

DOI 10.31891/2307-5732-2021-293-1-176-182

УДК 677.017.42

С.Ю.БОБРОВА, Л.Є. ГАЛАВСЬКА, В.І. БЕЗСМЕРТНА

Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ В'ЯЗАННЯ КУЛІРНОГО ТРИКОТАЖУ НА ВТРАТУ МІЦНОСТІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ НИТОК

У статті представлено результати дослідження впливу умов в'язання та заправних даних в'язального обладнання на втрату міцності кулірного трикотажу з високомолекулярних поліетиленових ниток. Встановлено, що визначальний вплив на величину розривального навантаження на нитку після її переробки на в'язальному обладнанні має величина лінійної густини нитки. На втрату міцності нитки після в'язання найбільший вплив має зусилля відтягування полотна. Одержані регресійні залежності, що характеризують вплив технологічних параметрів на втрату міцності високомолекулярної поліетиленової нитки, можуть бути використані для встановлення оптимальних параметрів в'язання трикотажу, призначеного для виготовлення засобів індивідуального захисту або іншого асортименту виробів технічного призначення з високими показниками міцності та стійкості до різних механічних ушкоджень.

Ключові слова: кулірний трикотаж, переплетення гладь, глибина кулірування, розривальне навантаження, сировина підвищеної міцності, поліетиленова нитка, втрата міцності.

S. Yu. BOBROVA, L.Ye. HALAVSKA, V.I. BEZSMERTNA

Kyiv National University of Technologies and Design

INFLUENCE OF KNITTING PROCESS ON LOSS OF HIGH-MOLECULAR POLYETHYLENE YARNS STRENGTH

The current priority in the development of high-strength knitwear is to study the behavior of high-strength yarns in the knitting process and maintain their strength characteristics after knitting. The article presents results of the study of the influence of knitting conditions and setting-up parameters on the loss of strength of weft knitted fabrics made of high molecular weight polyethylene yarns.

For knitted fabrics manufacturing ultra high molecular weight polyethylene yarn 44.4 tex and 44.4x3 tex is used. The experimental knitting samples were made by plain structure at flat knitting machine 8-gauge. The breaking characteristics of the yarns are set in accordance with DSTU ISO 2062: 2004 on tensile-testing machine KT-7010AZ. As a result of the complete three-factor experiment, regression mathematical models were obtained that adequately describe the influence of knitting parameters on the breaking load and loss of strength of polyethylene threads after their processing into the knitwear structure. As the controlled factors knockover depth, takedown traction and the linear density of the yarn were chosen. The linear density of a polyethylene yarn has a decisive influence on the breaking load of the yarn value after knitting. The takedown traction has the greatest effect on the loss of strength of the yarn after its processing into the knitting structure. It is established that the minimum of loss of yarn strength can be achieved with the maximum level of knockover depth $h = 3.5$ mm, the maximum linear density of polyethylene yarn $T = 132$ tex and the minimum level of takedown traction $Q = 1659.9$ sH.

The obtained regression dependences characterizing the influence of technological parameters on the loss of strength of high molecular weight polyethylene yarn can be used to establish the optimal parameters for knitting of high-strength knitted fabrics for personal protective equipment or other technical products with high strength and resistance to various mechanical damage.

Keywords: weft knitwear, plain knitted fabric, knockover depth, breaking load, high strength materials, polyethylene yarn, loss of yarn strength.

Вступ

На сьогоднішній день трикотажне виробництво розвивається не тільки у сфері виготовлення повсякденного та спортивного одягу, а й у напрямку розробки різноманітних засобів захисту як готових виробів, так і елементів спецодягу, охоплюючи значну частину ринку текстилю. Відтепер трикотаж здатен забезпечити задоволення все більше вимог споживача, не лише з точки зору естетичних та експлуатаційних характеристик, а й захисних. Це стало можливим завдяки новітнім розробкам у сфері одержання ниток із специфічними властивостями та створення текстильних матеріалів нових структур на їх основі. Традиційно для виготовлення захисних виробів з вогнестійкими, антистатичними, бактеріцидними, теплорегуляційними та балістичними властивостями використовують тканини, до складу яких входять нитки та пряжа зі спеціальними властивостями таких відомих фірм, як Du Pont, Teijin Aramid, DSM, Honeywell, Schoeller GmbH & CoKG та інші [1 - 3]. При цьому мало відомим та менш розповсюдженим є досвід застосування даних видів сировини у сфері трикотажного виробництва.

