

**Нахайчук О.В.,
Захарова Е.А.,
Рой С.В.**

Вінницький інститут конструювання одягу
і підприємництва,
м. Вінниця, Україна
E-mail: olegnahau@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТКАНИНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ УЗАГАЛЬНЕНОГО КРИТЕРІЮ РУЙНУВАННЯ

УДК 687.157.004

Розроблена методика дослідження міцності тканини з використанням узагальненого критерію руйнування, яка дозволяє, без проведення трудомістких експериментальних досліджень, прогнозувати вичерпання міцності на різних стадіях експлуатації із врахуванням одночасної дії різних виробничих факторів.

Використавши стереометричне моделювання, показано, що втрата міцності може бути відображена шляхом деформування, який включає три характеристики, графік зміни яких побудований в безрозмірній тривимірній системі координат.

Ключові слова: міцність тканини, критерій руйнування, шлях деформування, використаний ресурс, цикл тертя.

Вступ

Сучасний етап розвитку текстильного виробництва потребує розробки нових підходів до визначення запасу міцності тканин із врахуванням одночасної дії таких факторів, як кількість циклів тертя, розривного навантаження, жорсткості при згині матеріалів, видовження та інших; актуальним є також визначення рекомендацій по оптимальній експлуатації різних тканин, які мають індивідуальні характеристики та технології виготовлення.

Відомо, що в процесі експлуатації тканина набуває мікропошкоджень, які з часом зростають до критичної кількості і відбувається її руйнування. В зв'язку з цим, розробка розрахунково-експериментальних методів досліджень виробів має практичне значення і дозволяє, без проведення матеріалозатратних та трудомістких експериментальних досліджень, прогнозувати їх якість та характеристики міцності ще як на стадії проектування, так і після визначеного часу використання.

При проектуванні технологічних процесів, пов'язаних з пластичним деформуванням металів, знайшли широке використання критерії деформуємості [1, 2, 3], які враховують вплив на міцність заготовок мікро та макро- пошкоджень на різних стадіях їх формоутворення. Мірою накопичення мікропошкоджень прийнято рахувати використаний ресурс пластичності. Приймається положення, згідно якого в необробленому матеріалі мікропошкодження відсутні ($\Psi = 0$). В подальшому, виріб в процесі формування і експлуатації, накопичує пошкодження, і руйнування настає при $\Psi = 1$.

Даний підхід може бути використаний і для дослідження виробів різного призначення із тканин.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є підвищення якості швейних виробів на основі вивчення результатів розрахунково-експериментальних досліджень з вичерпання їх міцності та зносостійкості на різних стадіях експлуатації.

Для досягнення цієї мети була сформульована задача – розробити методику дослідження міцності тканини з використанням узагальненого критерію руйнування, за допомогою якої можна прогнозувати вичерпання міцності із врахуванням одночасної дії виробничих факторів.

Виклад матеріалів досліджень

Розглянемо одночасний вплив на міцність тканини таких факторів, як жорсткість при згині матеріалів B_y , кількість циклів тертя N , розривне навантаження F . Введемо поняття використаного ресурсу міцності тканини – відношення вичерпаного ресурсу по якомусь із факторів до його граничного значення, тобто, для нашого випадку:

$$\Psi_1 = \frac{F_m}{F_{cp}}; \quad \Psi_2 = \frac{N_m}{N_{cp}}; \quad \Psi_3 = \frac{B_{ym}}{B_{yep}}, \quad (1)$$

де F_m , N_m , B_{ym} – текучі значення відповідно розривного навантаження, циклів тертя, жорсткості в процесі експлуатації;

F_{ep} , N_{ep} , B_{yep} – їх граничні значення (при яких відбувається руйнування).

Під шляхом деформування будемо розуміти графік, який побудований за результатами експериментальних досліджень, що відображає втрату міцності по трьом перерахованим характеристикам на різних стадіях експлуатації тканини.

Виходячи із викладеного, в тривимірній системі координат гранична поверхня буде мати форму куба з довжиною ребер, рівною 1.

