

УДК 677.055.32: [677.017:677.075]  
DOI 10.30857/2706-5898.2024.2.1

ГАЛАВСЬКА Л.Є.<sup>1</sup>, ДМИТРИК О. М.<sup>1</sup>, БОБРОВА С.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

<sup>2</sup> ДП «Укрметрестандарт», Україна

## ОПІР РІЗАННЮ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ, ВИРОБЛЕНОГО З ВИСОКОМІЦНИХ НИТОК НА ПЛОСКОВ'ЯЗЬАЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ З ПЛАТИНАМИ ТА БЕЗ

**Мета.** Дослідити вплив зміни типу плосков'язального обладнання (з платинами та без) та щільності в'язання на опір різанню трикотажного матеріалу переплетення кулірна гладь, виробленого з високомолекулярних поліетиленових та пара-арамідних ниток.

**Методи.** У відповідності до методики європейського стандарту EN 388-2019 на спеціалізованій прорізувальній машині Mincer Mod.5111 встановлено рівень стійкості розроблених зразків трикотажних матеріалів до порізу циркулярним ножом. Для візуалізації й аналізу одержаних експериментальних даних використано програму Microsoft Excel.

**Результати.** Визначено рівень опору різанню (індекс) трикотажних матеріалів, виготовлених з високоміцної сировини на двох типах плосков'язального обладнання при п'яти рівнях щільності в'язання. У ході проведених досліджень виявлено, що у разі діагонального напрямку прорізування проби трикотажного матеріалу, щільність в'язання не має суттєвого впливу на рівень опору різанню. На величину індексу стійкості до порізів впливає вид високоміцних ниток та тип плосков'язального обладнання. Щільність в'язання є вагомим фактором впливу на рівень опору різанню у випадку переміщення ротаційного ножа по плоскій поверхні трикотажного матеріалу у напрямку петельних рядів чи стовпчиків.

**Наукова новизна.** Встановлено характер впливу типу плосков'язального обладнання (з платинами та без) та щільності в'язання на опір різанню (індекс) трикотажного матеріалу переплетення гладь, виробленого з високомолекулярних поліетиленових та пара-арамідних ниток для трьох напрямів руху ротаційного ножа по плоскій поверхні трикотажного матеріалу: у відповідності до стандартизованої методики під кутом 45° до лінії петельного ряду, вздовж лінії петельного ряду та петельного стовпчика.

**Практичне значення.** Одержані у ході експериментальних досліджень залежності дозволяють визначити рівень стійкості трикотажного матеріалу до порізів циркулярним ножом у відповідності до обраних типу в'язального обладнання, щільності в'язання та обраного виду високоміцних ниток.

**Ключові слова:** пара-арамідна нитка; високомолекулярна поліетиленова нитка; високоміцний трикотажний матеріал; переплетення гладь; стійкість до порізів, опір різанню (індекс).

### THE RESISTANCE TO CUTTING OF KNITTED MATERIAL MADE OF HIGH-STRENGTH YARNS WITH THE USE OF FLAT KNITTING EQUIPMENT WITH AND WITHOUT SINKERS

HALAVSKA L.<sup>1</sup>, DMYTRYK O.<sup>1</sup>, BOBROVA S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine <sup>2</sup>SE "Ukrmetrteststandart", Ukraine

**Purpose.** To investigate the effect of changing the type of flat knitting equipment (with and without sinkers) and knitting density on the resistance to cutting of knitted fabrics with a coolie weave made from high-molecular-weight polyethylene and para-aramid yarns.

**Methodology.** In accordance with the methodology of the European standard EN 388-2019, the level of resistance of the developed knitted material samples to cutting with a circular knife was determined by a specialized Mincer Mod.5111 sizing machine. The Microsoft Excel was used to visualize and analyze the experimental data obtained.

**Results.** The level of the cut resistance (index) of knitted materials made from high-strength raw materials with the use of two types of flat-knitting equipment at five levels of knitting density was determined. In the course of the research, it was found that in the case of a diagonal direction of cutting of a knitted material sample, the knitting density does not have a significant effect on the level of resistance to cutting. The value of the cut resistance index is influenced by the type of high-strength yarns and the type of flat-knitting equipment. The knitting density is a significant factor affecting the level of resistance to cutting when the rotary knife is moved across the flat surface of the knitted fabric in the direction of the loop rows or columns.

