів за виробничими переходами для чистововняної пряжі.

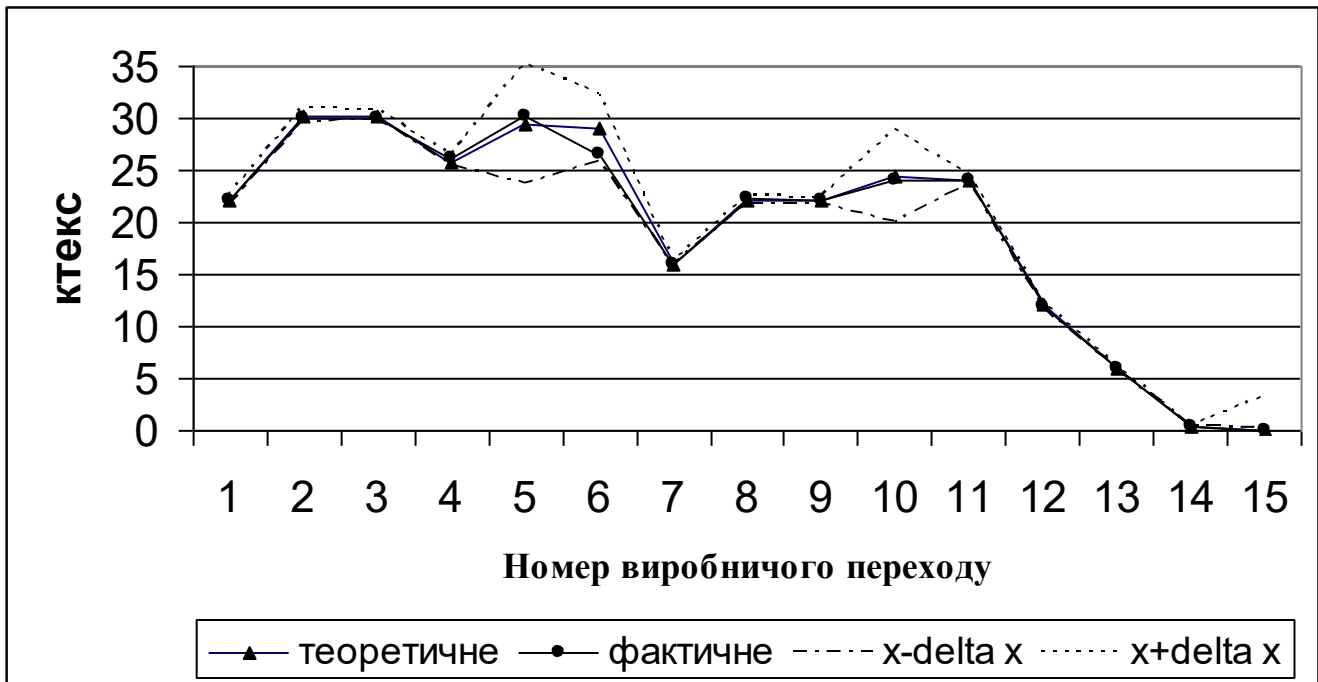


Рис. 9. Графіки фактичних та теоретичних значень лінійної густини волокнистих продуктів

