

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

КИЗИМЧУК ОЛЕНА ПАВЛІВНА

УДК 677.026

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ СТВОРЕННЯ
ТЕКСТИЛЬНИХ АУКЗЕТИК-МАТЕРІАЛІВ**

Спеціальність 05.18.19 – технологія текстильних матеріалів,
швейних і трикотажних виробів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Київському національному університеті технологій та дизайну
Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор

Здоренко Валерій Георгійович

Київський національний університет технологій та дизайну,
завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та
вимірювальної техніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Чепелюк Олена Валеріївна

Херсонський національний технічний університет,
завідувач кафедри дизайну

доктор технічних наук, професор

Приймак Олександр Вікторович

Київський національний університет
будівництва та архітектури,
декан факультету інженерних систем та екології

доктор технічних наук, професор

Защепкіна Наталья Миколаївна

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
доцент кафедри наукових, аналітичних та екологічних
приладів і систем

Захист відбудеться «30» червня 2016 р. о 10-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.102.06 в Київському національному університеті технологій та дизайну за адресою: 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету технологій та дизайну за адресою: 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченка, 2

Автореферат розісланий «27» травня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Л.Є.Галавська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

За обсягом світового текстильного виробництва технічний текстиль займає особливе місце. Його значення для промисловості і життя людей важко переоцінити, оскільки немає жодної галузі економіки і побуту людини, де не використовували б текстильні матеріали технічного призначення. На сьогодні навіть складно визначити, який текстиль важливіший для нормального життєзабезпечення людини – побутовий чи технічний. Тому є зрозумілим повсякчас зростаючий інтерес фахівців-текстильників до проблеми розширення асортименту таких матеріалів, отримання виробів зі спеціальними властивостями і їхнього використання у різних галузях економіки. Поняття «технічний текстиль» є неоднозначним і включає щонайширший спектр продукції, що розрізняється за властивостями, призначенням, походженням сировини, яка використовується, та технологією виробництва.

На сьогоднішній день технічний текстиль є підгалуззю текстильної промисловості, яка найдинамічніше розвивається. За прогнозами, їй забезпечене подальше зростання, оскільки вироби технічного та медичного призначення завжди матимуть більше сфер використання і можливостей для збуту.

Актуальність теми. Аукзетик-матеріали належать до класу екстраординарних матеріалів, які при їхньому розтягуванні стають ширшими в напрямку, перпендикулярному розтягуванню, та звужуються при стисканні. Ці матеріали займають все більше і важливіше місце в галузі технічного текстилю. Діапазон матеріалів та структур, які демонструють такі властивості, є доволі широким. Їх можна використовувати практично в усіх сферах діяльності, що зумовлює зростаючу цікавість до цього напрямку в усьому світі.

Що стосується текстильних аукзетик-матеріалів, то головні дослідження проводять у напрямку синтезу полімерів, з яких в подальшому отримують нитки та волокна для композиційних структур. Досліджень у напрямку створення матеріалів, які мали б аукзетик-властивості за рахунок структури текстильних матеріалів (тобто на макрорівні) дуже мало. Таким чином, створення текстильних матеріалів, які б виявляли аукзетик-властивості на рівні макроструктури розглядається як перспективний напрям наукових досліджень, на який звернені погляди науковців по всьому світові. Тому тема даної дисертаційної роботи є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано у межах науково-дослідних робіт, які було проведено в Київському національному університеті технологій та дизайну (КНУТД):

- «Розробити шляхи технологічної трансформації трикотажної промисловості України та банк світових досягнень галузі» (рег. № 0109U002478, 2009 – 2010 рр.);
- «Створити нові в'язані поліфункціональні текстильні матеріали, наукові основи їх проектування та раціональні технологічні процеси їх виробництва» (рег. № 0112U000267, 2012 – 2013 рр.).

Розробка нових структур та вироблення зразків трикотажних аукзетик-полотен відбувалися у співдружності з кафедрою матеріалів та текстилю Массачусетського університету в Дартмуті в межах наукового проекту

Національного текстильного центру США «Formation and Performance of Auxetic Textiles» (NTC Project F06-MD09, 2007 – 2010 pp.). Дослідження за темою «Вироблення та дослідження трикотажних матеріалів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона» було проведено у 2013 – 2014 навчальному році за грантом програми ім. Фулбрайта (США).

Метою роботи є розробка наукових основ створення текстильних аукзетик-матеріалів, які при їхньому розтягненні мають здатність розширюватися у напрямку, перпендикулярному до прикладених сил за рахунок будови матеріалів, а не за рахунок використання ниток та пряжі з відповідними властивостями.

У межах роботи вирішено наступні **задачі**:

- спроектувати та дослідити трикотажні матеріали, які мають здатність розширюватися при їхньому розтягненні, з сировини широкого використання;
- визначити закономірності утворення чарунок гексагональної та видозміненої форми в основов'язаному трикотажі;
- визначити основні технологічні фактори, які впливають на аукзетик-властивості основов'язаних структур, дослідити ступінь їхнього впливу на коефіцієнт Пуассона та встановити відповідні математичні залежності;
- встановити вплив взаємодії утокових та ґрунтових гребінок на розташування повздовжньої утокової нитки в структурі основов'язаного трикотажу філейного переплетення;
- дослідити вплив рапорту переплетення та варіанту розташування повздовжнього утоку на параметри структури, розміри елементарної чарунки та властивості основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення;
- удосконалити метод оцінки аукзетик-властивостей текстильних матеріалів.

Об'єкт дослідження – процес створення текстильних матеріалів, які при їхньому розтягуванні мають здатність до розширення у напрямку, перпендикулярному прикладеним силам.

Предмет дослідження - трикотажні аукзетик-матеріали, які виготовлені з пряжі та ниток, які не мають аукзетик-властивості.

Методи дослідження. Теоретичні розробки структур текстильних аукзетик-матеріалів виконані за допомогою метода геометричних моделей класичної теорії в'язання з використанням основ теоретичної механіки, теорії диференційних та інтегральних рівнянь. Дослідження основних властивостей текстильних матеріалів (структури та фізико-механічних властивостей) проводили за стандартними методиками. Дослідження коефіцієнта Пуассона проводили за удосконаленою для сітчастих трикотажних матеріалів методикою. Обробку результатів досліджень виконували з використанням методів математичного моделювання, теорій ймовірності та математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці наукових основ створення текстильних аукзетик-матеріалів з пряжі та ниток, що не мають такої здатності. При цьому:

1. Вперше на основі методу системного аналізу виявлено геометричні структури аукзетик-матеріалів, які можуть бути реалізовані в текстильних матеріалах, зокрема трикотажних. Теоретично вирішено головну наукову

проблему - визначено структури основов'язаного трикотажу, які виявлятимуть аукзетик-властивості.

2. Вперше теоретично обґрунтовано та практично одержано основов'язаний трикотаж, який виявляє здатність до розширювання при розтягуванні, що захищено патентом на винахід (Patent 8772187, Auxetic fabric structure and related fabrication method, США).
3. Вперше розроблено умови утворення сітчастих структур з гексагональними отворами чарунок та їхнє видозмінення в процесі вироблення за рахунок введення високорозтяжної нитки у вигляді повздожнього утоку.
4. Теоретично визначено основну технологічну умову в'язання, яка визначає аукзетик-властивості основов'язаних трикотажних матеріалів. Експериментально підтверджена правомірність застосування отриманих аналітичних рішень у виробництві аукзетик-матеріалів.
5. Встановлено фактори, які впливають на коефіцієнт Пуассона основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, отримано рівняння для його визначення, в якому за основу прийнято геометричні розміри чарунки.
6. На підставі математичної обробки результатів дослідження параметрів структури, розмірів чарунок та фізико-механічних властивостей створених основов'язаних полотен отримано рівняння регресії, які адекватно описують залежності показників від рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки в структурі.
7. Удосконалено метод дослідження коефіцієнта Пуассона з метою використання для трикотажних сітчастих матеріалів з чарунками великого розміру та розроблено експрес-метод виявлення аукзетик-здатності матеріалів.

Практичне значення одержаних результатів. Поставлені в роботі наукові завдання вирішені шляхом реалізації в основов'язаному полотні трьох варіантів аукзетик-структур: на основі переплетення ланцюжок, на основі філейного переплетення з видозміненою гексагональною чарункою та на основі утокового переплетення. Розроблені основов'язані аукзетик-матеріали розширюють асортимент існуючих текстильних матеріалів, зокрема технічного призначення.

За допомогою розроблених умов утворення чарунок гексагональної форми та теоретичного обґрунтування розташування утокової нитки в структурі філейного трикотажу спрощено процес проектування сітчастих аукзетик-полотен з заданими розмірами чарунок і необхідним рівнем закріплення утокової нитки в полотні. Отримані аналітичні залежності параметрів структури, розмірів чарунок та властивостей трикотажних матеріалів від рапорту переплетення та варіанту розташування утокової нитки дозволяють на етапі проектування полотен прогнозувати їхні властивості і обирати раціональні заправки.

Запропоновано новий експрес-метод оцінки аукзетик-властивостей текстильних матеріалів, який базується на здатності аукзетик-матеріалів при формуванні утворювати випуклу еліпсоподібну форму поверхні і дозволяє значно скоротити час на проведення експериментальних досліджень.

Розроблено технологічні рекомендації до виробництва основов'язаних аукзетик-матеріалів, які сприяють розширенню асортименту та функціональних властивостей текстильних матеріалів і забезпечують одержання конкурентоспроможної продукції, що доведено під час апробації результатів у виробничих умовах ТОВ «Торговий дім Алком».

Результати досліджень використовують в навчальному процесі на кафедрі технології трикотажного виробництва Київського національного університету технологій та дизайну при підготовці фахівців зі спеціальності 8.05160101 – Технології та дизайн трикотажу. В тому числі, в лекційному курсі та на практичних заняттях з дисципліни «Технічний та медичний текстиль», при виконанні науково-дослідних та дипломних робіт, керівництві магістрантами та аспірантами.

Особистий внесок здобувача полягає в постановці ідей та теми дисертаційної роботи, вирішенні основних теоретичних та експериментальних завдань. За безпосередньої участі автора здійснено теоретичний аналіз структур існуючих аукзетик матеріалів, запропоновано варіанти їх реалізації в трикотажному полотні та отримано експериментальні зразки. Під керівництвом автора проведено експериментальні дослідження розроблених полотен та зроблено детальний аналіз результатів. Автором створено основи теорії формування основов'язаних полотен, які при розтягуванні здатні розширюватися в напрямку перпендикулярному до прикладеної сили, та отримано аналітичні залежності для визначення коефіцієнта Пуассона сітчастих трикотажних полотен. Авторіві належать основні ідеї опублікованих у співавторстві праць, а також аналіз та узагальнення результатів роботи.

Презентація результатів дисертації. Основні положення і результати роботи доповідались і отримали позитивну оцінку на:

- наукових конференціях професорсько-викладацького складу Київського національного університету технологій та дизайну (м. Київ, Україна, 18 – 22 лютого 2008 р., 5 – 7 жовтня 2010 р.) – усні доповіді;
- конгресах міжнародної федерації технологів трикотажників ІФКТ (усна доповідь у м. Санкт-Петербург, Росія, 23 – 27 вересня 2007 р.; усна доповідь у м. Любляна, Словенія, 27 – 29 травня 2010 р.; стендова доповідь у м. Сіная, Румунія, 6 – 8 вересня 2012 р.; стендова доповідь у м. Ізмір, Туреччина, 25 – 27 вересня 2014 р.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Україна - Чехія - ЄС» (м. Прага, Чехія, 2008 р.) – усна доповідь;
- щорічній міжнародній науковій виставці Sigma Xi (м. Дартмут, США, 2007 та 2008 рр.) – стендові доповіді;
- VI міжнародній конференції молодих науковців «Інформатика та механіка» (м. Кам'янець-Подільській, Україна, 6 – 8 травня 2008 р.);
- міжнародній науково-технічній конференції «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2009, м. Москва, Росія, 2009 р.) – стендова доповідь;
- міжнародній конференції «Новітні технології в текстильній промисловості» (м. Хмельницький, Україна, 9 – 11 жовтня 2012 р.) – стендова доповідь;

- Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины» (м. Херсон, Україна, 29 – 31 жовтня 2012 р.) – усна доповідь;
- 5-й міжнародній науково-практичній конференції TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY (м. Зреньян, Сербія, 5 – 6 листопада 2013 р.) – стендова доповідь;
- міжнародній науково-технічній конференції «Дизайн, технологи и инновации в текстильной и легкой промышленности» (м. Москва, Росія, 12 – 13 листопада 2013 р.) – стендова доповідь;
- міжнародній науковій конференції UNITECH (м. Габрово, Болгарія, 22 – 23 листопада 2013 р.) – стендова доповідь.

Матеріали дисертації доповідались та здобули позитивну оцінку на наукових семінарах кафедри технології трикотажного виробництва КНУТД (2007, 2012 та 2015 рр.), міжкафедральному науковому семінарі КНУТД (2016 р.) та науковому фаховому семінарі кафедри експертизи, технології і дизайну текстилю Херсонського національного технічного університету (2016 р.).

Публікації. Основний матеріал дисертації викладено у монографії «Текстильні матеріали з від’ємним коефіцієнтом Пуассона». Основні результати досліджень опубліковано в 50 роботах, з яких 9 статей у міжнародних наукових виданнях за кордоном та 21 стаття у фахових виданнях України, у тому числі 7 статей без співавторів, 1 – у інших виданнях; 6 статей у матеріалах міжнародних конференцій, 7 тез доповідей міжнародних конференцій та 1 тези доповідей всеукраїнської конференції; отримано 1 Патент США.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів з висновками, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Основна частина дисертації викладена на 270 сторінках друкованого тексту, включає 187 рисунків та 40 таблиць. Список використаних джерел з 288 найменувань поданий на 31 сторінці. Повний обсяг дисертації складає 312 сторінок включаючи додатки на 4 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету роботи, основні напрями досліджень і методи їх вирішення. Визначено об’єкт і предмет досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи і публікації.

У першому розділі дано визначення аукзетик матеріалів, проведено аналіз наукової та технічної літератури з питання використання аукзетик матеріалів у різноманітних галузях, а також детально проаналізовано їхні специфічні властивості: зростання модуля зсуву, опір продавлюванню, стійкість до утворення тріщини, здатність поглинати енергію (ультразвукову, акустичну), наявність змінної пористості при розтягуванні, здатність до еліпсоїдального викривлення поверхні. Головною характеристикою аукзетик-матеріалів є коефіцієнт Пуассона, який при їхньому розтягуванні набуває від’ємного значення. Коефіцієнт Пуассона визначають як від’ємне відношення зміни

поперечного розміру до зміни повздовжнього розміру матеріалу в напрямку навантаження і знаходять за формулою:

$$\nu_{yx} = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y}, \quad (1)$$

де ε_x – відносне розширення полотна;

ε_y – відносне видовження полотна.

Встановлено, що текстильна технологія пристосована до створення 3D стільникових структур. 3D стільникові текстильні матеріали є композиційними матеріалами нового типу, а отже і дослідження в цьому напрямку повинні проводитися з урахуванням нових потреб і вимог до них. Асортимент та сфери використання таких і подібних ним матеріалів можна значно розширити за рахунок використання аукзетик-матеріалів. Широке дослідження текстильних структур волокон, пряжі та тканин показують, що дослідження в сфері текстильних матеріалів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона є актуальними і матимуть подальший розвиток.

Проведений аналіз різноманітних структур та моделей, які запропоновані для досягнення аукзетик-ефектів в матеріалах, дозволив визначити низку структур, які можуть бути реалізовані в текстильних, і зокрема трикотажних, матеріалах як на мікро-, так і на макрорівні. Отримання аукзетик-текстильних матеріалів, зокрема трикотажних, з сировини, яка не має таких властивостей, все більше приваблює дослідників та науковців через широкі можливості в'язальних машин до отримання складаних тривимірних структур та сітчастих матеріалів з отворами різних форм та розміру. Отже, в'язані структури мають виключну універсальність і багатофункціональність при створенні текстильних аукзетик-матеріалів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона.

Отже, проведений аналіз наукової та патентної літератури дозволив визначити мету та етапи досліджень, проведення яких дозволяють розвинути наукові основи створення текстильних матеріалів, які мають здатність при розтягуванні збільшуватися в напрямку, перпендикулярному до прикладених сил, за рахунок їхньої макроструктури, а не за рахунок використання ниток з відповідними властивостями.

У другому розділі розроблено теоретичні основи створення текстильних аукзетик-матеріалів. Загальновідомо, що процес в'язання є найбільш універсальним способом отримання матеріалів з широким спектром експлуатаційних властивостей. В даній роботі більшої уваги приділено основ'язанню через його високу продуктивність та велике різноманіття структур.

На першому етапі досліджень при створенні аукзетик-структури в переплетення ланцюжок з відкритих петель ввели жорстку і малорозтяжну повздовжню утокову нитку, яка вільно обвиває протяжки петель ланцюжка (рис. 1). Така структура виявляє аукзетик-властивості при розтягуванні за рахунок випрямлення жорсткої нитки (з низьким модулем пружності) та зміні конфігурації остовів петель з нежорсткої нитки (з високим модулем пружності). Поєднання декількох таких ланцюжків в певному порядку призведе до створення

аукзетик-матеріалу. Однак, для з'єднання окремих ланцюжків в полотно необхідно в структуру трикотажу ввести додаткові нитки, наприклад у вигляді поперечного утоку, що значно вплине на властивості, які проектуються.

Однією з аукзетик-структур є структура з ромбовидних решіток. Її реалізація можлива в трикотажі утокового переплетення. В такій структурі перевага надається використанню двох систем утокових ниток: повздовжніх та поперечних (рис. 2. а). Однак, обмежена кількість існуючих основов'язальних машин оснащена пристроями прокладання утоку на всю ширину полотна. Тому, пропонується прокладати утокову нитку за певним рапортом при неповному її набірні в гребінку. Для кращого контакту двох сусідніх утокових ниток та для створення жорсткого каркасу з них доцільно в місцях повороту утокової нитки пров'язувати її в петлі (рис. 2. б). Грунтовим переплетенням такого трикотажу обрано ланцюжок.

