

УДК 677.055.5

**ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ
ТРИКОТАЖНОЇ ПЕТЛІ**

Т.В. ЄЛІНА, С.Ю. БОБРОВА

Київський національний університет технологій та дизайну

Стаття присвячена аналізу основних напрямів сучасних досліджень по вдосконаленню комп'ютерних моделей структури трикотажу

В наш час, час стрімкого розвитку людства, важливим є вивчення нового, вдосконалення існуючих моделей і технологій, створення нових їх видів. Серед цих «новинок» наймодерновіший комп'ютер, літак, супутник чи удосконалена комп'ютерна модель трикотажної петлі.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень є процес створення комп'ютерної моделі трикотажної петлі з використанням сучасних програм геометричного моделювання. Методи досліджень – теоретичний, аналітичний.

Постановка завдання

В роботі розглянуті сучасні підходи до моделювання структури трикотажу, рівень деталізації та напрямки удосконалення моделі трикотажної петлі.

Аналіз науково-технічної літератури показав, що багато вчених займаються питанням візуалізації текстильних матеріалів, але в усіх дослідженнях ще залишаються багато питань, що потребують більш детального вивчення. Проблемам, пов'язаним із створенням або використанням математичних моделей текстильних матеріалів, присвячують увагу вчені в інститутах та університетах всього світу: Баранов А.Ю., Якунічева Е.Н. в Санкт-Петербурзькому державному університеті технології и дизайну [1]; Катаєва С.Б., Немирова Л.Ф. в Омському державному інституті сервісу [2]; Кертісак Сріпрейтіп в Університеті Махасарахам, у Таїланді [3]; С. Бенлтуфа, Ф. Файала, М. Шейкруху і С. Бен Насралла, з Лабораторії досліджень технічних та енергетичних систем, м. Монастир, Туніс [4]; Сабит Аданур, Яжет Сасендра Вакалапуди з Оборонського Університету [5] та ін.

Метою дослідження є отримання даних для побудови уточненої комп'ютерної моделі трикотажної петлі і відповідно моделі структури трикотажу за допомогою автоматизованих засобів. Необхідність даного дослідження обумовлена постійно зростаючими вимогами до систем проектування, які передбачають тривимірне моделювання структури трикотажу, з урахуванням фізичних та геометричних властивостей сировини та особливостей характеру переплетення ниток в трикотажі. Крім того, для оцінки фізико-механічної поведінки трикотажу в різних умовах за допомогою спеціального програмного забезпечення опис геометрії трикотажної петлі повинен бути максимально наближеним до відтворення її реальної конфігурації.

Результати та їх обговорення

Аналізуючи сучасні напрямки використання комп'ютерних технологій для аналізу геометричних характеристик нитки та створення моделей нитки з метою візуалізації та використання в САПР трикотажу встановлено, що на світовому рівні робота по вдосконаленню комп'ютерних моделей ниток та

пряжі ведеться по таким основним напрямкам як: 1) математичне моделювання ворсової поверхні ниток та пряжі; 2) математичне моделювання структури ниток та пряжі на рівні волокон її складових частин; 3) моделювання фізико-механічної поведінки ниток та пряжі.

Відомо, що структурні елементи трикотажу мають нестабільну форму. Під дією факторів навколишнього середовища, різних фізико-механічних процесів всередині трикотажного полотна ми спостерігаємо постійні зміни в петельній структурі. Ці зміни безпосередньо впливають на зовнішній вигляд, якість і застосування трикотажного полотна. Будь-які відхилення від ідеалізованої форми петлі є наслідками механічних процесів та взаємного впливу окремих ланок в структурі трикотажу, тому, в контексті створення моделі, потрібно врахувати механічну поведінку текстильної нитки.

