

УДК 677.025

**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ
ПОРИСТОСТІ КУЛІРНОГО ТРИКОТАЖУ**

Л.Є. ГАЛАВСЬКА

Київський національний університет технологій та дизайну

Стаття присвячена висвітленню методики розрахунку показників пористості кулірного трикотажу. Запропоновано математичні залежності для визначення загальної, об'ємної, поверхневої (наскрізної) та ненаскрізної пористості трикотажу в залежності від параметрів його структури та характеристик сировини, з якої його вироблено

Пористість виражається у наявності порожніх проміжків (пор) між окремими елементами структури твердого тіла. Пористість матеріалів одягу дуже впливає на їхню щільність (об'ємну вагу), теплопровідність, проникність (для повітря, пари, води) і гігієнічні властивості. При збільшенні пористості об'ємна вага матеріалів звичайно зменшується, тепловий опір і проникність збільшується. Пористість матеріалів для одягу залежить від виду волокнистого матеріалу, структури пряжі, щільності, переплетення, характеру обробки й ряду інших факторів. В залежності від ступеню заповнення волокнистим матеріалом змінюються фізико-механічні властивості текстильного матеріалу. При малому заповненні (більша пористість) текстильні матеріали зазвичай легкі, м'які й сильно повітропроникні. При збільшенні щільності й заповнення текстильного матеріалу волокном збільшується вага (поверхнева густина), міцність і зносостійкість, зменшується повітропроникність. Можливість регулювання пористості трикотажу в доволі широких межах дозволяє виробляти трикотажні полотна з заданими показниками якості, зокрема повітро- та водонепроникності, гігроскопічності, які в значній мірі залежать від виду та розміру наскрізних пор, їх форми, кількості, рівномірності розподілу у площині полотна, глибини (протяжності) і т. д.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень є процес визначення характеристик пористості кулірного трикотажу. У роботі використано теоретичний метод аналізу та синтезу.

Постановка завдання

Як відомо, більшість текстильних матеріалів є пористими тілами, тобто містять у своїй волокнистій масі пори, які заповнені повітрям. Характерними ознаками текстильних матеріалів є мале заповнення об'єму волокнистим матеріалом і висока пористість. Характеристики пористості текстильних матеріалів класифіковано Гензером М.С. [1]. На властивості текстильних матеріалів впливає не лише величина, але й характер пористості. Так, наприклад, повітропроникність залежить від кількості й розмірів відкритих пор у полотні. Повітропроникність зменшується зі збільшенням кількості закритих пор. На теплопровідність текстильних полотен також істотно впливає співвідношення відкритих і закритих пор. Головним непрямим фактором, який пов'язаний зі структурою полотна, є наявність закритих пор у полотні і їхня стійкість. Відкриті пори сприяють конвекції тепла через полотно й збільшують його теплопровідність, і навпаки, закриті пори знижують теплопровідність полотен. Стійкість пор залежить від пружності волокнистого складу полотен, переплетення (особливо це є характерним для дво- і багат шарових полотен).

При проектуванні полотен та виробів побутового призначення зазвичай пористість не визначають і ніяких показників чи нормативів для неї не існує. Виняток складають лише спеціальні фільтрува-

льні матеріали. Однак вона має велике експлуатаційне значення для виробів певного функціонального призначення, зокрема білизняних, панчішно-шкарпеткових, спортивних та зокрема інших виробів, так як забезпечує регулювання теплообміну організму людини з навколишнім середовищем.

Зазвичай поняття пористості трикотажу нівелюється характеристикою ступеню його об'ємності, яка визначається як відношення об'єму нитки в структурі трикотажу до його істинного об'єму. У зв'язку з широким використанням у трикотажному виробництві високооб'ємних ниток та пряжі вперше Шаловим І.І. [2] запропоновано ступінь об'ємності трикотажу виражати характеристикою рихлості трикотажу. Значену характеристику не можна брати за основу у разі проектування трикотажних полотен з прогнозованими властивостями (показниками якості) певного функціонального призначення, оскільки у цьому випадку дуже важливо знати не лише сумарну пористість, а й величини її окремих елементів: розмір та форму пор, їх різновиди та кількість в одиниці площі чи в одиниці об'єму.