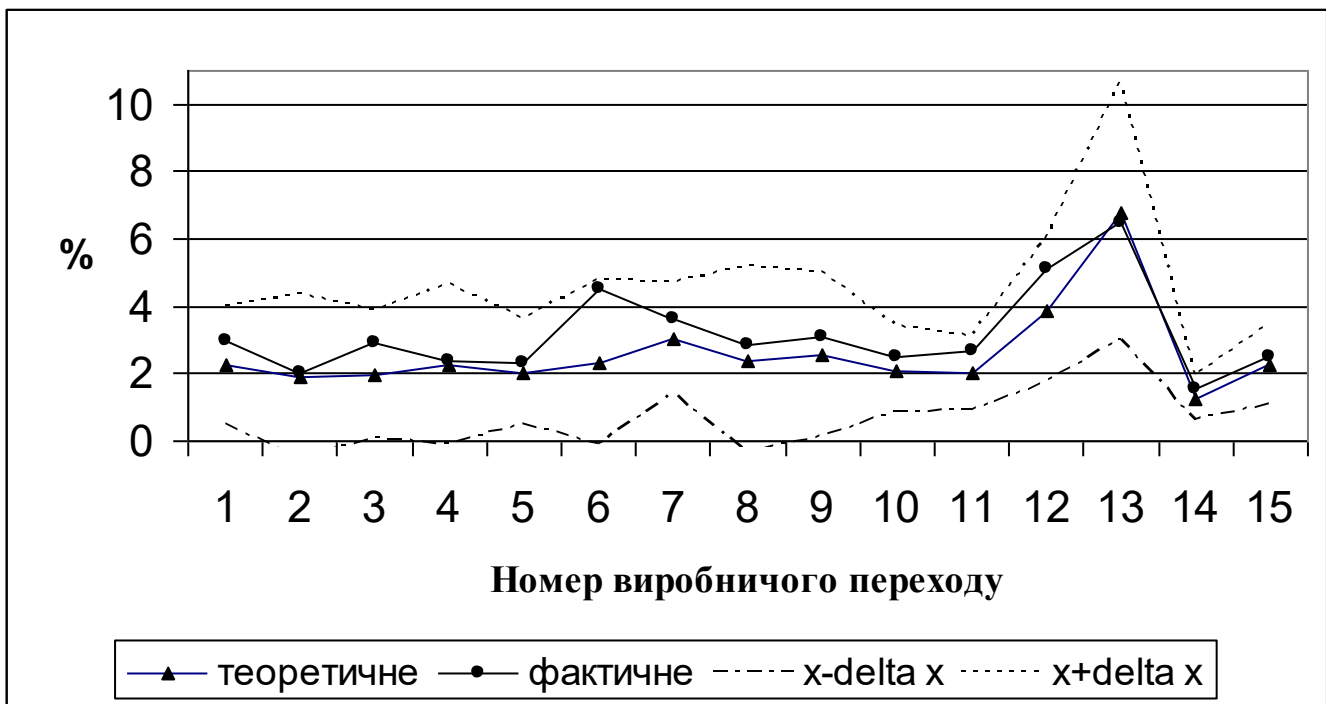


Рис. 10. Графіки фактичних та теоретичних значень коефіцієнта варіації за лінійною густиною волокнистих продуктів

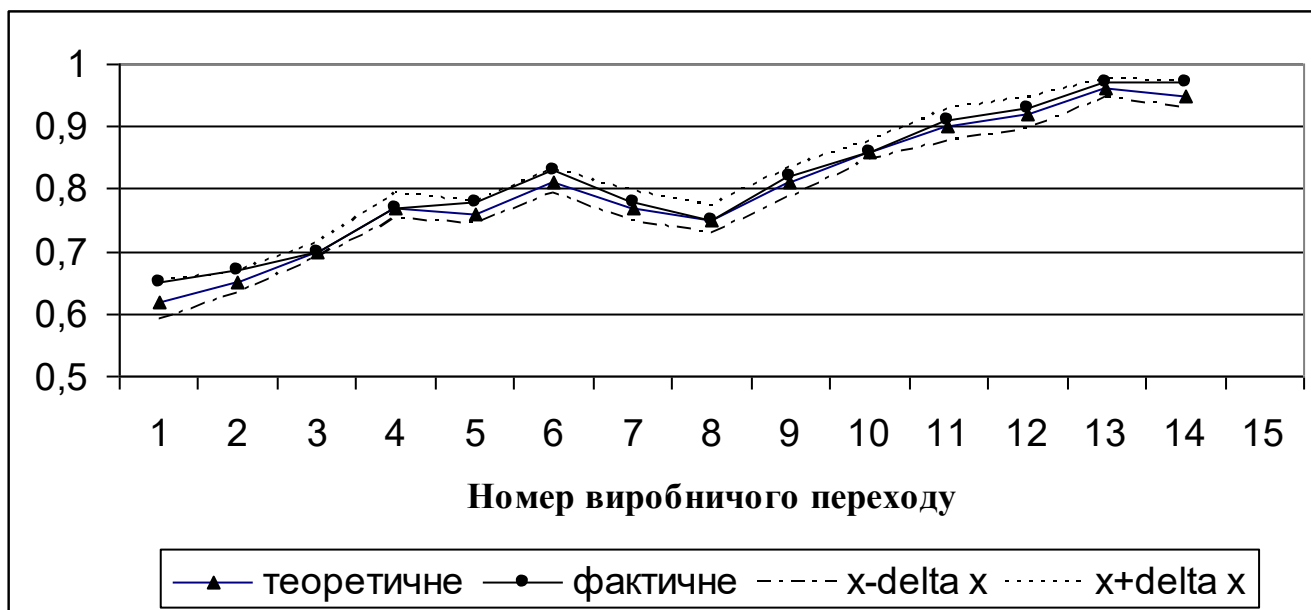


Рис. 11. Графіки фактичних та теоретичних значень ступеня розпрямленості та орієнтації волокон

При порівнянні фактичних результатів з теоретичними встановлено, що максимальне відхилення прогнозованих значень параметрів напіввовняної та чистововняної пряжі від дійсних не перевищує 5 %.

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що ефективність СПВТМ прийнятна для вирішення завдань прогнозування властивостей текстильних матеріалів різного призначення.

ВИСНОВКИ

1. Розвинуто наукові основи важливої наукової проблеми текстильного матеріалознавства – прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення, вирішення якої базується на застосуванні основних положень теорії систем та системного аналізу і спрямовано на підвищення якості і конкурентоспроможності текстильних матеріалів.