Відомо, що на форму елементів петельної структури трикотажу впливає форма поперечного перерізу пряжі. Проведення теоретичних дослідів повинно починатись з детальної класифікації ниток. По структурі реальні нитки можна поділити на комплексні нитки, пряжу, мононитки та вироби спеціального призначення. Комплексні нитки утворюються шляхом скручування або склеювання окремих елементарних ниток і мають більш рівномірну структуру, ніж пряжа, яка складається з окремих елементарних волокон, об'єднаних в процесі прядіння. Мононитки представляють собою окрему нитку, яка не ділиться в повздовжньому напрямку без руйнування. До виробів спеціального призначення можна віднести комбіновані гнучкі елементи, що складаються з різних матеріалів, які мають складну внутрішню структуру. Так, комплексні нитки, представляються у вигляді окремих не скручених між собою філаментів, які розташовані один над одним. Також комплексні нитки (рис.1, а), мононитки (рис. 1, б) та пряжа можуть бути представлені в вигляді складних геометричних тіл (рис.1) [6].



Рис.1. Зразки моделей ниток

Отже, реальні текстильні нитки мають найрізноманітнішу форму поперечного перерізу, яка при їх виготовленні утворюється під впливом зовнішніх силових факторів та тиску окремих філаментів.

При взаємодії з направляючими робочими поверхнями відбувається змінання пряжі в зоні контакту, що також призводить до зміни форми поперечного перерізу. Так, наприклад, в нитках високої крутки форма поперечного перерізу – сплющений еліпс, при збільшенні крутки, за рахунок тиску опорної поверхні, форма наближується до еліптичної; при крутці, що наближується до критичної, вона представляє окружність з плоскою поверхнею контакту. Форма поперечного перерізу монониток визначається за допомогою форми отворів філь'єр, через які продавлюється полімер. Форма їхня може бути: кругла, бобовидна; гантелевидна; з радіальними порами; з внутрішнім отвором (пустотою). В наш час найбільше застосовуються форми: кругла; еліптична; стадіоноподібна; прямокутна [6].

При моделюванні текстильних структур також потрібно враховувати вплив тертя при повздовжньому і поперечному русі пряжі, особливо при взаємодії з направляючими поверхнями великої кривизни. Важливою властивістю є гігроскопічність, від якої буде залежати ступінь впливу факторів довколишнього середовища, таких як: зменшення чи збільшення вологості повітря, проникнення пари, вологи, пилу, диму, газу. В залежності від фізико-механічних властивостей сировини, виду переплетення

і будуть в тій чи іншій мірі впливати фактори довколишнього середовища на форму поперечного перерізу пряжі, змінюючи (деформуючи) його.

Отже, з точки зору фізико-механічних властивостей нитки на форму її поперечного перерізу найбільш впливають: еластичність, опір крученню та згинанню, анізотропія тертя, гігроскопічність.

Існує багато методів виміру поперечного перерізу пряжі, але вони не завжди дають точні результати. Так, при методі зрізів і обертання, представленого проф. Г.Н. Кукіним [7] (метод зрізів), відбувається дія на пряжу препарату, а при методі обертання не враховуються впадини і випуклості між різноманітними поперечними перерізами і зміщується вісь обертання при повороті нитки. Хоч метод обертання і швидший за метод зрізів, проте вони є трудозатратними і являються незручними для масових вимірів при дослідженні геометричних характеристик ниток.

Так, В.Д.П'ятницьким та його командою був розроблений метод отримання зображення площі та контуру поперечного перерізу пряжі, не розрізаючи її. Для здійснення цього методу був розроблений та сконструйований відповідний пристрій. Експеримент базується на тому, щоб при вимірах фон, на якому спостерігається зображення поперечного перерізу пряжі, не був дуже яскравим, так як при цьому умови спостереження погіршуються. Найкращі умови – коли відбувається співпадіння яскравості фону та вільного поля зображення діафрагми [8]. Даний метод значно відрізняється від інших методів виміру поперечного перерізу пряжі, так як безпосередньо дає можливість спостерігати і робити виміри дійсного перерізу пряжі характерним для нього контуром без застосування зрізів.