Результати та їх обговорення

Форма наскрізних пор залежить від способу виробництва (структури матеріалу) та виду переплетення. Наскрізні пори можуть бути квадратними, прямокутними, трапецевидними, трикутними. Однак найчастіше у трикотажі всі пори мають змінну площу та невизначену форму [1]. Тому для проектування та оцінки якості трикотажних полотен функціонального призначення необхідно мати вичерпну інформацію про всі елементи, з яких складається пористість. Наявність тривимірних геометричних моделей кулірного трикотажу, при побудові яких враховуються як параметри в'язання, так і властивості сировини (а саме її жорсткість при згині, зминальність), дає можливість встановити істинну форму, площу та периметр наскрізних пор.

Під пористістю розуміють процентний вміст пор у матеріалі. Проф. Архангельським [3] у тканій структурі виділено три види пор: наскрізні, поверхневі та пори у пряжі. Ним запропонований наближений розрахунковий метод визначення вмісту різного виду пор тканин. Якщо прирівняти об'єм зразка 1см^3 до одиниці, то:

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 1 \quad (1)$$

де V_1 – об'єм наскрізних пор тканини; V_2 – об'єм пор у волокні або пряжі; V_3 – об'єм поглиблень у тканині на її лицьовій і виворітній поверхні та інших пор; V_4 – об'єм, що займає речовина волокон.

Оскільки пори в структурі трикотажу складно поділити на поглиблення й наскрізні пори, то у роботі [4] ці дві складові запропоновано об'єднати. У такому разі формула для трикотажних полотен матиме наступний вигляд:

$$V_1 + V_2 + V_3 = 1 \quad (2)$$

де V_1 – об'єм пор у структурі переплетення; V_2 – об'єм пор у волокні або пряжі; V_3 – об'єм, що займає речовина волокон.

Вперше поняття загальної, об'ємної та поверхневої пористості введені проф. Г.Н. Кукінім та А.Н. Соловйовим [5]. Гензер М.С.[1] загальну пористість трикотажу, а саме площу усіх пор $S_{заг}$ представляє у вигляді суми площ наскрізних пор $S_{ск}$, ненаскрізних пор $S_{нск}$ (поверхневих з лицьової та виворітної сторін трикотажу внаслідок рельєфності його поверхні) та пор всередині сировини S_c :

$$S_{заг} = S_{ск} + S_{нск} + S_c \quad (3)$$

Загальна пористість трикотажу R_Q характеризує частку усіх повітряних проміжків всередині

волокон, ниток та між ними та визначається за наступною формулою:

$$R_Q = 100 - E_Q = \left(1 - \frac{\delta_m}{\gamma}\right) \cdot 100, \% \quad (4)$$

де δ_m – об'ємна вага трикотажу, яку визначаємо як масу одиниці об'єму трикотажу, г/см³.

$$\delta_m = 0,001 \cdot \frac{m_s}{M} = 0,001 \cdot \frac{\ell \cdot T}{M \cdot A \cdot B} \quad (5)$$

m_s – маса 1 м² трикотажу, г; M – товщина трикотажу, мм; ℓ – довжина нитки в петлі, мм; T – лінійна густина пряжі чи ниток, текс; A – петельний крок, мм; B – висота петельного ряду; E_Q – вагове заповнення трикотажу речовиною нитки.

