

УДК 687:658

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВОВНЯНИХ ТКАНИН КОСТЮМНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ЇХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Р.А.МОРОЗ¹, Н.І.ПОПП¹, Л.І.ТЕБЛЯШКІНА²

Мукачівський технологічний інститут¹
Хмельницький національний університет²

В даній статті представлено розробку математичної моделі повного факторного експерименту для прогнозування показників зносостійкості в залежності від структури тканини

Стабільність збереження якості одягу в процесі експлуатації визначається, в першу чергу, показниками зносостійкості, яка є комплексною властивістю, що гарантує споживачу ресурс надійності виробів та збереження їх якісних характеристик. В цілому, рівень якості і структура асортименту матеріалів, з яких виготовляються сучасні швейні вироби, не відповідають сучасним вимогам надійності, основна з яких – це здатність текстильних виробів надійно виконувати задані функції з максимальною ефективністю на даному проміжку часу, у визначених режимах та умовах їх експлуатації.

Надійність характеризується такими основними властивостями як *формостійкість* – здатність зберігати розміри і форму в процесі експлуатації та *зносостійкість* – опір матеріалів до руйнуючих факторів. До руйнуючих відносять різні фізичні, механічні, біологічні та хімічні зношуючі фактори, які можуть впливати на вироби окремо, або одночасно в різних комбінаціях залежно від умов експлуатації виробу [1].

Якщо проаналізувати критерії зношування, що застосовуються для оцінки зносостійкості, можна зробити висновок, що на зносостійкість матеріалів у виробі найбільше впливають механічні фактори. Адже при експлуатації виробів людина постійно рухається, внаслідок чого виникають тертя, розтягування, згини та деформація певних ділянок [2].

Огляд літературних джерел з питань зносостійкості та механічних властивостей текстильних матеріалів дозволяє стверджувати, що процес руйнування матеріалу під дією механічних факторів має циклічний характер і залежить не лише від величини діючого навантаження, але й від структури тканини. Виявлено також, що в області вивчення зносостійкості текстильних матеріалів накопичені значні теоретичні та

практичні дані, однак, внаслідок особливостей будови сучасних тканин, багато питань, які пов'язані з їх механічними властивостями, не мають достатнього розвитку. Простежується відсутність нормативно-технічної документації, яка регламентує їх характеристики та властивості. Стандарти, доступні для підприємств легкої промисловості не включають нормативи змін структури та властивостей текстильних матеріалів у процесі експлуатації.

Малодослідженим є процес зношування вовняних костюмних тканин та вплив їх механічних властивостей на технологічний процес виготовлення виробів жіночого асортименту, оскільки більшість досліджень присвячена вивченню тканин даного виду, призначених для виготовлення виробів чоловічого асортименту. В той же час, нерозробленими є вимоги до рекомендованих показників зносостійкості сучасних текстильних матеріалів, а також методи їх прогнозування та об'єктивної оцінки і контролю. Саме тому в даній роботі розглядається питання дослідження зносостійкості вовняних костюмних тканин з метою прогнозування їх показників.

Отже, *об'єктом даного дослідження* є процес зношування, *предмет дослідження* – показники зносостійкості костюмних тканин вовняної групи.

Для полегшення постановки задачі, а також надання результатам роботи більшої точності, достовірності та наочності, використано методи математичної статистики, а саме планування математичної моделі експерименту. Розрахунки проведено з допомогою ЕОМ, з використанням графічного редактора Excel.

Постановка задачі

Більшість досліджень у легкій промисловості полягають у вирішенні складних експериментальних задач, пов'язаних з прогнозуванням, оптимізацією властивостей матеріалів та розробкою раціональних технологічних процесів. Однією із важливих проблем, які на даному етапі потребують свого вирішення, є проблема ресурсозбереження, пов'язана з розробкою ефективних методів прийняття рішень на різних стадіях науково-дослідної роботи. В сучасних умовах, коли для більшості досліджень характерним є експериментальний підхід до вивчення об'єктів дослідження, методи прийняття рішень та методи планування і аналізу експерименту взаємозалежні.

