

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Івченко Т.І.,

Херсонська державна морська академія,

Шарко О.В.,

Херсонський національний технічний університет,

Наговський Д.А.,

Херсонська державна морська академія

У роботі з використанням методу математичного планування експерименту отримано результати оптимізації багатокомпонентних сумішей з розрахунком безпосереднього призначення тканин, умов і часу їх експлуатації. Використаний підхід є одним з наукових принципів поліпшення структури асортименту текстильних матеріалів.

Ключові слова: текстильні матеріали, багатокомпонентні суміші, лляний котонін, асортимент тканин.

Вступ. Відомо, що стандарти, які діють на текстильні матеріали, охоплюють обмежену кількість показників: міцність, лінійна щільність, технологічність нанесення на деталі складного профілю [1, 2]. Найважливіші показники споживчих властивостей пряжі – гігроскопічність, естетичні властивості, теплові, електричні та інші у стандарти не введені і при проектуванні сумішей не враховуються. Проте, цей перелік показників якості пряжі визначає споживчі й експлуатаційні властивості готових текстильних виробів – тканини і трикотажу.

У даний час при виробленні трикотажу й тканин, що містять лляний котонін, використовують в сумішах різні хімічні волокна: лавсан, нітрон, віскозу та ін. Важливим завданням є оптимізація сумішей котоніну з хімічними волокнами за геометричними параметрами, оскільки при змішуванні волокон з великою різницею за середньою довжиною і товщиною може виникнути значна нерівномірність суміші. При складанні сумішей лляного котоніну з різними видами хімічних волокон необхідно так підбирати довжину хімічних волокон, щоб максимально усунути нерівномірність за довжиною проектованої суміші, а також збільшити середню довжину волокон у суміші. Для визначення оптимального складу суміші до лляного котоніну додавали послідовно хімічні волокна різної довжини (від 7,5 до 51,5 мм), відповідно розподіл волокон котоніну за довжиною і вмістом становив від 10 до 90 % (з інтервалом 10 %).

Постановка задачі. Виходячи з наведеного вище, виникає проблема оптимізації багатокомпонентних сумішей з урахуванням споживчих властивостей тканин, їх призначення, а також геометричних параметрів змішуваних волокон. Дану проблему вирішували методом математичного планування експерименту, де вхідними факторами були властивості та геометричні параметри змішуваних волокон.

Мета роботи. Оптимізувати склад багатокомпонентних сумішей методом математичного планування експерименту з урахуванням споживчих властивостей тканин, їх призначення, а також геометричних параметрів змішуваних волокон.

Обговорення експериментальних результатів. У результаті виконаних теоретичних розрахунків були отримані криві зміни середньої довжини волокон залежно від їх довжини і пайового вмісту. У кожному випадку були розраховані середня довжина і коефіцієнт варіації волокон за довжиною. Для перевірки теоретичних розрахунків було досліджено довжину волокон у суміші, що складається з 60 % лляного катоніну і 40 % лавсану. У таблиці 1 наведено основні показники змішуваних волокон.

Таблиця 1 – Основні показники змішуваних волокон

Показник	Котонін	Лавсан
Середня лінійна щільність волокон, текс	0,597	0,17
Середня довжина волокон, мм	25,95	33,35
Коефіцієнт варіації волокон за довжиною, %	38,93	12,96

Довжину волокон в суміші визначали розсортовуванням штапелю на групи волокон у певних інтервалах довжин і оцінювали кількість волокон в окремих групах за їх масою. Повторюваність досліджень дорівнювала 5-ти. За середніми показниками з 5-ти навішувань було розраховано середню довжину волокон суміші, середнє квадратичне відхилення волокон і коефіцієнт варіації волокон суміші за довжиною.

У таблиці 2 наведено результати теоретичних розрахунків середньої довжини і коефіцієнта варіації волокон суміші за довжиною. Крім того, наведено аналогічні показники, розраховані за результатами експериментального дослідження довжини волокон даної суміші.

Таблиця 2 – Теоретичні та експериментальні показники геометричних розмірів волокон

Показник	Дані теоретичних розрахунків	Дані експериментальних досліджень
Середня довжина волокон суміші, мм	30,00	30,02
Середнє квадратичне відхилення, мм	9,21	8,35
Коефіцієнт варіації волокон суміші за довжиною, %	30,70	27,91

Для перевірки відтворюваності процесу і порівняння теоретично розрахованих величин з вибірковими використовували критерій Кохрена [3].