**Scientific novelty.** The influence of the type of flat-knitting equipment (with and without sinkers) and knitting density on the cut resistance (index) of a knitted fabric of the surface interweaving made of high-molecular-weight polyethylene and para-aramid yarns for three directions of a rotary knife movement on the flat surface of the knitted fabric: in accordance with the standardized methodology at an angle of 45° to the loop line, along the loop line and loop column.

**Practical value.** The dependences obtained in the course of experimental studies provide an opportunity to determine the level of resistance of knitted fabrics to cutting with a circular knife in accordance with the selected type of a knitting equipment, knitting density and the type of high-strength yarns.

**Keywords:** para-aramid yarn; high-molecular-weight-polyethylene yarn; high-strength knitted material; plain weave; resistance to cutting; cut resistance (index).

**Вступ.** Для визначення ефективності захисту обраного текстильного матеріалу одним з видів механічних ризиків є поріз циркулярним ножом. Стійкість до порізу входить до номенклатури рекомендованих показників якості текстильних матеріалів, які використовуються для виготовлення спеціального одягу робітників, спортсменів та в багатьох інших сферах застосування, де потрібно забезпечити певний рівень захисту від порізів. Слід зазначити, що на даний показник впливає як вид сировини, так і структура переплетення текстильного матеріалу.

**Аналіз попередніх досліджень.** На показники стійкості трикотажного матеріалу до дії механічних ушкоджень впливає ціла низка факторів, вивчення характеру впливу яких сприятиме створенню текстильних матеріалів із заданими властивостями. Актуальність даного напрямку досліджень серед наукової спільноти обумовлена потребою в сучасних текстильних матеріалах, стійких до дії механічних ушкоджень.

Авторами роботи [1] проведено

порівняльний аналіз стійкості до прорізування, проколу та стирання трикотажного матеріалу та ткані структури, виготовлених з кевлару, поліетилену та у поєднанні їх у структурі 50/50. Встановлено, що поєднання двох видів сировини в одній структурі збільшує стійкість текстильного матеріалу до прорізування. Виявлено, що тканий текстильний матеріал завдяки своїй більшій щільності ниткової структури демонструє вищий рівень стійкості до порізу порівняно з трикотажним. Автори зауважують, що на опір різанню впливає товщина текстильного матеріалу.

У роботі [2] висвітлено результати дослідження впливу введення у трикотажну структуру двох видів кулірних переплетень (гладь та ластик 1×1) металеві мононитки на стійкість до прорізування текстильного матеріалу. Для проведення випробувань авторами використано інший метод, що відрізняється від стандартизованого [8], де стійкість до прорізування визначається кількістю циклів зворотно-поступальних рухів у горизонтальній площині леза до моменту прорізування. Тиск леза ножа на зразок трикотажного матеріалу складав

30 кг. Таким чином, забезпечується інший характер взаємодії текстильного матеріалу з лезом ножа. У роботі наведено результати опору різанню (кількість циклів) лише вздовж лінії петельного стовпчика, де руйнуванню піддаються голкові та платинні дуги петель, та вздовж лінії петельного ряду, де руйнуванню піддаються прямолінійні відрізки паличок остовів петель. Встановлено, що вздовж лінії петельного стовпчика трикотажне полотно переплетення гладь витримує більшу кількість циклів до моменту прорізування, тоді як вздовж лінії петельного ряду переплетення ластик. У результаті, зразки з поліетиленової нитки демонструють найбільшу кількість циклів опору різанню. При цьому не виявлено суттєвого впливу на кількість циклів опору різанню внаслідок введення у структуру трикотажного матеріалу металевої мононитки.

Авторами роботи [3] досліджено стійкість до прорізування та проколу трикотажних матеріалів різних структур, виготовлених з різних видів надміцної сировини. Встановлено, що наявність в структурі трикотажу витягнутих пресових петель сприяє підвищенню рівня стійкості до прорізування та проколу. При цьому авторами виявлено, що рівень стійкості до проколу стержнем обумовлений структурою переплетення (високе тертя між нитками та всередині ниток через щільну структуру), стійкість до проколу ножом залежить від міцності ниток, а на стійкість до прорізування впливають механічні властивості ниток, з яких його вироблено трикотажний матеріал, структура переплетення, що визначає рівень його розтягнення та величину його товщини.

У роботі [4] висвітлено результати дослідження стійкості до прорізування трикотажних матеріалів, вироблених з пара-арамідних і високомолекулярних поліетиленових ниток, та їх поєднання у структурі. У ході досліджень встановлено оптимальне значення щільності в'язання, що дозволяє досягти найвищого рівня опору трикотажного матеріалу прорізуванню. При цьому автори не акцентують увагу на зміну форми петлі у результаті зміни щільності в'язання, як фактору впливу на даний показник.