Планування експерименту потребує нового підходу до проведення випробувань, який є несумісним з традиційними методами експериментальної роботи, що супроводжуються значними затратами часу та можливостей, тому що залежності

розглядаються при умові, що вплив кожного фактора розглядається окремо при фіксованих значеннях інших факторів.

Більш того, при виконанні повного об'єму випробувань протягом певного часу не враховуються можливі при тривалих дослідженнях неконтрольовані зміни в якості використовуваних матеріалів чи в експериментальній установці.

Недоліком звичайних методів досліджень є також той факт, що іноді залишаються невиявленими ефекти взаємодії факторів, які характеризують їх взаємний вплив. Додаткові труднощі виникають при математичній обробці результатів експерименту, так як це пов'язано з відсутністю необхідної інформації про його достовірність і важко зробити перевірку гіпотези про адекватність представлення та інтерпретацію отриманих результатів.

Проведення досліджень з використанням математичних методів та планування експерименту дозволяє запобігти більшості труднощів, які є властивими традиційним методам і тому сприяють значному підвищенню ефективності наукової роботи.

Отже, *метою* даної роботи є розробка математичної моделі експерименту для прогнозування показників зносостійкості досліджуваних тканин в залежності від їх структури. Для досягнення поставленої мети визначеними є фактори, що впливають на процес зношування текстильних матеріалів та встановлені критерії, що визначають ступінь їх зносостійкості. Крім того, досліджено структурні показники та встановлено їх взаємозв'язки з характеристиками зносостійкості.

Результати та їх обговорення

1. Проаналізувавши асортимент вовняних і напіввовняних текстильних матеріалів, з огляду на умови і особливості експлуатації сучасного одягу, встановлено основні вимоги до костюмних тканин даної групи, а саме:

- гігієнічність та відсутність негативного впливу на людину в процесі експлуатації;
- тривала функціональна відповідність при визначеному режимі експлуатації з максимально можливим збереженням початкових властивостей, тобто надійність та зносостійкість;
- незминання та формостійкість у процесі носіння, після прання або хімічного чищення;
- мінімальна забруднюваність та легкість очищення;
- відповідність естетичним вимогам.

2. Для оцінки зносостійкості матеріалів застосовують різні критерії зношування. До них відносяться: довговічність, або виносливість; зміна показників фізико-механічних властивостей після визначеного періоду; зменшення маси, або товщини матеріалу; кількість видимих пошкоджень та їх розміщення на виробі тощо [2].

Фактори, які впливають на зносостійкість – їх кількість та характер взаємодії залежать від виду виробу та умов його експлуатації. Доцільно розглядати процес зношування як дію комплексу факторів, що впливають на виріб одночасно, тобто: дія світлопогоди, прання, хімічної чистки та процесу експлуатації. Але найвагомніше місце в цьому комплексі дій відводиться механічним факторам [2,5].

3. Для проведення досліджень взято вісім видів костюмних вовняних та напіввовняних тканин, технічні характеристики яких представлені в таблиці 1.

