

УДК 677.025

О. П. КИЗИМЧУК

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ОСНОВОВ'ЯЗАНОГО ТРИКОТАЖУ З ПОВЗДОВЖНІМ УТОКОМ

В статті представлено результати дослідження структури та розмірів чарунок основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, який утворено чергуванням рядів трико та ланцюжка в рапорті і в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико з різних систем ниток в одному та трьох рядах рапорту. Встановлено залежності досліджуваних параметрів від рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки. Визначено варіанти структур, які матимуть кращі аукзетик властивості.

**Ключові слова:** основов'язаний трикотаж, утокова нитка, філейне переплетення, варіант введення утоку, розміри чарунки, кут нахилу, коефіцієнт Пуассона.

З кожним роком зростає цікавість науковців усього світу та споживачів до матеріалів з незвичними властивостями. Одним з нових видів є аукзетик матеріали, які мають унікальну здатність розширюватися при розтягненні і звужуватися при стисканні, що зумовлює їх використання практично в усіх сферах діяльності людини [1]. На сьогоднішній день винайдено фактично все різноманіття аукзетик матеріалів від натуральних (наприклад, деякі типи шкір) до аукзетик форм чотирьох головних класів матеріалів (металів, кераміки, полімерів та композитів) [2]. Що стосується аукзетик текстильних матеріалів, то на сьогоднішній день відомо декілька видів основов'язаних [3] та кулірних [4] трикотажних матеріалів, які виявляють аукзетик властивості на рівні структури трикотажу.

Зазвичай аукзетик властивості набувають сітчасті матеріали з гексагональними отворами після видозмінення їх чарунки. Так при введенні в структуру філейного трикотажу, який виготовлено з ниток звичайної розтяжності, високорозтяжної нитки у вигляді повздовжнього утоку відбувається зміна форми та розміру чарунки [5, 6]. Аукзетик властивості таких полотен залежатимуть від виду та ступеня релаксації високо розтяжної нитки в структурі трикотажу, а також від співвідношень розмірів складових частин чарунки [7].

Ступінь релаксації нитки в структурі трикотажу залежить від багатьох факторів, головними з яких є ступінь витягування еластомерної нитки перед входом в петлетвірну систему в'язальної машини та сили тертя, які виникають між еластомерними та ґрунтовими нитками. Звичайно, що сили тертя зростають зі збільшенням точок контакту ниток та площі контакту між нитками, а особливо при обвиванні одних ниток іншими.

### **Об'єкти та методи дослідження**

Розташування повздовжньої утокової нитки в структурі трикотажу залежить від [8, 9] взаємного розташування на машині гребінок з утоковими та ґрунтовими нитками і величини та напрямку зсуву гребінок за спинками голок. Дослідженнями встановлено, що повздовжня утокова нитка в структурі філейного трикотажу, який утворено чергуванням рядів трико та ланцюжка, контактує з нитками ґрунту на ділянці рядів трико, які створюють вертикальну сторону чарунки [5]. На цій ділянці утокова нитка може розташовуватися між протяжками петель трико з ниток різних гребінок (рис.1.а).

Отримання такого варіанту взаємного розташування утокової нитки та петель ґрунту можливо декількома способами:

– при розташуванні гребінок з утоковими нитками між гребінками з ґрунтовими нитками, при цьому утокові гребінки не виконують зсуву за спинками голок, або виконують зсув лише на один голковий крок протилежно зсуву ґрунтової гребінки, яка знаходиться далі за спинками голок [8];

– при розташуванні гребінок з утоковими нитками за гребінками з ґрунтовими нитками, при цьому утокові гребінки виконують зсув лише на один голковий крок протилежно зсуву ґрунтової гребінки, яка знаходиться далі за спинками голок [9].

При цьому в рядах, в яких утокова гребінка не виконує зсувів, утокова нитка буде розташовуватися на лицьовій стороні трикотажу.

Таким чином, розташувавши утокові гребінки за ґрунтовими і змінюючи рапорт їх зсувів можна отримати трикотаж, в якому утокові нитки знаходяться між протяжками петель лише у одному ряді рапорту (рис.1., б). У такому трикотажі досягається найбільша релаксація еластомерної нитки, однак ступінь закріплення її в структурі найнижчий, що призводить до її перетягування та висмикування.