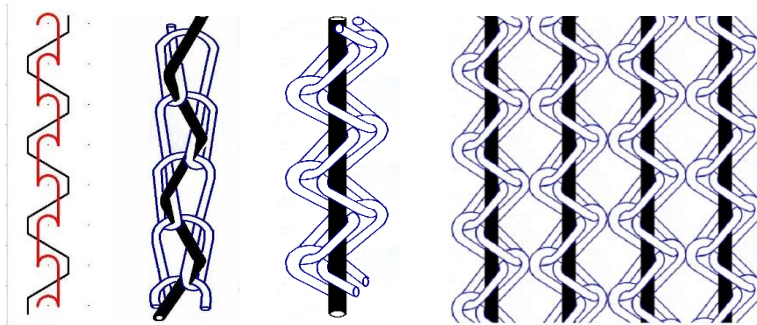


Рис. 1. Основов'язане переплетення ланцюжок з повздовжньою утоковою ниткою

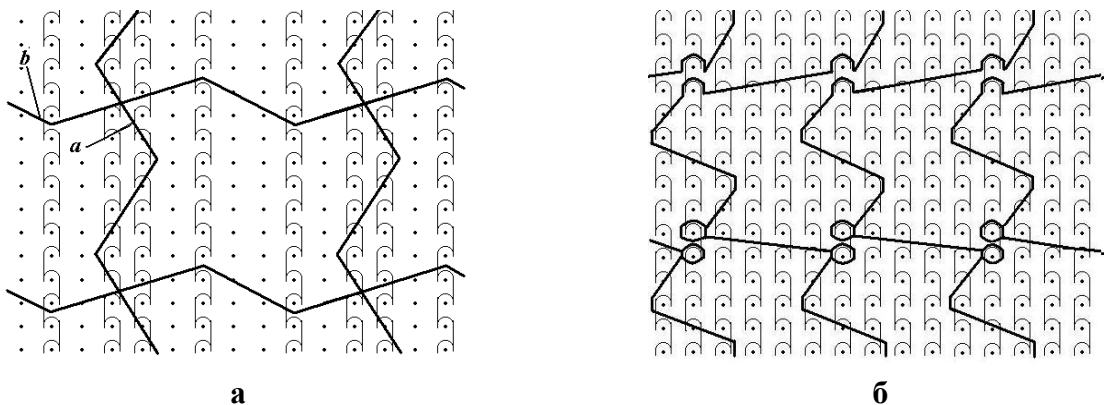


Рис. 2. Аукзетик трикотаж, який має елементарну ланку з ромбовидних решіток

Доведено, що при використанні арамідних ниток як утокових на певних ділянках вони розташовуються під невеликим нахилом до горизонтальної лінії (петельних рядів). Під час деформації таких полотен утокові нитки змінюють положення від нахилених до горизонтальних, завдяки чому і виявиться аукзетик-ефект.

Гексагональна форма чарунок в матеріалах передбачає додатний коефіцієнт Пуассона при їхньому розтягненні. Для створення сітчастої структури трикотажних полотен звичайно використовують філейні переплетення, наприклад, сполученням рядів трико та атласу при неповному (через вушковину) набірні гребінок (рис. 3). При розтягненні як вздовж петельних стовпчиків, так і вздовж петельних рядів таке полотно буде зменшуватися по ширині.

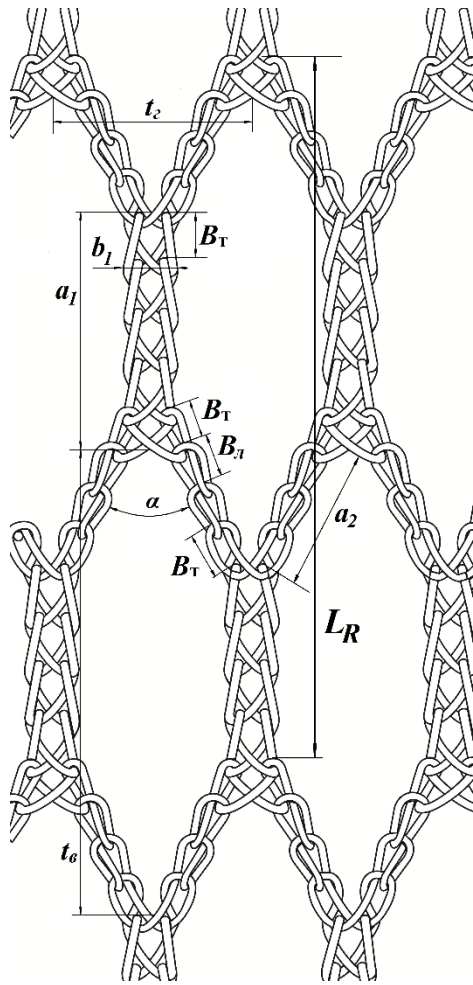
Для перетворення цієї структури в аукзетик запропоновано ввести високорозтяжні нитки у вигляді повздовжнього утоку, які подаються до зони в'язання зі значним попереднім видовженням і фіксуються у вертикальних ділянках чарунки. Після в'язання за рахунок релаксації внутрішньої напруги вони скорочуються, що і призводить до зміни конфігурації чарунок (рис. 4).

З метою проектування такої аукзетик-структури спочатку проведено аналіз чарунок гексагональної форми в трикотажі і сформульовано умови їхнього утворення.

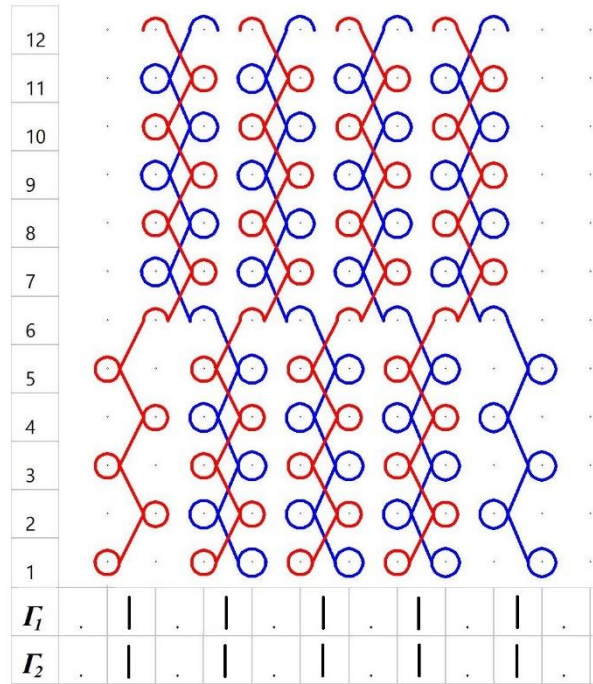
1. Сітчастий трикотаж з гексагональними чарунками можна отримати на машинах як із однією, так і з двома голечницями при використанні як мінімум двох гребінок, які набрані частково і виконують симетричну кладку ниток на голки для забезпечення симетричності чарунки.
2. Рекомендованим переплетенням є філейне, у рапорті якого чергуються ряди петель трико та атласу або ланцюжка, при використанні як мінімум двох гребінок, які набрані частково і виконують симетричну кладку ниток на голки.
3. У головці петлі вихідна протяжка накладається на вхідну, якщо у наступному петельному ряді петля є закритою. Вхідна і вихідна протяжки в головці петлі розташовуються одна біля одної, якщо в наступному петельному ряді петля є відкритою.
4. Якщо над закритою петлею трико в наступному петельному ряді розташовується також закрита петля трико з ниток іншої гребінки, то така петля розташовується в полотні вертикально формуючи вертикальну сторону чарунки.
5. Якщо над закритою петлею трико розташовується відкрита петля трико або петля ланцюжка, то вони нахиляються відносно вертикальної вісі формуючи діагональну сторону чарунки.
6. Якщо у рапорті переплетення непарна кількість відкритих петель ланцюжка, то наступною за ними буде закрита петля трико. Якщо у рапорті переплетення парна кількість відкритих петель ланцюжка, то наступною за ними буде відкрита петля трико.
7. Петлі трико, які пров'язуються в наступному за петлями ланцюжка ряді рапорту, незалежно від їхнього типу (закрита чи відкрита) нахиляються відносно вертикальної вісі.

Таким чином, вертикальні сторони чарунки утворюються взаємоперехрещеними петлями трико, а нахилені – петлями трико та ланцюжка, а розміри чарунки залежать від кількості рядів трико та ланцюжка в рапорті переплетення при інших рівних умовах.

У результаті детального аналізу структури філейного трикотажу, який утворено чергуванням петель трико та атласу або ланцюжка в рапорті, встановлено, що за формою та розмірами петлі, які утворюють гексагональні чарунки, можна розділити на шість видів (таблиця 1).

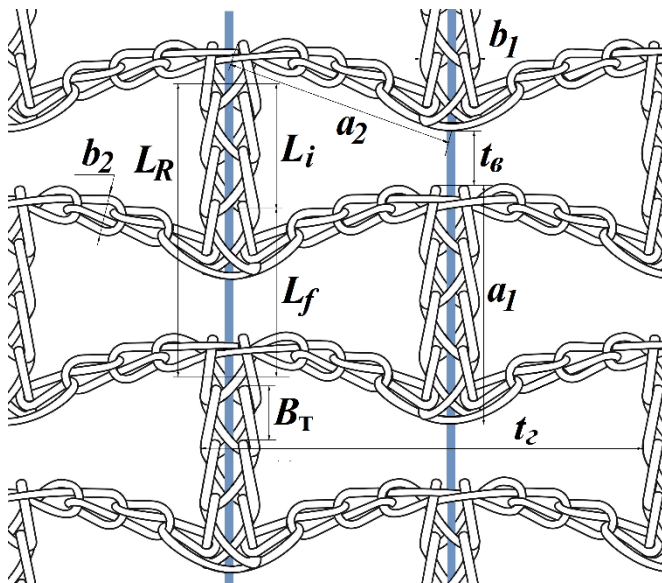


а. структура

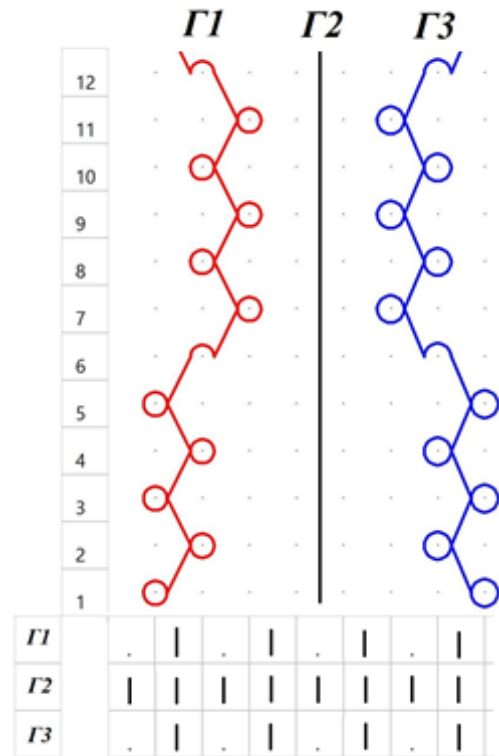


б. графічний запис

Рис. 3. Філейний трикотаж з гексагональними отворами



а. структура



б. графічний запис

Рис. 4. Утоково-філейний трикотаж з аукзетик властивостями

Види петель в трикотажі філейного переплетення

Вид	Особливості	Формула для визначення довжини нитки
I	закрита петля трико з одностороннім розташуванням протяжок, яка розміщується вертикально	$l_I = (h - 2,5d) + \frac{3\pi}{2}d + (h - 2,5d) + \frac{\pi}{2}d + (f + 2d) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h^2 - 3hd + 3,25d^2}{(f + 2d)^2}\right)^2} \cos^2 t dt$
II	закрита петля трико з одностороннім розташуванням протяжок, яка нахилиється у напрямку, протилежному нахилу вихідної протяжки	$l_{II} = (h - 2d) + d \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{8 \sin^2 t + 2,62} dt + (h - 2d) + (f + 3d) \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h^2 - 2hd + 5d^2}{(f + 3d)^2}\right)^2} \cos^2 t dt$
III	відкрита петля трико з двостороннім розташуванням протяжок, яка нахилиється у напрямку вихідної протяжки	$l_{III} = (h - 0,5d) + \pi d + (h - 0,5d) + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{(h^2 - d^2) \cos^2 t + (f + 4d)^2 \sin^2 t + 1,62d^2} dt$
IV	закрита петля трико з одностороннім розташуванням протяжок, яка нахилиється у напрямку вихідної протяжки	$l_{IV} = \sqrt{h^2 - hd + 4,25d^2} + \pi d + (h - 0,5d) + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{(h^2 - d^2) \cos^2 t + (f + 4d)^2 \sin^2 t + 1,62d^2} dt$
V	відкрита петля ланцюжка, яка розташовується під кутом до напрямку в'язання і над якою закрита петля	$l_V = (h - 1,5d) + \pi d + (h - 1,5d) + \pi d \sqrt{1 + \frac{1}{\pi^2} + \sqrt{h^2 - 3hd + 3,81d^2}}$
VI	відкрита петля ланцюжка, яка розташовується під кутом до напрямку в'язання, і над якою відкрита петля	$l_{VI} = (h - 1,5d) + \frac{3\pi}{2}d + (h - 1,5d) + \pi d \sqrt{1 + \frac{1}{\pi^2} + \sqrt{h^2 - 3hd + 3,81d^2}}$

Моделювання петель основов'язаного філейного трикотажу проводили по середній лінії нитки шляхом поділу її на ділянки плоских та просторових ліній. У результаті проведеного теоретичного аналізу отримані формули для визначення довжини нитки в петлях різних видів з урахуванням діаметра нитки d , висоти петлі h та відстані між двома сусідніми петлями f . Порівняння розрахункових показників з експериментальними даними, які отримані шляхом розпуску полотен, які вироблені з поліефірної нитки лінійної густини 27,8 текс на машині 10 класу, показують збіжність отриманих результатів, що є підтвердженням правильності підходу до моделювання петлі.

Враховуючи наведені вище моделі звичайних та реентерабельних гексагональних чарунок і особливості будови основов'язаного трикотажу філейного переплетення, при проектуванні аукзетик-трикотажу запропоновано використовувати наступні розміри елементарної чарунки (рис. 3), які звичайно використовують для характеристики сітковиробів: довжини a_1, a_2 і ширини b_1, b_2 вертикальної і нахиленої сторін, кроки чарунки по горизонталі t_2 і вертикалі t_6 , кут розкриття чарунки α та кут нахилу сторони чарунки до горизонталі β . Максимального абсолютного значення від'ємний коефіцієнт Пуассона видозміненої гексагональної чарунки досягне тоді, коли під дією навантаження нахилені ребра вирівнюються і розташовуються горизонтально в структурі трикотажу. Відстань між двома вертикальними ребрами чарунки зростає від t_2 до $2a_2$ по горизонталі і від t_6 до $(a_1 - 2b_2)$ по вертикалі.

На підставі певних математичних перетворень отримано формули для визначення коефіцієнту Пуассона запропонованої структури:
при розтягуванні вздовж петельних стовпчиків

$$v_{xy} = -\frac{(2a_2 - t_2)}{(a_1 - 2b_2 - t_6)} \frac{t_6}{t_2}, \quad (2)$$

при розтягуванні вздовж петельних рядів

$$v_{yx} = -\frac{(a_1 - 2b_2 - t_6)}{(2a_2 - t_2)} \frac{t_2}{t_6}. \quad (3)$$

З огляду на розміри петель різних типів в структурі подальше проектування основов'язаних аукзетик-полотен утоково-філейного переплетення проводимо виходячи з довжини нитки в петлі та висоти петель трико та ланцюжка в урівноваженій структурі (B_T, B_L) та у структурі під натягом (B_{Tmax}, B_{Lmax}). При цьому, прийнято декілька припущень:

- релаксація високорозтяжної утокової нитки на ділянці розташування її в структурі трикотажу незначна і не впливає на форму та розміри петель ґрунтового переплетення;
- повна релаксація високорозтяжної нитки відбувається на ділянці її вільного розташування, тобто коли вона не зафіксована в структурі трикотажу.

Аукзетик-ефект в основов'язаному трикотажі з видозміненими гексагональними чарунками досягається за умови:

$$t_B < (a_1 - 2b_2) \quad (4)$$

Довжина високорозтяжної нитки, яка не вв'язана у структуру і вільно розташована в ній, з урахуванням кількості рядів трико (n_T) та ланцюжка (n_L) в рапорті філейного переплетення і кількості рядів (i), в яких зафіксовано утокову нитку, становить:

- у трикотажі в урівноваженому стані

$$L_f < ((2n_T - 1,5 - i)B_T - 2b_2) \quad (5)$$

- у трикотажі, який знаходиться під дією сили відтягування

$$L_f^S = (2n_T - i + 0,5)B_{T \max} + 2n_L B_{L \max} \quad (6)$$

Таким чином, враховуючи отримані рівняння (5) та (6) довжини високорозтяжної утокової нитки, за рахунок релаксації якої відбувається зміна гексагональної форми чарунки, можна визначити необхідне її видовження перед входом до зони в'язання, яке дозволить отримати трикотаж з аукзетик-властивостями

$$\varepsilon > \left[\frac{(2n_T - i + 0,5)B_{T \max} + 2n_L B_{L \max}}{(2n_T - 1,5 - i)B_T - 2b_2} - 1 \right] 100, \% \quad (7)$$

Очевидно, необхідне видовження зростає зі зменшенням кількості рядів трико та зі збільшенням кількості рядів ланцюжка у рапорті філейного переплетення, а також при збільшенні кількості рядів, в яких утокова нитка фіксується в структурі трикотажу (таблиця 2).

Таблиця 2

Результати теоретичних розрахунків

№ п/п	Рапорт філейного переплетення		Мінімальне подовження ε для різних варіантів розташування утоку, %			Коефіцієнт Пуассона, ν_{xy}
	n_T	n_L	$i=1$	$i=2$	$i=3$	
1	3	1	483	947	-	-0,031
2	3	2	614	1222	-	-0,130
3	3	3	746	1497	-	-0,196
4	5	1	198	226	270	-0,144
5	5	2	240	278	334	-0,698
6	5	3	283	329	399	-1,070
7	7	1	143	152	164	-0,195
8	7	2	168	181	196	-1,179
9	7	3	194	209	228	-1,846

Абсолютне значення коефіцієнта Пуассона зростає зі збільшенням кількості рядів як трико, так і ланцюжка у рапорті ґрунтового філейного переплетення.

Тобто, найкраще значення показника очікується у трикотажі, у рапорті якого 7 рядів трико та 3 ряди ланцюжка, в той же час попереднє видовження високорозтяжної нитки повинно бути значно вищим.

