

УДК 677.017.62: 677.075

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОХОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ КРИЗЬ ТРИКОТАЖ

Безсмертна В. І., Єліна Т. В., Галавська Л. Є.

Київський національний університет технологій та дизайну

*У роботі проаналізовано проблеми та перспективи комп'ютерного моделювання процесу проходження повітря крізь трикотаж. На основі аналізу публікацій останніх років висвітлено досвід проведення аналогічних досліджень для моделювання фізичних процесів у тканинах. Проведено експеримент з визначення повітропроникності зразка трикотажу на лабораторному обладнанні за стандартизованою методикою та комп'ютерного розрахунку даного показника з використанням його тривимірної моделі.*

**Ключові слова:** трикотаж, платироване переплетення, 3D моделювання, повітропроникність, CAD, CAE

Моделювання фізичних процесів у тривимірному середовищі надає унікальні можливості вивчення особливостей процесу проходження рідини або газу крізь пористе середовище, яким є трикотажний виріб або полотно. Дослідження такого роду давно вже проводяться в процесах, що відбуваються у різноманітних технічних, біологічних та соціально-економічних системах. Таке моделювання дає змогу простежити перебіг подій у складних системах при різних комбінаціях зовнішніх та внутрішніх факторів, визначити оптимальну структуру таких систем тощо. В англійській літературі розробка нових видів продукції з використанням конечно-елементного моделювання в рамках інженерних систем комп'ютерного проектування (CAE) отримала назву «Simulation-Based Design». Програмні продукти, призначені для вирішення задач у сфері гідроаеродинаміки Computational Fluid Dynamics (CFD) ґрунтуються на використанні методу кінцевих об'ємів для розв'язання задач механіки рідин та газів.

Процес моделювання складається з двох ключових етапів. Це створення 3D моделі у комп'ютерному середовищі (modelling) та проведення віртуальних експериментів за її допомогою (simulation). Відповідно, точність аналітичних розрахунків у системах CAE залежить від адекватності моделей, створених на першому етапі, від урахування усіх суттєвих характеристик об'єкту моделювання. З точки зору вбудованих інструментів, придатних для автоматизації гідродинамічних розрахунків, моделювання процесу проходження повітря крізь текстильний матеріал може бути здійснено за допомогою таких широко відомих програмних продуктів як Ansys,

Solidworks Flow simulation, Autodesk Simulation CFD та ін. В роботі [1] наведена методика моделювання проходження рідини крізь фрагмент тканини. На рис. 1 показана схема встановлення умов для проведення експерименту: тиск на вході, тиск на виході, напрямок проходження рідини.

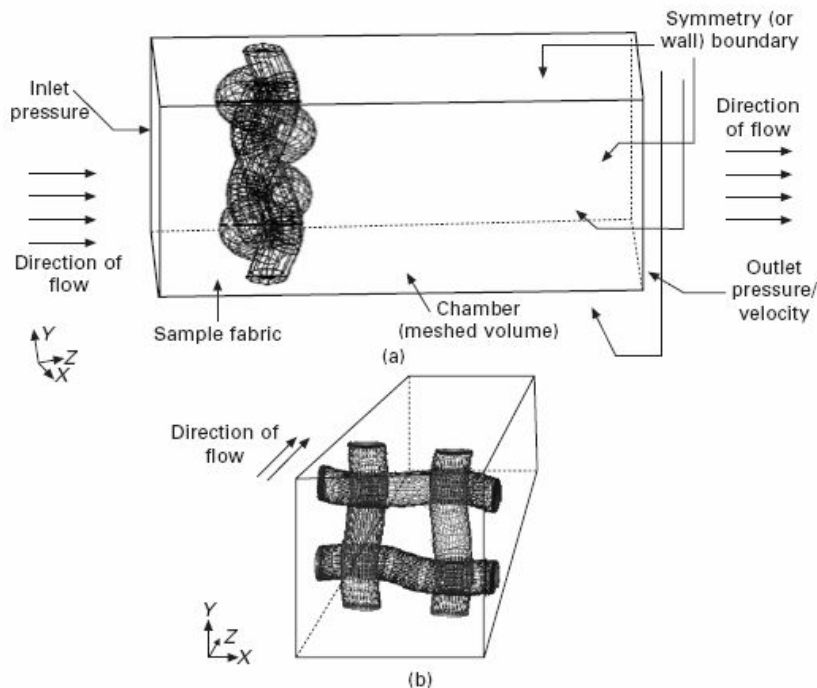


Рис. 1. Схема компоновки моделі та встановлення умов для імітаційного моделювання проходження рідини крізь фрагмент тканини [1]