На кафедрі трикотажного виробництва КНУТД проводяться дослідження параметрів структури та розмірів чарунок трикотажу утоково-філейного переплетення [10,11,12], в результаті яких встановлено, що параметри структури та геометричні розміри чарунки основ'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення залежать як від варіанту розташування утокової нитки в структурі трикотажу, так і від рапорту ґрунтового філейного переплетення.

Проведені раніше дослідження стосувалися основ'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, в якому утокова нитка обплітає протяжки петель трико. Дослідження проводились для трикотажу, в якому утокова нитка обплітає протяжки петель трико однієї [12] або двох гребінок [11] в одному або декількох рядах рапорту. Результати дослідження структури трикотажу, в якому утокова нитка міститься в структурі трикотажу утоково-філейного переплетення без обплітання протяжок петель трико наведено в статті [13], однак не досліджено впливу рапорту ґрунтового філейного переплетення.

Об'єктом дослідження є основ'язаний трикотаж утоково-філейного переплетення, в якому утокова нитка розташована між протяжками петель трико в одному (рис.1., б) та трьох (рис.1., в) рядах рапорту. В рапорті філейного переплетення чергуються ряди петель трико (3, 5 або 7) та ланцюжка (від 1 до 3). Трикотаж виготовлено на основ'язальній машині 10 класу з поліефірної нитки лінійною густиною 27,8 текс як ґрунтової та поліуретанової нитки лінійною густиною 7,8 текс з'єднаної з поліефірною ниткою лінійною густиною 16,7 текс як утокової нитки. Набирання чотирьох вушкових гребінок нитками основ часткове (через вушковину).

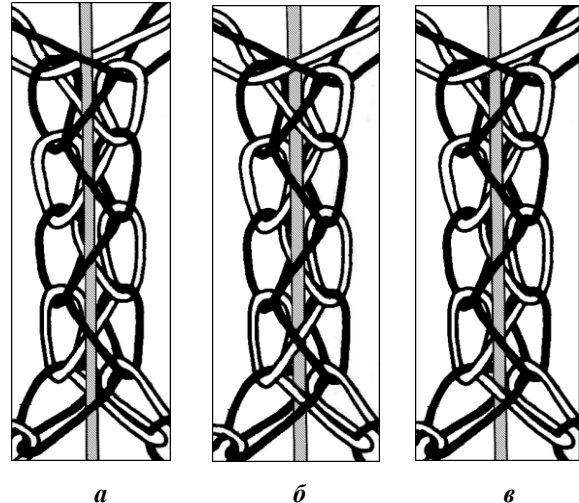


Рис. 1. Розташування утокової нитки між  
протяжками петель трико

**Постановка завдання**

Метою дослідження є дослідження параметрів структури та розмірів чарунок основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, в якому утокова нитка розташована між протяжками петель трико, і встановлення їх залежності від кількості петельних рядів трико та ланцюжка в рапорті філейного переплетення та рапорту прокладання утоку.

**Результати та їх обговорення**

Головними параметрами структури трикотажних полотен визнані довжина нитки в петлі, кількість петельних рядів та стовпчиків на 100 мм, товщина та поверхнева густина полотна. Як відомо, довжина нитки в петлі основов'язаного трикотажу залежить від натягу ниток основи та сили відтягування полотна, що було підтверджено в попередніх роботах [13]. Саме тому даний показник не досліджувався, адже параметри в'язання для всіх варіантів трикотажу залишалися незмінними. Результати дослідження інших параметрів структури основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення дозволили отримати рівняння регресії (табл.1), які адекватно описують залежності показників, які досліджуються, від кількості рядів трико ( $n_T$ ) та ланцюжка ( $n_L$ ) в рапорті філейного переплетення.

Таблиця 1. Залежності параметрів структури від рапорту філейного переплетення

Параметр, який досліджується	Утокова нитка розташована між протяжками петель трико	
	в одному ряді рапорту	в трьох рядах рапорту
Кількість петельних рядів на 100 мм	$N_p=160,0+10,1n_T+18,8n_L$	$N_p=142,8+12,6n_T+44,5n_L-6,3n_T n_L$
Кількість петельних стовпчиків на 100 мм	$N_{ст}=44,9-3,0n_T$	$N_{ст}=37,8+0,9n_T-3,6n_L$
Товщина, мм	$M=0,89+0,04n_T$	$M=0,84+0,05n_T$
Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	$m_s=317,89-0,98n_T-72,05n_L+11,39n_L^2+5,30n_T n_L$	$m_s=360,63-12,72n_T-47,60n_L+6,36n_T n_L$

Отримані рівняння показують, що, як і в основов'язаному трикотажі з обвивочним утком [12], товщина трикотажу залежить від кількості рядів трико, а поверхнева густина полотна від кількості рядів як трико, так і ланцюжка в рапорті філейного переплетення. Слід зазначити, що товщина трикотажу, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в одному ряді, на 5% більша ніж трикотажу, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в трьох рядах рапорту. В той же час варіант розташування утокової нитки практично не впливає на поверхневу густина трикотажу.