2. Уперше науково обґрунтовано метод прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту прядильного і ткацького виробництва, який включає в себе системний аналіз еволюції властивостей цих текстильних матеріалів та засоби побудови математичних залежностей показників властивостей текстильних матеріалів від різних факторів.

Уперше розроблено загальний алгоритм СПВТМ, до якого входить низка операцій аналізу та синтезу, які спрямовані на прийняття рішень для досягнення необхідного рівня якості текстильних матеріалів.

3. Науково обґрунтовано застосування методів ідентифікації та кусково-локальної апроксимації для реалізації математичної моделі СПВТМ. У результаті розбиття всього факторного простору СПВТМ на локальні ділянки отримано систему рівнянь, розв'язок якої може використовуватися як загальна математична

модель прогнозування властивостей волокнистих продуктів прядильного та ткацького виробництв.

4. Уперше запропоновано архітектуру інформаційної системи підтримки рішень при аналізі, моделюванні та прогнозуванні властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту прядильного та ткацького виробництв і розроблено відповідний алгоритм прийняття рішень СПВТМ. Це дозволяє оперативно отримувати результати прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів вовняного асортименту побутового призначення, мінімізуючи витрати матеріальних та робочих ресурсів.

5. Розроблено програмне забезпечення та програмний комплекс для оптимального використання загальної математичної моделі СПВТМ, що створює можливості для широкого використання сучасних електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Максимальне відхилення прогнозованих значень параметрів від дійсних не перевищує 5 %, що вказує на достатню ефективність математичного та програмного забезпечення СПВТМ.

6. Уперше розроблено метод визначення критерію ефективності СПВТМ вовняного асортименту прядильного та ткацького виробництв. Доведено, що як критерій ефективності функціонування СПВТМ доцільно прийняти показник комплексної оцінки вірогідних характеристик показників якості досліджуваних матеріалів, який також враховує особливості виробничого процесу. Такий підхід дає можливість застосовувати ЕОМ для оперативного визначення загального показника ефективності СПВТМ.

7. Уперше розроблено класифікацію методів визначення структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів, яка враховує особливості визначення структури, ступінь дії на досліджуваній зразок, вид фізичної або механічної дії на зразок, методичну особливість визначення показника та вимірюваний показник. Класифікація допомагає визначити нові перспективні напрями створення методів та пристроїв визначення розпрямленості та орієнтації волокон у стрічкоподібних волокнистих продуктах.

8. Уперше теоретично обґрунтовано фізичну модель електромагнітного резонатора для дослідження структури текстильних матеріалів прядильного та ткацького виробництв, на основі якої розроблено резонансний пристрій та метод оцінки структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів. Пристрій працює в частотному діапазоні від 800 до 1000 МГц, що дає можливість отримувати достатній електричний сигнал для визначення ступеня розпрямленості та орієнтації волокон у волокнистому продукті.

Розроблено об'єднану модель структури та фізико-механічних властивостей стрічкоподібних волокнистих продуктів, яка дає підстави визначати залежності між досліджуваними властивостями та структурою матеріалу.

9. Розроблено метод оцінки здатності пряжі до переробки. На базі цього методу у співпраці з АТ УкрНДПВ розроблено ДСТУ 3673 (ГОСТ 30580-98) «Метод визначення здатності до текстильної переробки. Нитки високомодульні неорганічні та вуглецеві».

Удосконалено метод оцінки незмінальності текстильних полотен при неорієнтованому зминанні проби. На базі цього у співпраці з АТ УкрНДПВ

розроблено метод та пристрій, який впроваджено в ДСТУ 2994-95 «Метод визначення незминальності. Полотна трикотажні».

Запропоновано комплексний експрес-метод (ТГК та сорбційний), що дає можливість досить швидко (1,5 – 2 год.) та точно визначати макро- та мікропористу структуру текстильних полотен і прогнозувати їх проникність та здатність до різних видів обробок.

10. Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленого програмного забезпечення та інформаційної системи підтримки рішень СПВТМ в умовах виробництва ЗАТ «КСК «ЧЕКСІЛ» становить 128 тис. грн.

Результати роботи свідчать про можливість широкого застосування методології побудови СПВТМ для прогнозування властивостей текстильних матеріалів різного призначення.

ПУБЛІКАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Щербань В. Ю. Программные и математические компоненты проектирующих подсистем технологических процессов, оборудования, свойств материалов легкой и текстильной промышленности. Монографія / [В. Ю. Щербань, А. Н. Слизков, А. Б. Озадовский, Ю. Ю. Щербань]. – К.: Конус – Ю, 2009. – 327с.

Дисертантові належить написання матеріалів з прогнозування властивостей текстильних матеріалів.

2. Слізков А. М. Основи технології виробів. Підручник / [А. М. Слізков, Т. О. Якубовська, В. В. Рибальченко та ін.]. – К.: КНУТД, 2007. – 424 с.