Інша робота [5] присвячена вивченню питомої стійкості до прорізування багат шарової конструкції з пакету матеріалів, зовнішні шари яких

представляють собою трикотажні матеріали. Авторами роботи запропонована теоретична модель для розуміння механізму опору прорізуванню трикотажного матеріалу з пара-арамідної нитки та утворених на його основі багат шарових структур. При цьому опір різанню визначено за стандартизованою методикою [8]. Але для кращого розуміння механізму опору трикотажного матеріалу прорізуванню використано також і напрямок вздовж петельних рядів та стовпчиків. Результати показують, що зусилля розрізання багат шарової структури лінійно пропорційне кількості кевларових шарів тканини. Однак дослідниками не брався до уваги фактор зміни щільності в'язання трикотажного матеріалу.

Авторами у роботі [6] згідно стандартизованої методики [8] досліджено стійкість до прорізування та стирання двошарового трикотажного матеріалу, зовнішній шар якого сформований з високомолекулярної поліетиленової нитки та металевого дроту, внутрішній – з гідрофобної поліефірної нитки, а в якості з'єднуваних елементів використано поліамідні нитки. Встановлено, що на стійкість до порізу та стирання суттєвий вплив має наявність металевого дроту в структурі трикотажного матеріалу.

Робота [7] присвячена дослідженню впливу введення в структуру зовнішнього шару текстильного матеріалу базальтової нитки на показники стійкості до прорізування, проколювання та розриву. Виявлено, що збільшення вмісту базальтових ниток у зовнішньому шарі текстильного матеріалу призводить до зменшення рівня стійкості до механічних ушкоджень. Тому при створенні трикотажних матеріалів, стійких до порізів слід брати до уваги вид високоміцних ниток, структуру переплетення та їх будову.

**Постановка завдання.** Аналіз наукових праць дозволив з'ясувати, що увага науковців зосереджена на методах досліджень поведінки текстильних матеріалів різних структур з сировини підвищеної міцності внаслідок дії колючих та ріжучих предметів. При цьому поза полем зору залишаються спосіб виготовлення трикотажного матеріалу (тип в'язального обладнання: з платинами та без) та форма петель, як фактори впливу на показники стійкості до порізів.

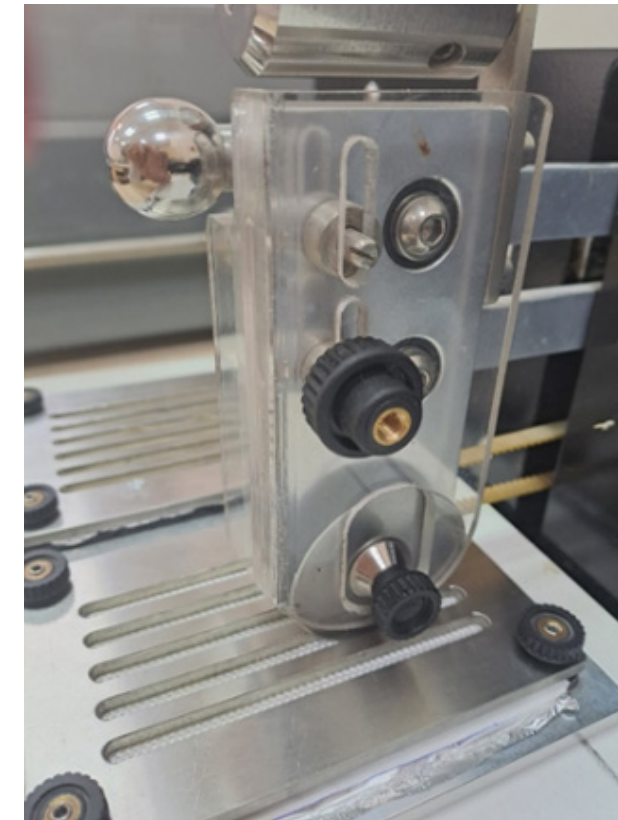


Рис. 1. Прорізувальна машина Muvet Мод.5111

**Методи дослідження.** Опір різанню лезом дискового ножа встановлено у відповідності до стандартизованого методу випробувань [8] в акредитованій лабораторії ДП «Укрметртестстандарт».