Нитки та пряжа нового покоління активно використовуються при розробці одягу для військових, охоронців, працівників пожежної та нафтової промисловості, лісового господарства, працівників інших промислових виробництв, гонщиків, пілотів, мисливців та рибалок, а також в інших групах одягу, призначених для активних видів діяльності, відпочинку та спорту. Особливо затребуваними є матеріали для захисту від небезпечних механічних впливів, в структуру яких зазвичай входять нитки підвищеної міцності – параарамідні і високомолекулярні поліетиленові різних фірм-виробників. Оскільки питання переробки високоміцних ниток у трикотаж не досить вивчене, а його міцність під час експлуатації виробів є одним з найважливіших показників якості, то є необхідність у визначенні міцнісних характеристик ниток після їх

переробки у текстильний матеріал та виявлення факторів, які впливають на їх втрату. У роботі розглянуте питання переробки в трикотаж високомолекулярних поліетиленових ниток різної лінійної густини та втрати їх міцності після в'язання.

Постановка задачі

Питанням втрати міцності ниток у ході виконання певних технологічних операцій займаються вчені всього світу. Так, наприклад, Т.С. Боровик та Т.І. Шейнова у своїй роботі [4] дослідили втрату міцності ниток у процесі снування. Авторами встановлено причини зниження міцності ниток основи у процесі формування ткацького навою. У ході спостережень за процесом виявлено, що однією з причин втрати міцності ниток є їх проходження через численну ниткопровідну гарнітуру. Для порівняння втрати міцності обрано 2 снувальні машини з різною кількістю ниткопровідних елементів та встановлено, що на машині з меншою кількістю ниткопровідних елементів втрата міцності менша. Таким чином, зменшення кількості ниткопровідних елементів впливає на зниження втрати міцності при снуванні, так як нитка на своєму шляху до котушки менше контактує з нитконаправляючими поверхнями.

Групою вчених [5] досліджено втрату міцності трикотажних виробів різного сировинного складу внаслідок дії кислот. У результаті експерименту встановлено, що обробка трикотажного одягу кислотним пранням призводить до зниження міцності на розрив (розривальне навантаження). Максимальну втрату міцності отримав зразок трикотажу з бавовняної пряжі.

У роботах [6-8] авторами досліджено втрату міцності високоміцних параарамідних ниток під дією світлопогоди. Встановлено, що незважаючи на високі вихідні механічні властивості параарамідних ниток, дія світлопогоди значно впливає на міцнісні властивості ниток, що приводить до руйнування їх структури, і як наслідок – до зниження якості виробів з них.

Авторами [9-11] вивчено питання втрати міцнісних та інших фізико-механічних властивостей високоміцних поліетиленових ниток. Встановлено, що незважаючи на високі міцнісні показники, поліетиленові нитки можуть втрачати свої первинні властивості починаючи від способу заправки розривальної машини до характеру дії хімічних речовин.

У результаті проведеного аналізу виявлено, що на втрату міцності ниток, у тому числі і поліетиленових, впливає ряд факторів, однак питання втрати їх вихідних властивостей у процесі в'язання не досить вивчене. При переробці ниток у трикотажне полотно нитка піддається згинанню, скручуванню та тертю, що в свою чергу впливає на вихідні властивості ниток. Крім того, нитка у трикотажі приймає форму петлі та знаходиться у стисненому стані. Першочерговим завданням на шляху розробки трикотажу підвищеної міцності є дослідження поведінки високоміцних ниток у процесі в'язання та збереження своїх міцнісних характеристик після в'язання. Однак, на сьогодні відсутня вичерпна інформація щодо особливостей переробки поліетиленових ниток на в'язальному обладнанні, тому наразі дана тема є актуальною і потребує глибоких досліджень.