Дисертантові належить постановка завдання, розробка структури підручника, написання розділів з прядіння вовни та нових способів та технологій прядильного виробництва.

3. Слізков А. М. Тлумачний словник з матеріалознавства та текстильних виробництв / А. М. Слізков, Р. В. Луцик. – К.: Арістей, 2004. – 304 с.

Дисертантові належить розробка ідеї, обґрунтування запропонованих термінів.

4. САПР обладнання легкої та текстильної промисловості / [В. Ю. Щербань, Ю. Ю. Щербань, О. З. Колиско, А. М. Слізков та ін.]. – К.: КТІЛП, 2007. – 275 с.

Дисертантові належить написання матеріалів з класифікації структури текстильних ниток.

5. Векторні випадкові величини і випадкові процеси. Елементи теорії та деякі застосування / [С. М. Краснитський, В. Ю. Щербань, Ю. Ю. Щербань, А. М. Слізков та ін.]. – К.: Бумсервіс, 2008. – 189 с.

Дисертантові належить написання матеріалів із застосування математичних методів дослідження властивостей текстильних матеріалів.

6. Слизков А.Н. Камвольная пряжа сокращенного способа производства и ее свойства. Обзорная информация. Шерстяная промышленность / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов, Л. В. Данилейко. – М.: ЦНИИТЭИЛегпром. – 1990. – №7. – 55с.

Дисертантові належить постановка завдання, виконання теоретичних досліджень, постановка експерименту, обробка даних та аналіз результатів.

7. Метод визначення незминальності. Полотна трикотажні: ДСТУ 2994-95. – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 9 с. – (Національний стандарт України).

Дисертантові належить постановка експерименту, обробка даних та аналіз результатів.

8. Метод визначення здатності до текстильної переробки. Нитки високомодульні неорганічні та вуглецеві: ДСТУ 3673-97 (ГОСТ 30580-98). – [Чинний від 2000-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1999. – 6 с. – (Національний стандарт України).

Дисертантові належить постановка експерименту, обробка даних та аналіз результатів.

9. Слизков А. Н. Сравнительное исследование выносливости пряжи сокращенного способа производства и крученой пряжи на приборе ПН-5 / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990. – № 3. – С.7-10.

Дисертантові належить постановка завдання, отримання аналітичних залежностей.

10. Слизков А. Н. Изменение свойств гребенной полушерстяной пряжи сокращенного способа производства и параметров их контроля в зависимости от крутки и расстояния между ровницами / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 1. – С.20-23.

Дисертантові належить постановка завдання, отримання аналітичних залежностей.

11. Слизков А. Н. Исследование и оптимизация неравновесности гребенной пряжи из двух ровниц в процессе запаривания / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов, Л. В. Данилейко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 2. – С.32-34.

Дисертантові належить постановка завдання, отримання аналітичних залежностей.

12. Слизков А.Н. Влияние расположения початков в запарной камере на неравновесность гребенной полушерстяной пряжи из двух ровниц / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 3. – С.34-38.

Дисертантові належить постановка завдання, отримання аналітичних залежностей.

13. Слізков А. М. Розробка методики визначення незминальності текстильних полотен / А. М. Слізков // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 1999. – № 2. – С.74-75.

14. Слизков А. Н. Исследование гибкости пряжи с содержанием льняного волокна / Н. П. Бухонька, А. Н. Слизков // Текстильная промышленность. – 2003. – № 1-2. – С.43-44.

Дисертантові належить постановка експерименту.

15. Луцик Р. В. Дослідження порової структури фільтрувальних тканин / Р. В. Луцик, А. М. Слізков // Вісник КНУТД. – 2004. – № 1. – С.7-14.

Дисертантові належить постановка експерименту, обробка даних та аналіз результатів.

16. Слізков А. М. Дослідження впливу параметрів процесів передпрядіння та прядіння на якісні характеристики рівниці та пряжі / А. М. Слізков, Д. В. Ребров // Вісник КНУТД.– 2005. – № 5 (спеціальний випуск). – С.48-50.

Дисертантові належить постановка задачі, отримання аналітичних залежностей.

17. Слізков А. М. Дослідження властивостей напівфабрикатів прядильного виробництва / Д. В. Ребров, А. М. Слізков // Вісник КНУТД. – 2006. – № 2 (28) (спеціальний випуск). – С.86-87.

Дисертантові належить постановка завдання, отримання аналітичних залежностей.

18. 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.

19. 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.

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

21. Слізков А. М. Обґрунтування методу оцінки ефективності системи прогнозування властивостей текстильної продукції / А. М. Слізков, Р. В. Луцик // Вісник ХНТУ. – 2007. – № 5. – Т.1. – С. 228-232.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

22. Слізков А. М. Аналіз методів оцінки структури стрічкоподібних волокнистих продуктів / А. М. Слізков // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2007. – № 1(13). – С. 53-56.