Таблиця 1
Технічні характеристики досліджуваних тканин

Номер зразка костюмної тканини	Волокнистий склад, %	Товщина, мм	Лінійна щільність M_s , г/м	Поверхнева щільність M_L , г/м ²	Щільність ниток на 100мм		Лінійна щільність ниток, текс		Лінійне заповнення тканини, %		Поверхнева заповнення тканини E_{ss} , %	Переплетення
					P_o	P_n	T_o	T_n	E_o	E_n		
Тк1	вовна-100	0,60	31,2	208	285	240	30,3	16,8	48,45	55,24	76,91	крепове
Тк2	вовна-45 ПЕФ-55	0,63	33	224	340	295	30,3	64,1	77,13	97,36	99,33	саржеве
Тк3	вовна-100	0,57	30,4	203	250	192	29,1	36,8	55,62	48,76	77,82	саржеве
Тк4	вовна-70 ПЕФ-30	0,52	38,1	213	280	244	28,4 9	35,09	61,59	59,8	84,56	рогожка
Тк5	вовна-49 віскоза-49 капрон-2	0,50	29,8	198	226	178	24,9	63,7	46,49	58,56	76,21	саржеве
Тк6	вовна-40 віскоза-58 капрон-2	0,50	28,8	192	320	296	17,7	22,88	55,51	58,37	81,47	крепове
Тк7	вовна-35 бавовна-55 капрон-10	0,64	35,4	236	225	195	52,9	36,2	67,46	48,36	83,19	ломана саржа
Тк8	вовна-30 нітрон-70	0,65	37,2	248	190	195	62,9	56,2	46,51	46,68	71,49	полотняне

Враховуючи проведений аналіз основних вимог до зносостійкості костюмних вовняних тканин було встановлено значення відповідних показників міцності [2,5]. Дотримуючись умов проведення випробувань [3,4], досліджено показники зносостійкості і отримано результати, які представлені в таблицях 2– 3.

Таблиця 2
Розривні характеристики досліджуваних тканин

Номер зразка костюмно і тканини	Розривне навантаження $P_p, \text{даН}$		Розривне видовження $l_p, \text{мм}$		Питоме розривне навантаження $P_{\text{пит}}, \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{г}}$		Розрахункове розривне навантаження $P_{\text{розн}}, \text{Н}$		Відносне розривне видовження $\varepsilon_p, \%$	
	о	п	о	п	о	п	о	п	о	п
Тк1	51.3	42.8	28.6	31.3	5.14	4.11	0.18	0.21	19.06	20.87
Тк2	145.5	106.3	39	32	12.98	9.79	0.43	0.36	26	21.33
Тк3	55.6	47.5	27.2	34.7	5.47	4.68	0.22	0.24	18.13	23.14
Тк4	71.3	67.1	22	22.3	6.68	6.29	0.26	0.28	14.67	19.87
Тк5	61.6	54.6	29.1	27.8	6.22	5.51	0.29	0.31	19.4	18.53
Тк6	38.8	36.3	38.6	34.3	4.04	3.75	0.12	0.12	25.73	22.87
Тк7	138.7	98.9	36.5	32.1	11.76	8.37	0.61	0.52	24.54	21.4
Тк8	69	58.2	27	29	5.56	4.49	0.36	0.38	18	19.3

Таблиця 3
Показники стійкості до стирання досліджуваних тканин

Номер зразка	Число циклів стирання	Коефіцієнт стійкості до стирання: K_y
Тк1	71	0,31
Тк2	113	0,5
Тк3	56	0,22
Тк4	101	0,47
Тк5	34	0,05
Тк6	83	0,24
Тк7	121	0,44
Тк8	62	0,25

В процесі аналізу визначених показників (табл.2,3) можна відзначити, що найбільш міцними є зразки тканин Тк2 та Тк7 з більшим вмістом синтетичних волокон; найменш міцними -Тк4, 5, 6 – з більшим відсотком вовни та вмістом віскозних волокон.

4. Як зазначалося вище, у формуванні зносостійкості текстильних матеріалів для одягу вагома роль належить не лише механічним властивостям, а й показникам структури тканини. Тому, ставиться задача встановити взаємозв'язок показників структури тканини з показниками зносостійкості, а саме з розривними характеристиками та стійкістю до стирання. Для цього потребується використання математичної статистики, а саме визначення кореляційних зв'язків та побудова математичної моделі експерименту.

Кореляційний зв'язок між структурними та характеристиками зносостійкості існує за рахунок того, що структурні показники визначають характер властивостей

надійності та міцності тканини. Тісноту кореляційного зв'язку оцінюють коефіцієнтом кореляції r , який приймає значення з проміжку $[+1;-1]$.