Експериментальна частина

Для вивчення характеру впливу параметрів в'язання на втрату міцності високомолекулярних поліетиленових ниток обрано кулірне переплетення гладь, вироблене на плосков'язальному обладнанні типу ПВРК 8 класу з нитки лінійної густини 44,4 текс. На властивості трикотажу у процесі його виготовлення впливає ряд факторів, таких як лінійна густина, глибина кулірування, сила натягу нитки та зусилля відтягування полотна. З метою визначення найвпливовішого фактору на показник втрати міцності нитки в процесі її переробки в структуру трикотажу заплановано та реалізовано повний трифакторний експеримент. У якості керованих факторів обрано лінійну густина нитки – x_1 [текс], глибину кулірування – x_2 [мм] та зусилля відтягування полотна – x_3 [сН] при сталому натязі нитки (табл. 1).

Таблиця 1

Умови проведення повного трифакторного експерименту

Умови проведення експерименту	Натуральні значення i-го фактору			Кодовані значення i-го фактору		
	T, текс	h, мм	Q, сН	x_1	x_2	x_3
основний рівень фактору x_{0i}	66	3	2251,4	0	0	0
інтервал варіювання факторів I_i	22	0,5	591,50	1	1	1
верхній рівень фактору x_{Bi}	44×3	3,5	2842,9	+1	+1	+1
нижній рівень фактору x_{ni}	44	2,5	1659,9	-1	-1	-1

Для визначення величини глибини кулірування використана залежність, що описує взаємозв'язок між довжиною нитки в петлі та розмірами робочих органів машини й товщиною нитки [12]. Довжину нитки в петлі змінено шляхом зміни положення кулірного клина. На підставі зазначеної залежності, виходячи зі встановлених значень мінімальної та максимальної довжини нитки в петлі, розраховано мінімальне та максимальне значення глибини кулірування: 2,5 мм та 3,5 мм відповідно. У ході реалізації попереднього експерименту встановлено мінімальний та максимальний рівні зусилля відтягування полотна: 1659,9 сН та 2842,9 сН відповідно.

Проведено дослідження щодо визначення факторів, які мають вплив на показник використання міцності поліетиленових ниток після в'язання Y_p . Даний показник визначено за наступною залежністю [12]:

$$Y_p = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де P_1 – розривальне навантаження на нитку до в'язання, кгс.

P_2 – розривальне навантаження на нитку після в'язання, кгс.

Величину втрати міцності нитки у процесі її переробки в структуру трикотажу визначено за наступною залежністю:

$$B_{\text{міц}} = 100 - Y_p, \% \quad (2)$$

Розривальне навантаження на нитку до та після в'язання встановлено на розривній машині КТ-7010AZ у відповідності до ДСТУ ISO 2062:2004 [13]. Величина розривального навантаження на нитку до в'язання становить: для нитки лінійної густини 44 текс $P_1 = 9,31$ кгс; для 44 текс $\times 3$ $P_1 = 23,00$ кгс.

Шляхом розпуску дослідних зразків трикотажу, вироблених у відповідності до матриці планування повного трифакторного експерименту, підготовлено дослідні відрізки ниток для визначення розривального навантаження на нитку після в'язання. На відміну від інших видів високоміцних ниток, розривальне навантаження високомолекулярної нитки не може бути визначене з використанням стандартних затискачів розривної машини. Групою науковців [14] встановлено, що використання равликових затискачів та затискачів типу лещата з губками, що мають високоадгезивні покриття, не придатне для проведення випробувань поліетиленових ниток. Для визначення розривального навантаження на машині КТ-7010AZ нитка намотувалась на одну частину контактної стрічки типу «ліпучка» та з'єднувалась із другою частиною стрічки, що надало необхідну адгезію. Після цього нитка, затиснена у стрічку, встановлювалась у затискачі розривної машини типу лещата. Отримані середні значення розривального навантаження на нитку після в'язання \bar{Y}_P та показник втрати міцності $\bar{Y}_{B_{\text{міц}}}$ наведено у таблиці 2.