Швидкий розвиток інформаційних технологій призвів до кардинальних змін у створенні технічної інформації. Все більше і більше в різних галузях промисловості застосовуються системи автоматизованого проектування і виробництва. Так, за допомогою автоматизованого проектування можна моделювати ворсову поверхню пряжі з відомими показниками ворсистості та гладкості. Дана модель може використовуватись для визначення показників ворсистості пряжі комп'ютерним методом та для прогнозування поведінки ворсу при заданих технологічних процесах виробництва і використання трикотажних виробів. Так, вченими Т.Н. Коробовою та Б.Н. Гусєвим [9] розроблено моделі ворсової поверхні пряжі з урахуванням її нормованих характеристик. Процес моделювання ворсової поверхні пряжі авторами для зручності розбивається на декілька етапів: створення моделі стержня пряжі; розробка моделі щільного шару ворсу пряжі; побудова моделі інформаційного шару ворсу. За допомогою програми MATLAB вони будують графічні моделі досліджуваних об'єктів. З використанням даного методу при моделюванні можна визначити кількість ворсинок на поверхні пряжі фіксованої довжини і виконати побудову ворсової поверхні пряжі. При моделюванні стержня пряжі вони приймають, що він не має відхилень по товщині, при цьому поперечний переріз пряжі буде ідеальної циліндричної форми.

Наступним з напрямків удосконалення моделі петлі є врахування впливу крутки на властивості пряжі та форму петлі і структуру текстильного матеріалу. В роботі [10] представлений метод, за допомогою якого можна моделювати загальну геометричну структуру пряжі (зовнішній вигляд). Автори, аналізуючи побудову крученої двониткової пряжі, вказують, що пряжа складається зі скручених волокон, які діють одне на одного, на згинах відбувається зміна діаметру пряжі та зміна взаємодії волокон на цих ділянках, і ця взаємодія волокон пряжі в процесі утворення петлі, та чинники того, як пряжа веде себе на згинах, є важливим фактором, який потрібно враховувати.

На сьогоднішній день відомі дані про досвід застосування в якості геометричної бази для візуалізації або створення тривимірних геометричних моделей структури текстильних матеріалів різних видів просторових кривих, таких як NURBS (неоднорідні раціональні B-сплайни), ермітові криві [11, 12]. В усіх випадках форма вісьової лінії нитки може бути відтворена за допомогою кривої лінії, форма якої буде задана або певною кількістю точок, координати яких залежатимуть від вихідних даних, або точками та векторами, напрямлення та довжина яких визначаються в залежності від бажаної кривизни центральної лінії нитки в кожній контрольній точці. Такі моделі представляють вчені тайландського університету Кертісак Сріпрейтіп, Адисак Паттіяа [3]. За допомогою комп'ютерного моделювання кожна модель пряжі змодельована як утворена з багатьох волокон.

Одним з напрямків удосконалення структури трикотажної петлі може бути визначення та аналіз пористості структури трикотажу. Під «пористим середовищем» розуміють тверде тіло обмеженої форми, пори якого заповнені рідиною і газом. В цьому середовищі відбувається взаємодія та обмін енергією частинок одна з одною. Ці частинки, так званої матриці, можуть деформуватися, набувати нестійкої форми. Зміни, які відбуваються в пористому середовищі, залежать від самої текстильної структури.

Відомо, що повітропроникність залежить від пористості трикотажного полотна. Тому дослідження пористості як у самій пряжі, так і в трикотажному полотні в цілому, є важливим та актуальним питанням, так як вона значно впливає на зміну структурних характеристик трикотажу та допомагає побудувати модель структури трикотажу, найбільш наближену до реальності.

У рамках досліджень нами було проведено визначення діаметру нитки в структурі трикотажу комп'ютерними методами. Для цього за допомогою фотокамери Canon 520 були зроблені цифрові фотографії 27 зразків трикотажу, які були виготовлені на плоскофанговому обладнанні 6 класу. Потім за допомогою автоматизованого програмного забезпечення AutoCAD було зроблено виміри в шести точках діаметру пряжі в структурі трикотажу, виготовленого переплетенням гладь з різних видів сировини: бавовняної, напіввовняної, поліакрилонітрильної пряжі. Точки P3, P7, P2+P4(P6+P8), P1, P9, P5, по яких відбувались заміри, вибрані там, де нитка має максимальну та мінімальну проекцію діаметра.