Експериментальні дослідження зразків тканини «Ортон» виконувались при нормальних умовах, передбачених стандартом (ГОСТ 10681-75). Тканину досліджено на розривне навантаження, згідно ГОСТ 17922-72 «Ткани штучные и изделия текстильные. Метод определения раздирающей нагрузки» на розривній машині РТ-250М. Для дослідних робіт було використано метод малих смужок, призначений для випробування на розривання зразків пробних смужок шириною 25 мм при затискній довжині 200 мм (ГОСТ 3812-72) [4]. Цей метод застосовують при випробуванні тканини і трикотажних полотен.

Важливе значення для одягу має жорсткість тканини. Жорсткість при згині матеріалів для одягу визначається методом консолі. Цей метод передбачає визначення жорсткості матеріалів під дією власної маси, без примусової деформації. За методом консолі визначення жорсткості виконували на приладі

ПТ-2 (ГОСТ 10550-75) [4]. За кінцевий прогин зразка було прийнято середнє арифметичне результату десяти вимірів з точністю до 0,1 мм.

Тертя є однією з основних причин зносу одягу, тому стійкість до тертя внесена для ряду матеріалів в номенклатурі стандартних показників. Значно впливають на результати досліджень вид абразивного матеріалу, величина тиску абразиву на зразок та сила натягу матеріалу, який випробовують. Оцінювати стійкість матеріалу до тертя можна на різних стадіях випробування [5]. Для отримання відповідних результатів необхідно, щоб для всіх порівнюваних матеріалів був єдиний критерій оцінки. Таким критерієм вибрано стирання до повного зносу (до діри) – число циклів приладу, яке характеризує витривалість матеріалу, або час випробування до руйнування зразка, яким визначається довговічність. Для визначення стійкості тканини «Ортон» до тертя застосовано прилад марки ДІТ, який виконує тертя по площі. За критерій оцінки було вибрано стійкість тканини до тертя за методикою ЦНДІШП [4].

Встановлено, що для тканини «Ортон» граничними значеннями є: $F_{ep} = 69,3$ дН, $N_{ep} = 3526$ циклів тертя, $B_{yep} = 9753$ мкН \times см². Результати експериментальних досліджень представлені в таблиці 1, за якими в системі Math Cad побудована в двох виглядах гранична поверхня та шлях деформування (рис. 1, червона лінія).

Таблиця 1

Результати досліджень зразків тканини «Ортон» на жорсткість при згині, цикли тертя, розривне навантаження

Точки	B_{ym} , мкН \times см ²	N_m	F_m , дН	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
0	0	0	0	0	0	0
1	1951	1587	22,2	0,2	0,45	0,32
2	3023	2292	29,8	0,31	0,65	0,43
3 прогнозовані данні	4681	3526	45,7	0,48	1	0,66

Як видно із рис. 1, графік залежності зміни значень Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 в безрозмірній системі координат має квазілінійний характер, тому нескладно, використавши метод екстраполяції, знайти точку перетину із граничною поверхнею (точка K , рис. 2). В такому випадку, узагальнений критерій руйнування Ψ може бути визначено як відношення довжини лінії шляху деформування до довжини лінії від початку координат до перетину із граничною поверхнею (при умові, якщо суттєво не зміняться параметри експлуатації тканини до її руйнування):

$$\Psi = \frac{D_1 P}{D_1 K}. \quad (2)$$

Використовуючи елементарні геометричні та тригонометричні співвідношення, знаходимо:

$$D_1 P = \sqrt{\Psi_1^2 + \Psi_2^2 + \Psi_3^2}, \quad (3)$$

де Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 – координати точки 2, (табл. 1).