Попередньо були підготовлені проби прямокутної форми розміром 60x100 мм із розташуванням петельних стовпчиків та рядів під кутом 45°. Проби підлягають прорізуванню обертовим плаваючим лезом дискового ножа діаметром 45 мм, який здійснює зворотно-поступальне переміщення зі сталим навантаженням 5 Н. Вимірювання ґрунтується на порівнянні контрольного зразка для випробувань

(тканина еталон спеціальної будови та складу [9]) та досліджуваного зразка трикотажного матеріалу, що підлягає випробуванню. Використання стандартного матеріалу, який прорізається до та після проведення випробувань, дозволяє урахувати притуплення ножа під час випробувань. Електронний лічильник вимірює кількість циклів різання до того, як лезо ввійде в контакт із струмопровідною гумою, розташованою під дослідним зразком. У цей момент електронна схема автоматично зупиняє машину (рис. 1). Інтегрований показник, що визначає рівень стійкості текстильного матеріалу до прорізування визначається за математичною формулою, визначеною стандартом EN 388 [8]. У залежності від мінімальних отриманих результатів індексу стійкості визначають рівень стійкості до порізів ірним ножом від 1 до 5 (табл. 1).

Для проведення випробувань попередньо вироблені дослідні зразки трикотажних матеріалів на двох типах плосков'язального обладнання 8 класу: з платинами (рукавичковий автомат типу ПА-8) та без (плоскофангова машина типу ПВРК). У якості високоміцної сировини обрано високомолекулярну поліетиленову (UHMWPE – рЕ) та пара-арамідну (рА) нитки лінійної густини 44 текс×3 компанії Shaanxi Sunriseetech Co., Ltd., Китай. При виготовленні дослідних зразків на плоскофанговому напів-автоматі ПВРК, де зусилля відтягування полотна забезпечується гребінкою з тягарцями, мінімальний та максимальний рівні глибини кулірування складали для UHMWPE нитки  $h_{min} = 3,2$ ;  $h_{max} = 3,56$  мм, для рА нитки  $h_{min} = 3,09$ ;  $h_{max} = 3,45$  мм. Глибина кулірування змінювалася на 5 рівнях з кроком 0,1 мм. У разі виготовлення на рукавичковому автоматі (РА), на якому утримання петель та зусилля відтягування полотна забезпечується горловинами платин, мінімальний та максимальний рівні глибини кулірування для UHMWPE

Таблиця 1.

**Рівні стійкості до порізів циркулярним ножом**

Рівень	1	2	3	4	5
Індекс	1,2	2,5	5,0	10,0	20,0



нитки складала  $h_{min} = 3,55$ ;  $h_{max} = 3,95$  мм, для рА нитки  $h_{min} = 3,4$ ;  $h_{max} = 3,8$  мм, крок зміни глибини кулірування – 0,9 мм. Параметри структури дослідних зразків трикотажних матеріалів наведена у попередній роботі [10].

**Результати дослідження і обговорення.** Слід зауважити, що методика визначення опору різанню [8] передбачає підготовку проб з розташуванням ниток основи і утку під кутом  $45^\circ$ . У нашому випадку ми маємо справу з трикотажною структурою, в якій формування текстильного матеріалу відбувається шляхом послідовного згинання відрізка нитки та утворення ряду петель. І опір різанню чинять не прямолінійні, а криволінійні відрізки ниток. Тому з метою вивчення характеру впливу структури переплетення текстильного матеріалу у вигляді петель, форма яких відрізняється в залежності від обраного типу плосков'язального обладнання (з платинами або без), підготовку проб розміром  $100 \text{ мм} \times 60 \text{ мм}$  виконано для здійснення порізу у трьох напрямках: під кутом  $45^\circ$  як передбачає EN 388-2019 [8], вздовж петельного ряду та стовпчика.

У ході експерименту виявлено, що у разі розташування лінії петельного ряду трикотажного матеріалу в пробі під кутом

використання обладнання без платин типу ПВРК та у якості сировини UHMWPE ниток складає 4,3, рА ниток – 2,5; у разі використання обладнання з платинами типу РА та у якості високоміцних ниток UHMWPE – 3,8; рА – 3,5 (рис. 2).

Як видно з діаграм, наведених на рис. 2, тип плосков'язального обладнання та характеристики високоміцних ниток впливають на рівень стійкості до порізу. Однак за одержаною у відповідності до EN 388-2019 [8] величиною індексу стійкості до порізу усі дослідні зразки відповідають 2-му рівню стійкості до порізу (табл. 1). При цьому за умови в'язання трикотажного матеріалу максимальної щільності з використанням високомолекулярних поліетиленових ниток на плоскофанговій машині без платин можна досягти 3-го рівня стійкості до порізу завдяки тому, що у випадку загального зусилля відтягування полотна, трикотаж має більшу щільність по горизонталі і на одиницю довжини більша кількість відрізків нитки в області паличок петель опирається порізу. У випадку використання плосков'язальної машини з платинами такого рівня ущільнення структури не можливо досягти, оскільки у процесі в'язання петлі формуються та утримуються під час замикання від підйому разом з голкою шляхом зосередженого на платинних дугах зусилля відтягування.