Коефіцієнт кореляції обчислюється за формулою(1):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i) \cdot (y_i - \bar{y}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}}, \quad (1)$$

де x_i та y_i - корельовані величини;

\bar{x}_i, \bar{y}_i - середні арифметичні значення корельованих величин.

Відомо, що про велику степінь тісноти зв'язку можна говорити, якщо коефіцієнт кореляції знаходиться у межах від ± 0.750 до ± 0.999 , про середню степінь тісноти зв'язку – від ± 0.450 до ± 0.749 і про малу степінь тісноти зв'язку – від 0 до ± 0.499 . Коли коефіцієнт кореляції рівний нулю, то зв'язок між показниками відсутній. В результаті виконаних розрахунків, було отримано значення коефіцієнтів кореляції між досліджуваними величинами:

- між поверхневою щільністю тканини та розривним навантаженням - $r_{MsRp} = 0,9115$;
- між поверхневим заповненням тканини та розривним навантаженням - $r_{EsRp} = 0,669$;
- між поверхневою щільністю тканини та числом циклів стирання - $r_{Msn} = 0,859$;
- між поверхневим заповненням тканини та стійкістю до стирання - $r_{Esn} = 0,745$, що свідчать про значний степінь тісноти кореляції між їх показниками.

Встановлені взаємозв'язки між структурними показниками тканин та характеристиками зносостійкості дають можливість розробки математичну модель експерименту для прогнозування міцності тканини в залежності від властивостей її структури.

Дослідження впливу структури костюмних вовняних тканин (поверхневої щільності та поверхневого заповнення) на показники зносостійкості (розривне навантаження та кількість циклів стирання).

В якості об'єктів дослідження обрано зразки костюмної тканини №1 та № 4, які найбільше відрізняються за структурними показниками.

Визначається нижній, нульовий і верхній рівні для обох факторів – поверхневої щільності та поверхневого заповнення. Результати представлені в таблиці

Таблиця 4
Рівні варіювання факторів

Фактори	Рівень варіювання факторів			Інтервал варіювання факторів
	+1	0	-1	
Поверхнева щільність тканини, M_S	224	211	198	13
Поверхнєве заповнення, E_S	99.33	88.08	76.82	11.26

В даному експерименті, використовується формула

$$X_i = \frac{C_i - C_{0i}}{\varepsilon}, \quad (1)$$

де, X_i – кодоване значення фактора, тобто +1 або -1; C_i – натуральне значення фактору; C_{0i} – натуральне значення деякого фактора на нульовому рівні; ε - натуральне значення інтервалу варіювання.

Для характеристики факторів формули переходу мають вигляд:

$$x_1 = \frac{M_S - 211}{13}; \quad x_2 = \frac{E_S - 88.08}{11.26}$$

Значення, які одержані в результаті проведених дослідів представлені в таблиці 5

Таблиця 5
План-матриця експерименту та результати дослідів

Номер дослідів	Фактори		Значення y_{ij} в окремих спостереженнях				\bar{y}
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	
1	+1	+1	149.2	141.8	145.6	144.8	145.35
2	-1	+1	54.8	55.7	56.3	55.5	55.58
3	+1	-1	49.6	50.4	51.2	54	51.3
4	-1	-1	63.2	61.8	60.2	61.7	61.7

Оскільки в даному випадку $k=2$, то повнофакторний експеримент описує досліджуваний процес рівнянням регресії такого виду:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (2)$$

3. Коефіцієнти b_0, b_1, b_{12} обчислюються за допомогою формул

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}}{N}, \quad b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}}{N}, \quad b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}}{N}, \quad (3)$$

- 5)

де, N – загальне число дослідів;

x_{iu} та x_{ju} – кодоване значення i -го та j -го значення x в u -тому досліді.

Результати розрахунків зведено в таблицю 6.