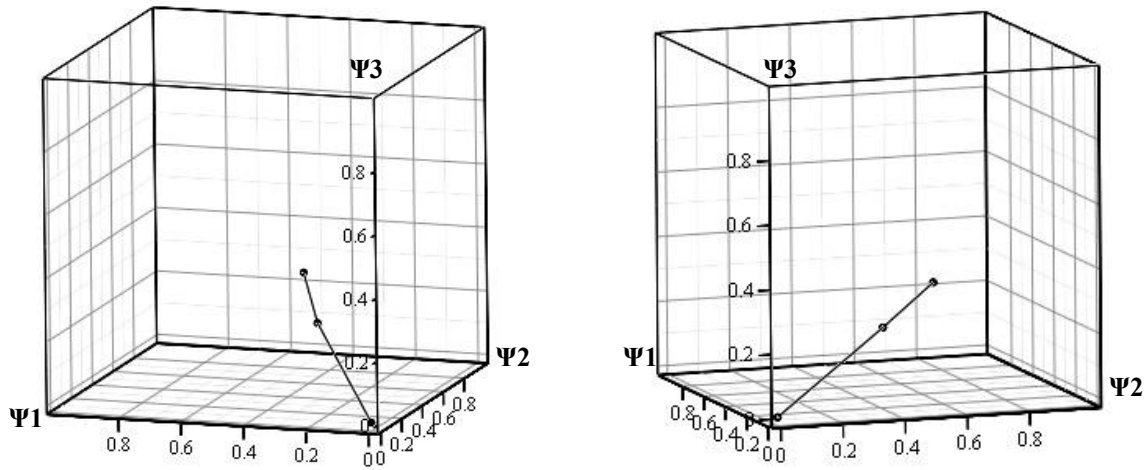


Рис. 1 – Результати експериментальних досліджень в системі Math Cad (2 вигляди)

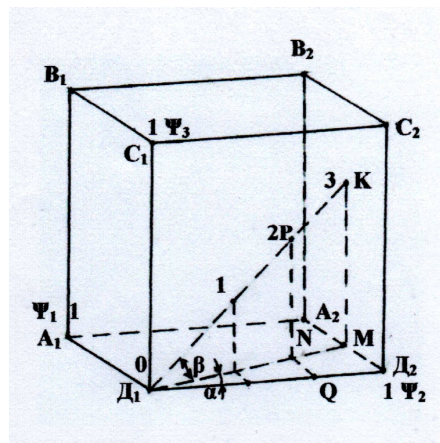


Рис. 2 – Схема до визначення узагальненого критерію руйнування Ψ

Враховуючи, що кути α та β можна знайти як:

$$\alpha = \arctg \frac{\Psi_1}{\Psi_2}, \quad \beta = \arctg \frac{\Psi_3}{\sqrt{\Psi_1^2 + \Psi_2^2}}, \quad (4)$$

довжина відрізка D_1M буде рівною: $D_1M = \frac{1}{\cos \alpha}$, оскільки точка K є прогнозованою точкою перетину шляху деформування площини $A_2B_2C_2D_2$.

Тоді, в даному випадку, довжину D_1K можна знайти за формулою:

$$D_1K = \frac{D_1M}{\cos \beta}. \quad (5)$$

Підставивши формули (3) та (5) в (2), знаходимо, що значення узагальненого критерію руйнування $\Psi = 0,65$, тобто дорівнює значенню Ψ_2 для точки 2 (табл. 1). Такий же результат можна отримати, розглянувши подібність трикутників KMD_1 , PND_1 та D_2MD_1 , QND_1 (рис. 2).

Представлений приклад розрахунку можна вважати частковим випадком, оскільки шлях деформування інших тканин може мати форму кривих ліній з різними радіусами кривизни, які залежать від умов експлуатації (наприклад, на деякому етапі інтенсивність дії силових факторів значно перевищує результати впливу тертя та втрати жорсткості, або виникає переважна дія деформації розмірів в тому чи іншому напрямку). В таких випадках треба створювати математичні моделі з використанням методів апроксимації та екстраполяції [6].

Викладений загальний підхід може бути взятим за основу розрахунків міцності тканини з використанням стереометричного моделювання.

Висновки

Розроблена методика дослідження міцності тканини з використанням узагальненого критерію руйнування, яка дозволяє, без проведення трудомістких експериментальних досліджень, прогнозувати вичерпання міцності на різних стадіях експлуатації із врахуванням одночасної дії різних виробничих факторів. Встановлено, що для тканини «Ортон» вичерпання міцності найбільш інтенсивно відбувається при дії такого фактора, як цикли тертя ($\Psi = \Psi_2 = 0,65$). Якщо за близькі до руйнування прийняти значення $\Psi_2 = 0,95 \dots 1$, то можна вважати, що міцність вичерпана приблизно на 2/3. Отже, для запобігання руйнування необхідно зменшити або обмежити дію тертя.