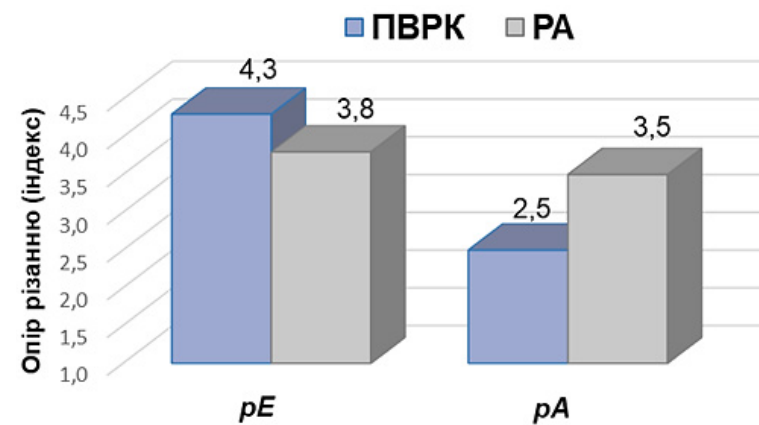


Рис. 2. Діаграми індексу стійкості до порізу у відповідності до методики EN 388-2019

$45^\circ$ , незалежно від типу обладнання та виду високоміцних ниток щільність в'язання не має суттєвого впливу на величину опору різанню (індексу). При цьому опір різанню (індекс) дослідних проб з розташуванням лінії петельного ряду під кутом  $45^\circ$  у разі

Крім того слід зазначити, що у разі виготовлення трикотажного матеріалу на плосков'язальному обладнанні з платинами вид високоміцних ниток не має суттєвого впливу на величину індексу стійкості до порізу (3,8 та 3,5 відповідно для

UHMWPE та рА ниток). У разі вироблення на плосков'язальному обладнанні без платин зразки трикотажного матеріалу з UHMWPE ниток демонструють на 41,9 % вищий індекс стійкості до порізу (4,3 та 2,5 відповідно для UHMWPE та рА ниток).

У таблиці 2 наведено одержані величини опору різанню (індексу) розроблених

зразків трикотажних матеріалів з двох видів високоміцних ниток у напрямку петельних рядів та стовпчиків для кожного з типів в'язального обладнання.

Шляхом обробки експериментальних даних встановлено регресійні залежності, що описують характер впливу зміни рівня глибини кулірування на опір різанню

Таблиця 2.

Опір різанню (індекс) дослідних зразків трикотажних матеріалів

№ зразка	Тип плосков'язального обладнання											
	без платин типу ПВРК						з платинами типу РА					
	рівень глибини кулірування, мм вздовж пет.р.		опір різанню (індекс)				рівень глибини кулірування, мм вздовж пет.р.		опір різанню (індекс)			
			вздовж пет. ст.		вздовж пет. ст.				вздовж пет. ст.		вздовж пет. ст.	
рЕ	рА	рЕ	рА	рЕ	рА	рЕ	рА	рЕ	рА	рЕ	рА	
1	3,20	3,09	7,0	2,4	2,0	2,3	3,55	3,40	4,6	2,6	2,6	2,0
2	3,29	3,18	6,3	2,7	2,0	2,2	3,65	3,50	4,3	2,7	2,6	2,0
3	3,38	3,27	5,1	2,8	2,0	2,1	3,75	3,60	4,1	3,2	2,6	2,0
4	3,47	3,36	4,7	3,1	2,0	1,9	3,85	3,70	4,0	3,3	2,6	1,9
5	3,56	3,45	4,0	3,5	2,0	1,8	3,95	3,80	3,5	3,7	2,6	1,9

(індекс) у залежності від напрямку різання: вздовж лінії петельного ряду чи стовпчика (рис.3).