Рапорт філейного переплетення та варіант розташування утокової нитки в структурі впливають на щільність трикотажу. Так кількість петельних рядів на 100 мм зростає при збільшенні в рапорті кількості рядів як трико, так і ланцюжка, що є аналогічним висновкам, які зроблені для трикотажу з обвивочним утком [12]. Слід відмітити вплив варіанту розташування утоку на показник. Так у трикотажі, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в одному ряді рапорту, кількість петельних рядів на 100 мм вища ніж у трикотажі, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в трьох рядах рапорту. При цьому різниця зростає до 15% зі збільшенням рапорту філейного переплетення.

Варіант розташування утокової нитки в структурі має суттєвий вплив на кількість петельних стовпчиків на 100 мм. Аналіз отриманих рівнянь (табл.1) показує, що для трикотажу, в якому утокова

нитка розташовується між протяжками петель трико в трьох рядах рапорту, показник зростає при зменшенні кількості рядів ланцюжка і збільшенні кількості рядів трико в рапорті. В той же час, кількість петельних стовпчиків на 100 мм трикотажу, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в одному ряді рапорту, залежить тільки від кількості рядів трико в рапорті, що є відмінністю від трикотажу з обвивочним утком [12].

Причина цього полягає в формі чарунки після релаксації утокової нитки. Еластомерна нитка подається в зону в'язання трикотажу під максимально можливим натягом і після закінчення дії відтяжного пристрою починається її релаксація внаслідок чого гексагональна форма чарунки філейного переплетення змінюється: вертикальні сторони чарунки наближуються одна до одної по довжині полотна, а діагональні сторони змінюють кут нахилу до горизонталі.

Дослідження форми чарунки трикотажу утоково-філейного переплетення з повздовжнім утком довели, що оснований'язаний трикотаж, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в трьох рядах рапорту, має саме таку структуру – чарунки видозміненої гексагональної форми.

В той же час форма чарунки трикотажу, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в одному ряді рапорту, суттєво відрізняється від описаної. В такому трикотажі еластомерна нитка закріплена в структурі лише в одному ряді рапорту, а в усіх інших рядах – розташовується вільно на поверхні трикотажу. Таким чином, внаслідок її релаксації відбувається не просте наближення вертикальних сторін чарунки, які утворені рядами петель трико, а наближення саме тих рядів, в яких утокова нитка розташована в структурі трикотажу. В результаті цього вертикальні сторони чарунки не тільки наближаються, але і нахиляються в площині трикотажу; а діагональні – не тільки змінюють кут нахилу, але і вигинаються в площині, яка перпендикулярна площині полотна. Наслідком цього є збільшення товщини трикотажу. Ступінь нахилу вертикальної сторони чарунки зростає при збільшенні рапорту ґрунтового філейного переплетення, а особливо зі збільшенням кількості рядів трико в рапорті.

Раніше проведені дослідження [10,11] показали, що оснований'язаний трикотаж утоково-філейного переплетення, в якому вертикальні сторони гексагональної чарунки мають нахил в площині полотна, виявляють аукзетик властивості при розтягненні як вздовж петельних рядів, так і вздовж петельних стовпчиків. Аукзетик властивості матеріалів характеризуються коефіцієнтом Пуассону, який для сітчастих полотен залежить від розмірів чарунки та їх співвідношень, головним з яких визнано тангенс кута нахилу діагональної сторони до горизонталі [7].

Дослідження розмірів чарунки дозволили встановити їх адекватні залежності від рапорту ґрунтового філейного переплетення (табл.2). Отримані рівняння показують, що довжини вертикальної та діагональної сторін чарунки залежать від відповідної кількості рядів трико та ланцюжка, в той же час ширини цих сторін залежать лише від варіанту розташування утоку в структурі, що співпадає з висновками, які зроблені для трикотажу з обвивочним утком [11, 12].