Як видно зі схеми, за аналогією із постановкою експерименту у лабораторії, у комп'ютерному середовищі міститься об'єкт (модель) із заданою геометрією, що відтворює геометрію реального прототипу. За допомогою інструментів програми, обраної для моделювання, матеріалу об'єкту надаються певні властивості – тип, густина речовини, внутрішня пористість, і т. ін. Та задаються умови (перепад тиску) ідентичні характеристикам процесу, за яких відбувається реальний експеримент.

### **Постановка завдання**

Проаналізувати методику визначення повітропроникності у лабораторних умовах та встановити відповідні параметри та граничні умови для імітації експерименту у комп'ютерному середовищі.

Розглянути існуючі способи опису геометрії нитки, зігнутої в петлю та обґрунтувати вибір теоретичної моделі для побудови тривимірного віртуального зразка трикотажу.

Провести реальний та віртуальний експеримент з визначення

повітропроникності та порівняти результати.

#### ***Об'єкт та методи дослідження***

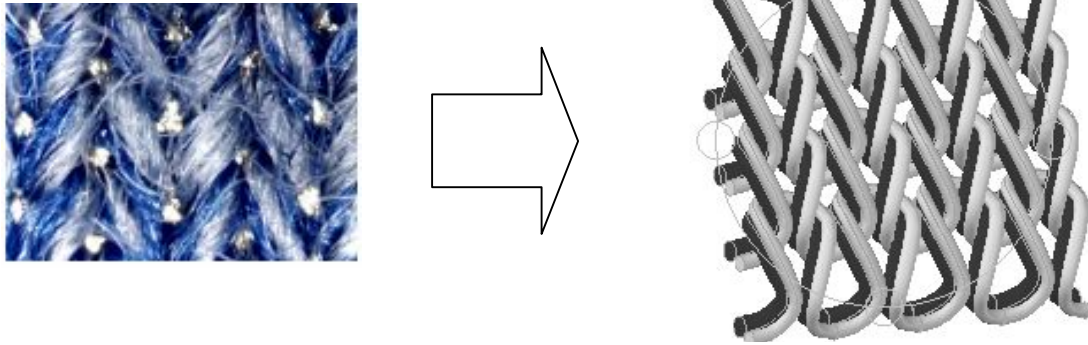
Об'єктом досліджень є процес проходження повітря крізь трикотаж та моделювання цього процесу в комп'ютерному середовищі. При проведенні досліджень використовувались методи теоретичного аналізу та синтезу, стандартизована методика визначення повітропроникності текстильних матеріалів, описана в роботі [2], а також інструменти 3D моделювання, вбудовані у програмні продукти Autodesk AutoCAD та Autodesk Simulation CFD.

#### ***Результати дослідження та їх обговорення***

Повітропроникність характеризується кількістю повітря, що проходить крізь певну площину текстильного матеріалу за одиницю часу при заданій різниці тиску по обидва боки зразка. Повітропроникність трикотажу, як і тканини, залежить від багатьох факторів, серед яких: внутрішня пористість нитки (пряжі), крутка, оздоблення, геометрія розташування нитки всередині рапорту. За методикою, описаною у [2] для визначення повітропроникності тканин та трикотажу використовують такі прилади як: ВПТМ-2, ВПТМ-2М, АТЛ-2 (FF-12), УПВ-2. Вони забезпечують визначення повітропроникності в діапазоні від 25 до 10750  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$ , зменшення тиску дорівнює 49 Па.