Таблиця 6
Розрахунок коефіцієнтів регресії

Номер досліджу	x_1	x_2	\bar{y}	$x_1\bar{y}$	$x_2\bar{y}$	x_1x_2	$x_1x_2\bar{y}$	\tilde{y}	$(\bar{y} - \tilde{y})^2$
1	+1	+1	145.3	145.3	145.3	+1	145.3	145.5	0.0256
2	-1	+1	55.58	-55.5	55.58	-1	-55.5	55.51	0.004
3	+1	-1	51.3	51.3	-51.3	-1	-51.3	51.29	0.001
4	-1	-1	61.7	-61.7	-61.7	+1	61.7	61.69	0.0013
Σ	-	-	314	79.5	88.05	-	100.3	-	0.0312
$b_{ij} = \frac{\Sigma}{4}$	-	-	78.5	19.9	22.01	-	25.08	-	-

Підставивши значення коефіцієнтів регресії в формулу 2, одержуємо рівняння регресії виду та перевіряємо відповідність одержаного рівняння досліджуваному процесу.:

$$y = 78.5 + 19.9x_1 + 22.01x_2 + 25.09x_1x_2$$

Таблиця 7
Розрахунок квадрантів відхилень експериментальних значень критеріїв оптимізації

Номер досліджу	\bar{y}	$(y_{ij} - \bar{y})^2$				Σ
		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	
1	145.35	14.8	12.6	0.06	0.3	27.79
2	55.58	0.6	0.01	0.52	0.005	1.14
3	51.3	2.89	0.81	0.01	7.29	11.00
4	61.7	2.17	0.005	2.33	0.0006	4.51

Дисперсія адекватності дорівнює $S_{ad}^2 = 0,1246$. Дисперсія відтворення - $S_{vid} = 3.7$

Тоді, адекватність моделі перевіряється за критерієм Фішера:

$$F_{розр} = \frac{S_{ad}^2}{S_{vid}^2} = 0,034$$

Кінцеве рівняння регресії має вигляд:

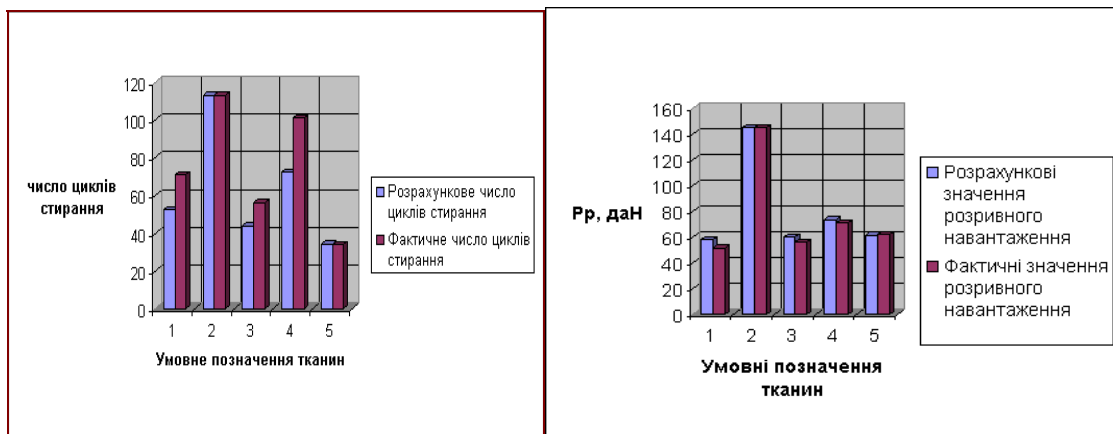
$$y = 78.5 + 19.9x_1 + 22.01x_2 + 25.08x_1x_2$$