Оптимальним шляхом деформування є лінія D_1B_2 , так як вона рівновіддалена від граней граничної поверхні. Для кожного випадку можуть бути знайдені прийнятні умови експлуатації тканини із врахуванням одночасної дії визначальних факторів.

Обґрунтовано, що міцність виробів із тканини залежить не тільки від її фізико-хімічних властивостей, а і від характеристик, яких набуває тканина в процесі використання – їх зміна може бути представлена в безрозмірній тривимірній системі координат шляхом деформування; показана можливість кількісної оцінки запасу міцності на різних стадіях експлуатації.

В подальшому, суттєвий науковий інтерес становитимуть дослідження з визначення впливу форми шляху деформування на міцність тканини із врахуванням лінійності або нелінійності накопичення пошкоджень на різних стадіях як виготовлення, так і експлуатації. Дані результати можуть бути використані для створення тканин із прогнозованими властивостями, – особливо це має значення для екстремальних умов їх експлуатації (дія шкідливих хімічних сполук, високих температур, великих значень розривних навантажень та ін.).

Література

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – К.: Вища школа. – 1983. – 175 с.
2. Нові технологічні процеси з використанням прогресивних методів пластичного деформування: Монографія / О.В. Нахайчук, О.О. Розенберг, В.А. Огородніков, А.Д. Крицький, В.В. Мельниченко, С.Ф. Студенець. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 158 с.
3. Нахайчук О.В. Оценка граничного формообразования заготовок при сложном нагружении // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск 10. – 2012. – С.23-26.
4. Бузов Б.А. Материаловедение швейного производства. – М.: Легпромгостиздат, 1986. – 424 с.
5. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение / Г.Н. Кукин, О.Н. Соловйов, А.І. Кобляков. – М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272с.
6. Крилик Л.В. Обчислювальна математика. Інтерполяція та апроксимація табличних даних: навчальний посібник / Л.В. Крилик, І.В. Богач, М.О. Прокопова. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 111 с.

Поступила в редакцію 02.02.2015

Nahaychuk O.V., Zakharova E.A., Roi E.V. **Research of fabrics' strength using generalized criterion of destruction.**

In the operation fabric takes micro damages, which will eventually grow to a critical number and is its destruction. In this regard, the development of settlement and experimental research methods of tissue products is of practical importance - without allowing time-consuming experimental studies to predict the quality and characteristics of strength even as the design stage, and after a certain time of use.

In this work there is a technique to study the strength of the fabric, introduced the notion of generalized criterion of destruction, shown the procedure of its calculation, making it possible to quantitatively determine the value loss of strength in view of friction cycles, loss of hardness, tensile strength action at various stages of operation.

These results can be used to create a fabric with predictable properties in advance – especially it's important for extreme conditions of their use (the action of harmful chemicals, high temperatures, high values of discontinuous loads, etc.).

Keywords: strength fabric, destruction criterion, deformation path, used resource, friction cycle.

References

1. Ogorodnikov V.A. Evaluation of deformability of metals under pressure treatment. Kiev: High.sch., 1983. 175 p.
2. New technological processes using advanced methods of plastic deformation: Monograph. O.V. Nahaychuk, O.O. Rozenberg, V.A. Ogorodnikov, A.D. Krytskiy, V.V. Melnichenko, S.F. Studenets. Vinnytsia: UIVERSUM, Vinnytsia, 2008. 158 p.
3. Nahaychuk O.V. Estimate of the boundary forming blanks under complex loading. Collection of research papers of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Technical sciences. Issue10. 2012. P. 23-26.
4. Buzov B.A. Materials science of garment production. M.: Lightindustry state public. 986. 424 p.
5. Kukin G.N. Textile material knowledge. G.N. Kukin, O.N. Solovyov, A.I. Koblyakov. M.: Light industry compub, 1992. 272p.
6. Krylyk L.V. Computational mathematics. Interpolation and approximation table data: an educational-book. L.V. Krylyk, I.V. Bogach, M.O. Prokopova. Vinnytsia: VNTU, 2013. 111 p.