Крок чарунки по горизонталі та вертикалі визначається відстанню між двома сусідніми чарунками, тобто вони безпосередньо пов'язані з кількістю петельних стовпчиків та рядів на 100 мм. Підтвердженням цього є співпадіння характеру залежностей кроків чарунки (табл.2) та щільності в'язання (табл.1) від кількості рядів трико і ланцюжка в рапорті філейного переплетення.

Таблиця 2. Залежності розмірів чарунки (мм) від рапорту філейного переплетення

Параметр, який досліджується		Утокова нитка розташована між протяжками петель трико	
		в одному ряді рапорту	в трьох рядах рапорту
Довжина сторони	вертикальної	$a_1=0,805+0,589n_r$	$a_1=0,905+0,577n_r$
	діагональної	$a_2=1,692+0,137n_r+0,503n_n$	$a_2=2,671+0,401n_n$
Ширина сторони	вертикальної	$b_1=1,55\pm 0,10$	$b_1=1,48\pm 0,10$
	діагональної	$b_2=0,92\pm 0,06$	$b_2=0,84\pm 0,12$
Крок чарунки	по горизонталі	$t_r=6,679-0,173n_r$	$t_r=4,473+0,716n_n$
	по вертикалі	$t_b=0,879+0,846n_r-0,084n_n+0,467n_n^2$	$t_b=0,876+0,267n_r+0,288n_n$

Співвідношеннями розмірів чарунки сітчастих полотен, від яких залежать аукзетик властивості текстильних матеріалів, зокрема основов'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення, є: відношення кроку чарунки по вертикалі до кроку чарунки по горизонталі  $K_1$ , відношення кроку чарунки по вертикалі до висоти вертикальної сторони  $K_2$ , тангенс кута нахилу діагональної сторони чарунки до горизонталі  $\text{tg } \alpha$ . Результати аналітичних розрахунків відповідних співвідношень для трикотажу утоково-філейного переплетення з повздовжнім утоком, в якому утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в одному (а) або трьох (б) рядах рапорту представлено на рис.2– 4.