Рис. 2. Розташування точок в петлі в структурі трикотажу, в яких відбувалися виміри діаметру пряжі

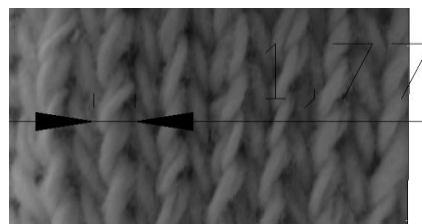


Рис. 3. Вимірювання геометричних параметрів елементів структури трикотажу за допомогою програмного забезпечення AutoCAD

Аналіз результатів експерименту показав, що діаметр пряжі в структурі трикотажу переплетення гладь у вказаних точках є нестабільним та суттєво відрізняється від теоретично розрахованого. Це обумовлюється тим, що під час процесу петлетворення відбувалось тертя пряжі о петлетвірні органи та волокон одне з одним, змінання волокон внаслідок складної конфігурації нитки в структурі трикотажу (під впливом сил пружності нитки), а також значна усадка нитки після волого-теплової обробки

трикотажу.

Крім того, в одних точках діаметр пряжі приймає мінімальне, а в інших – максимальне значення. Ці дані було враховано при побудові комп'ютерної моделі структури трикотажу, найбільш наближеної до його реального стану. За допомогою програмного забезпечення AutoCAD було згенеровано моделі структури трикотажу переплетення гладь за заданими вихідними даними (Т, С, 1/Ег) (рис. 4, 5). Побудова здійснювалася на базі принципів, сформульованих в теорії проф. Далідовича А.С. На основі побудованих моделей за допомогою інструментів програми AutoCAD було визначено поверхневе та об'ємне заповнення трикотажу.

Таким чином, нами була розроблена методика побудови тривимірної геометричної моделі, що має складну форму поперечного перерізу пряжі та автоматизованого визначення об'єму та об'ємної пористості такої моделі засобами AutoCAD. Реалізовано 3D моделювання 27 зразків трикотажу переплетення гладь з різними вихідними даними. Приклади побудованих моделей петлі та згенеровані структури трикотажу наведені на рисунках 4,5.

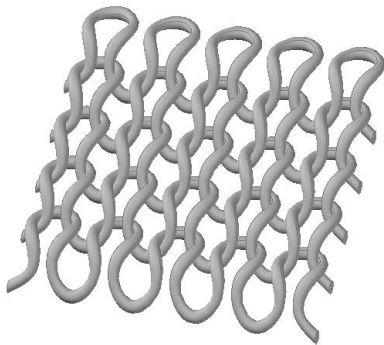


Рис. 4. Згенерована модель структури трикотажу з бавовняної пряжі 72х3 текс ($h_k=2,7\text{мм}$)

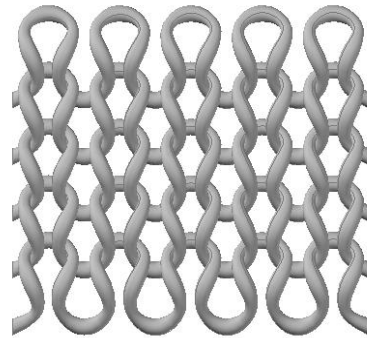


Рис. 5. Згенерована модель структури трикотажу з поліакрилонітрильної пряжі 31х2х3текс ($h_k=2,7\text{мм}$)

Побудовані моделі наближуються до відтворення реального стану трикотажу, але потрібно відзначити те, що поки що є незначні розбіжності між експериментальними значеннями параметрів структури трикотажу та даними, що визначалися за допомогою спеціального автоматизованого програмного забезпечення AutoCAD. Це свідчить про складність даного питання і потребує подальших глибоких теоретичних і експериментальних досліджень.