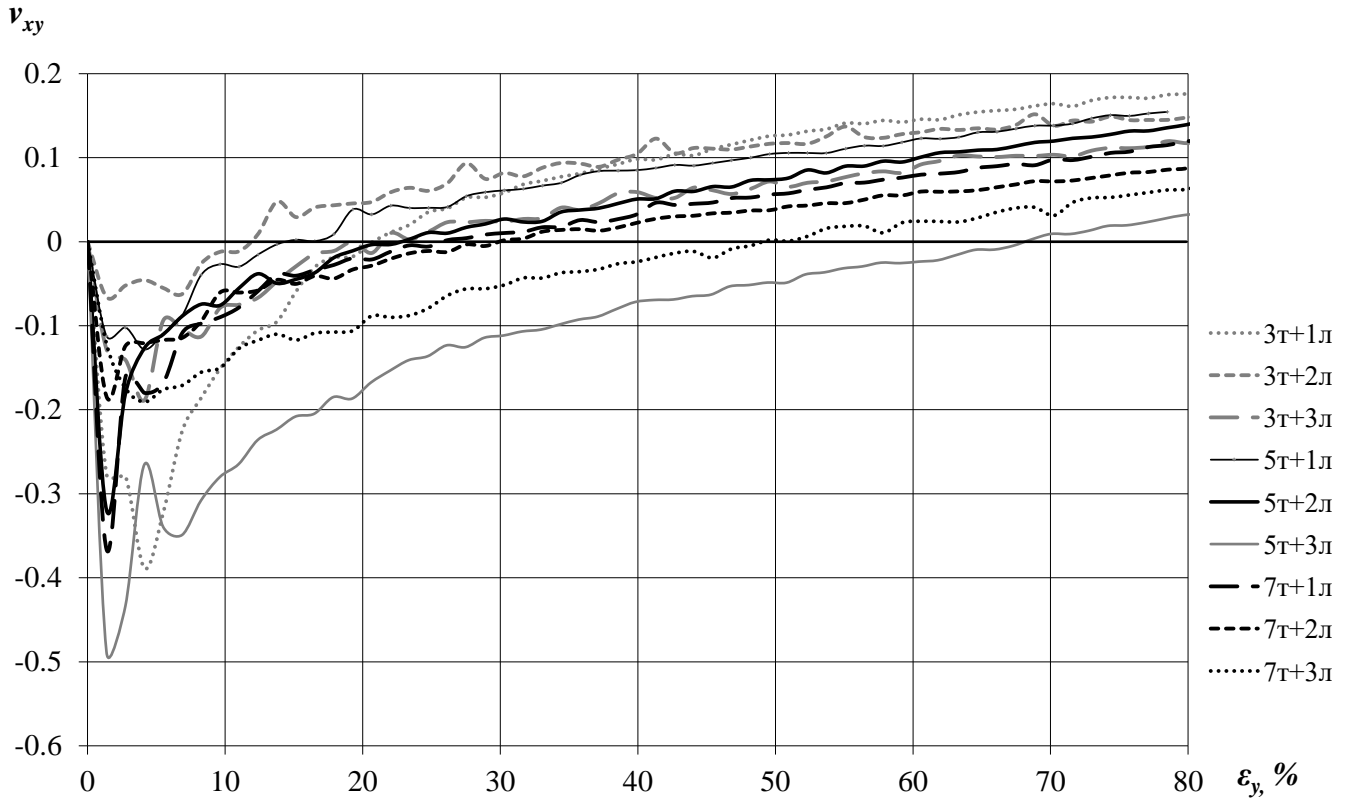
Для експериментального підтвердження теоретичних положень на основ'язальній машині 10 класу вироблено зразки трикотажу утоково-філейного переплетення з поліефірної нитки лінійної густини 27,8 текс як ґрунтової та поліуретанової нитки з'єднаної з поліефірною ниткою 16,7 текс як утокової. Для дослідження впливу варіанту розташування утокової нитки в структурі обрано варіанти, в яких вона обвиває протяжки петель трико однієї гребінки в двох сусідніх рядах, а протяжки петель трико іншої гребінки перекривають їх з виворотної (варіант *a*) або лицьової (варіант *б*) сторони. Для дослідження впливу рапорту філейного переплетення змінювали кількість рядів петель трико (від 3 до 7), які створюють вертикальну сторону чарунки, та кількість рядів петель ланцюжка (від 1 до 3), які подовжують нахилу сторону.

У результаті проведеного дослідження структури трикотажу встановлено, що полотна всіх вироблених варіантів мають видовжену гексагональну форму чарунки. Сторона чарунки, яка утворена петлями ланцюжка, розташовується практично горизонтально або з незначним вигином усередину чарунки залежно від варіанту рапорту переплетення. Таким чином, підтверджується можливість зміни конфігурації чарунки філейного трикотажу за рахунок введення високорозтяжної утокової нитки.

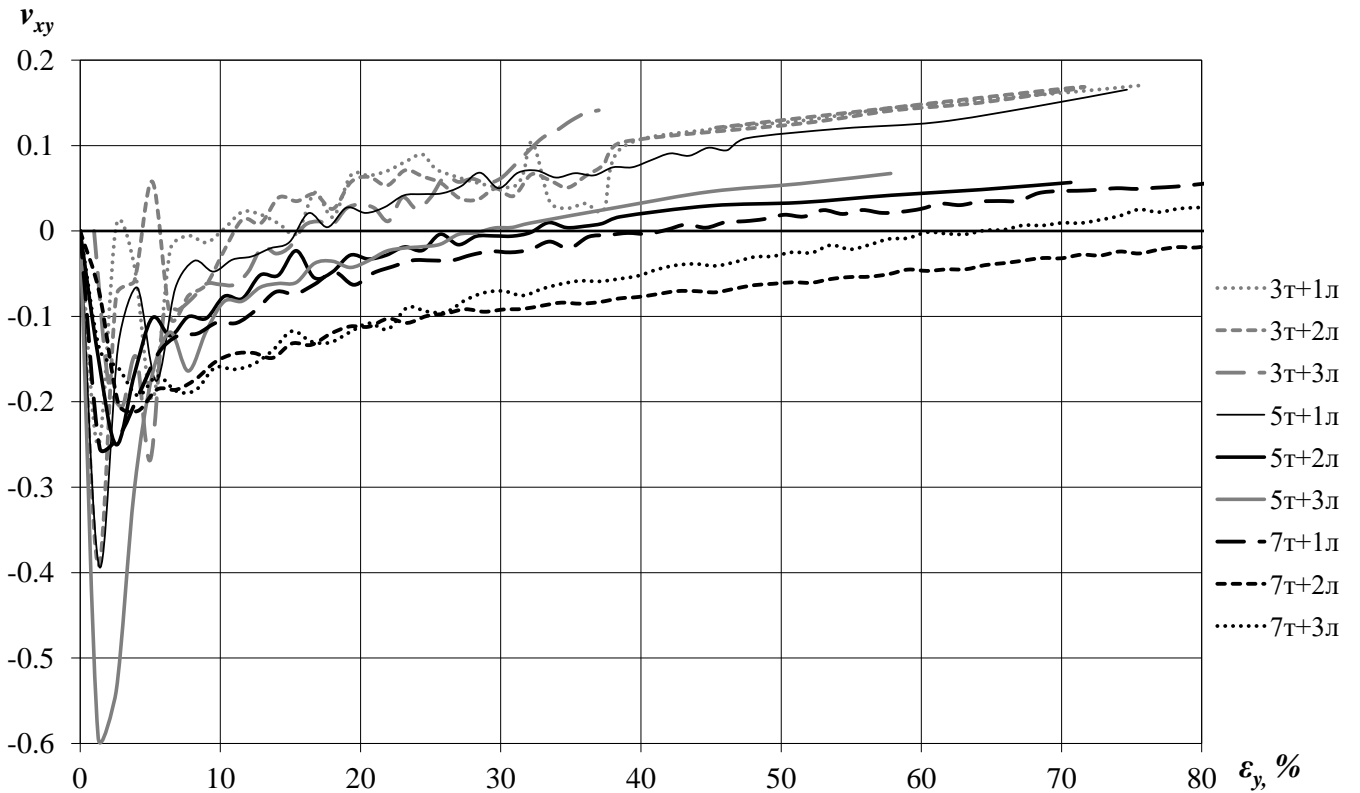
Третій розділ присвячено дослідженню коефіцієнта Пуассона при розтягуванні основ'язаних полотен та встановленню факторів, які визначають його від'ємність. Дослідження коефіцієнта Пуассона проводили на установці, яка складається з розривальної машини Instron та цифрової фотокамери. Фото зразка роблять в процесі розтягування через кожний 1 мм видовження. Відносне розширення полотна визначають як зміну ширини зразка у центральній частині проби, а відносне видовження - як зміну відстані між ділянками зразка, які знаходяться у затискачах розривальної машини. На підставі проведених розрахунків коефіцієнта Пуассона побудовано графіки його залежності від видовження зразка (рис. 5 та рис. 6).

У результаті досліджень встановлено, що практично всі основ'язані полотна утоково-філейного переплетення на першому етапі розтягнення (видовження до 20 %) мають від'ємний коефіцієнт Пуассона, що свідчить про аукзетик-властивості розробленого трикотажу. Слід зазначити, що основ'язані полотна утоково-філейного переплетення з варіантом *б* введення утокової нитки мають показник вищий (до 20 %), ніж полотна з варіантом *a* введення утокової нитки. Це можна пояснити відмінністю у конфігурації чарунки полотен варіанту *б*: вертикальні сторони чарунок не тільки наближуються по довжині полотна, а одночасно нахиляються в площині полотна. Особливо такий нахил спостерігається у полотнах, у рапорті яких 7 рядів трико. У таких полотнах від'ємність коефіцієнта Пуассона виявляється при розтягуванні як вздовж петельних стовпчиків, так і вздовж петельних рядів.

Аналіз отриманих експериментальних даних дозволив встановити залежність коефіцієнта Пуассона основ'язаного трикотажу утоково-філейного

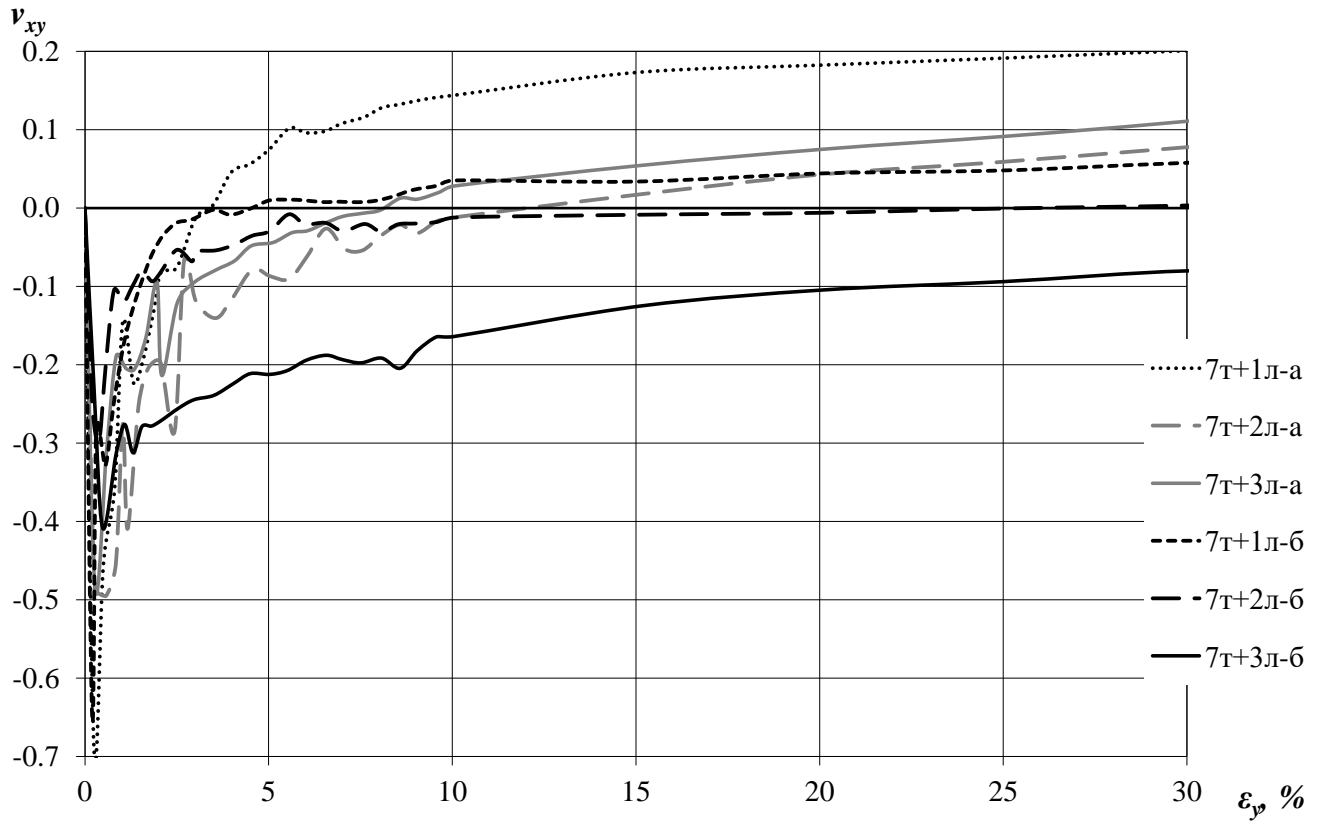


а) полотна варіанту а розташування утокової нитки

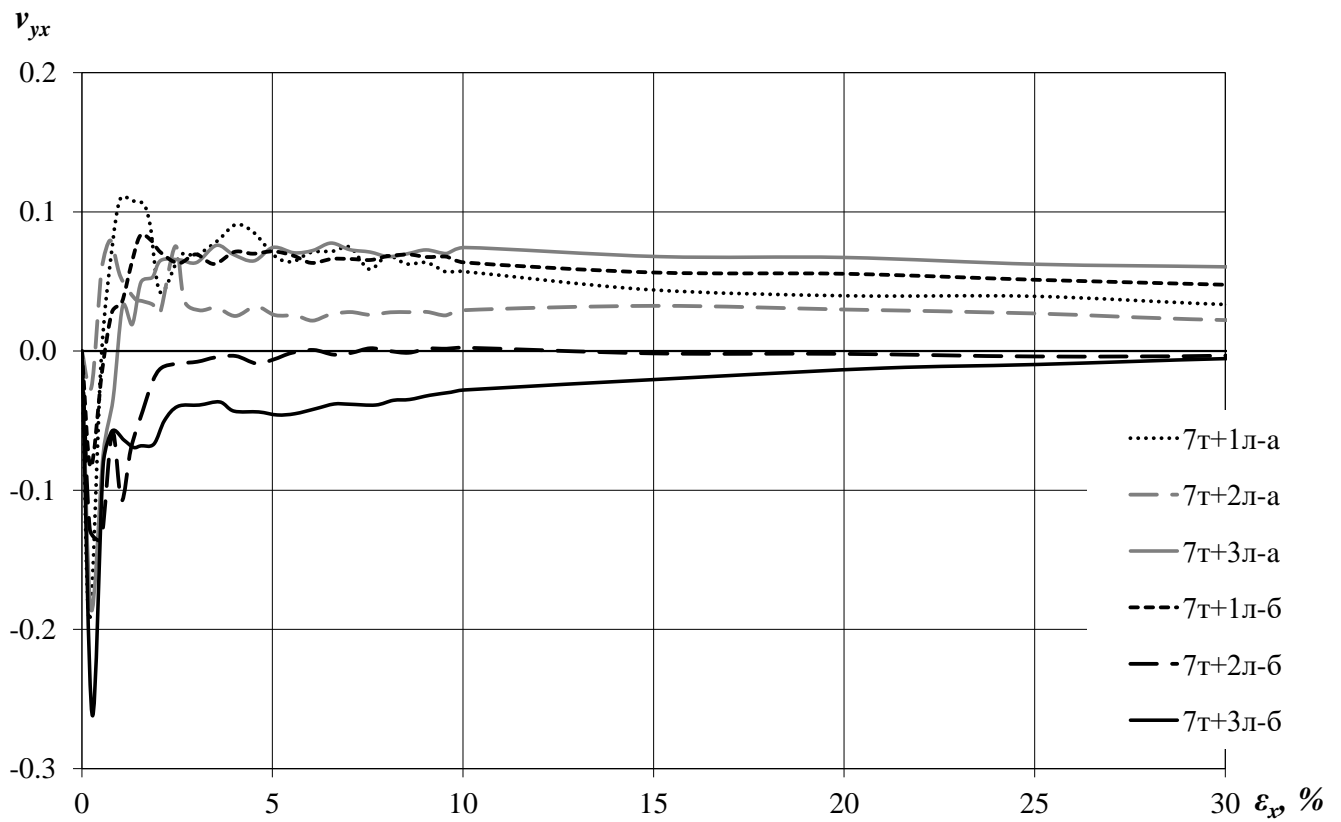


б) полотна варіанту б розташування утокової нитки

Рис. 5. Залежності коефіцієнта Пуассона від видовження вздовж петельних стовпчиків трикотажу з поліуретановою ниткою 7,8 текс



а) при розтягуванні вздовж петельних стовпчиків



б) при розтягуванні вздовж петельних рядів

Рис. 6. Залежності коефіцієнта Пуассона від видовження трикотажу з поліуретановою ниткою 4,4 текс

переплетення від наступних співвідношень розмірів (рис. 4) елементарної чарунки: співвідношення кроків чарунок $K_1 = t_e/t_z$, відношення кроку чарунки по вертикалі до висоти вертикальної сторони $K_2 = t_e/a_1$, тангенс кута нахилу діагональної сторони чарунки до горизонталі $\text{tg } \beta = (t_e - a_1)/t_z$. Найкращу кореляцію коефіцієнта Пуассона встановлено до тангенсу кута нахилу діагональної сторони чарунки.

Результати експериментальних досліджень коефіцієнта Пуассона утоково-філейного трикотажу, який вироблено з поліефірної нитки 27,8 текс як ґрунтової та поліуретанової нитки 7,8 текс з'єднаної з поліефірною ниткою 16,7 текс як утокової, що розташується в структурі трикотажу в двох рядах рапорту і подається в зону в'язання з видовженням 150 %, представлено на рис. 7.

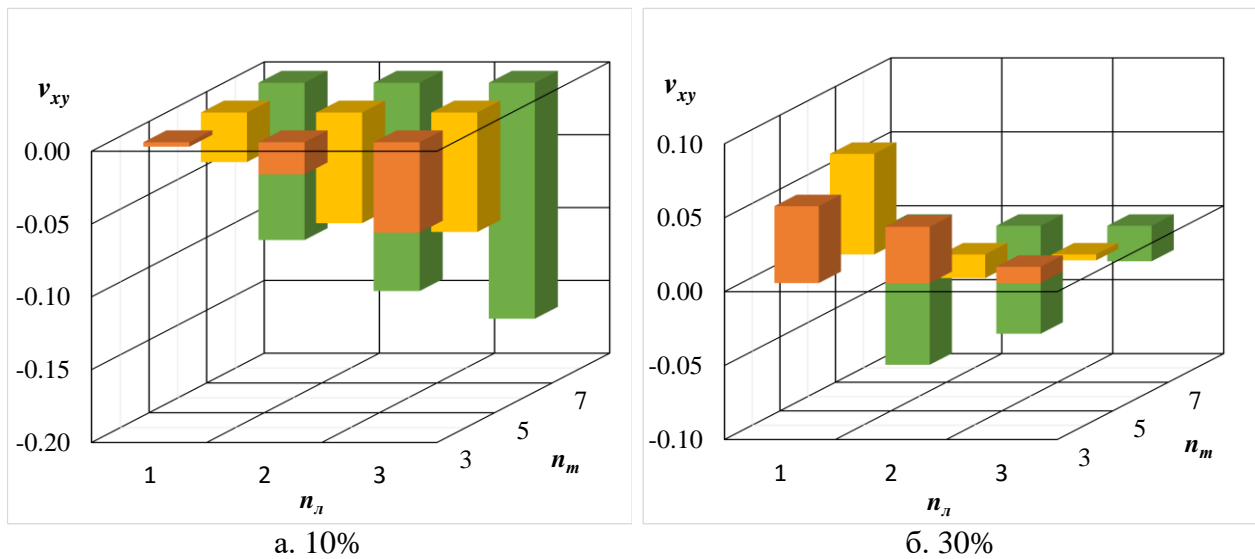


Рис. 7. Коефіцієнт Пуассона трикотажу при різних рівнях видовження

Встановлено, що, як і передбачалось теоретично, абсолютне значення коефіцієнта Пуассона зростає зі збільшенням кількості рядів як трико так і ланцюжка у рапорті ґрунтового філейного переплетення. Отже експериментально підтверджено правомірність застосування отриманих аналітичних рішень при виробленні матеріалів із від'ємним коефіцієнтом Пуассона. Однак, ця тенденція зберігається незначний період процесу розтягування (до 10 %).