Значущість коефіцієнтів регресії перевірено за допомогою критерія Стьюдента t_R [12]. Одержані регресійні залежності у кодованому вигляді мають наступний вигляд:

для розривального навантаження

$$Y_p = 13,35 + 5,93x_1 + 0,45x_2 - 0,58x_3 + 0,23x_1x_2 \quad (3)$$

для показника втрати міцності

$$Y_{B_{\text{міц}}} = 18,23 - 2,06x_1 - 2,69x_2 + 4,15x_3 \quad (4)$$

Таблиця 2

Матриця планування експерименту та середні значення досліджуваних показників

Номер досліджу	Фактори				Середнє значення показника	
	x_0	x_1	x_2	x_3	$\bar{Y}_P, \text{кгс}$	$\bar{Y}_{B_{\text{міц}}}, \%$
1	+	-	-	-	7,766	16,58
2	+	+	-	-	19,534	15,07
3	+	-	+	-	8,092	13,08
4	+	+	+	-	20,34	11,57
5	+	-	-	+	6,622	28,87
6	+	+	-	+	17,67	23,17
7	+	-	+	+	7,204	22,62
8	+	+	+	+	19,58	14,87

Коефіцієнти регресії в одержаних математичних залежностях у кодованому вигляді дозволяють з'ясувати ступінь впливу кожного з факторів на досліджувані вихідні параметри. Зокрема, на величину розривального навантаження на нитку після її переробки в структуру трикотажу переплетення гладь найбільший вплив має лінійна густина високомолекулярної поліетиленової нитки. Глибина кулірування та зусилля відтягування полотна мають рівноцінний вплив, але у протилежних напрямках. За умови незмінної лінійної густини нитки зі збільшенням глибини кулірування величина розривального навантаження зростає, а при збільшенні зусилля відтягування полотна величина розривального навантаження зменшується. Одержана регресійна залежність (4) вказує на те, що на величину втрати міцності ниток після в'язання найбільший вплив має зусилля відтягування полотна. За умови незмінного зусилля відтягування полотна вплив лінійної густини та глибини кулірування майже рівнозначний. Характер впливу технологічних параметрів в'язання на розривальне навантаження ниток після в'язання відрізняється від високоміцних параарамідних [15], що обумовлено природою вихідного полімеру високомолекулярних поліетиленових ниток.

У натуральному вигляді одержані регресійні залежності приймають наступний вигляд:

для розривального навантаження

$$P = 3,7 + 0,1 \cdot T + 0,002 \cdot 10^{-3} \cdot h - 9,8 \cdot 10^{-4} \cdot Q + 0,01 \cdot T \cdot h \quad (5)$$

для показника втрати міцності

$$B_{\text{міц}} = 24,77 - 5,39 \cdot h + 0,7 \cdot 10^{-2} \cdot Q - 0,07 \cdot T \quad (6)$$

На підставі отриманої залежності (5) побудовано поверхні (рис. 1), які дозволяють прослідкувати вплив технологічних параметрів в'язання, а саме лінійної густини нитки, глибини кулірування та зусилля відтягування полотна, на величину розривального навантаження на поліетиленову нитку після її переробки в структуру кулірного трикотажу переплетення гладь.