Як видно з графіків, наведених на рис. 3, тип плосков'язального обладнання впливає на характер зміни індексу

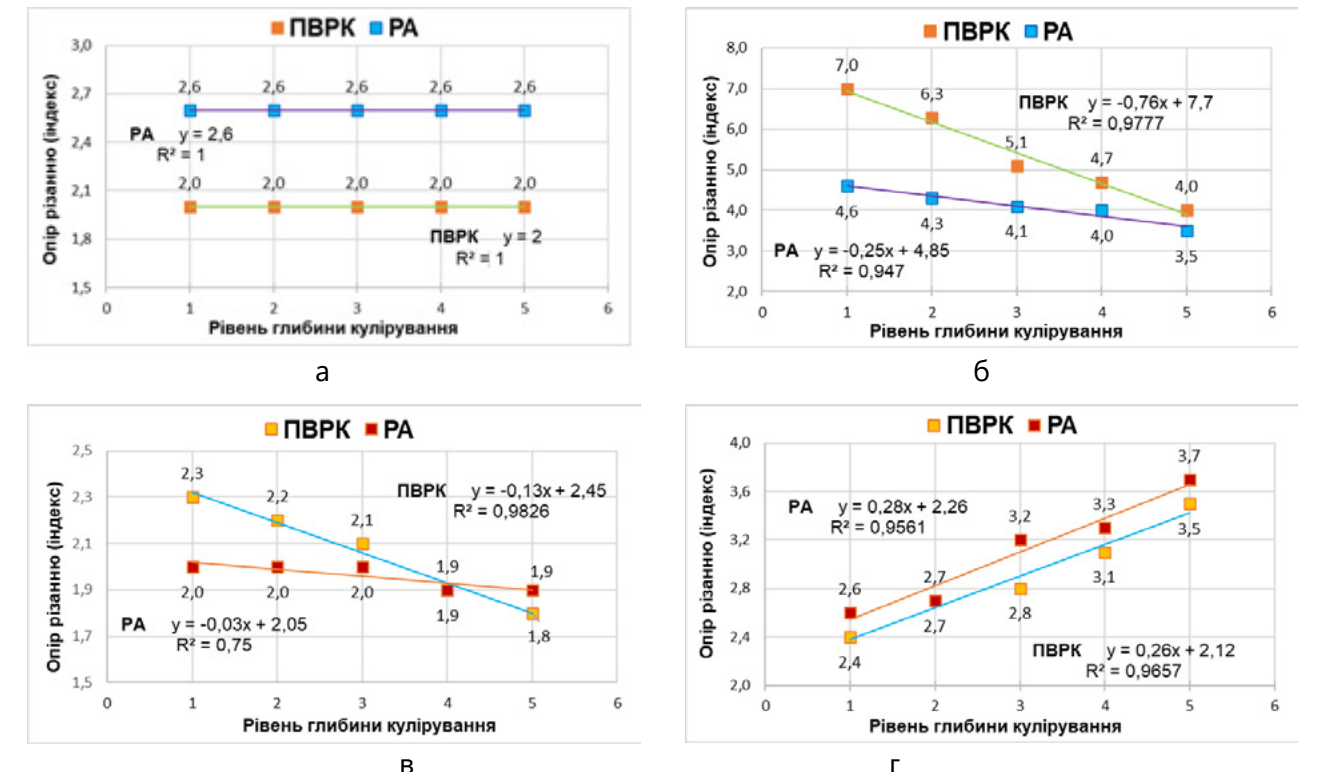


Рис. 3. Графіки залежності опору різанню (індекс) від зміни щільності в'язання: з UHMWPE нитки: а) вздовж петельного стовпчика; б) вздовж петельного ряду; з рА нитки: в) вздовж петельного стовпчика; г) вздовж петельного ряду

стійкості до порізу вздовж петельного ряду, що обумовлено різною формою утворених петель у разі реалізації процесу петлетворення без участі платин (ПВРК) та з платинами (РА). Зигзагоподібне розташування петель у петельному стовпчику трикотажних матеріалів з РА ниток призводить до зміни характеру впливу щільності в'язання порівняно з пробами з УНМВРЕ ниток, а саме зростання рівня стійкості вздовж петельного ряду зі збільшенням глибини кулірування (рис. 3г) та навпаки до зменшення опору різанню у напрямку петельних стовпчиків (рис. 3в). Це обумовлено збільшенням кута нахилу остовів петель в суміжних рядах зі збільшенням глибини кулірування. Натомість у разі використання УНМВРЕ

ниток для виготовлення дослідних зразків на машині типу ПВРК зростання глибини кулірування призводить до зниження індексу стійкості до порізу внаслідок збільшення висоти паличок остовів петель та зменшенню кількості ниток, що опирається порізу. Для співставлення впливу типу плосков'язального обладнання на індекс стійкості трикотажних матеріалів з високомолекулярних поліетиленових та пара-арамідних ниток побудовано відповідні діаграми для середніх значень при 1-му рівні глибини кулірування (рис. 4).