Подальше розтягування трикотажу призводить до того, що в переважній більшості варіантів структури коефіцієнт Пуассона набуває додатного значення. При видовженні трикотажу на 30 % лише варіанти структури, у рапорті яких 7 рядів трико, зберігають від'ємність коефіцієнта Пуассона, але його абсолютне значення знижується зі збільшенням рядів ланцюжка у рапорті. Це є результатом недостатнього видовження високорозтяжної утокової нитки перед входом до зони в'язання.

Дослідження процесу розтягування основов'язаного трикотажу утокових переплетень, в якому реалізовано реентерабельну аукзетик структуру у вигляді решіток (рис. 2), показало, що даний трикотаж на першому етапі розтягування поводить себе як звичайне полотно, тобто звужується. У момент, коли відносне

видовження полотен перевищує 20 – 30 %, відмічається зростання ширини зразків в деяких випадках на 20 % (рис. 8). На першому етапі під дією сил розтягування відбувається витягування петлі ланцюжка і перерозподіл нитки між остовом та протяжками, лише після чого починає працювати утокова нитка, яку введено в структуру. Отже, удосконалення даної структури слід здійснювати за рахунок варіювання сировинним складом ґрунтових та утокових ниток, а також за рахунок збільшення щільності в'язання ланцюжка.

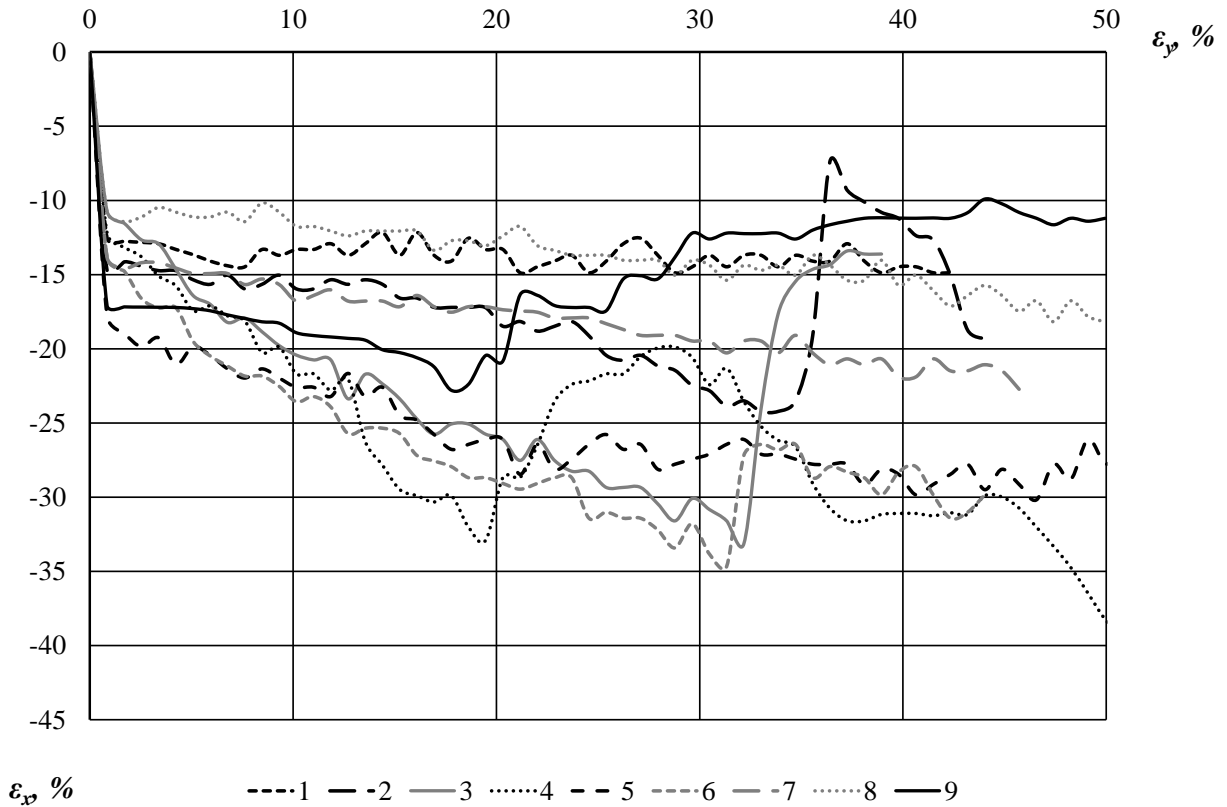


Рис. 8. Залежність відносного розширення від видовження основ'язаного трикотажу утокового переплетення



а. пристрій



б. матеріали під час дослідів

Рис. 9. Експрес-метод виявлення аукзетик-властивості

В роботі представлено розроблений експрес-метод попередньої оцінки аукзетик-властивості текстильних матеріалів, який заснований на їхній здатності утворювати випуклу еліпсоподібну форму поверхні при формуванні і дозволяє значно скоротити час на проведення експериментальних досліджень. Для проведення експрес-тестування потрібен пристрій, що складається з невеликої кулі діаметром $40 \div 50$ мм, яку фіксують на вертикальному стрижні висотою 100 мм (рис. 9. а). Метод полягає в тому, що зразок досліджуваного матеріалу розміром 150 мм x 150 мм накладається на кулю і залишається на 30 хвилин, після чого проводять візуальну оцінку форми поверхні, що утворилася (рис. 9. б).

У **четвертому розділі** представлено теоретичний аналіз структурних особливостей трикотажу утоково-філейного переплетення, який має від'ємне значення коефіцієнту Пуассона. Визначено місце утокової нитки в структурі трикотажу залежно від технологічних умов: взаємного розташування гребінок з утоковими та ґрунтовими нитками, їх набирання, величини та напрямку зсуву за спинками голок.

Особливістю введення утоку в структуру філейного трикотажу є те, що ґрунт філейного трикотажу утворюється двома гребінками при неповному (через вушковину) їх набиранні. І, оскільки отвори трикотажу філейного переплетення розташовані зі зміщенням, для введення утокової нитки в структуру в кожному петельному стовпчику необхідно також дві гребінки при неповному (через вушковину) їхньому набиранні.

Для визначення місця утокової нитки у структурі трикотажу філейного переплетення, яке утворено чергуванням рядів трико та атласу, на початку встановлено можливі варіанти взаємодії утокової та ґрунтової гребінок з урахуванням їх часткового набирання нитками.

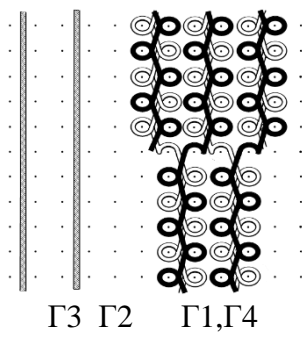
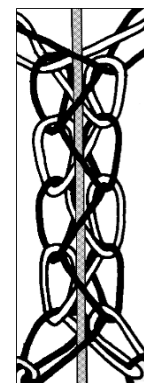
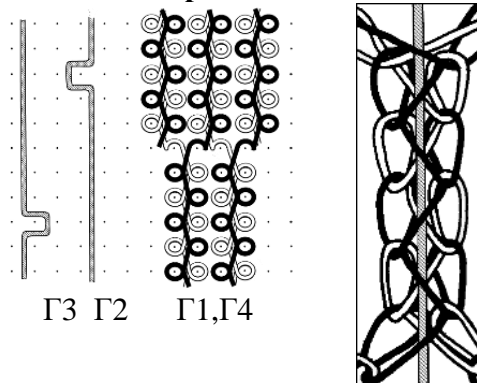
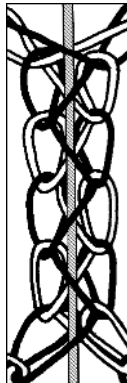
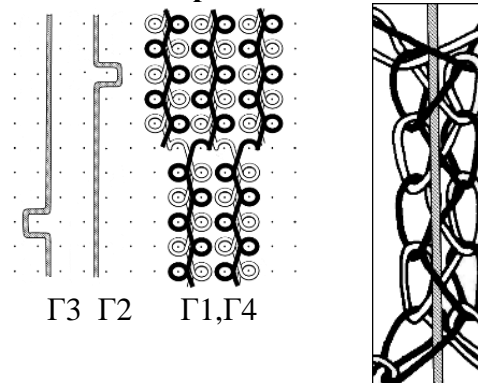
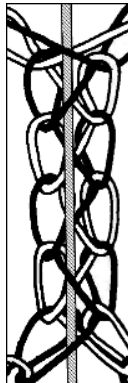
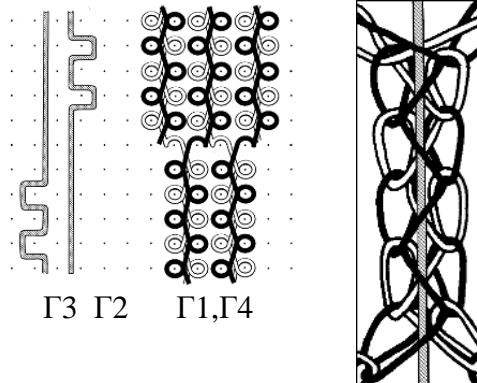
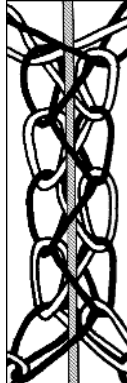
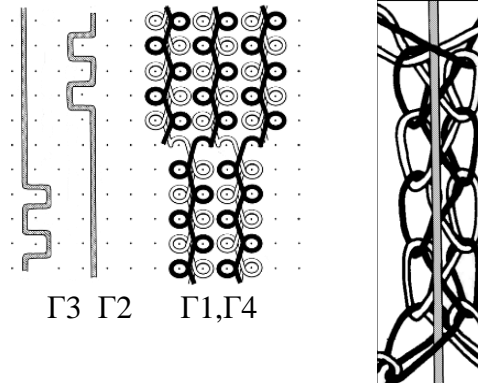
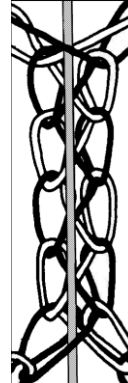
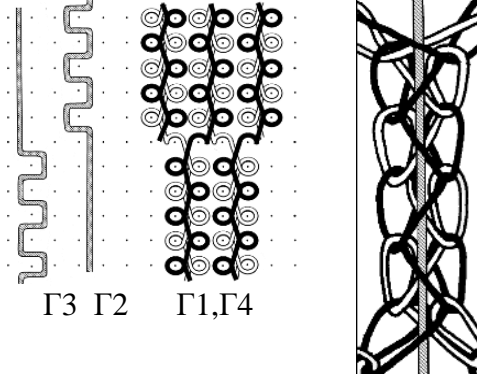
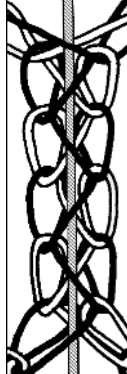
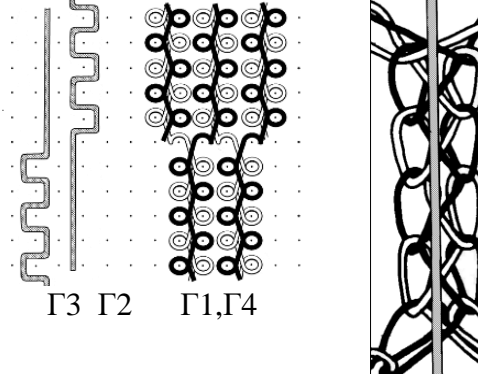
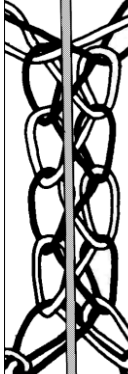
Положення утокових ниток в структурі залежить не тільки від взаємних зсувів утокових та ґрунтових гребінок, а також від їхнього взаємного розташування на основов'язальній машині. Таким чином, можливі два варіанти заправки утокових ниток, враховуючи що гребінка Г1 розташована далі за спинками голок, а гребінка Г4 є найближчою до голок:

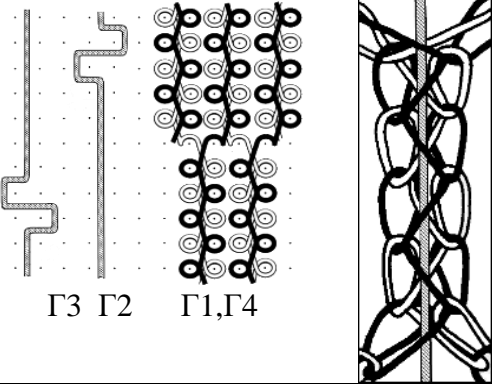
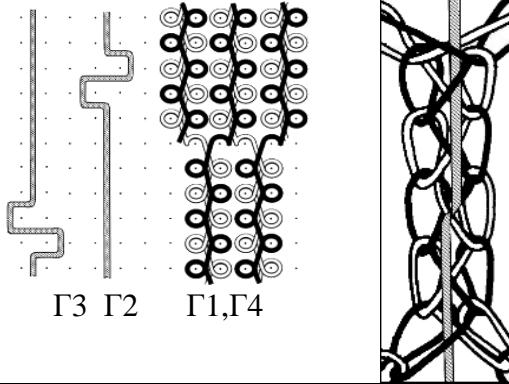
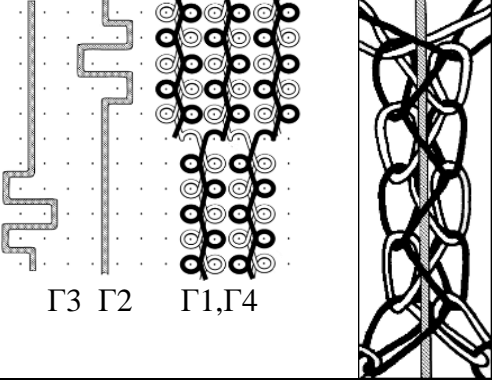
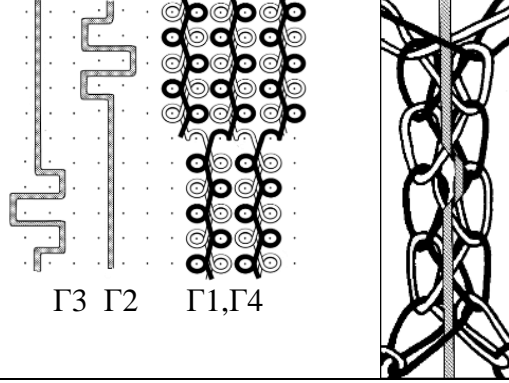
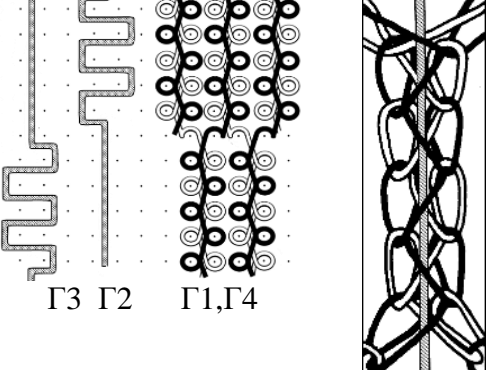
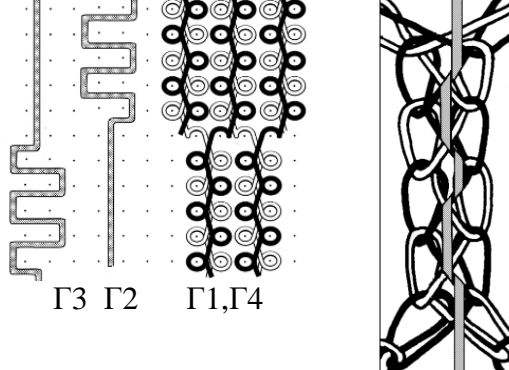
- утокові гребінки розташовуються між ґрунтовими, тобто гребінки Г1 та Г4 заправлені ґрунтовими нитками і утворюють філейне переплетення, а гребінки Г2 та Г3 заправлені утоковими нитками для введення їх в структуру трикотажу;
- утокові гребінки розташовуються перед ґрунтовими, тобто гребінки Г1 та Г2 заправлені ґрунтовими нитками і утворюють філейне переплетення, а гребінки Г3 та Г4 заправлені утоковими нитками для введення їх в структуру трикотажу.

За подальшого аналізу структури трикотажу і варіанту розташування в ньому утокової нитки, аналізують ділянку рядів трико, які утворюють вертикальну сторону чарунки. Адже саме на цій ділянці відбувається взаємодія утоку з протяжками петель ґрунту. На інших ділянках чарунки утокова нитка тягнеться всередині отвору чарунки у вигляді повздовжнього утоку.