Оскільки розрахункове значення критерію Кохрена за всіма середніми показниками менше табличного значення, тому відмінність у теоретично отриманих результатах і експериментальних даних не є статичною значущою.

Пошук оптимального пайового складу суміші з різних волокон для здобуття пряжі із заданими споживчими властивостями залежно від вимог, що ставляться до якості готових тканин може виконуватися методом симплексного планування за допомогою пакету програм Microsoft Excel.

Сутність методу полягає у здобутті регресійної моделі, що визначає взаємозв'язок «склад – властивість продукту з суміші». Модель має вигляд:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

при виконанні обмеження $\sum x_i = 1 \quad 1 \geq x_i \geq 0$

Геометричне місце точок, що задовольняють прийнятому обмеженню, є $(n - 1)$ – мірний правильний симплекс, тобто трикутник при $n = 3$, тетраedr при $n = 4$ і так далі [4].

Кожній точці такого симплексу відповідає суміш сповна певного складу, і навпаки, будь-якому набору доль компонентів x_i , що задовольняють умові (1), відповідає певна точка симплексу.

Матриця планування складається з урахуванням вимог до якості готових тканин відповідно до технічної документації і з урахуванням результатів досліджень вчених за визначенням коефіцієнтів впливу окремих видів волокон на властивості готових виробів.

Матриця має розмірність $m \cdot n$, де m – кількість вимог, що ставляться до пряжі для виготовлення певного вигляду тканин; n – кількість компонентів суміші. Потрібно знайти такі значення x_1, x_2, \dots, x_n (пайова участь різних видів волокон в суміші), при яких забезпечуються задані вимоги до суміші і виконується цільова функція (критерій оптимізації) [1].

Як критерій оптимізації застосовували цільову функцію мінімізації вартості прядильної суміші:

$$F \min = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n, \quad (2)$$

де $F \min$ – цільова функція (вартість суміші);

C_i – оптова ціна i – того волокна за тону;

X_i – пайова участь кожного волокна в суміші.

Геометричні параметри змішуваних волокон впливають на товщину, а відповідно на міцність отримуваної пряжі. Тому, обов'язковим етапом оптимізації складу сумішей є розрахунок мінімально можливої лінійної щільності багатокомпонентної пряжі:

$$T_{np} = (d^2 (1 + 0,0001 C v^2 d) n \gamma) / 1274, \quad (3)$$

де T_{np} – мінімально можлива лінійна щільність пряжі з суміші, текс;

d – середня товщина волокон в суміші, мкм;

C_v – коефіцієнт варіації волокон за товщиною найбільш нерівномірного волокна %;

n – кількість волокон в перерізі пряжі, шт.;

γ – середня об'ємна щільність волокон в суміші, г/см³.

У таблиці 3 наведено дані оптимізації складу суміші з хімічних волокон і лляного катоніну для асортименту сорочково-платтяних тканин. Розрахунок виконували за оптимального складу суміші при виконанні заданих вимог (графі 2), а також при різному вмісті лляного катоніну в суміші від 10 до 80 %.

Аналіз отриманих результатів показує, що запропонований метод оптимізації складу дає можливість отримувати суміші різних волокон, відповідні необхідним споживчим властивостям готової пряжі і тканин. Метод дозволяє змінювати кількість компонентів суміші, варіювати вміст будь-якого одного або декількох компонентів суміші, задавати і прогнозовано керувати необхідними споживчими властивостями готових виробів, а також очікуваною лінійною щільністю пряжі і мінімальною вартістю суміші.

Таблиця 3 – Результати оптимізації складу суміші з хімічних волокон і лляного катоніну