Зразок трикотажного матеріалу, вироблений з високомолекулярної

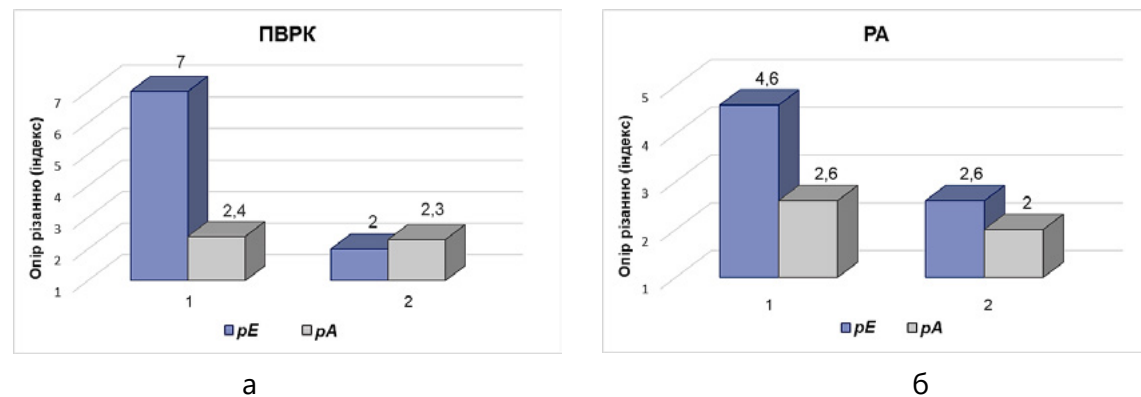


Рис. 4. Діаграми індексу стійкості трикотажних матеріалів: 1 - вздовж петельного ряду, 2 - вздовж петельного стовпчика на двох типах плосков'язального обладнання при 1-му рівні глибини кулірування: а) без платин ПВРК; б) з платинами РА

поліетиленової нитки при 1-му рівні глибини кулірування на в'язальному обладнанні без платин за індексом стійкості до порізу вздовж петельного ряду (1) відповідає 3 рівню. У разі виконання порізу у напрямку петельного стовпчика (2) вплив форми петель трикотажних матеріалів, вироблених на в'язальному обладнанні різних типів з високомолекулярних поліетиленових та пара-арамідних ниток, менш яскраво виражений (рис. 4а (2), 4б (2)).

**Висновки.** Одержані результати експериментальних досліджень дозволили з'ясувати вплив типу в'язального обладнання та виду високоміцних ниток

на рівень стійкості трикотажного матеріалу до порізу. Виявлено, що усі дослідні зразки трикотажних матеріалів відповідають 2-му рівню стійкості до порізу. При цьому за умови в'язання на плосков'язальній машині типу ПВРК трикотажного матеріалу максимальної щільності з використанням високомолекулярних поліетиленових ниток можна досягти 3-го рівня стійкості до порізу завдяки тому, що у випадку загального зусилля відтягування трикотаж має більшу щільність по горизонталі і на одиницю довжини більша кількість відрізків нитки в області паличок петель опирається порізу.

**Список літературних джерел**

1. Memon, A.A., Peerzada, M.H., Sahito, I.A. et al. Facile fabrication and comparative exploration of high cut resistant woven and

**References**

1. Memon, A.A., Peerzada, M.H., Sahito, I.A. et al. (2018). Facile fabrication and comparative exploration of high cut resistant woven and

knitted composite fabrics using Kevlar and polyethylene. *Fash Text* 2018. 5, 5 <https://doi.org/10.1186/s40691-017-0122-0>

2. Безсмертна В. І., Боброва С. Ю., Галавська Л. Є., Кравченко А. В. Дослідження стійкості до порізу трикотажу для захисту рук від механічних ушкоджень. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2020. № 2 (283). С. 255-260.