Так, при розташуванні утокових гребінок між ґрунтовими (таблиця 3) у випадку, коли вони виконують зсуви протилежно ґрунтовій гребінці Г1 (варіан-

Місце утокової нитки в структурі при розташуванні утокових гребінок між ґрунтовими

Величина зсуву	Зсув утокових гребінок Г3 та Г4 по відношенню до гребінки Г1 (чорна нитка), яка знаходиться далі за спинками голок	
	протилежно	паралельно
1	2	3
Утокові гребінки не виконують зсувів	Варіант 1.1	
	 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	
Утокові гребінки зсуваються на 1 голковий крок	Варіант 1.2	
	 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	
	Варіант 1.8	
	 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	
	Варіант 1.3	
	 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	
Варіант 1.9		
 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>		
Варіант 1.4		
 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>		
Варіант 1.10		
 <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>		

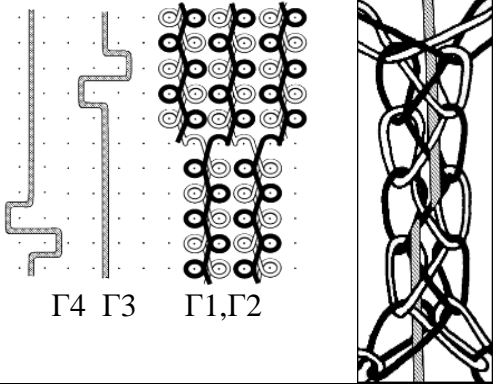
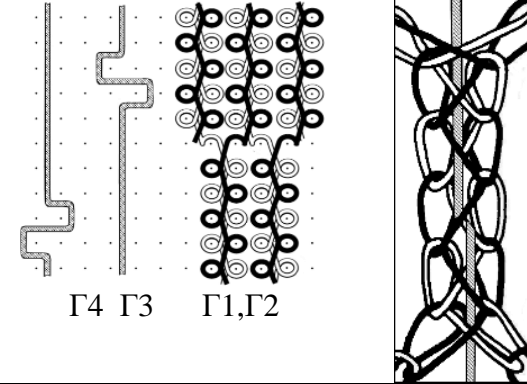
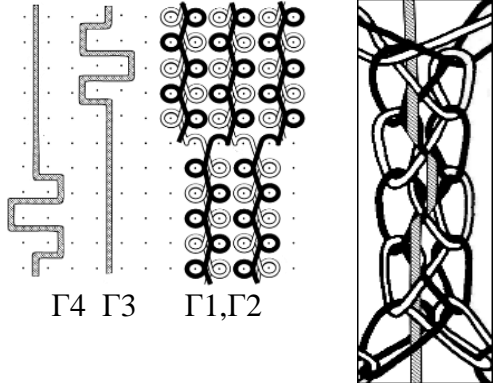
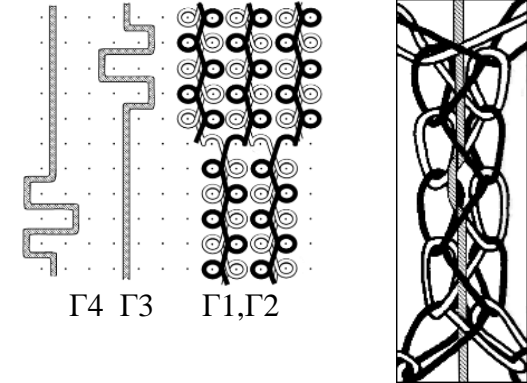
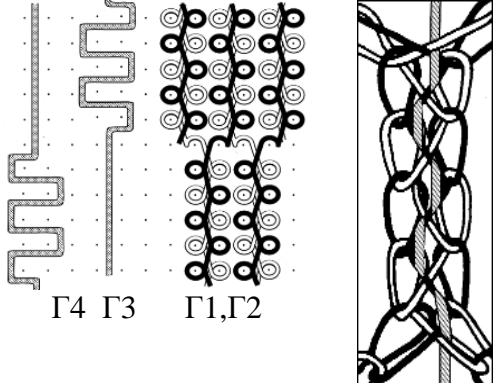
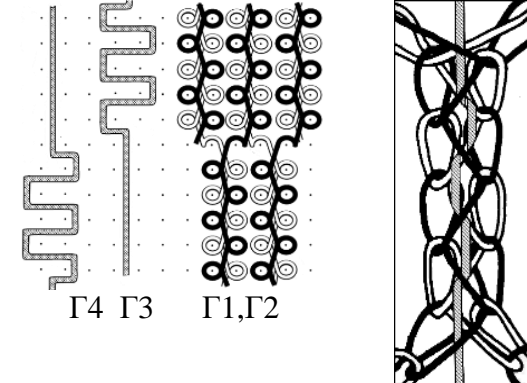
1	2	3
Утокові гребінки зсуваються на 2 голкових кроки	<p style="text-align: center;">Варіант 1.5</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 1.11</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>
	<p style="text-align: center;">Варіант 1.6</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 1.12</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>
	<p style="text-align: center;">Варіант 1.7</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 1.13</p>  <p style="text-align: center;">Г3 Г2 Г1,Г4</p>

ти 1.2 ÷ 1.7) або взагалі не виконують зсувів (варіант 1.1), забезпечується розташування нитки утку між протяжками петель трико, які утворені з ниток різних гребінок. У випадку зсувів утокових гребінок на 1 голковий крок паралельно ґрунтовій гребінці Г1 (варіанти 1.8 ÷ 1.10) утокові нитки виходять на виворіт полотна, а в інших рядах рапорту розташовуються між протяжками петель трико, утворених з ниток різних гребінок.

У варіантах 1.11 ÷ 1.13 утокові гребінки зсуваються за спинками голок на 2 голкових кроки за рапортом, що забезпечує в цих рядах обвивання утоковими нитками протяжок петель трико, які утворені з ниток гребінки Г1. В інших рядах рапорту утокові нитки розташовуються між протяжками петель трико, утворених з ниток різних гребінок. Таким чином, у цих варіантах прокладання утокової нитки підвищується надійність їх закріплення в структурі трикотажу.

Місце утокової нитки в структурі при розташуванні утокових гребінок за ґрунтовими

Величина зсуву	Зсув утокових гребінок Г3 та Г4 по відношенню до гребінки Г1 (чорна нитка), яка знаходиться далі за спинками голок	
	паралельно	протилежно
1	2	3
Утокові гребінки не виконують зсувів	Варіант 2.1	
Утокові гребінки зсуваються на 1 голковий крок	Варіант 2.2	
	Варіант 2.8	
	Варіант 2.3	
Варіант 2.9		
Варіант 2.4		
Варіант 2.10		

1	2	3
Утокові гребінки зсуваються на 2 голкових кроки	<p style="text-align: center;">Варіант 2.5</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 2.11</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>
	<p style="text-align: center;">Варіант 2.6</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 2.12</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>
	<p style="text-align: center;">Варіант 2.7</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>	<p style="text-align: center;">Варіант 2.13</p>  <p style="text-align: center;">Г4 Г3 Г1,Г2</p>

При розташуванні вушкових гребінок, які заправлені утоковими нитками, за гребінками, які заправлені ґрунтовими нитками (таблиця 4), у випадку, коли утокові гребінки не виконують зсувів за спинками голок вони вільно розташовуються з лицьової сторони (варіант 2.1). При зсуві утокових гребінок в бік зсуву ґрунтової гребінки, яка розташована далі за спинками голок, отримуємо структури, в яких утокові нитки виходять за рапортом то на лицьову, то на виворітну сторони трикотажу (варіанти 2.2 ÷ 2.4) або обвивають протяжки петель з ниток обох гребінок одночасно (варіанти 2.5 ÷ 2.7).

При зсуві утокових гребінок протилежно ґрунтовій гребінці Г1, яка розташована далі за спинками голок, забезпечується перекривання утку нитками цієї гребінки з виворітної сторони. В рядах, в яких утокові гребінки зсуваються за спинками голок на 1 голковий крок (варіанти 2.8 ÷ 2.10), утокові

нитки розташовуватимуться між протяжками петель трико з ниток різних ґрунтових гребінок. При зсуві утокових гребінок на 2 голкових кроки (варіанти 2.11 ÷ 2.13), відбувається обвивання утоковими нитками протяжок петель трико з ниток ґрунтової гребінки Г2. В рядах, в яких утокова гребінка не виконує зсувів, утокова нитка розташовується з лицьової сторони трикотажу.

Проведені теоретичні дослідження дозволяють визначити місце утокової нитки в структурі філейного трикотажу і встановити варіант більш надійного закріплення її в полотні.

П'ятий розділ присвячено експериментальним дослідженням головних параметрів структури (кількості петельних стовпчиків та рядів у 100 мм трикотажу, поверхневій густині полотна, товщині трикотажу і розміру чарунок) та фізико-механічним властивостям (розривальним характеристикам та показникам деформації) трикотажних полотен утоково-філейного переплетення.

Всі полотна виготовлено на однофонтурній основов'язальній машині фірми Müller (Швейцарія) моделі RD-MT 10 класу. Як сировину для ґрунтового філейного переплетення використано поліефірну нитку лінійної густини 27,8 текс, а як утокову обрано поліуретанову нитку лінійної густини 7,8 текс, яка з'єднана з поліефірною ниткою лінійної густини 16,7 текс. Всі трикотажні полотна отримані при незмінних параметрах в'язання: натяг ґрунтових ниток $17,0 \pm 0,8$ сН; натяг утокових ниток $24,1 \pm 0,6$ сН, що забезпечує їхнє попереднє видовження на 150 %; питоме зусилля відтягування $22,0 \pm 0,3$ сН/пет.с.; набирання всіх вушкових гребінок нитками основ часткове (через вушковину).

Для встановлення впливу варіанту розташування утокової нитки в структурі на параметри структури та властивості трикотажу обрано основов'язаний трикотаж філейного переплетення, який утворено чергуванням рядів трико та атласу у рапорті, та утоково-філейного переплетення 12 варіантів розташування повздовжньої утокової нитки в структурі (варіанти 2.2 ÷ 2.13), який отримано при розташуванні утокових гребінок за ґрунтовими (таблиця 4).

Проведені дослідження геометричних розмірів елементарної чарунки показали, що введення високорозтяжної нитки в структуру трикотажу філейного переплетення у вигляді повздовжнього утоку призводить не тільки до одночасного зменшення кроку чарунки по вертикалі і збільшення кроку чарунки по горизонталі, а також до зменшення довжини як вертикальної так і діагональної сторін при збільшенні їх ширин. Варіант взаємодії утокових гребінок з ґрунтовими впливає на показники, особливо на довжину вертикальної сторони. У результаті проведеного аналізу співвідношень розмірів чарунки встановлено, що найбільше від'ємне значення тангенс кута нахилу сторони чарунки набуває у трикотажі утоково-філейного переплетення варіанту 2.4, в якому утокова нитка розташовується почергово то з лицьової, то з виворотної сторони трикотажу в 5 рядах рапорту.

Для дослідження впливу рапорту філейного переплетення на показники сплановано та проведено двофакторний експеримент за планом Коно 2. Як незалежні вхідні фактори обрано кількість рядів трико n_T (3, 5 та 7), які утворюють вертикальну сторону чарунки, та ланцюжка n_L (1, 2 та 3) у рапорті ґрунтового філейного переплетення. Для дослідження одночасного впливу

рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утоку обрано 8 варіантів прокладання утокової нитки. У чотирьох з них, утокові нитки взаємодіють з протяжками петель трико обох гребінок, і в інших чотирьох - з протяжками петель трико лише однієї гребінки, а протяжки іншої перекривають їх з виворітного боку. При цьому для визначення впливу розташування утоку обрано структури, в яких уток обвиває протяжки петель трико і просто розташовується між ними.

Таблиця 5

Властивості основ'язаних полотен

Варіант розташування утокової нитки в структурі		Позначення	Рівняння регресії	
			Поверхнева густина, г/м ²	Повна деформація полотна, %
Філейне переплетення		Ф	$m_s = 312,85 - 35,61n_T - 27,51n_L + 2,78n_T^2$	$\varepsilon = 11,7$
Утокова нитка переходить з лицьового на виворітний бік	в одному ряді рапорту	2.2	$m_s = 288,33 + 15,29n_T - 93,92n_L + 23,48n_T^2$	$\varepsilon = 69,7 + 10,8n_T + 25,7n_L$
	в трьох рядах рапорту	2.3	$m_s = 199,77 + 13,50n_T - 10,00n_L$	$\varepsilon = 79,2 + 4,9n_T + 25,7n_L$
Утокова нитка розташовується між протяжками петель трико двох гребінок	в одному ряді рапорту	2.8	$m_s = 317,89 - 0,98n_T - 72,05n_L + 11,39n_L^2 + 5,30n_Tn_L$	$\varepsilon = 146,7 + 7,9n_T - 34,9n_L + 12,9n_L^2$
	в трьох рядах рапорту	2.9	$m_s = 360,63 - 12,72n_T - 47,60n_L + 6,36n_Tn_L$	$\varepsilon = 114,2 - 10,7n_T + 19,8n_L + 1,9n_T^2$
Утокова нитка обвиває протяжки петель трико однієї гребінки	в одному ряді рапорту	2.11	$m_s = 274,29 - 5,09n_T - 17,21n_L$	$\varepsilon = 112,2 + 5,9n_T + 24,4n_L$
	в двох рядах рапорту	2.12	$m_s = 244,47 + 4,50n_T - 12,28n_L$	$\varepsilon = -50,3 + 23,9n_T + 128,8n_L - 9,8n_Tn_L - 10,5n_L^2$
Утокова нитка обвиває протяжки петель трико обох гребінок	в одному ряді рапорту	2.5	$m_s = 297,77 + 0,29n_T - 47,69n_L + 6,72n_Tn_L$	$\varepsilon = 105,2 + 6,6n_T + 22,5n_L$
	в двох рядах рапорту	2.6	$m_s = 315,24 - 6,84n_T - 51,63n_L + 8,14n_Tn_L$	$\varepsilon = 231,2 - 33,5n_T - 47,6n_L + 3,8n_Tn_L + 3,3n_T^2 - 12,8n_L^2$

Результати досліджень параметрів структури та фізико-механічних властивостей розроблених полотен представлено у вигляді діаграм, графіків, математичних моделей, тощо. Отримані на підставі експериментальних даних рівняння регресії адекватно описують залежності показників від рапорту філейного переплетення. Так, рівняння регресії, які представлені у таблиці 5, дозволяють на етапі проектування полотен прогнозувати їхню матеріалоемність та розтяжність залежно від кількості рядів трико та ланцюжка з урахуванням розташування утокової нитки в структурі.

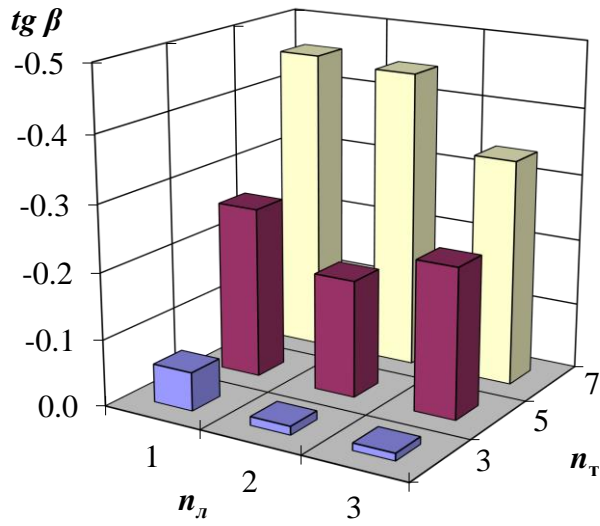
У результаті дослідження параметрів структури та механічних властивостей трикотажу філейного та утоково-філейного переплетення з різним розташуванням високорозтяжної повздовжньої утокової нитки в структурі трикотажу зроблено висновки:

- параметри структури та геометричні розміри чарунки оснований'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення залежать як від рапорту філейного переплетення, так і від варіанту розташування утокових ниток в структурі;
- рапорт філейного переплетення не впливає на розривальне навантаження оснований'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, однак виявлено прямопропорційну залежність розривального подовження від рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки в структурі, що є наслідком різної релаксації еластомерної нитки;
- як рапорт ґрунтового переплетення, так і варіант розташування утокової нитки впливають на показник повної деформації та її складових частин. Зі збільшенням рапорту філейного переплетення повна деформація трикотажу збільшується для всіх варіантів введення утоку;
- в усіх варіантах оснований'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення найбільшу частку ($> 0,8$) повної деформації становить швидкозворотна, тоді як частка залишкової деформації змінюється в межах $0,01 \div 0,15$.

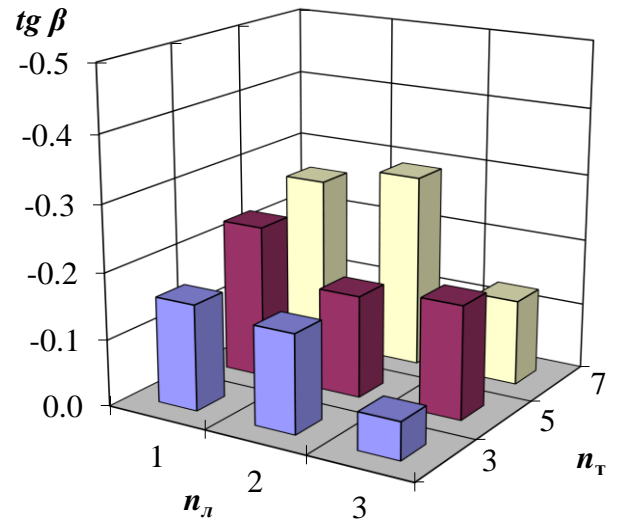
Очевидно, що трикотаж утоково-філейного переплетення практично всіх рапортів та варіантів розташування утоку має від'ємне значення тангенсу кута нахилу діагональної сторони чарунки (рис. 10), що є свідченням від'ємного значення коефіцієнта Пуассона, тобто такий трикотаж є аукзетик-матеріалом.

Слід відмітити, що трикотаж, в структурі якого утокова нитка не обвиває протяжки петель трико і фіксується лише в одному ряді рапорту (варіанти 2.2 та 2.8), має менші значення тангенсу кута нахилу сторони чарунки, ніж трикотаж, в структурі якого утокова нитка фіксується в трьох рядах рапорту (варіанти 2.3 та 2.9) без обвивання протяжок петель трико. Водночас трикотаж, в структурі якого утокова нитка обвиває протяжки петель трико і фіксується лише в одному ряді рапорту (варіанти 2.11 та 2.5), навпаки, має вищі значення тангенсу кута нахилу сторони чарунки, ніж трикотаж, в структурі якого утокова нитка фіксується в двох рядах рапорту (варіанти 2.12 та 2.6).

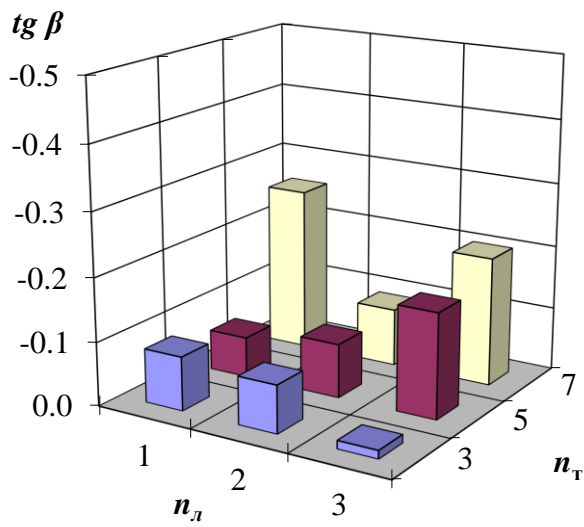
Проведений аналіз дозволив визначити структури оснований'язаного трикотажу, який матиме кращі аукзетик-властивості: трикотаж, у рапорті якого 7 рядів трико, а утокова нитка розташована в структурі полотна лише в одному ряді рапорту, а в інших рядах розташовується з лицьової сторони.