23. Слізков А. М. Теоретичні основи побудови фізичної моделі електромагнітного резонатора для оцінки структури стрічкоподібних волокнистих продуктів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, А. О. Потапов // Вісник КНУТД. – 2008. – № 2. – С. 24-29.

Дисертантові належить основна ідея, постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

24. Слізков А. М. Розробка резонансного методу оцінки структурних характеристик стрічкоподібних волокнистих продуктів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, А. О. Потапов // Вісник КНУТД. – 2008. – № 4. – С.59-65.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних та експериментальних досліджень.

25. Слізков А. М. Розробка резонансного пристрою для оцінки структури волокнистих продуктів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, А. О. Потапов // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2008. – № 1 (14). – С. 18-21.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

26. Слізков А. М. Застосування принципів ідентифікації в системі прогнозування властивостей текстильних матеріалів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, М. С. Краснитський // Вісник КНУТД. – 2008. – № 5 (спеціальний випуск). – С.191-198.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

27. Слізков А. М. Аналіз незмінальності текстильних полотен / А. М. Слізков // Вісник КНУТД. – 2008. – № 5. – С.45-48.

28. Слізков А. М. Стохастичні задачі в дослідженні зміни властивостей текстильних матеріалів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, М. С. Краснитський // Вісник ХНУ. – 2008. – №6. – С.194-197.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

29. Слізков А. М. Теоретичні основи побудови математичної моделі властивостей текстильних матеріалів. Повідомлення 1 / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, О. Б. Демківський, Т. І. Демківська // Вісник КНУТД. – 2009. - № 1. – С. 36-41.

Дисертантові належить основна ідея, постановка завдання та проведення теоретичних досліджень.

30. Слізков А. М. Моделювання властивостей текстильних матеріалів з використанням інформаційних технологій. Повідомлення 2 / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, В. П. Попов, О. Б. Демківський // Вісник КНУТД. – 2009. – № 2. – С. 28-35.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

31. Слізков А.М. Розробка резонансного методу визначення структурних показників стрічкоподібних волокнистих продуктів / А. М. Слізков, В. Ю., Щербань, Заржицький Є .В. // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2008. – № 1 (14). – С.169.

Дисертантові належить постановка завдання, проведення теоретичних досліджень.

32. Слізков А.М. Методи теорії ідентифікації в системі прогнозування властивостей текстильних матеріалів / А. М. Слізков, В. Ю. Щербань, М. С. Краснитський // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2008. – № 1 (14). – С.170-171.

Дисертантові належить основна ідея, постановка завдання та проведення теоретичних досліджень.

33. Пат. 34897 Україна, МПК G 01 N 33/36. Спосіб визначення властивостей текстильних матеріалів / А. О. Потапов, А. М. Слізков, В. Ю. Щербань та ін.; заявник та патентовласник Київський національний ун-т технологій та дизайну. – № 200804141, заявл. 20.04.2008; опубл. 26.08.2008, Бюл. № 16.

Дисертантові належить розробка ідеї, істотних ознак винаходу.

34. Пат. 37282 Україна, МПК G 01 N 33/36. Резонансний пристрій для визначення властивостей текстильних матеріалів / А. О. Потапов, А. М. Слізков, В. Ю. Щербань та ін.; заявник та патентовласник Київський національний ун-т

технологій та дизайну. – № 200806957, заявл. 20.05.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.

Дисертантові належить розробка ідеї, істотних ознак винаходу.

35. Слизков А. Н. Сравнительное исследование надежности пряжи классического способа производства / А. Н. Слизков, Л. В. Данилейко // Юбилейные XLII науч. и X науч.-метод. конф. проф.-препод. состава, посвященные 60-летию основания института : тезисы докл. – К.: КТИЛП, 1990. – С.113.

36. Слизков А. Н. Исследование влияния многократного растяжения пряжи на ее разрывные характеристики / А. Н. Слизков, Р. Д. Ефремов // Юбилейные XLII науч. и X научно-метод. конф. проф.-препод. состава, посвященные 60-летию основания института : тезисы докл. – К.: КТИЛП, 1990. – С.114.

37. Слизков А. Н. Сравнение свойств фильтровальных тканей, изготовленных из пряжи разных способов производства / А. Н. Слизков, С. П. Савченко // 44-я науч. и 12-я науч.-метод. конф. проф.-препод. состава института, 14–24 апреля 1992 г. : тезисы докл. – К.: КТИЛП, 1992. – С.43.

38. Слизков А. Н. Практика проведения деловой игры “Оценка качества материалов для одежды” со студентами специальности 28.06.01 / А. Н. Слизков, Л. В. Данилейко, С. П. Савченко и др. // 44-я научная и 12-я научно-методическая конференция профессорско-преподавательского состава института : тезисы докл. – К.: КТИЛП, 1992. – С.249–250.