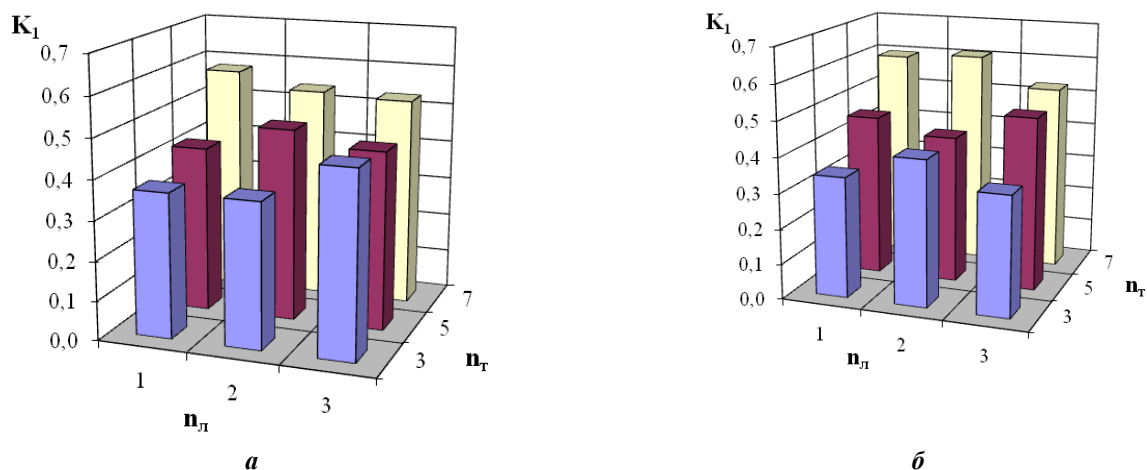


Рис. 2. Співвідношення кроків чарунки

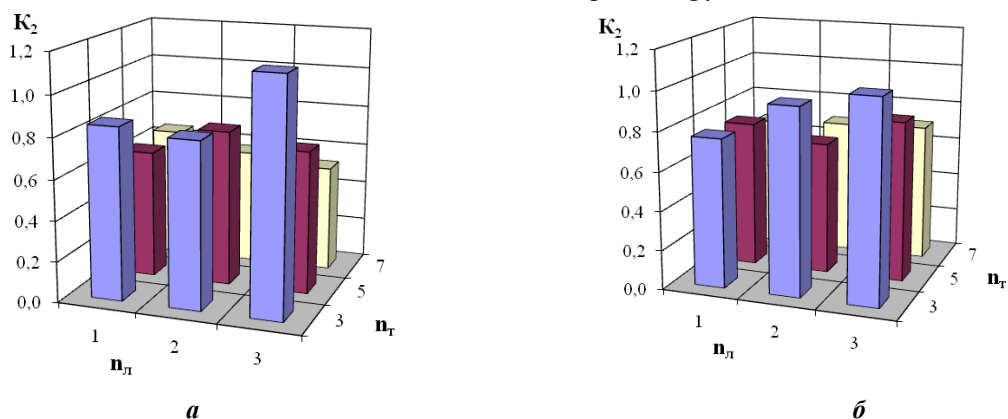


Рис. 3. Відношення кроку чарунки по вертикалі до довжини вертикальної сторони

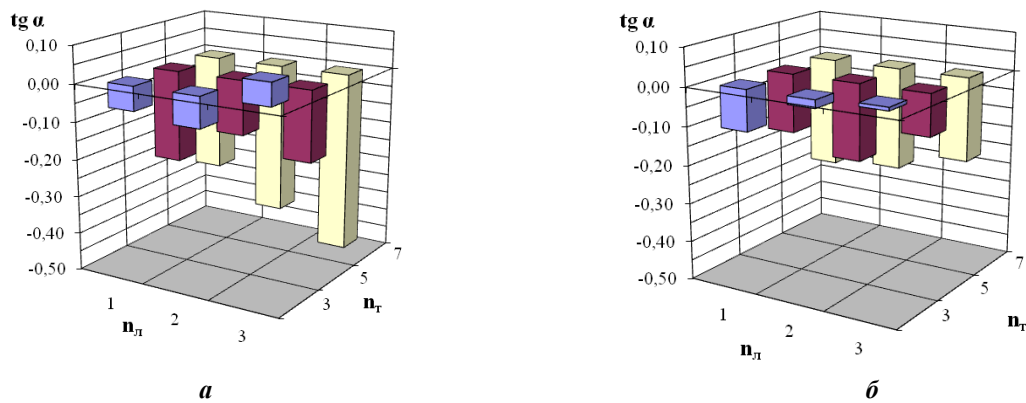


Рис. 4. Тангенс кута нахилу діагональної сторони чарунки

Отримані результати показують, що оснований'язаний трикотаж утоково-філейного переплетення, в структурі якого утокова нитка розташовується між протяжками петель трико в трьох рядах рапорту, має більш рівномірні значення співвідношень, які залежать від рапорту філейного переплетення. При цьому тангенс кута нахилу діагональної сторони набуває від'ємного значення для всіх варіантів, що свідчить про наявність у них аукзетик властивостей.

В той же час оснований'язаний трикотаж утоково-філейного переплетення, в структурі якого утокова нитка розташовується між протяжками петель трико лише в одному ряді рапорту, має більший діапазон значень. Для трикотажу, в рапорті якого чергуються 3 ряди трико та 3 ряди ланцюжка, тангенс куту нахилу має додатне значення, що може бути ознакою відсутності аукзетик властивостей. В той же час для трикотажу, в рапорті якого 7 рядів трико, маємо стрімке зростання значення, що підтверджує попередній висновок про наявність гарних аукзетик властивостей, адже саме в трикотажі цих варіантів вертикальні сторони чарунок нахилені в площині трикотажу.

#### **Висновки**

Дослідження структури оснований'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, в якому повздовжня утокова нитка розташована між протяжками петель трико без їх обвивання показали, що параметри структури та розміри чарунки трикотажу залежать як від рапорту ґрунтового філейного переплетення, так і від варіанту закріплення утоку в структурі. Отримані аналітичні залежності дозволяють прогнозувати властивості полотен на етапі їх розробки.

Проведений аналіз форми чарунок та аналітичні розрахунки головних співвідношень їх розмірів дозволили визначити варіанти структур оснований'язаного трикотажу, який матиме кращі аукзетик властивості. Такими структурами може бути визнаний трикотаж утоково-філейного переплетення, в рапорті якого 7 рядів трико, а утокова нитка розташована між протяжками петель трико лише в одному ряді рапорту, а в інших рядах вільно розташовується на лицьовій стороні.