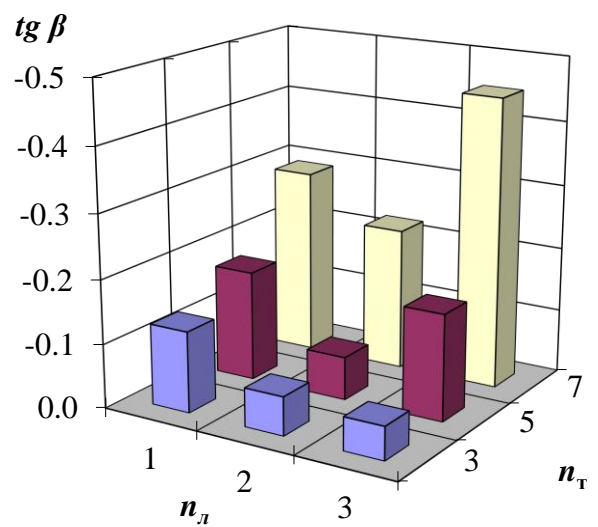
а) варіант 2.2



б) варіант 2.3

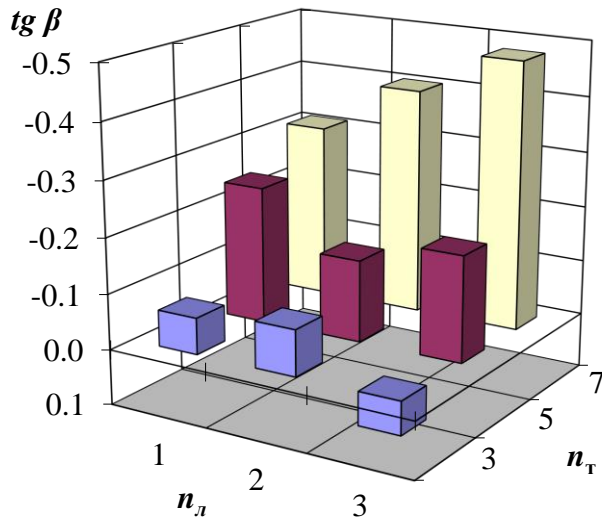


в) варіант 2.5

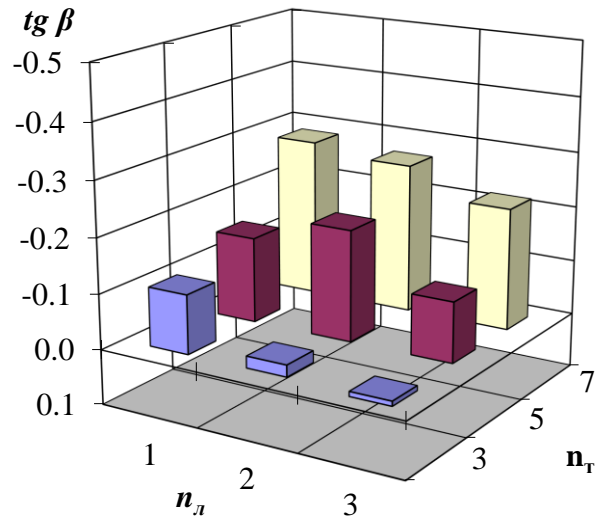


г) варіант 2.6

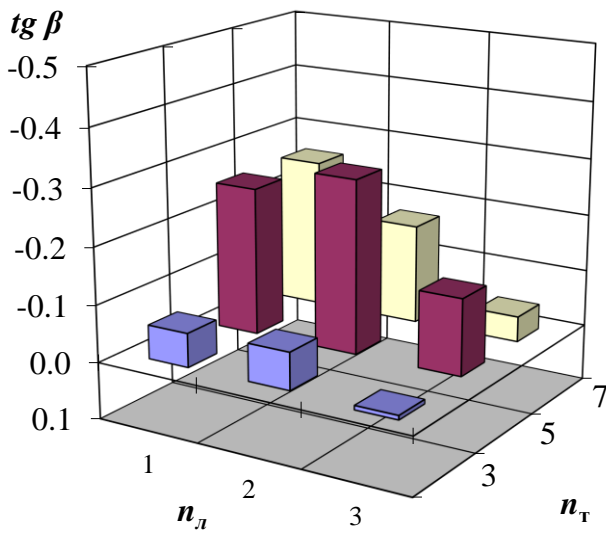
Рис. 10. Тангенс кута нахилу сторони чарунки



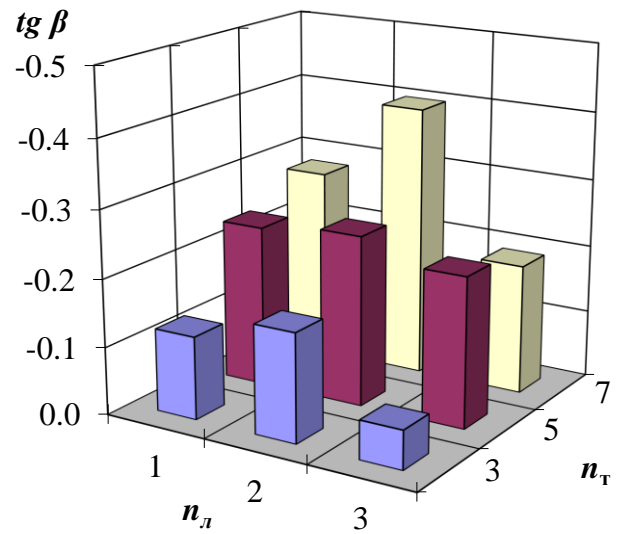
д) варіант 2.8



е) 2.9



ж) варіант 2.11



з) варіант 2.12

трикотажу утоково-філейного переплетення

Враховуючи результати проведених досліджень та технологічні можливості наявного в Україні основов'язального обладнання, для отримання аукзетик-матеріалів, які мають від'ємне значення коефіцієнту Пуассона при розтягуванні, пропонується трикотаж утоково-філейного переплетення, рапорт якого утворений чергуванням 5 рядів закритих петель трико, що утворюють вертикальну сторону чарунки, ряду трико та 2 рядів ланцюжка, які формують нахилену сторону. При цьому до впровадження у виробництво (таблиця 6) рекомендовано варіанти структур, в яких утокова нитка обвиває протяжки петель трико однієї гребінки в одному або двох рядах рапорту.

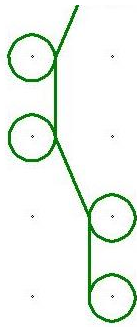
Таблиця 6

Технологічні параметри вироблення трикотажу утоково-філейного переплетення

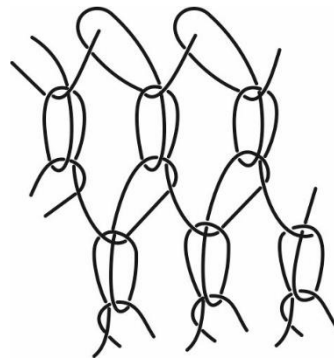
Показник		Значення показника			
Вид та клас обладнання		Основов'язальна машина 22 класу		Утоков'язальна машина 10 класу	
Варіант переплетення		1	2	1	2
Аналітичний запис роботи гребінок	Г1	$(2-3/2-1)*3/1-2/2-1/(1-0/1-2)*3/2-1/1-2$			
	Г2	$(1-0/1-2)*3/2-1/1-2/(2-3/2-1)*3/1-2/2-1$			
	Г3	$(1-1)*9/0-0/2-2/(1-1)*5$	$(1-1)*9/0-0/2-2/0-0/(1-1)*4$	$(1-1)*9/0-0/2-2/(1-1)*5$	$(1-1)*9/0-0/2-2/0-0/(1-1)*4$
	Г4	$1-1/2-2/0-0/(1-1)*13$		$1-1/2-2/0-0/(1-1)*13$	
Схема набирання вушкових гребінок нитками	Г1	I · I · I · I · I · I · I ·			
	Г2	I · I · I · I · I · I · I ·			
	Г3	· I · I · I · I · I · I · I ·			
	Г4	I · I · I · I · I · I · I ·			
Вид та лінійна густина ниток в заправці	Г1	поліефірна нитка		поліефірна нитка	
	Г2	16,7 текс		27,8 текс	
	Г3	поліуретанова нитка 4,4 текс з'єднана з поліефірною ниткою 16,7 текс		поліуретанова нитка 7,8 текс з'єднана з поліефірною ниткою 16,7 текс	
	Г4				
Витрата ниток (на 480 рядів), м	Г1	2,05	2,05	3,18	3,20
	Г2	2,05	2,05	3,18	3,20
	Г3	0,75	0,78	0,95	1,00
	Г4	0,75	0,78	0,95	1,00
Видовження еластомерної нитки перед зоною в'язання, %		180	200	180	200
Натяг ниток, сН	Г1	15,4±0,6	15,4±0,6	17,0±0,8	17,0±0,8
	Г2				
	Г3	25,1±0,6	26,3±0,6	26,1±0,6	28,3±0,6
	Г4				
Питоме зусилля відтягування полотна, сН/пет.ст		22,0±0,3	24,1±0,3	22,0±0,3	24,1±0,3
Поверхнева густина полотна, г/м ²		169,5	178,3	214,4	242,4

У шостому розділі вирішено задачу зменшення пористості розроблених основ'язаних аукзетик-структур, що є головним недоліком, який обмежує їхнє широке використання, особливо в якості преформ композиційних матеріалів. Зменшення пористості пропонується вирішити шляхом введення в структуру додаткової системи ниток, яка створює відповідний шар і повністю або частково закриває отвори.

За основу для проектування обрано сітчастий основ'язаний трикотаж найпростішого філейного переплетення, яке утворено чергуванням в рапорті рядів ланцюжка і трико (гребінка Г1). Дане переплетення формує чарунки шестикутної форми, які зміщені одна відносно іншої (рис. 11). Для визначення більш ефективної аукзетик-структури пропонується два варіанти повздожнього утоку (гребінка Г2), який фіксується в структурі в одному ряді рапорту (рис. 12). Отже, в одному ряді чарунок утокова нитка розташується всередині отвору, а в іншому ряді чарунок утокова нитка фіксується між протяжкою та остовом петлі ґрунтового переплетення. Додаткова система ниток (гребінка Г3) застосовується для зменшення пористості сітчастої структури трикотажу і для визначення впливу виду переплетення на властивості трикотажу обрано три варіанти її роботи (рис. 13).

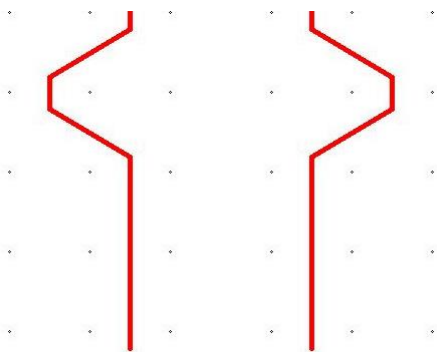


а. графічний запис



б. структура полотна

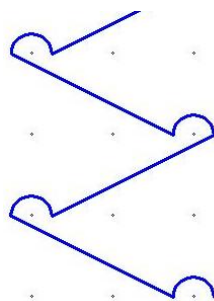
Рис. 11. Базове переплетення для проектування аукзетик-трикотажу (гребінка Г1)



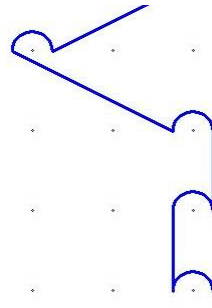
а. варіант I

б. варіант II

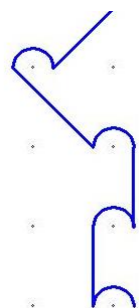
Рис. 12. Графічні записи роботи гребінки Г2 для введення повздожнього утоку