39. Слизков А. Н. Влияние структуры пряжи на свойства тканей / А. Н. Слизков. // Науч. конф. молодых ученых и студентов : тезисы докл. – К.: ГАЛПУ, 1993. – С.50.

40. Слизков А. Н. Исследование характеристик скрученности пряжи / А. Н. Слизков // Наук. конф. молодих вчених та студентів, 26–28 квітня 1994 р. Ч.1. : тези допов. – К.: ДАЛПУ, 1994. – С.65.

41. Слизков А. Н. Разработка методики определения параметров треугольника кручения пряжи ССП на кольцепрядильной машине / А. Н. Слизков // Ювілейна наук. конф. проф.-викл. складу, присвячена 65-річчю заснування академії, 18-21 квітня 1995 р. : тези допов. – К.: ДАЛПУ, 1995. – С.85.

42. Слізков А. М. Про сертифікацію промислових товарів / А. Н. Слізков, Е. П. Дрегуляс // Ювілейна наук. конф. проф.-викл. складу, присвячена 65-річчю заснування академії, 18–21 квітня 1995 р. : тези допов. – К.: ДАЛПУ, 1995. – С.84.

43. Слізков А. М. Вивчення впливу багатоциклового розтягування на напівциклові розривні характеристики нитки / А. М. Слизков, О. Ф. Кочалаєвська // 36. наук. праць молодих вчених та студентів ДАЛПУ, ч.2 : тези допов. – К.: ДАЛПУ, 1998. – С.38.

44. Слізков А. М. Дослідження властивостей пакету одягу / А. М. Слізков, О. В. Пономарчук, Ю. А. Гусак // Наук. конф. молодих вчених та студентів : тези допов. – К.: ДАЛПУ, 1999. – С.38.

45. Слізков А. М. Дослідження стійкості до тертя камвольної пряжі різних способів виробництва / А. М. Слізков, В. С. Павлусенко // Наук. конф. молодих вчених та студентів, Т.1 : тези допов. – К.: КНУТД, 2001. – С.133.

46. Слізков А. М. Визначення повітропроникності текстильних полотен / А. М. Слізков, І. В. Малицька // Наук. конф. молодих вчених та студентів, 15–17 травня 2001 р., Т.1 : тези допов. – К.: КДУТД, 2001. – С.134.

47. Слізков А. М. Визначення водопроникності текстильних матеріалів / А. М. Слізков, О. М. Суровцева // Наук. конф. молодих вчених та студентів, 15-17 травня, т.1 : тези допов. – К.: КНУТД, 2001. – С.132.

48. Слизков А. Н. Определение укрутки нитей / А. Н. Слизков, Е. В. Букина // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2002) : сб. материалов междунар. научно-техн. конф., 27-30 мая 2001 г. : тезисы докл. – Иваново: ИГТА, 2002. – С. 66–67.

49. Слізков А. М. Дослідження незмиральності трикотажних полотен / А. М. Слізков, В. С. Павлусенко, О. В. Букіна // Наукова діяльність молоді на переломі тисячоліть : Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, Т.1 : Тези допов. – К.:КНУТД, 2002. – С.138.

50. Слізков А. М., Луцик Р. В. Исследование поровой структуры тканей / А. М. Слізков, Р. В. Луцик // Молодые ученые развитию текстильной и легкой промышленности „(Поиск – 2003) : сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. : тезисы докл. – Иваново: ИГТА, 2003. – С. 328–329.

51. Слізков А. М. Вплив багатоциклового навантаження на напівциклові розривні характеристики напіввовняної пряжі / А. М. Слізков, Е. В. Букіна // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : II Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, Т.1 : тези допов. – К.:КНУТД, 2003. – С.126.

52. Слізков А. Н. Дослідження впливу параметрів технологічних процесів прядильного виробництва на якісні показники напівфабрикатів / А. Н. Слізков, О. В. Панченко, О. В. Букіна // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : III Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, Київ, 14-16 травня 2004 р. : тези допов. – Т1. – К.:КНУТД, 2004. – С.123.

53. Слізков А. М. Дослідження впливу параметрів роботи прядильного устаткування на якісні показники волокнистих продуктів / А. Н. Слізков, Н. П. Міщенко // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 14-16 травня 2004 р. : тези допов. – К.:КНУТД, 2007. – С.171-172

54. Слізков А. М. Дослідження зміни властивостей стрічкоподібних волокнистих продуктів прядильного виробництва / А. Н. Слізков, О. М. Кравець, А. О. Потапов // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, Київ, 17-19 травня 2004 р. : тези допов. – К.: КНУТД, 2007. – С. 170.

55. Слізков А. М. Аналіз методів оцінки ступеня розпрямлення та паралелізації волокон стрічкоподібних волокнистих продуктів / А. М. Слізков, С. А. Шулькевич // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІІ Всеукр. наук. конфер. молодих вчених та студентів, 19-21 травня 2008 р. : тези допов. – К.: КНУТД, 2008. – С.191.