Слід зауважити, що для проектування фізичних процесів у трикотажі дуже важливим є можливість збереження у моделі метричних характеристик кожної ділянки нитки, зігнутої у петлю, накид або протяжку. На протязі останніх десяти років у різних країнах світу проводяться дослідження структури трикотажу з метою розробки теоретичної моделі, придатної для прогнозування властивостей шляхом проведення віртуального експерименту. Даному питанню присвячені роботи [3-6]. Однак, автори не ставили за мету збереження у комп'ютерній моделі таких параметрів структури трикотажу як довжина нитки в петлі та стискання нитки на окремих ділянках петлі. Тому для моделювання процесу проходження повітря моделі, описані у роботах [3-6] не можуть бути застосовані. У роботі [7] запропоновано модель петлі трикотажу, яка дозволяє забезпечити відповідність всіх суттєвих характеристик структури трикотажу у її віртуальній моделі та створити модель у інтегрованому програмному середовищі, яка може бути імпортована в універсальні CAE системи, такі як Ansys, Autodesk Simulation та інші. На рис. 2 наведено фотографія реального прототипу-зразка та модель

платированого кулірного трикотажу переплетення глядь, згенерована у середовищі AutoCAD за допомогою програми «Структура 3D» [8].



**Рис. 2. Побудова тривимірної геометричної моделі структури трикотажу платированого переплетення**

Для того, щоб відтворити експеримент за допомогою універсальних систем автоматизованого проектування, зокрема програмного продукту Autodesk Simulation CFD запропоновано дотримуватись наступного порядку дій:

- 1) виготовити зразок трикотажу;
- 2) визначити його повітропроникність на приладі FF-12;
- 3) створити тривимірну модель даного зразка у середовищі AutoCAD;
- 4) створити проект дослідження у програмі Autodesk Simulation CFD;
- 5) задати матеріали та граничні умови моделювання;
- 6) запустити і провести розрахунок;
- 7) порівняти отримані результати із результатами експерименту, проведеного у лабораторних умовах.

У ході дослідження створено зразок платированого трикотажу з поліпропіленової нитки лінійної густини 33,4 текс та вовняної пряжі 31 текс. Визначено такі характеристики структури як: петельний крок, висота петельного ряду, довжина нитки в петлі (для платировочної та ґрунтової ниток), товщина трикотажу, кут нахилу дотичної у точці переплетення. У середовищі AutoCAD нами створено модель зразка трикотажу переплетення глядь, параметри якої співпадають із параметрами її реального прототипу та модель трубки, яка обмежує об'єм повітря, що проходить крізь полотно. На рис. 3 показано 3D модель зразка трикотажу (1), 2 – потік повітря за різницею тиску 49 Па; 3- повітряна трубка зі зразком трикотажного полотна.

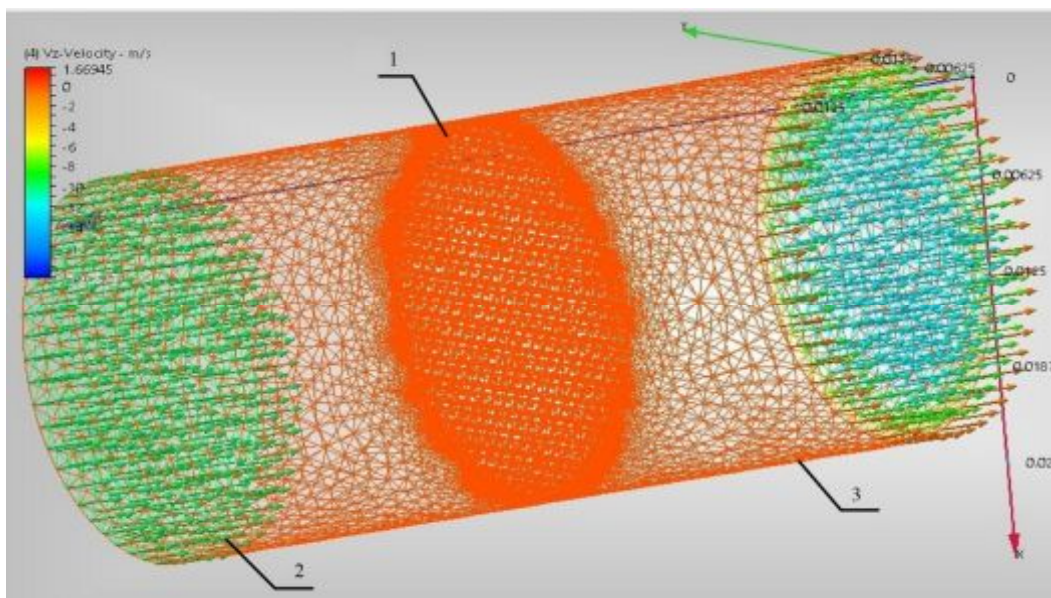


Рис. 3. Експеримент на визначення повітропроникності за допомогою програми Autodesk Simulation CFD