3. R, F., & R, C. Development of High-performance Single Layer Weft Knitted Structures for Cut and Puncture Protection. *Journal of Textile Science & Engineering*, 2015. 05(06). doi:10.4172/2165-8064.1000225

4. Mollaei, A., & Ahmadi, M. S. Effect of structural parameters on the cut resistance of para-aramid and ultra-high molecular weight polyethylene weft knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 2019. 111(5), 639-645. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1656700>

5. Messiry, M. E., & El-Tarfawy, S. Y. Cutting resistance of flexible armour using multiple layers of triaxial kevlar fabric. *Journal of Industrial Textiles* 2020. 152808372096827. doi:10.1177/1528083720968279

6. Krauledaitė J, Ancutienė K, Krauledas S, Urbelis V, Sacevičienė V. Research of 3D weft-knitted fabrics designed to protect against mechanical risks and suitable for contact with skin. *Journal of Industrial Textiles*. Vol. 51(5S) 7674S-7693S. doi:10.1177/1528083720925831

7. Krauledaitė J, Ancutienė K, Krauledas S, Urbelis V, Sacevičienė V. Investigation of the influence of high molecular weight polyethylene and basalt content used in three-dimensional weft-knitted fabrics on the mechanical risks. *Textile Research Journal*. 2022, Vol. 92(23-24) 4709-4721. doi:10.1177/00405175221109633

8. EN 388-2019 Система стандартів охорони праці. Засоби індивідуального захисту рук. Захисні рукавички від механічних пошкоджень. Технічні вимоги. *Методи випробувань* Дата актуалізації: 01.01.2021.

9. Офіційний сайт компанії «TENTHOREY DE LA PLAINE» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tenthorey.com/>

10. Дмитрик О. М., Галавська Л.Є. Вплив типу плосков'язального обладнання на розривальні характеристики трикотажного матеріалу з високоміцних ниток. *Технології та інжиніринг*. 2024. № 2 (19). С. 79-95. doi: 10.30857/2786-5371.2024.2.8.

knitted composite fabrics using Kevlar and polyethylene. *Fash Text*. 5, 5 <https://doi.org/10.1186/s40691-017-0122-0>

2. Bezsmertna V., Bobrova S., Halavska L., Kravchenko A. (2020). Doslidzhennia stiiikosti do porizu trykotazhu dlia zakhystu ruk vid mekhanichnykh ushkodzhen. [Research of cut resistance of knitwear for protection of hands from mechanical damage]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*. № 2 (283). p. 255-260.

3. R, F., & R, C. (2015). Development of High-performance Single Layer Weft Knitted Structures for Cut and Puncture Protection. *Journal of Textile Science & Engineering*. 05(06). doi:10.4172/2165-8064.1000225

4. Mollaei, A., & Ahmadi, M. S. (2019). Effect of structural parameters on the cut resistance of para-aramid and ultra-high molecular weight polyethylene weft knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*. 111(5), 639-645. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1656700>

5. Messiry, M. E., & El-Tarfawy, S. Y. (2020). Cutting resistance of flexible armour using multiple layers of triaxial kevlar fabric. *Journal of Industrial Textiles*. 152808372096827. doi:10.1177/1528083720968279

6. Krauledaitė J, Ancutienė K, Krauledas S, Urbelis V, Sacevičienė V. (2022). Research of 3D weft-knitted fabrics designed to protect against mechanical risks and suitable for contact with skin. *Journal of Industrial Textiles*. Vol. 51(5S) 7674S-7693S. doi:10.1177/1528083720925831

7. Krauledaitė J, Ancutienė K, Krauledas S, Urbelis V, Sacevičienė V. (2023). Investigation of the influence of high molecular weight polyethylene and basalt content used in three-dimensional weft-knitted fabrics on the mechanical risks. *Textile Research Journal*. 2022, Vol. 92(23-24) 4709-4721. doi:10.1177/00405175221109633

8. EN 388-2019 Systema standartiv okhorony pratsi. Zasoby individualnoho zakhystu ruk. Zakhysni rukavychky vid mekhanichnykh poshkodzhen. *Tekhnichni vymohy. Metody vyprobuvan.* [EN 388-2019 Occupational safety standards system. Personal protective means of hands. Protective gloves against mechanical risks. Technical requirements. Test methods]. Data aktualizatsii: 01.01.2021.

9. Ofitsiyniy sait kompanii «TENTHOREY DE LA PLAINE» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://tenthorey.com/>

10. Dmytryk O.M., Halavska, L.Ye. (2024). Vplyv typu ploskoviazalnoho obladdannia na rozryvalni kharakterystyky trykotazhnoho materialu z vysokomitsnykh nytok. [Study of the influence of flat knitting equipment type on the breaking load and elongation of knitted fabric made from high-strength threads]. *Tekhnolohii ta inzhynirynh*. № 2 (19). p. 60-76. [in Ukrainian].