#### Список використаної літератури

1. Кизимчук О.П. «Auxetic» матеріали – новий клас текстильних матеріалів / Вісник КНУТД. – 2008.– №1, Спеціальний випуск. – Том 2 – С. 50 –55.
2. Andy Anderson, Kim Anderson. Expanding materials and applications: exploiting auxetic textiles. // Technical Textiles International, – Sep.2005, – Vol. 14, Issue 6, – p. 29 –34.
3. International Patent (USA) WO 2009/002479 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 – International application number PCT/US2008/007806. Priority date 21.06.2007; International publication date 31.12.2008. – 27 p.

4. Yanping Liu, Hong Hu1, Jimmy K. C. Lam, Su Liu. Negative Poisson's Ratio Weft-knitted Fabrics // *Textile Research Journal*. – June 2010. – vol. 80 no. 9. – P. 856 – 863.

5. Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng The formation and performance of auxetic textiles. Part I: theoretical and technical considerations // *Journal of the Textile Institute*, 1754–2340, Volume 101, Issue 7, 2010. – P.660 – 667.

6. С. Угболу, Й. Ку Ким, С. Варнер, Ч. Фан, Ч. Лу Янг, Е. Кизимчук, Й. Фенг. Строеие и проектирование основвязанных аукзетик полотен [Електронний ресурс] // *Технический текстиль*. – 2008. – № 17. <http://rustm.net/catalog/article/1378.html>.

7. Samuel C. Ugbolue, Olena Kyzymchuk, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Yani Feng and John Lord. Engineered Warp Knit Auxetic Fabrics / *Journal of Textile Science & Engineering*. – Volume 2, Issue 1, 2012.

8. Кизимчук О.П., Мещерська Т.О. Можливі варіанти закріплення повздовжніх утокових ниток в структурі основ'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення. Повідомлення 1. // *Вісник КНУТД* – 2010. – № 3 – С. 144 –148.

9. Кизимчук О.П., Мещерська Т.О. Можливі варіанти закріплення повздовжніх утокових ниток в структурі основ'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення. Повідомлення 2. // *Вісник КНУТД* – 2010. – № 4 – С. 103 – 107.

10. Samuel C. Ugbolue, Yong K. Kim, Steven B. Warner, Qinguo Fan, Chen-Lu Yang, Olena Kyzymchuk, Yani Feng, John Lord The formation and performance of auxetic textiles. Part II: geometry and structural properties // *Journal of the Textile Institute*, Volume 102, Issue 5, 2011. – P. 424 – 433.

11. Кизимчук О.П., Недогибченко О.М. Властивості основ'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення // *Вісник Хмельницького національного університету* – 2011– №3 – С.141–145.

12. Кизимчук О.П. Параметри структури основ'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення з обвивочним утком// *Вісник КНУТД* – 2012. – № 3 – С. 158–163.

13. Кизимчук О.П., Мещерська Т.О., Угболу С.Ч. Параметри структури основ'язаного трикотажу філейно-утокового переплетення з різним розташуванням повздовжнього утку // *Вісник КНУТД* – 2010. – № 5 – С. 335–342.

Стаття надійшла до редакції 04.09.2012

#### **Исследование структуры основвязаного трикотажа с продольным утком**

Кизимчук Е.П.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

В статье представлены результаты исследования структуры и размеров ячеек основвязаного трикотажа уточно-филейного переплетения, образованного чередованием рядов трико и цепочки в раппорте и в котором уточная нить размещается между протяжками петель трико из различных систем нитей в одном и трех рядах раппорта. Установлены зависимости исследуемых параметров от раппорта филейного переплетения и варианта расположения уточной нити. Определены варианты структур, которые будут иметь лучшие аукзетик свойства.

**Ключевые слова:** основвязаный трикотаж, уточная нить, филейное переплетение, вариант расположения утка, размеры ячеек, угол наклона, коэффициент Пуассона.

---

**The investigation of structure of warp knit fabric with longwise filling yarn**

Kyzymchuk O.

*Kyiv national university of technologies and design*

The research's results of a structure and the cells' sizes of warp knitted fabric of inlay-fillet interlacing which has been made by alternation of tricot and chain courses at repeat and in which the filling yarn is positioned between the tricot's junctures at one and tree courses of repeat are presented in an article. Analytical dependences of parameters of the knitted fabric on the interlacing repeat and on the inlay model are fixed. The variants of structures, which have better auxetic property, were found.

**Keywords:** warp knitting fabric, in-lay yarn, fillet interlacing, inlay model, cells' size, angle of incline,, Poisson ratio.