56. Слізков А. М. Дослідження структурних характеристик волокнистих продуктів / А. М. Слізков, О. В. Трофімова, А. А. Чорна // Наукові розробки молоді

на сучасному етапі : УІІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 19-21 травня 2008 р. : тези допов. – К.: КНУТД, 2008. – С.192.

57. Слізков А. М. Дослідження зміни статистичних характеристик властивостей волокнистих продуктів / А. Н. Слізков, В. В. Долгова, О. О. Шептуха // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 21-23 квітня 2008 р. : тези допов. – К.: КНУТД 2008. – С.193.

58. Слізков А. М. Аналіз зміни властивостей текстильних матеріалів методами статистики / А. М. Слізков, О. В. Лизун // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 21–23 квітня 2008 р. : тези допов. – К.: КНУТД. 2008. – С.208.

59. Слизков А. Н. Метод оценки эффективности системы прогнозирования свойств текстильной продукции / А.Н. Слизков // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2008) : міжнар. наук.-техн. конф., 15-17 листопада 2008 р.: тези доповідей – М.: МТИ, 2008 р. – С.108–109.

60. Слізков А. М. Дослідження впливу структури пряжі на її механічні властивості / А. М. Слізков, О. В. Лизун, С. К. Шапошнік // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІІІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 23–24 квітня 2009 р. : тези допов. – Київ, 2009. – С.214–215.

61. Слізков А. М. Дослідження структурних властивостей текстильних продуктів / А. М. Слізков, О. В. Трофімова, А. А. Чорна // Наукові розробки молоді на сучасному етапі : УІІІ Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів, 23–24 квітня 2009 р. : тези допов. – К.: КНУТД, 2009 – С.215–216.

АНОТАЦІЯ

Слізков А.М. Розвиток наукових основ прогнозування фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів побутового призначення. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – Матеріалознавство. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2009.

Дисертацію присвячено вирішенню актуального науково-прикладного завдання для підприємств легкої та текстильної промисловості – прогнозуванню фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів та розробці нових методів та засобів визначення структури та властивостей текстильних матеріалів.

Розвинуто положення теорії систем, за допомогою яких розроблено метод прогнозування властивостей текстильних матеріалів. Отримано математичні моделі властивостей текстильних матеріалів від особливостей структури та властивостей похідних матеріалів на кожному етапі їх виробничого перетворення. Побудовано загальну математичну модель системи прогнозування властивостей текстильних матеріалів (СПВТМ) у процесі їх виробництва. Розроблено науковий підхід до прогнозування властивостей текстильних матеріалів з використанням методів ідентифікації. Розроблено програмний комплекс прогнозування властивостей текстильних матеріалів залежно від структури та властивостей похідних матеріалів

У роботі розроблено класифікацію методів визначення структури волокнистих продуктів. Теоретично обґрунтовано застосування електрохвильового методу оцінки структури волокнистих матеріалів та розроблено новий резонансний метод і пристрій для її оцінки. Отримано емпіричні залежності зміни резонансної частоти резонатора від особливостей структури текстильних матеріалів.

Розроблено метод оцінки здатності текстильних ниток до переробки; метод та пристрій для оцінки незминальності текстильних полотен; запропоновано експресний термогравікалориметричний (ТГК) метод оцінки мікро- та макропористої структури текстильних полотен.

Результати роботи свідчать про можливість широкого застосування методології побудови СПВТМ для прогнозування властивостей текстильних матеріалів різного призначення.

Ключові слова: текстильний матеріал, властивості, структура, методи дослідження, система прогнозування, регресійний аналіз, математичне моделювання, ідентифікація.

АННОТАЦИЯ

Слизков А.Н. Развитие научных основ прогнозирования физико-механических свойств текстильных материалов бытового назначения. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение. – Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, 2009.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-прикладной задачи для предприятий легкой и текстильной промышленности – прогнозированию физико-механических свойств текстильных материалов и разработке новых методов и средств определения структуры и свойств текстильных материалов.

Известно, что процесс, в результате которого происходит эволюция свойств текстильных материалов, определяет систему целенаправленных действий и способов преобразования свойств исходного сырья, энергии и информации в конечный текстильный продукт. Таким образом, процессы преобразования свойств текстильных продуктов, которые происходят на линиях по производству текстильных материалов, составляют целостную систему. Исходя из этого, развиты положения теории систем для создания метода прогнозирования свойств текстильных материалов. Получены математические модели свойств текстильных материалов в зависимости от особенностей структуры и свойств исходных материалов.