Найменування показників	Варіанти експерименту								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шукані значення складових суміші $(x_1+x_2+x_3+x_4)=1$									
льняний катонін x_1	0,74	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
лавсан x_2	0,13	0	0	0	0	0	0,06	0,11	0,10
нітрон x_3	0,13	0,50	0,50	0,26	0,26	0,26	0,20	0,15	0,10
віскоза x_4	0	0,40	0,30	0,44	0,34	0,24	0,14	0,04	0
Задані вимоги до суміші в балах									
Міцність при розтягуванні $Y_1 \geq 3$	4,13	3,60	3,70	3,56	3,66	3,77	3,91	4,06	4,10
Незминаємість $Y_2 \leq 4$	3,38	3,50	3,50	3,26	3,26	3,27	3,31	3,36	3,30
Стійкість до стирання $Y_3 \geq 3$	3,94	3,10	3,20	3,30	3,40	3,52	3,69	3,86	3,98
Стійкість заправованих складок $Y_4 \geq 4$	3,51	4,00	4,00	3,52	3,52	3,52	3,52	3,51	3,40
Стійкість до усадки $Y_5 \geq 4$	4,36	4,00	4,00	4,48	4,48	4,47	4,43	4,38	4,50
Стійкість до електростатичних зарядів $Y_6 \geq 4$	4,26	3,70	3,90	3,38	3,58	3,78	3,98	4,17	4,20

Продовження табл. 3

Вологість, % $Y_{7 \geq 10}$	10	7,25	7,25	10	10	10	10	10	10,6
Термостійкість $Y_{8 \geq 4}$	4,74	4,50	4,50	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74	4,80
Стійкість до пілінгу $Y_{9 \geq 4}$	4,36	4,10	4,20	4,30	4,40	4,74	4,74	4,74	4,80
М'якість $Y_{10 \geq 4}$	4,62	3,70	3,90	3,86	4,06	4,25	4,40	4,55	4,70
Свіжість відтінку $Y_{11 \geq 4}$	4,49	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60
F_{\min} – вартість 1 тонни суміші, тис. грн.	3,12	5,32	5,06	4,34	4,07	3,81	3,52	3,24	2,88
$T_{\text{пр}}$ – мінімально можлива лінійна щільність пряжі з суміші, текс	27,9	16,5	18,6	18,4	20,7	23,0	25,0	27,0	29,3

Висновки. Таким чином, використання методу математичного планування експерименту забезпечує оптимізацію багатоконпонентних сумішей у виробничих умовах, що, у свою чергу, надає можливість отримувати вироби з прогнозованими споживчими властивостями при мінімальних витратах часу і засобів на сировині.

При дослідженні якості пряжі як вихідного матеріалу для виготовлення тканин певного призначення дуже важливим етапом є вивчення її споживчих властивостей, що мають безпосередній вплив на якість готових тканин. Пропонований метод оптимізації котоніновмісних сумішей дозволяє складати суміші з високою рівномірністю за довжиною волокон.

Метод має велике практичне значення при формуванні сумішей у виробничих умовах, тому що дає можливість теоретично підібрати довжину змішуваних волокон із забезпеченням високої рівномірності суміші. Достовірність даного методу теоретичної оптимізації суміші підтверджується результатами експериментальних досліджень.

У майбутньому заплановано розширити склад вихідного матеріалу і розглянути зміни фізико-механічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Орешко С. П. Оптимизация котониносодержащих смесей / С. П. Орешко, Р. П. Якимчук, Ю. В. Коваль // Вестник ХГТУ. – 1999. – №3(6). – С. 390
2. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению : Учеб. пособ. для вузов / [Кобляков А. И., Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. и др.] – М. : Легкопромиздат, 1998. – 344 с.
3. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной пром-ти. – М. : Легкая индустрия, 1980. – 392 с.

4. Чайковская А. В. Комплексная оценка качества текстильных материалов / А. В. Чайковская, Л. В. Полищук, И. С. Галык и др. – К. : Техника, 1989. – 254 с.

Ивченко Т.И., Шарко О.В., Наговский Д.А. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе с использованием метода математического планирования эксперимента получены результаты оптимизации многокомпонентных смесей с расчетом непосредственного назначения тканей, условий и времени их эксплуатации. Использованный подход является одним из научных принципов улучшения структуры ассортимента текстильных материалов.

Ключевые слова: текстильные материалы, многокомпонентные смеси, льняной котонин, ассортимент тканей.

Ivchenko T.I., Sharko O.V., Nagovski D.A. OPTIMIZATION OF MULTICOMPONENT TEXTILE MATERIALS COMPOSITION BY MATHEMATICAL PLANNING OF EXPERIMENT

By using the method of mathematical planning of experiment, results of optimizing multicomponent mixtures subject to direct use of textile materials, conditions and timing of their service are received. This approach is one of the scientific principles of improving textile materials structure.

Keywords: textile materials, multicomponent mixtures, flax cotton, assortment of fabrics.