Використовуючи співвідношення 5.1, змінюємо отримане рівняння в рівняння, яке описує залежність розривного навантаження, що витримують досліджувані тканини, від поверхневої щільності та поверхневого заповнення:

$$y = 18654.16 - 89.22Ms - 215.35Es + 1.03MsEs, \quad (1)$$

Аналогічний підхід було використано для отримання рівняння, яке описує залежність кількості циклів стирання, що витримують досліджувані тканини, від поверхневої щільності та поверхневого заповнення:

$$y = 1.8Ms + 1.41Es - 435.31, \quad (2)$$



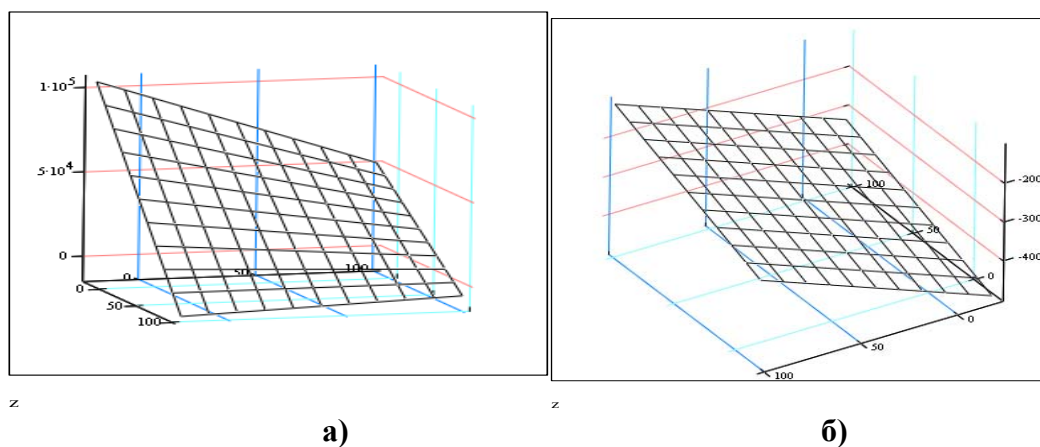
а)

б)

Рисунок 1 – Діаграма порівняння фактичних та розрахункових значень показників розривного навантаження досліджуваних тканин (рис.а) та значень числа циклів стирання досліджуваних тканин (рис. б).

За отриманими регресивними рівняннями (1) і (2) у графічному редакторі Excel розраховано величини показників розривного навантаження та кількості циклів стирання і побудовано діаграми порівняння розрахункових та фактичних значень, зображених на рисунку 1 (а, б).

Аналізуючи діаграми можна відзначити, що показники не мають суттєвої різниці, тому використання математичної моделі є доцільним. Відповідно поверхні відгуку розроблених моделей представлено на рисунку 2.



а)

б)

Рисунок 2 – Поверхні відгуку математичної моделі експерименту

Висновки

Отримані результати доводять можливість використання методів математичної статистики при дослідженні впливу структури тканин на показники зносостійкості з метою прогнозування зносостійкості виробу.

Використання при розрахунках програми Excel, дає можливість значно скоротити затрати часу, а також відкидає необхідність використання спеціальних пристроїв та засобів для вимірювання даних показників. Це свідчить про те, що даний метод має практичну значущість для підприємств легкої промисловості, які займаються дослідженням та підбором матеріалів згідно призначення, контролюють їх якість в процесі виготовлення виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. –М.: «Академия», 2004.-448с.
2. Терешкевич Н.А. Вплив компонентного складу, структури і умов експлуатації на одноциклові характеристики костюмних тканин//Вісник КНУТД.-2003.-с.108-110.
3. ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Общие требования и методы определения разрывных нагрузок и удлинений. М.: Издательство стандартов, 1972.
4. ГОСТ 9913-90 Материалы текстильные. Общие требования и методы определения стойкости к истиранию.-М.: Издательство стандартов, 1990
5. ДСТУ 3047-95 Матеріали для одягу. Обов'язкові та рекомендовані показники якості. –К.: Держстандарт України, 1995