Повітропроникність зразка трикотажу переплетення гладь з поліпропіленової нитки лінійної густини 33,4 текс та вовняної пряжі 31 текс, визначена на приладі FF-12 складає  $365 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ . Величина повітропроникності, розрахована у програмі Autodesk Simulation CFD шляхом моделювання процесу проходження повітря крізь 3D модель трикотажу  $379 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ . Відхилення складає 3,84 %.

### **Висновки**

Отримані в результаті розрахунку дані не суперечать теоретичним уявленням про поведінку повітря при його проходженні через зразок трикотажного полотна. Отже, Autodesk Simulation CFD можна використовувати для визначення фізико-механічних властивостей трикотажу. Даний спосіб може скоротити витрати часу, коштів, не потребує додаткового устаткування та зручний у відтворенні. Підвищення точності розрахунків може бути досягнуто за рахунок уточнення геометрії моделі структури трикотажу.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Nazarboland M. A. Modeling and simulation of filtration through woven media / M. A. Nazarboland, X. Chen, J. W. S. Hearle, R. Lydon, M. Moss // Int J. Clothing Sci. Tech., 2008, 20(3), p. 150–60.
2. ГОСТ 12088-77. Метод определения воздухопроницаемости. Межгосударственный стандарт. Материалы текстильные и изделия из них.

3. Choi K.F. An Energy Model of Plain Knitted Fabric / K.F. Choi, T.Y. Lo // Textile Research Journal, Vol.73(8), p.739-748, August, 2003.
4. Kurbak A. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics / A. Kurbak, Ö.Ekmen // Textile Research Journal, 78, p.198-208, 2008.
5. Demiroz, A. A Study of the Graphical Representation of Plain-knitted Structures Part I: Stitch Model for the Graphical Representation of Plain-knitted Structures, / A. Demiroz, T. Dias // Journal the Textile Institute, Vol. 91 No. 4, p. 463 – 480, 2000.
6. Kyosev, Y., Angelova, Y. and Kovar, R. 3d modelling of plain weft knitted structures from compressible yarn / Y. Kyosev, Y. Angelova, R. Kovar // Research Journal of Textile and Apparel, Hong Kong, 9, 2005, p. 88–97.
7. А.с. 46846 Україна. Твір «Тривимірна геометрична модель трикотажу» / Єліна Т. В., Галавська Л. Є. – заявка № 47074 від 19.10.2012, опубл. 19.12.2012.
8. А.с. 46469 Україна. Комп'ютерна програма «Структура – 3D». / Єліна Т. В., Галавська Л. Є. – заявка № 46726 від 25.09.2012, опубл. 23.11.2012.

***Бессмертная В. И., Елина Т. В., Галавская Л. Е.***

***Моделирование процесса прохождения воздуха сквозь трикотаж***

*В работе проанализированы проблемы и перспективы компьютерного моделирования процесса прохождения воздуха сквозь трикотаж. На основе анализа публикаций последних лет рассмотрен опыт проведения аналогичных исследований для моделирования физических процессов в тканях. Проведен эксперимент по определению воздухопроницаемости образца трикотажа на лабораторном оборудовании по стандартизированной методике и компьютерного расчета данного показателя с использованием его трехмерной модели.*

***Ключевые слова:*** трикотаж, платированное переплетение, 3D моделирование, воздухопроницаемость, CAD, CAE

***Bezsmertna V. I., Ielina T. V., Galavska L. Ye.***

***Simulation of the air flow through knitted structures***

*The paper analyzes the problems and prospects of computer air flow simulation in knitted structures. Based on the analysis of research and publications of recent years an experience of similar studies for physical processes through woven media is highlighted. An experiment to determine the air permeability of knitted fabric sample is realised by the mean of laboratory equipment for standardized methods as well as by the mean of computer simulation using its three-dimensional model.*

***Keywords:*** knitting, plating, 3D modeling, air permeability, CAD, CAE