Для определения эффективности системы прогнозирования свойств текстильных материалов (СПСТМ) в целом и на каждом ее участке разработан комплексный показатель (критерий) эффективности системы. Общий подход к определению данного показателя состоит в следующем: выбор единичных показателей качества каждого волокнистого продукта; ранжирование выбранных показателей по значимости путем экспертного опроса; получение безразмерных оценок выбранных показателей; определение комплексного показателя качества

каждого волокнистого продукта; определение показателя эффективности каждого участка системы; определение комплексного показателя эффективности всей системы.

Для решения задач системного подхода к прогнозированию свойств текстильных материалов в работе применены методы идентификации и кусочно-локальной аппроксимации. На основании этих методов получены математические модели зависимостей волокнистых продуктов от структуры и свойств производных материалов, разработано программное обеспечение и интерфейс СПСТМ.

Для построения адекватной математической модели процесса преобразования свойств текстильных материалов используется регрессионный анализ, а для оценки параметров полученной модели – метод наименьших квадратов. Математическая модель процесса преобразования свойств является суммой моделей каждого из этапов преобразования. С ее помощью решаются задачи получения модели конечного продукта по входным параметрам сырья.

Полученные теоретические значения показателей качества текстильных материалов отличаются от фактических не более чем на 5%, что позволяет говорить о достаточной точности математической модели СПСТМ.

Разработана классификация методов оценки структуры волокнистых материалов. Научно обоснована физическая модель электромагнитного резонатора для оценки структуры лентоподобных волокнистых текстильных материалов. Разработан новый резонансный метод и устройство оценки распрямленности и ориентации волокон в текстильных материалах. Построена физическая модель структуры и механических свойств лентоподобных волокнистых продуктов, что позволяет определять закономерности их взаимосвязи. Получены патенты на полезную модель №34897 «Спосіб визначення властивостей текстильних матеріалів» (Бюл. № 16 от 26.08.2008) и №37282 «Резонансний пристрій для визначення властивостей текстильних матеріалів» (Бюл. № 22 от 25.11.2008).

Важным элементом системы прогнозирования свойств текстильных материалов является методическое обеспечение определения этих свойств. Поэтому в работе предложен усовершенствованный метод оценки способности к текстильной переработке нитей на базе известного прибора типа 5-24-11 производства «Метримпекс» (Венгрия). Метод основан на определении изменения полуцикловых характеристик нитей после их многократных растяжений и изгиба. На основании полученных данных рассчитывается относительный коэффициент выносливости пряжи. На базе этого метода в сотрудничестве с АТ УкрНИИПВ был разработан ДСТУ 3673-97 «Метод определения способности к текстильной переработке. Нитки высокомодульные неорганические и углеродные».

Разработан усовершенствованный метод и устройство оценки несминаемости текстильных полотен после неориентированного смятия, который больше соответствует эксплуатационным воздействиям. Разработанный метод и устройство позволяют определять несминаемость текстильных полотен разной структуры и более точно прогнозировать их формоустойчивость в условиях эксплуатации. На базе этого метода в сотрудничестве с АТ УкрНИИПВ был разработан ДСТУ 2994-95 «Метод определения несминаемости. Полотна трикотажные».

Предложен комплексный экспрессный метод оценки микро- и макропористой структуры текстильных материалов, что позволяет достаточно точно прогнозировать гигиенические свойства текстильных материалов, проводить сравнительные исследования и оперативно разрабатывать новый ассортимент текстильных полотен.

Результаты работы свидетельствуют о возможности применения методологии построения СПСТМ для прогнозирования свойств текстильных материалов различного назначения.

Ключевые слова: текстильный материал, свойства, структура, методы исследования, система прогнозирования, регрессионный анализ, математические модели, идентификация.

SUMMARU

Slizkov And. M. **Development of scientific bases of forecasting of physics-mechanical properties of textile materials of household purpose. - Manuscript.**

The dissertation on reception of a scientific degree of the doctor of engineering science behind a speciality 05.02.01 – science of materials. - Kiev national university of technologies and design, Kiev, 2009.

The dissertation is devoted to the decision of a urgent scientific - applied task for the enterprises of an easy and textile industry - forecasting of properties of textile materials both development of new methods and means of definition of structure and properties of textile materials.

The rules(situation) of the theory of systems in forecasting properties of textile materials are advanced and the empirical dependences of properties of textile materials on features of structure and properties of derivative materials are received. The theoretical approach to forecasting properties of textile materials with use of methods of identification is developed. The software of system of forecasting of properties of textile materials is developed and the mathematical models of dependences of fibrous products from structure and properties of derivative materials are received.

In work is theoretically proved and the resonant method of an estimation of structure and properties of textile materials is developed and the empirical dependences of change of resonant frequency of the resonator on features of structure of textile materials are received.

The method of an estimation of ability to textile processing of strings is developed; a method and device of an estimation bend of textile cloths; the express method of an estimation mikro and makro of structure of textile cloths is offered.

Key words: a textile material, property, structure, methods of research, system of forecasting, regression the analysis, mathematical models, identification.