Вагове заповнення трикотажу речовиною нитки E_Q визначається відношенням маси ниток у трикотажі до максимальної його маси, яка визначається за умови повного заповнення всього об'єму речовиною, що складає волокна чи нитки:

$$E_Q = \frac{\delta_m}{\gamma} \cdot 100 = \frac{V_p}{V_m} \cdot 100, \% \quad (6)$$

γ – густина речовини пряжі чи ниток, г/см³; V_m – об'єм трикотажу, см³; V_p – об'єм речовини ниток (без внутрішніх пор), см³ визначаємо за наступною залежністю:

$$V_p = m_s / \gamma \quad (7)$$

Характеристика вагового заповнення трикотажу дає можливість дати порівняльну оцінку двох трикотажних полотен однакової поверхневої густини, але різних за товщиною. Чим менша товщина трикотажу при умові збереження поверхневої густини, тим більша його об'ємна вага, а отже і вагове заповнення. Більше вагове заповнення свідчить про менший показник загальної пористості.

Об'ємна пористість трикотажу R_V представляє собою частку повітряних проміжків лише між нитками і розраховується наступним чином:

$$R_V = 100 - E_V = \left(1 - \frac{\delta_m}{\delta_n}\right) \cdot 100, \% \quad (8)$$

де E_V – об'ємне заповнення трикотажу, яке визначаємо як відношення об'єму ниток у трикотажі V_n до всього об'єму трикотажу V_m :

$$E_V = \frac{V_n}{V_m} \cdot 100 = \frac{\delta_m}{\delta_n} \cdot 100, \% \quad (9)$$

Об'єм ниток у трикотажі V_n визначаємо наступним чином:

$$V_n = m_s / \delta_n, \text{ см}^3 \quad (10)$$

де δ_n – об'ємна маса пряжі чи ниток, г/см³;

Об'єм трикотажу визначаємо за наступною залежністю:

$$V_m = m_s / \delta_m, \text{ см}^3 \quad (11)$$

Використовуючи характеристику об'ємного заповнення трикотажу, можна оцінити об'єм нитки у вільному стані в структурі трикотажу. Величина об'ємної пористості дозволяє оцінити об'єм усіх пор в структурі трикотажу.

Відношення об'єму трикотажу V_m до об'єму, який займає речовина нитки V_p названо Соловійовим А.Н. [4] коефіцієнтом об'ємності K_V :

$$K_V = \frac{V_m}{V_p} = \frac{\gamma}{\delta_m} = \frac{1}{E_Q} \quad (12)$$

Дана величина є оберненою величиною вагового заповнення трикотажу E_Q .

Поверхнева пористість трикотажу R_S (наскрізна) показує частку площі наскрізних пор $S_{ск}$ у площі всього трикотажу $S_{заг}$. Поверхнева пористість i є характеристикою наскрізної пористості трикотажу. Визначається за наступною залежністю:

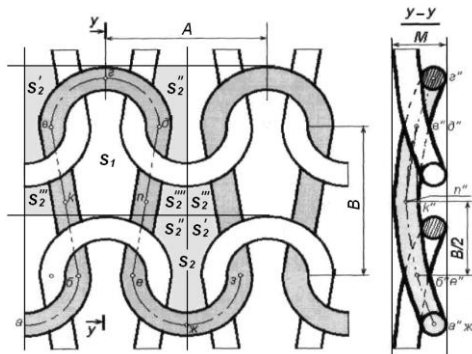
$$R_S = \frac{S_{ск}}{S_{заг}} \cdot 100 = 100 - E_S \cdot \% \quad (13)$$

де E_S – поверхнєве заповнення трикотажу, яке визначаємо відношенням площі проекції петлі $S_{прн}$ до площі, яку займає петля S_n :

$$E_S = \frac{S_{прн}}{S_n} = \frac{d_p \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_p^2 - 4 \cdot d_p \cdot r \right)}{A \cdot B} \quad (14)$$

де d_p – розрахунковий діаметр нитки, мм.

У результаті аналізу будови кулірного трикотажу виявлено, що в елементі його структури (петлі) на відміну від тканної структури можна виділити не одну, а дві наскрізні міжниткові пори відповідно площею S_1 та S_2 . Зазначені пори найбільш впливають на швидкість фільтрації повітря крізь трикотажну структуру.