Згенерована нами модель структури трикотажу складається з математичного опису форми, що значно полегшує аналітичний етап підготовки виробництва та дозволяє не тільки зорозово оцінити зовнішній вигляд виробу, але й швидко і безпомилково отримати максимальну інформацію з необхідними даними для розрахунків технологічних і економічних показників.

Висновки

1. Існуючі на сьогоднішній день способи математичного представлення інформації про геометрію трикотажної петлі не відповідають вимогам, які стоять перед сучасними системами проектування, і тому потребують уточнення.
2. На світовому рівні робота по вдосконаленню комп'ютерних моделей ниток та пряжі ведеться по таким основним напрямкам як: 1) математичне моделювання ворсової поверхні ниток та пряжі; 2) математичне моделювання структури ниток та пряжі на рівні її складових частин (волокон); 3)

моделювання фізико-механічної поведінки ниток та пряді.

3. Найбільш перспективним напрямком використання тривимірних геометричних моделей трикотажу є проектування переплетень із заданими властивостями, такими як: повітропроникність, водопроникність, пружність, розтяжність, жорсткість, та інші.
4. Для оцінки фізико-механічної поведінки трикотажу в різних умовах за допомогою спеціального програмного забезпечення, - опис геометрії трикотажної петлі повинен бути максимально наближеним до відтворення її реальної конфігурації.
5. В ході виконання роботи нами була розроблена методика побудови тривимірної геометричної моделі трикотажу, що має складну форму поперечного перерізу пряді, та автоматизованого визначення об'єму та об'ємної пористості такої моделі засобами AutoCAD.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов А.Ю., Якуничева Е.Н. Трехмерная математическая модель трикотажной петли с учетом деформации пряжи для проведения численных экспериментов // Технология текстильной промышленности. – 2007. – №1С(300). – 113с.
2. Катаева С.Б. Немирова Л.Ф. Использование компьютерных технологий для оценки структурных характеристик нитей.// Научный альманах. – 2006. – 2 с.
3. Keartisak Sriprateep, Adisak Pattiya. Computer Aided Geometric Modeling of Twist Fiber // Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham, Thailand.
4. S. Benltoufa, F. Fayala, M.Cheikhrouhou, Ben Nasrallah. POROSITY DETERMINATION OF JERSEY STRUCTURE // Laboratoire d'Etudes des Systèmes Thermiques et Energétiques, E.N.I.M., Monastir 5019, Tunisia.
5. Dr. Sabit Adanur YARN AND FABRIC DESIGN AND ANALYSIS SYSTEM IN 3D VIRTUAL REALITY/ Mr. Jagat Sathendra Vakalapudi; Auburn University.
6. Щербань В.Ю. Хомяк О.Н., Щербань Ю.Ю. Механика нити. – К.: Библиотека официальных изданий, 2002. – 195 с.
7. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение. Часть 2 /Соловьев А.Н.; - М.: Легкая индустрия, 1964. – 378 с.
8. Пятницкий В.Д. Метод бессрезного получения изображения площади и контура поперечного сечения пряди // Технология текстильной промышленности. – 1968. – №6(67). – 17 с.
9. Коробова Т.Н, Гусев Б.Н.. Моделирование ворсовой поверхности // Технология текстильной промышленности. – 2008. – №4(309). – 15 с.
10. Keartisak Sriprateep, Songpol Kaewpo, Prem Kultangwatana. // Three – dimensional computer representation of two-ply yarns structure. Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khamraing, Kantarawichai, Mahasarakham, Thailand.
11. Кудрявин Л.А., Шустов Е.Ю., Шустов Ю.С. Разработка методов визуализации структуры трикотажной петли при его автоматизированном проектировании. – М.: МГТУ им. Косыгина, 2006. – 139 с.
12. O. Diordiev, A. Diordiev, I. Balan, C. Budulan Photometric method for geometric parameters extraction from knitting fabrics. 44 Congress IFKT «Knitting round the clock», Saint-Petersburg, 23–27 September 2008.

Надійшла 05.07.2010