а. варіант 1

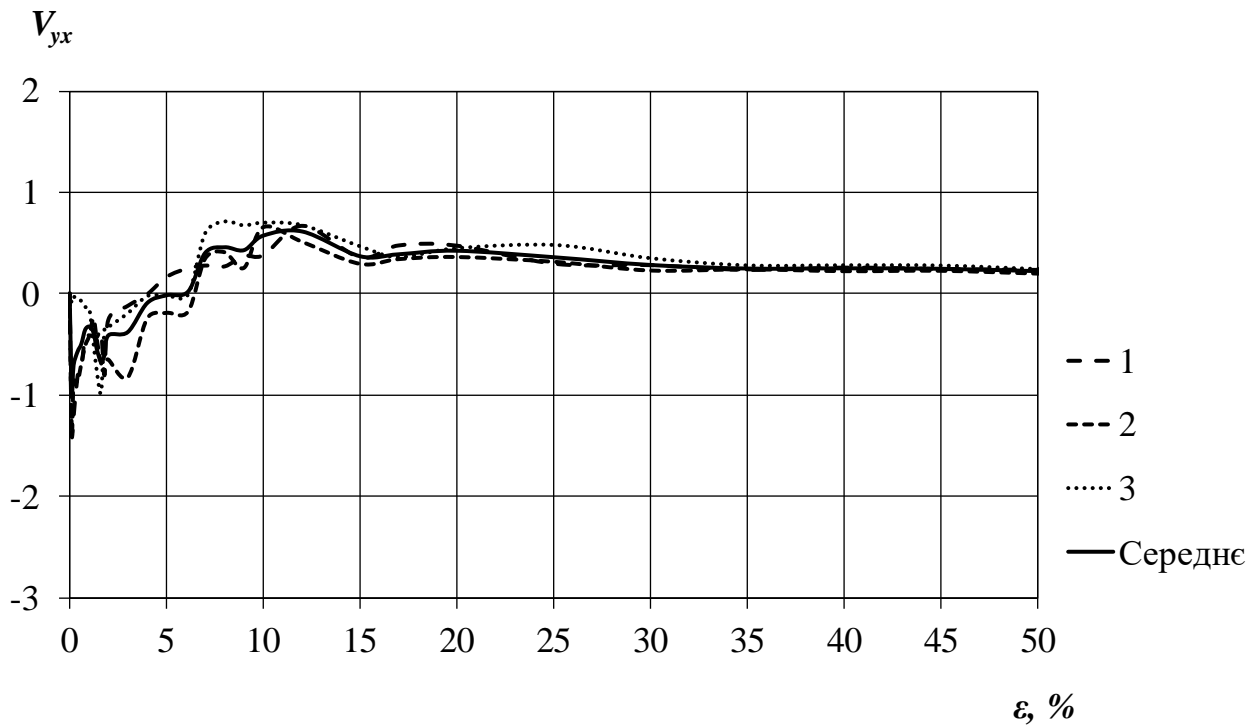


б. варіант 2

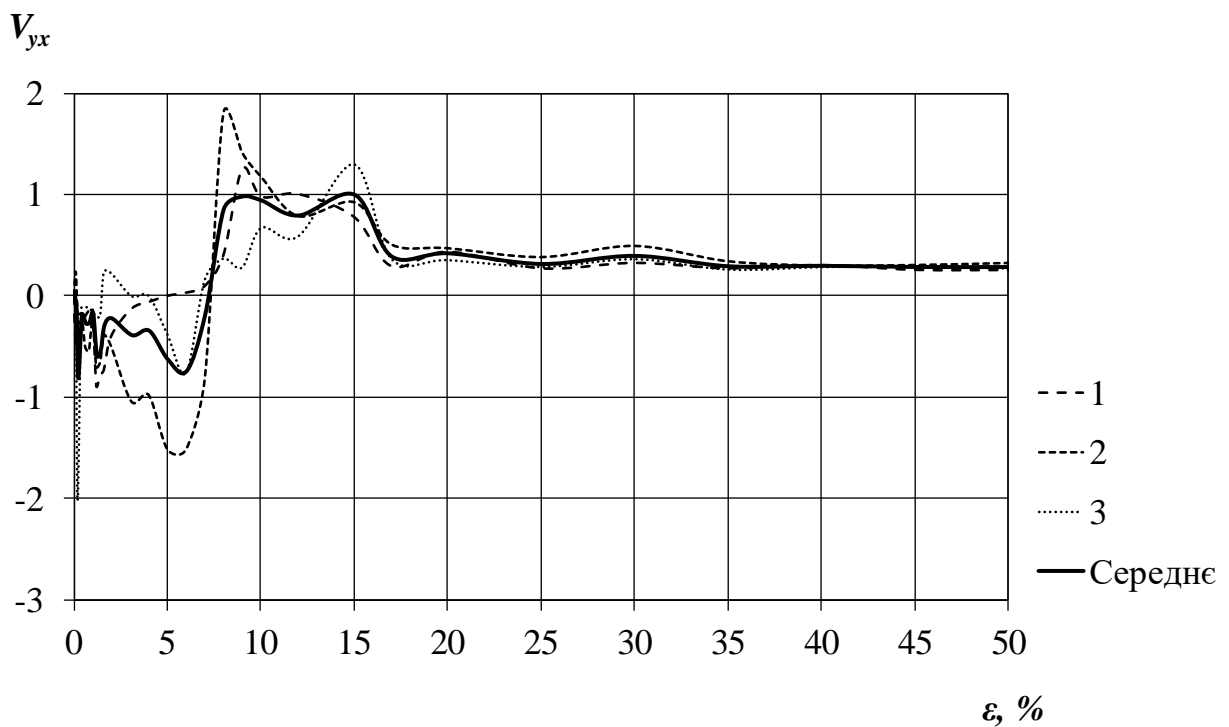


в. варіант 3

Рис. 13. Графічні записи роботи гребінки Г3 для додаткової системи ниток

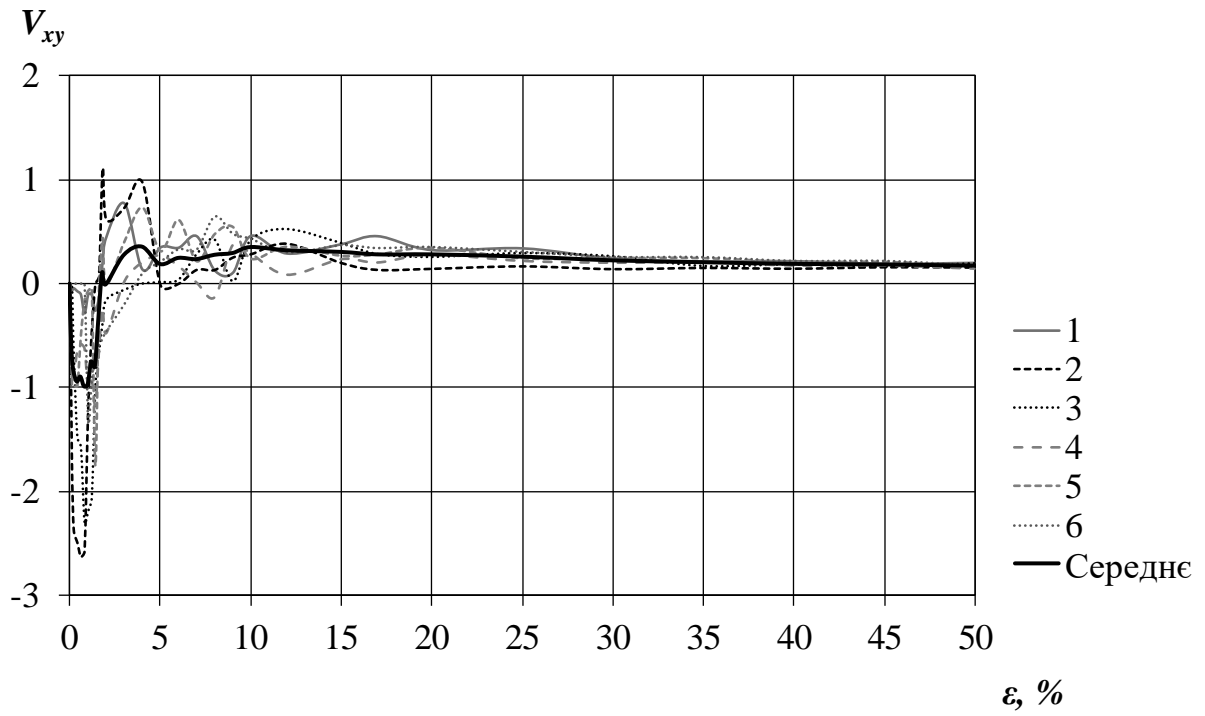


а. трикотаж варіанту А-1-І

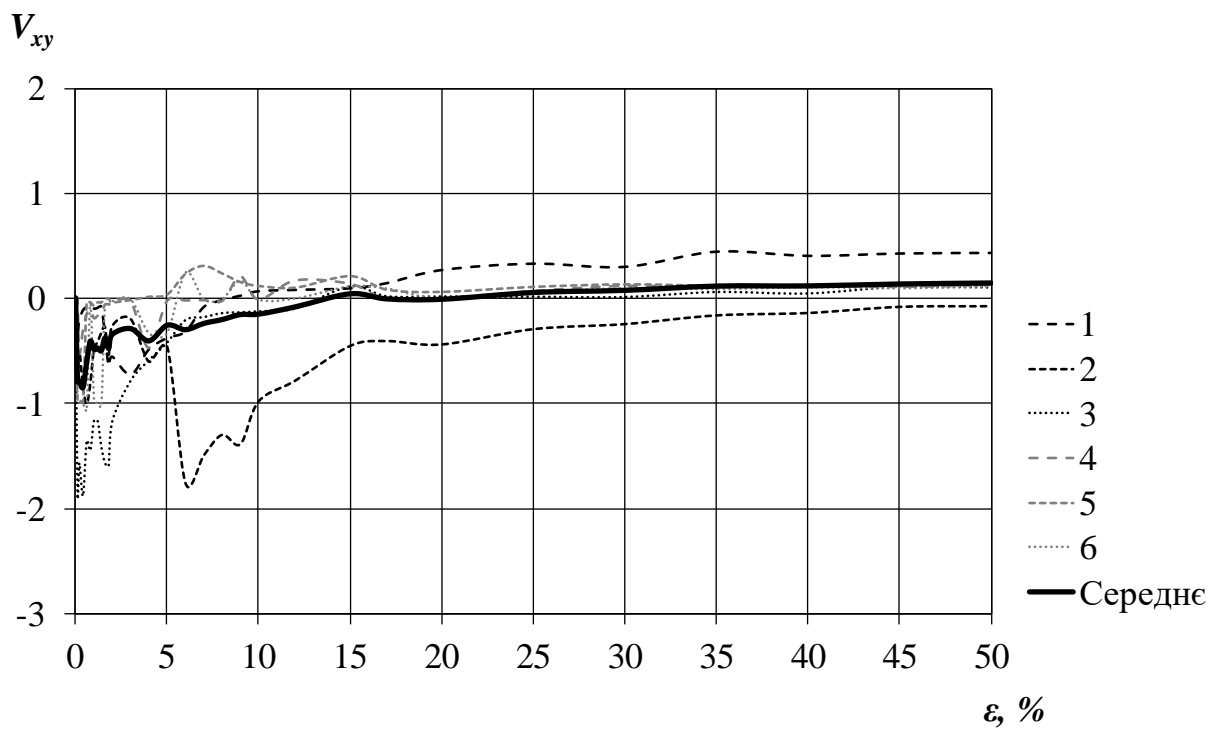


б. трикотаж варіанту А-1-ІІ

Рис. 14. Залежність коефіцієнта Пуассона основов'язаного аукзетик-трикотажу



в. трикотаж варіанту А-2-І



г. трикотаж варіанту А-3-І

тригребінкового переплетення від видовження вздовж петельних стовпчиків

Проведені дослідження параметрів петельної структури та деформаційних характеристик основ'язаного трикотажу комбінованого тригребінкового переплетення та детальний аналіз отриманих результатів показав, що визначальним фактором, який впливає на показники, є ступінь релаксації високорозтяжної утокової нитки в структурі. Встановлено, що використання неоплетеної поліуретанової нитки значно покращує показники, особливо характеристики розтяжності.

Встановлено, що полотна, при виробленні яких утокова та додаткова гребінки за спинками голок зсуваються протилежно одна одній, мають більшу щільність. Водночас, найкращим варіантом структури, в якому створені найсприятливіші умови для релаксації утокової нитки, є переплетення, у рапорті додаткової третьої гребінки якого чергуються ряди трико та ланцюжка і при виробленні якого утокова та додаткова гребінки за спинками голок зсуваються паралельно.

У результаті досліджень за допомогою розробленого експрес-метода виявлено, що основ'язані полотна всіх варіантів тригребінкових переплетень мають еліпсоподібну форму поверхні, але ступінь опуклості залежить від варіанту заправки трикотажу. При використанні неоплетеної поліуретанової нитки лінійної густини 93,3 текс опуклість більша, а отже, і аукзетик-здатність вища. У результаті дослідження коефіцієнта Пуассона (рис. 14) встановлено, що всі полотна на початковому етапі розтягування вздовж петельних стовпчиків мають від'ємне значення коефіцієнта. На величину показника впливає як варіант рапорту переплетення, так і взаємодія гребінок за спинками голок. Так, полотна, які виготовлені при паралельному русі утокової та ґрунтової гребінок за спинками голок (варіант I) мають кращі значення показника, ніж полотна, які виготовлені при їхньому протилежному русі (варіант II). Це безпосередньо пов'язане зі ступенем релаксації поліуретанової нитки.

Полотна, у яких з ниток третьої гребінки в кожному ряді рапорту утворюються петлі сукно, мають від'ємне значення коефіцієнта Пуассона в діапазоні видовження лише від 0 до 5 %. Отже, в структурі такого трикотажу поліуретанова нитка релаксує не в повному обсязі, в результаті чого відбувається лише незначна зміна форми чарунки трикотажу. Водночас, полотна 3 варіанту рапорту, у рапорті яких чергуються ряди трико та ланцюжка, від'ємність коефіцієнта Пуассона спостерігається при видовженні аж до 15 %.

Враховуючи результати дослідження до виробництва пропонується два варіанти структури, які можуть бути використані як текстильна матриця композиційного матеріалу (таблиця 7).

Заправочні дані аукзетик-трикотажу тригребінкового переплетення

Показник		Значення показника	
Вид та клас обладнання		Осноров'язальна машина 10 класу	
Варіант переплетення		3-I	1-II
Аналітичний запис роботи гребінок	Г1	1-0/1-0/1-2/1-2	1-0/1-0/1-2/1-2
	Г2	0-0/0-0/0-0/1-1	1-1/1-1/1-1/0-0
	Г3	0-1/1-0/0-1/2-1	0-1/3-2
Вид та лінійна густина ниток в заправці	Г1	параамідна нитка 111 текс	
	Г2	поліуретанова нитка 93,3 текс	
	Г3	параамідна нитка 111 текс	
Набирання вушкових гребінок нитками	Г1-Г3	повне	
Витрата ниток (на 480 рядів), м	Г1	3,95	3,70
	Г2	0,50	0,55
	Г3	5,85	6,10
Видовження еластомерної нитки перед зоною в'язання, %		200	200
Натяг ниток, сН	Г1	21,9±0,9	21,9±0,9
	Г2	31,0±0,5	31,0±0,5
	Г3	19,0±0,7	19,0±0,7
Питоме зусилля відтягування полотна, сН/пет.ст		42±0,5	42±0,5
Поверхнева густина полотна, г/м ²		644,1	973,0

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вирішено важливу науково-технічну проблему по розвитку наукових основ створення текстильних аукзетик-матеріалів, які при їхньому розтягуванні мають здатність розширюватися у напрямку перпендикулярному до прикладених сил, за рахунок макро будови матеріалів.
2. Вперше запропоновано осноров'язану аукзетик-структуру, в якій жорстку тонку нитку використано як повздовжню утокову, що вв'язується за рапортом у переплетення ланцюжок і обвиває протяжки петель з товстої нежорсткої пряжі: при розтягуванні утокова нитка випрямляється, а петлі ланцюжка внаслідок малої жорсткості нитки видовжуються і нахиляються, що в свою чергу призводить до зростання ширини полотна.
3. Вперше спроектовано та практично одержано осноров'язаний аукзетик-трикотаж, у якому реалізована реентерабельна стільникова будова елементарної чарунки за рахунок введення в структуру трикотажу філейного переплетення з гексагональними чарунками високорозтяжної еластомерної нитки у вигляді повздожнього утоку, яка після релаксації видозмінює форму чарунки. Встановлено, що коефіцієнт Пуассона залежить від рапорту ґрунтового філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки у структурі трикотажу і у першому періоді розтягування (0 ÷ 8 %) сягає значення -1 ÷ -2.

4. Вперше розроблено основ'язаний аукзетик-трикотаж, в якому реалізована реентерабельна структура з ромбовидних решіток, за рахунок введення утокової нитки підвищеної жорсткості, наприклад, арамідної, за певним рапортом в базове переплетення ланцюжок. Такі полотна збільшуються по ширині до 20 % у діапазоні видовження $30 \div 50$ %.
5. За результатами теоретичного аналізу сформульовано умови утворення чарунок гексагональної форми в основов'язаному трикотажі, що спрощує процес проектування полотен з чарунками різних форм та розмірів.
6. За допомогою методу геометричного моделювання визначено математичні залежності для розрахунку довжини нитки в петлях, які враховують просторове розміщення петель різних видів в структурі трикотажу філейного переплетення та дозволяють прогнозувати параметр на етапі проектування структури.
7. На основі теоретичного обґрунтування головним технологічним параметром, який забезпечує аукзетик-властивості основов'язаних полотен утоково-філейного переплетення, визначено видовження високорозтяжної утокової нитки перед входом до зони в'язання. Запропоновано математичну залежність для визначення необхідного видовження, яка враховує рапорт переплетення та розміри петель.
8. На підставі проведеного теоретичного аналізу запропоновано формули для розрахунку коефіцієнта Пуассона основов'язаних аукзетик-полотен з видозміненими стільниковими чарунками, які враховують геометричні розміри елементарної чарунки.
9. Науково обґрунтовано характер взаємодії утокових та ґрунтових гребінок та його вплив на розташування утокової нитки в структурі філейного трикотажу. У результаті дослідження розмірів чарунок та аналітичних розрахунків головних співвідношень доведено, що кращі аукзетик-властивості досягаються у випадку, коли утокова нитка на ділянці, яка утворена взаємоперехрещеними петлями трико, розташується по чергово то з лицьового, то з виворотного боку.
10. Встановлено залежності параметрів структури та властивостей трикотажу утоково-філейного переплетення від кількості рядів трико та ланцюжка в рапорті та виявлено їхню особливість для трикотажу різних варіантів розташування високорозтяжної повздовжньої утокової нитки в структурі. Отримані рівняння регресії дозволяють на етапі проектування аукзетик-полотен прогнозувати їхню структуру та головні властивості. Так, поверхнева густина полотна змінюється в межах від 220 до 320 г/м², а товщина – від 0,8 до 1,3 мм, при цьому повна деформація становить від 110 до 210 %.
11. У результаті зроблених теоретичних припущень і проведених експериментальних досліджень вирішено проблему збільшення поверхневого заповнення основов'язаних аукзетик-матеріалів шляхом введення в структуру аукзетик-трикотажу з реентерабельними чарунками ще однієї системи ниток, яка створює додатковий шар і зменшує або зовсім закриває наскрізні отвори сітчастого трикотажу. Від'ємність коефіцієнта Пуассона структури, у рапорті додаткової третьої гребінки якої чергуються ряди трико та ланцюжка і при

виробленні якої утокова та додаткова гребінки за спинками голок зсуваються паралельно, зберігається при видовженні аж до 15 %.

12. Розроблено експрес-метод попередньої оцінки аукзетик-властивості текстильних матеріалів, який заснований на здатності аукзетик-матеріалів при формуванні утворювати опуклу еліпсоподібну форму поверхні та дозволяє значно скоротити час на проведення експериментальних досліджень. Рекомендовано застосовувати його для попереднього оцінювання аукзетик-властивості матеріалу, після чого проводять дослідження коефіцієнта Пуассона упродовж процесу розтягування.
13. Розроблено технологічні рекомендації до виробництва основов'язаних аукзетик-матеріалів, які сприяють розширенню асортименту та функціональних властивостей текстильних матеріалів і забезпечують одержання конкурентоспроможної продукції, що доведено під час апробації результатів у виробничих умовах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кизимчук О. П. Текстильні матеріали з від'ємним коефіцієнтом Пуассона: монографія / О. П. Кизимчук. – К.: Кафедра, 2015. – 248 с. – Бібліогр. 282. – Лл. 145.
2. Patent 8772187, International (USA) A1. IPC D04B 23/00, D04B 23/16 Auxetic fabric structure and related fabrication method / Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk – Priority date 21.06.2007; International publication date 31.12.2008. Granted on July 8, 2014. – 14 р. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів*
3. Ugbolue S. The formation and performance of auxetic textiles. Part I: theoretical and technical considerations / Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng // Journal of the Textile Institute, 1754-2340. – 2010. – Volume 101, Issue 7. – P. 660 – 667. *Особистий внесок: теоретичний аналіз структур основов'язаних аукзетик-матеріалів*
4. Ugbolue S. The formation and performance of auxetic textiles. Part II: geometry and structural properties / Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng, John Lord // Journal of the Textile Institute. – 2011. – Volume 102, Issue 5, – P. 424 – 433. *Особистий внесок: дослідження параметрів структури основов'язаних аукзетик-полотен*
5. Kyzymchuk O. Breaking characteristics of warp knit net fabric / Olena Kyzymchuk, Inna Ermolenko // Vlakna a textile. – 2013. – № 3. – P. 10 - 14. *Особистий внесок: Кизимчук О. П. – постановка мети і завдань досліджень, аналіз отриманих результатів, формулювання висновків; Єрмоленко І. В. – експериментальне дослідження розривальних характеристик трикотажу філейного переплетення.*
6. Ugbolue S. Engineered Warp Knit Auxetic Fabrics / Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng, John Lord // Journal of Textile Science & Engineering. – 2012. – Volume 2,

- Issue 1. - DOI:10.4172/2165-8064.1000e103. *Особистий внесок: постановка завдання та аналіз результатів дослідження.*
7. Ugbolue SC Geometrical Analysis of Warp Knit Auxetic Fabrics / Ugbolue SC. Kyzymchuk O, Kim YK // Journal of Textile Science & Engineering. – 2015. – Volume 5, Issue 3: 201. doi:10.4172/2165-8064.1000201. *Особистий внесок: геометричне моделювання аукзетик-трикотажу.*
 8. Kyzymchuk O. Loop length model of fillet structure / Olena Kyzymchuk, Inna Ermolenko // Journal of Fashion Technol Textile Eng – 2015. – S 1-004. doi:10.4172/2329-9568.S1-004. *Особистий внесок: Кизимчук О. П. – постановка мети і завдань досліджень, формулювання висновків; Єрмоленко І. В. – спроектовано 3D-моделі петель та розраховано теоретичну довжину нитки в петлях різних видів.*
 9. Кизимчук Е. Строеие и проектирование основовязанных auxetic полотен / Кизимчук Елена, Сэмуэль Угболу, Йонг Ким, Стивен Варнер, Чинко Фан, Ченг Янг, Йани Фенг // Технический текстиль. – 2008. – № 17. *Особистий внесок: розробка структур основ'язаних аукзетик-матеріалів та вироблення експериментальних зразків.*
 10. Ермоленко И. В. Длина нити в петле филейного переплетения / И. В. Ермоленко, Е. П. Кизимчук // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 2013. – № 3. – С. 3–7. *Особистий внесок: Єрмоленко І. В. – розроблено геометричні моделі петель трьох видів та виведено теоретичні залежності для визначення довжини нитки в петлях; Кизимчук О. П. – постановка мети і завдань досліджень, формулювання висновків.*
 11. Ермоленко И. В. Форма и размеры ячеек в трикотаже филейного переплетения / И. В. Ермоленко, Е. П. Кизимчук // Текстиль и облекло. – 2014. – № 1 – С. 2 – 8. *Особистий внесок: Єрмоленко І. В. – обґрунтування форми та розмірів чарунок в трикотажі філейного переплетення; Кизимчук О. П. – аналіз результатів дослідження розмірів чарунок та формулювання висновків.*
 12. Кизимчук О. П. «Auxetic» матеріали – новий клас текстильних матеріалів / Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД. – 2008. – №1, Спеціальний випуск. Т. 2 – С. 50 – 52.
 13. Кизимчук О. П. Параметри структури трикотажу філейних переплетень / Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД – 2008. – № 3 – С. 58 – 62.
 14. Кизимчук О. П. Параметри структури трикотажу комбінованого основ'язаного переплетення / Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД – 2009. – № 5 – С. 112 – 118.
 15. Кизимчук О. П. Зміна розмірів чарунки трикотажу комбінованого основ'язаного переплетення залежно від варіанту розташування утокової нитки / Кизимчук О. П., Савченко В. В. // Вісник КНУТД – 2010. – № 1 – С. 106 – 111. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
 16. Кизимчук О. П. Можливі варіанти закріплення повздовжніх утокових ниток в структурі основовязаного трикотажу філейно-утокового переплетення.

- Повідомлення 1. При розташуванні вушкових гребінок з утоковими нитками між гребінками з ґрунтовими нитками / Кизимчук О. П. Мещерська Т. О. // Вісник КНУТД – 2010. – № 3 – С. 144 – 148. *Особистий внесок: постановка мети дослідження, теоретичний аналіз впливу взаємодії вушкових гребінок на розташування утокової нитки в структурі трикотажу.*
17. Кизимчук О. П. Можливі варіанти закріплення повздовжніх утокових ниток в структурі основов'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення. Повідомлення 2. При розташуванні вушкових гребінок з утоковими нитками за гребінками з ґрунтовими нитками / Кизимчук О. П. Мещерська Т. О. // Вісник КНУТД – 2010. – № 4. – С. 103 – 107. *Особистий внесок: постановка мети дослідження, теоретичний аналіз впливу взаємодії вушкових гребінок на розташування утокової нитки в структурі трикотажу.*
18. Кизимчук О. П. Параметри структури основов'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення з різним розташуванням поздовжнього утоку / Кизимчук О. П. Мещерська Т. О. Угболу С. // Вісник КНУТД. – 2010. – № 5. – С. 335 – 342. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
19. Єрмоленко І. В. Створення чарунок гексагональної форми в трикотажі філейного переплетення / Єрмоленко І. В., Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД. – 2011. – № 1. – С. 97 – 100. *Особистий внесок: Єрмоленко І. В. – обґрунтовано розміщення петель в структурі філейного переплетення; Кизимчук О. П. – основна ідея, постановка завдання та формулювання висновків.*
20. Кизимчук О. П. Механічні властивості основов'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення з різним розташуванням поздовжнього утоку / О. П. Кизимчук, М. О. Коваленко, С. Ч. Угболу // Вісник КНУТД. – 2011. – № 3. – С. 91 – 97. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
21. Кизимчук О. П. Властивості основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення / О. П. Кизимчук, О. М. Недогибченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 3. – С. 141. – 145. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
22. Кизимчук О. П. Параметри структури основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення з обвивочним утком / Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД. – 2012. – № 3. – С. 158 – 163.
23. Кизимчук О. П. Дослідження структури основов'язаного трикотажу з повздовжнім утком / Кизимчук О. П. // Вісник КНУТД. – 2012. – № 5. – С. 87 – 94.
24. Кизимчук О. П. Структура основов'язаного трикотажу з високорозтяжним повздовжнім утком / Кизимчук О. П. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 6. – С. 88 – 92.
25. Єрмоленко І. В. Перспективи розвитку основов'язального обладнання для виготовлення тасъм / Єрмоленко І. В., Кизимчук О. П. // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2012. – № 2 (20). – С. 162 – 167.