Структура кулірного трикотажу: A – пет. крок; B – висота пет. ряду; M – товщина трикотажу

Як бачимо, площа пори S_2 в елементі структури (петлі) представляє собою суму площ її чотирьох складових S_2', S_2'', S_2''' та S_2'''' . Таким чином $S_2 = S_2' + S_2'' + S_2''' + S_2''''$. Саме величини цих пор формують показник наскрізної пористості. Виходячи з цього:

$$R_S = R_{S_1} + R_{S_2} = \frac{S_1}{A \cdot B} + \frac{S_2}{A \cdot B} = \frac{S_1 + S_2}{A \cdot B} \quad (15)$$

Щільність трикотажу по горизонталі та вертикалі не дають уявлення щодо ступеню заповнення трикотажу волокнистим матеріалом. Більш заповненим волокнистим матеріалом необхідно вважати той трикотаж, у якому проміжки між петлями мінімальні, а не той трикотаж, у якому більша кількість петель приходить на одиницю площі. Тому для одержання порівняльних характеристик трикотажних полотен застосовують саме показники поверхневого та об'ємного заповнення. Далідовичем О.С. [6] запропоновані наступні залежності для розрахунку зазначених показників:

$$E_S = \frac{d_p \cdot \ell}{A \cdot B} \cdot 100, \% \quad (16) \quad \text{та} \quad E_V = \frac{\pi \cdot d_p^2 \cdot \ell}{4 \cdot M \cdot A \cdot B} \cdot 100, \% \quad (17)$$

Слід зазначити, що запропонована залежність для визначення поверхневого заповнення не зовсім коректна, оскільки не враховує місця контакту ниток в петлях попереднього та наступного циклів петлетворення.

Для оцінки об'єму пор у пряджі або комплексній нитці використовують такі характеристики ниток і пряджі, як об'ємна маса нитки δ_n і густина речовини нитки γ . Тоді частку пор у нитці чи пряджі можна розрахувати за наступною залежністю:

$$P_C = \frac{\gamma - \delta_n}{\gamma} = 1 - \frac{\delta_n}{\gamma} \quad (18)$$

Оскільки об'ємне заповнення є характеристикою об'єму ниток у загальному об'ємі трикотажу, то внутрішня пористість сировини (ниток і волокон) R_C у загальному об'ємі трикотажу може бути розрахована за наступною формулою:

$$R_C = E_V \cdot P_C = E_V \cdot \left(1 - \frac{\delta_n}{\gamma}\right), \% \quad (19)$$

Виходячи з визначення загальної та об'ємної пористості внутрішня пористість сировини може також бути визначена наступним чином:

$$R_C = R_Q - R_V = E_V - E_Q, \% \quad (20)$$

М.С. Гензером [1] запропонована інша залежність для визначення частки пор всередині ниток чи пряджі:

$$R_C = 1 - \frac{T}{785 \cdot d_p \cdot \gamma} \quad (21)$$

Автор роботи [1] класифікує дану пористість як складову частку загальної пористості не враховуючи того факту, що ця величина визначає лише частку, яку складають пори всередині нитки в її загальному об'ємі по довжині. Для подальшого оперування зазначеною величиною необхідно з'ясувати, який відсоток складають пори в нитці в загальному об'ємі трикотажу.

Як видно з представленого на рисунку розрізу у-у трикотажу вздовж петельного стовпчика фактична поверхня трикотажу не є площиною, а має певну рельєфність як з лицьової, так і з виворотної сторони. Частина площі прямокутного розрізу товщини трикотажу не заповненого нитками являє собою повітряний прошарок, який формує у трикотажі ненаскрізну пористість, що є складовою загальної пористості. У разі, коли при визначенні вагового заповнення трикотажу величину об'ємної ваги трикотажу визначити за формулою, яка запропонована вище, то відсоток повітряного прошарку внаслідок рельєфності поверхні трикотажу може бути визначений за такою формулою:

$$R_{II} = R_V - R_S = E_S - E_V \quad (22)$$

Цей повітряний прошарок у структурі трикотажу можна назвати ненаскрізною пористістю. Таким чином, величина загальної пористості трикотажу містить наступні складові: наскрізну пористість, пористість сировини та ненаскрізну пористість:

$$R_Q = R_S + R_C + R_{II} \quad (23)$$

Автор роботи [1] пропонує визначати ненаскрізну поверхневу пористість як різницю між загальною пористістю та сумою пористості сировини та наскрізної пористості. Не можна погодитись з даною думкою. Адже, по-перше ненаскрізна пористість не може бути поверхневою оскільки пов'язана саме з рельєфністю поверхні трикотажу як тривимірного об'єкту. Тобто вона може розглядатись лише в об'ємі

трикотажу. По-друге: для визначення загальної пористості у роботі [1] запропонована залежність, яка представляє собою не що інше як залежність для визначення об'ємної пористості, яка визначає частку повітряних проміжків лише між нитками. Якщо від зазначеної величини відминувати відсоток наскрізної пористості, то одержимо саме відсоток повітряного прошарку або ненаскрізної пористості. При визначенні наскрізної пористості Гензер М.С. робить також припущення, що в елементі структури трикотажу міститься дві пори однакові за своєю формою. Однак у реальності, у результаті досліджень структури кулірного трикотажу під мікроскопом виявлено, що в залежності від параметрів в'язання та у наслідок прояву пружних властивостей ниток у структурі трикотажу крива згину голкової та платинної дуг мають різну конфігурацію. Тому запропонована Гензером М.С. формула для визначення наскрізної пористості справедлива лише у випадку в'язання кулірного трикотажу максимальної щільності. Істинну конфігурацію голкової та платинної дуг, величини площ наскрізних пор виявляється можливим з'ясувати експериментальним шляхом на підставі одержаних фотографій реальної петельної структури за допомогою електронного мікроскопу, що є трудомісткою та тривалою у часі процедурою, або у результаті тривимірного геометричного моделювання структури трикотажу з урахуванням параметрів в'язання та характеристик сировини.

Висновки

1. Можливість регулювання пористості трикотажу в доволі широких межах шляхом зміни параметрів в'язання дозволяє виробляти трикотажні полотна з заданими показниками якості, зокрема повітропроникності, гігроскопічності та теплопровідності, які у значній мірі залежать від виду та розміру наскрізних пор, їх форми, кількості, рівномірності розподілу у площині полотна і т.д.
2. Для проектування та оцінки якості трикотажних полотен функціонального призначення необхідно мати вичерпну інформацію про всі елементи, з яких складається пористість.
3. Поверхнева пористість трикотажу залежить від особливостей конфігурації нитки в структурі трикотажу. Використання геометричної моделі Далідовича О.С. дає можливість наближено встановити величину наскрізної пористості кулірного трикотажу.
4. Наявність тривимірних геометричних моделей кулірного трикотажу, при побудові яких враховуються властивості сировини (а саме її жорсткість при згині, зминальність), дає можливість встановити істинну форму, площу та периметр наскрізних та ненаскрізних пор.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гензер М.С. Лечебный трикотаж. – М.: Легкая индустрия. – 1975. – 264 с.
2. Колесников П. А. Основы проектирования теплозащитной одежды. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 112с.
3. Архангельский Н.А. Воздухопроницаемость тканей в зависимости от их строения /Сборник научн.тр. ин-та нар. хоз-ва им.Плеханова. – Вып.16. – 1959.
4. Зимица Е.М. Проектирование трикотажных полотен основязанных переплетений для функциональной спортивной одежды: дис. канд. техн. наук: 05.19.02 / Зимица Екатерина Михайловна – М., 2002. – 218 с.
5. Кукин Г.Н., Соловьёв А.Н. Текстильное материаловедение. Ч.3. – М.: Легкая индустрия. – 1967. – 302 с.
6. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства: Основы теории вязания. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 296 с.

Надійшла 11.01.2012