Особистий внесок: Єрмоленко І. В. – дана порівняльна характеристика фірм-виробників основов'язального обладнання; Кизимчук О. П. – постановка мети дослідження, відбір виробників та формулювання висновків.

26. Кизимчук О. П. Механічні властивості основов'язаного трикотажу з високо розтяжним повздовжнім утком / Кизимчук О. П., Яременко М. С. // Вісник КНУТД. – 2012. – № 6. – С. 127 – 134. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
27. Кизимчук О. П. Механічні властивості основов'язаного трикотажу з обвивочним утком / Кизимчук О. П., Мельничук Ю. В., Волохатюк А. В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. – № 4. – С. 114 – 118. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
28. Кизимчук О. П. Головні властивості аукзетик матеріалів / Кизимчук О. П., Здоренко В. Г. // Вісник КНУТД. – 2013. – № 3. – С. 264 – 270. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження та аналіз наукових публікацій з напряму.*
29. Кизимчук О. П. Геометричні моделі аукзетик матеріалів / Кизимчук О. П., Здоренко В. Г. // Вісник КНУТД. – 2013. – № 3. – С. 104 – 111. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження та аналіз наукових публікацій з напряму.*
30. Кизимчук О. П. Трикотаж як основа композиційних матеріалів / Кизимчук О. П., Здоренко В. Г., Єрмоленко І. В. // Вісник КНУТД. – 2014. – № 1. – С. 124 – 131. *Особистий внесок: основна ідея та аналіз ринку композиційних матеріалів на текстильній основі.*
31. Кизимчук О. П. Теоретичний аналіз коефіцієнту Пуассона стільникових структур / Кизимчук О. П. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. - № 1. – С. 251 – 255.
32. Кизимчук О. П. Енергоємність та технологічні можливості сучасних основов'язальних машин / Кизимчук О. П., Мельник Л. М., Єрмоленко І. В. // Вісник КНУТД. – 2015. – № 5. – С. 106 – 112. *Особистий внесок: постановка мети дослідження, обґрунтування вибору виробників обладнання та формулювання висновків.*
33. Кизимчук О. П. Властивості основов'язаних полотен технічного призначення / О. П. Кизимчук, К. І. Алтусова, В. О. Матюк. // Технології та дизайн. – 2015. – № 1. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
34. Ugbolue S. The Structural Properties of Warp Knit Auxetic Fabrics / Samuel C. Ugbolue, Olena Kyzymchuk, Yong K. Kim, Steven B. Warne, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Yani Feng and John Lord // 45th International Congress of International Federation of Knitting Technologists. Symposium proceeding, – Ljubljana, Slovenia. – 27–29 May 2010. — P. 984 – 993. *Особистий внесок: розробка структури основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
35. Kyzymchuk O. The effect of positioning of inlaid yarns in fillet warp knit structures / Olena Kyzymchuk, Samuel C. Ugbolue // The 46th International Federation of Knitting Technologists Congress (IFKT 2012), Book of proceedings. – Sinaia,

- Romania. – 6-8 September 2012. – P. 764–769. *Особистий внесок: постановка мети дослідження, теоретичний аналіз впливу взаємодії вушкових гребінок на розташування утокової нитки в структурі трикотажу, аналіз результатів експерименту.*
36. Kuzymchuk O. Stretch characteristics of fillet warp knit with elastomeric in-layed yarn / Olena Kuzymchuk // 5th international scientific – professional conference TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY, Book of proceedings. – Zrenjanin, Serbia. – 05-06th November 2013. – P. 18 – 23.
37. Кизимчук О. П. Особливості розвитку текстильного виробництва технічного призначення / Кизимчук О. П., Савченко В. Д. // «Україна - Чехія - ЄС». Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (Випуск 4). – Херсон – Прага: ПП Вишемирський В. С. – 2008. – С. 17 – 21. *Особистий внесок: постановка завдання дослідження, аналіз результатів та формулювання висновків.*
38. Кизимчук О. П. Параметри структури трикотажу філейно-утокового переплетення / Кизимчук О. П. // Матеріали міжнародної конференції «НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕКСТИЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ». – ХНУ, Хмельницький. – 9 – 11 жовтня 2012. – С. 118 – 120.
39. Ugbohue S. The formation and performance of auxetic textiles. / Samuel C. Ugbohue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kuzymchuk, Yani Feng // The theses of 13-th Annual Sigma Xi Research Exhibit - USA. University of Massachusetts Dartmouth. – April 24–25, 2007. – P. 42. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
40. Ugbohue S. The formation and performance of auxetic textiles. / Samuel C. Ugbohue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kuzymchuk, Yani Feng // The theses of 14-th Annual Sigma Xi Research Exhibit - USA. University of Massachusetts Dartmouth. – April 29-30, 2008. – P. 45. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
41. Кизимчук Е. П. Параметры структуры основовязаного одинарного трикотажу уточно-філейного переплетения / Кизимчук Е. П. // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2009). – М.: МГТУ им. Косыгина. – 2009. – 371 с – С. 81 – 82.
42. Кизимчук О. П. Параметри структури трикотажу простих філейних переплетень / Кизимчук О. П. // Тези доповідей VI Міжнародної конференції молодих науковців «Інформатика та механіка», 6 – 8 травня 2008. Кам'янець-Подільській. – ХНУ. – 76 с. – С. 37.
43. Єрмоленко І. В. Сучасне основов'язальне устаткування для вироблення тасьм та вузьких полотен / Єрмоленко І. В., Кизимчук О. П. // Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины». – Херсон: ХНТУ. – 29 – 31 жовтня 2012. – 132 с. – С. 11 – 12. *Особистий внесок: Єрмоленко І. В. – представлений аналітичний огляд і порівняльна характеристика сучасного основов'язального обладнання; Кизимчук О. П. – основна ідея, формулювання висновків.*

44. Кизимчук Е. П. Разрывные характеристики основязанных сетеполотен / Кизимчук Е. П., Ермоленко И. В. // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». 12 – 13 ноября 2013. – М.: МГУДТ. – 2013. – С. 99 – 100. *Особистий внесок: Кизимчук О.П. – постановка мети і завдань досліджень, формулювання висновків; Ермоленко І. В. – експериментальне дослідження розривальних характеристик трикотажу філейного переплетення.*
45. Ermolenko I. Cells form and size of fillet warp knit fabric / Inna Ermolenko, Olena Kyzymchuk // International Scientific Conference UNITECH. – Gabrovo, Bulgaria. – 22 – 23 November 2013. *Особистий внесок: Ермоленко І. В. – обґрунтування форми та розмірів чарунок в трикотажі філейного переплетення; Кизимчук О. П. – аналіз результатів дослідження розмірів чарунок та формулювання висновків.*
46. Kyzymchuk O. Loop length model of fillet structure / Olena Kyzymchuk, Inna Ermolenko // The 47th International Federation of Knitting Technologists Congress (IFKT 2014), Book of abstracts. – Izmir, Turkey. – 25-26 September 2014. – P. 131 – 133. *Особистий внесок: Кизимчук О. П. – постановка мети і завдань досліджень, формулювання висновків; Ермоленко І. В. – спроектовано 3D-моделі петель та розраховано теоретичну довжину нитки в петлях різних видів.*
47. NTC Project: F06-MD09: The Formation and Performance of Auxetic Textiles / Samuel C. Ugbohue, Steve B. Warner, Yong K. Kim, Qinguo Fan, Chen Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng. – Annual Report 2007. – 10 p. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
48. NTC Project: F06-MD09: The Formation and Performance of Auxetic Textiles / Samuel C. Ugbohue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen Lu Yang, Yani Feng, Olena Kyzymchuk. – Annual Report 2008. – 10 p. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
49. NTC Project: F06-MD09: The Formation and Performance of Auxetic Textiles / Samuel C. Ugbohue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen Lu Yang, Yani Feng, John Lord, Olena Kyzymchuk. – Annual Report 2009. – 10 p. *Особистий внесок: розробка структур основов'язаних аукзетик-матеріалів.*
50. Розробити шляхи технологічної трансформації трикотажної промисловості України та банк світових досягнень галузі / Під редакцією Омельченко В. Д. // Звіт про НДР рег. № 0109U002478 (заключний). – Київ: КНУТД. – 2010. – 563 с. *Особистий внесок: розділ 3.2 «Дослідження основов'язаних петельних структур, що мають від'ємний коефіцієнт Пуассона».*
51. Створити нові в'язані поліфункціональні текстильні матеріали, наукові основи їх проектування та раціональні технологічні процеси їх виробництва / Під редакцією Омельченко В. Д. // Звіт про НДР рег. № 0112U000267 (заключний). – Київ: КНУТД. – 2013. – 630 с. *Особистий внесок: розділ 3 «Теоретичні основи проектування сітчастих структур з гексагональними формами чарунок» та розділ 5 «Теоретичні основи проектування еластичних сітчастих структур з гексагональними формами чарунок».*

АНОТАЦІЯ

Кизимчук О.П. Наукові основи створення аукзетик текстильних матеріалів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.19 – технологія текстильних матеріалів, швейних і трикотажних виробів. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2016.

Дисертація присвячена проблемі створення текстильних матеріалів, які мають здатність при розтягуванні збільшуватися в напрямку, перпендикулярному до прикладених сил, за рахунок будови матеріалу, а не за рахунок використання пряжі та ниток з відповідними властивостями.

На основі методу системного аналізу та теоретичних гіпотез виявлено геометричні структури аукзетик-матеріалів, які можуть бути реалізованими в текстильних матеріалах, зокрема трикотажних. Аналітично вирішено головне завдання – визначено структури основов'язаного трикотажу, які виявлятимуть аукзетик-властивості, та обрані переплетення, в яких можлива реалізація таких структур.

Теоретично визначено основні технологічні умови в'язання та параметри структури основов'язаних трикотажних аукзетик-матеріалів. Встановлено фактори, які впливають на коефіцієнт Пуассона основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, отримано рівняння для його визначення, в якому за основу прийнято геометричні розміри чарунки. Експериментально підтверджено правомірність застосування отриманих аналітичних рішень при виробленні матеріалів з від'ємним коефіцієнтом Пуассона

На основі методу геометричних моделей розроблено принципи утворення сітчастих структур з гексагональними отворами чарунок та їхнє видозмінення в процесі вироблення за рахунок введення високрозтяжної нитки у вигляді повздовжнього утоку. На підставі математичної обробки результатів дослідження створених основов'язаних полотен утоково-філейного переплетення отримано рівняння регресії, які адекватно (з ймовірністю 0,95) описують залежності параметрів структури, розмірів чарунок та фізико-механічних властивостей трикотажу від рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки в структурі.

Удосконалено метод дослідження коефіцієнту Пуассона з метою використання для трикотажних сітчастих матеріалів з чарунками великого розміру та розроблено експрес-метод виявлення аукзетик-здатності матеріалів.

Ключові слова: аукзетик матеріал, від'ємний коефіцієнт Пуассона, реентерабельна гексагональна чарунка, філейно-утоковий трикотаж, еластомерна нитка, попереднє видовження, параметри структури, фізико-механічні властивості.

АННОТАЦИЯ

Кизимчук Е.П. Развитие научных основ создания текстильных аукзетик-материалов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.19 - технология текстильных материалов, швейных и трикотажных изделий. - Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев, 2016.

Диссертация посвящена проблеме создания текстильных материалов, которые обладают способностью при растяжении увеличиваться в направлении, перпендикулярном приложенным силам, за счет структуры материала, а не за счет использования пряжи и нитей с соответствующими свойствами.

В работе заложены научные основы создания текстильных аукзетик-материалов. На основе метода системного анализа и теоретических гипотез выявлено геометрические структуры аукзетик-материалов, которые могут быть реализованы в текстильных материалах, в частности трикотажных. Решена главная научная проблема - определены структуры основовязаного трикотажа, имеющие аукзетик-свойства, и выбраны переплетения, в которых возможна реализация таких структур.

Одним из вариантов аукзетик-структур является структура из ромбовидных решеток, реализовывать которую предлагается в трикотаже уточного переплетения при прокладывании уточной нити высокой жесткости (например, арамидной) согласно рапорту при частичной проборке гребенки. Такой трикотаж в первом периоде растягивания сужается, но в момент, когда относительное удлинение составляет 30 % отмечается расширение образцов до 20 %.

Значительное внимание в работе уделено основовязанным аукзетик-структурам с видоизмененными гексагональными ячейками, для получения которых в структуру базового филейного переплетения в качестве продольного утка вводится высокоэластичная нить. Введенный высокоэластичный компонент влияет на геометрические параметры ячеек, которые в сочетании с собственными соотношениями размеров сторон определяют отрицательное значение коэффициента Пуассона такого трикотажа. В таком основовязаном трикотаже длины сторон ячейки предполагается изменять за счет рапорта филейного переплетения, а угол наклона участка к горизонтали - за счет входного натяжения эластомерной нити и варианта ее расположения в структуре.

В результате теоретического анализа сформулированы условия формирования ячеек гексагональной формы в трикотаже филейного переплетения. Выполнено геометрическое моделирование петель филейного трикотажа, на основании которого получены формулы для расчета длины нити в петлях разных видов, которые учитывают значения диаметра нити, высоты петли и расстояние между двумя соседними петлями ряда.

В работе представлен теоретический анализ особенностей структуры трикотажа уточно-филейного переплетения, при растягивании которых коэффициент Пуассона принимает отрицательное значение. Впервые научно обосновано взаимодействия уточных и грунтовых нитей в структуре филейного трикотажа в зависимости от технологических условий: взаимного расположения

на машине уточных и грунтовых гребенок, их проборок, величины и направления сдвига за спинками игл. На основе математической обработки результатов исследования параметров структуры, размеров ячеек и физико-механических свойств разработанных основовязанных полотен получены уравнения регрессии, которые адекватно (с вероятностью 0,95) описывают зависимости исследуемых показателей от рапорта филейного переплетения и варианта расположения уточной нити в структуре.

Основным технологическим фактором, определяющим аукзетик-свойства основовязаного трикотажа уточно-филейного переплетения, является относительное удлинение эластомерной нити перед входом в зону вязания. Предложена математическая зависимость для определения параметра, которая учитывает рапорт переплетения и размеры петель. В результате аналитических преобразований получено уравнение для определения коэффициента Пуассона основовязанных сетчатых структур, в котором за основу приняты геометрические размеры ячейки. Экспериментально подтверждена правомерность применения полученных аналитических решений при изготовлении материалов с отрицательным коэффициентом Пуассона.

На основании корреляционного анализа результатов эксперимента выявлена зависимость коэффициента Пуассона аукзетик-трикотажа с видоизмененными гексагональными ячейками от таких соотношений размеров ячейки: отношение шага ячейки по вертикали к шагу ячейки по горизонтали, отношение шага ячейки по вертикали к высоте вертикальной стороны и тангенс угла наклона диагональной стороны ячейки к горизонтали. В процессе исследования размеров элементарных ячеек трикотажа, полученного чередованием в рапорте рядов трико и атласа, и аналитического расчета их соотношений показано, что лучшие аукзетик свойства достигаются в случае, когда уточная нить располагается поочередно, то на лицевой, то на изнаночной стороне трикотажа. У трикотажа, полученного чередованием в рапорте рядов трико и цепочки, лучшие аукзетик свойства достигаются в случае, когда уточная нить обвивает протяжки петель трико только одной системы нитей в одном или двух рядах. Кроме того, в результате исследований установлено, что абсолютное значение коэффициента Пуассона возрастает с увеличением количества как рядов трико, так и рядов цепочки в рапорте грунтового переплетения.

В работе предложен экспресс-метод предварительной оценки аукзетик-свойств материалов и усовершенствован метод исследования коэффициента Пуассона с целью использования для трикотажных сетчатых материалов с ячейками большого размера. Разработаны технологические рекомендации для производства основовязанных аукзетик-материалов, способствующие расширению ассортимента и функциональных свойств текстильных материалов и обеспечивающие получение конкурентной продукции.

Ключевые слова: аукзетик материал, отрицательный коэффициент Пуассона, реентерабельная гексагональная ячейка, филейно-уточный трикотаж, эластомерная нить, предварительное удлинение, параметры структуры, физико-механические свойства.

ABSTRACT

Kyzymchuk Olena. The development of scientific basis of auxetic textile formation. – Manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Sciences in Engineering for the speciality 05.18.19 – Technology of textile materials, sewing and knitting goods. – Kyiv: Kyiv National University of technologies and design. 2016.

Doctoral dissertation devoted to the formation of textile materials, which became wider when stretched due to the structure of the material but not through the use of yarn with appropriate ability. Based on the method of system analysis and on the theoretical hypotheses, the geometric structures of auxetic materials, which can be implemented in the textiles, particularly in knitted materials, have been revealed. The main task - the creation of the warp knitted structures with auxetic-properties was solved and the selection of interlooping, which such structures can be realized in, was made.

Main consideration is concentrate on the warp-knit auxetic structures with reentrant hexagonal cells. The basic principles of hexagonal cells' formation in warp knitted structures have been formulated as a result of the theoretical analysis of geometrical models of fillet interlooping. To achieve auxetic property, it is required to employ a high elastic yarn in the base structure.

Introduced elastomeric component affects the geometric parameters of the cell, which in combination with ribs' length ratio define a negative value of the Poisson ratio. the length of the cell ribs is changed by the interlooping repeat (quantity of tricot and chain courses), and the angle of rib's inclination to the horizontal section is changed by the pre-tension of the elastomeric yarn and by its positioning in the structure. Analytical dependence for calculation the prior stretching of the elastomeric yarn has been obtained as a result of the geometrical modeling of auxetic warp knit structure. The equation to determine the Poisson's Ratio of warp net structures on the geometric dimensions of the cell has been determined as a result of analytical transformations,

The dependencies of structural parameters, cell's size and mechanical properties of auxetic warp knit structure on the interlooping repeat and on the positioning of elastomeric yarn in the structure have been defined as result of mathematical processing of the experimental data.

The method of Poisson's ratio test was improved for the purpose of testing of the mesh with large cells and the rapid method for identifying auxetic abilities of textiles was developed.

Key words: auxetic material, negative Poisson's ratio, re-enterable hexagonal cell, fillet fabric with in-laid yarn, elastomeric thread, the pre-elongation, structure parameters, physical and mechanical properties

Підп. до друку 11.05.2016 р. Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 2,55. Облік. вид. арк. 2,00. Тираж 100 пр. Зам. 1793.

Видавець і виготовлювач Київський національний університет технологій та дизайну.
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 993 від 24.07.2002.