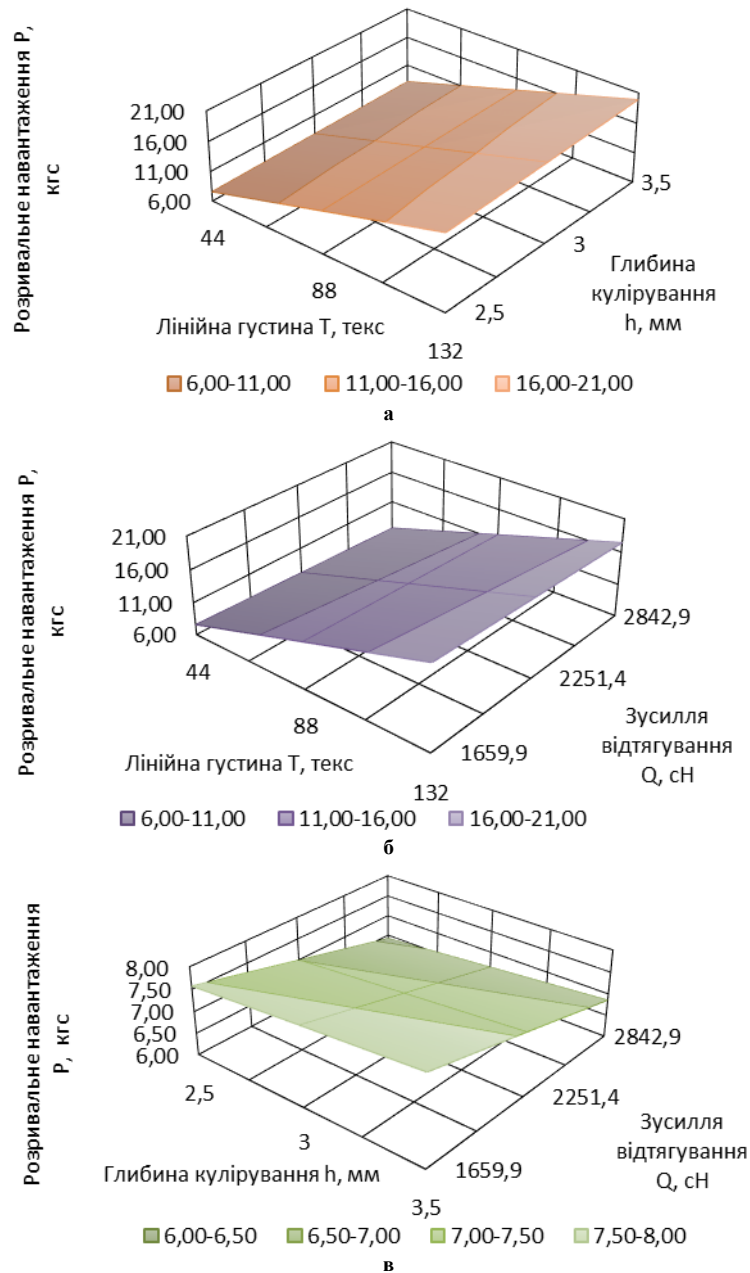


Рис. 1. Геометрична інтерпретація одержаної регресійної залежності для Y_G :
 а – при мінімальному рівні зусилля відтягування $Q=1659,9\text{сН}$; б – при мінімальному рівні глибини кулірування $h=2,5$;
 в – при мінімальному рівні лінійної густини $T=44$ текс

Як видно з рис. 1 максимальне значення розривального зусилля досягається при максимальному рівні лінійної густини нитки. Зусилля відтягування полотна за умови незмінної лінійної густини нитки значного впливу на величину розривальне навантаження не має. Побудовані поверхні, представлені на рис.2а та рис.2б, наглядно ілюструють однаковий характер впливу на величину розривального навантаження зміни лінійної густини у діапазоні $44 \div 132$ текс при $h = 2,5$ мм та глибини кулірування у діапазоні $2,5 \div 3,5$ мм при $T = 44$ текс.

Аналогічним чином на підставі одержаної залежності (6) для показника втрати міцності побудовано поверхні (рис.2), які дозволяють визначити параметри в'язання, що забезпечать мінімальний рівень втрати міцності поліетиленової нитки внаслідок її переробки на плосков'язальній машині в структуру трикотажу переплетення гладь.

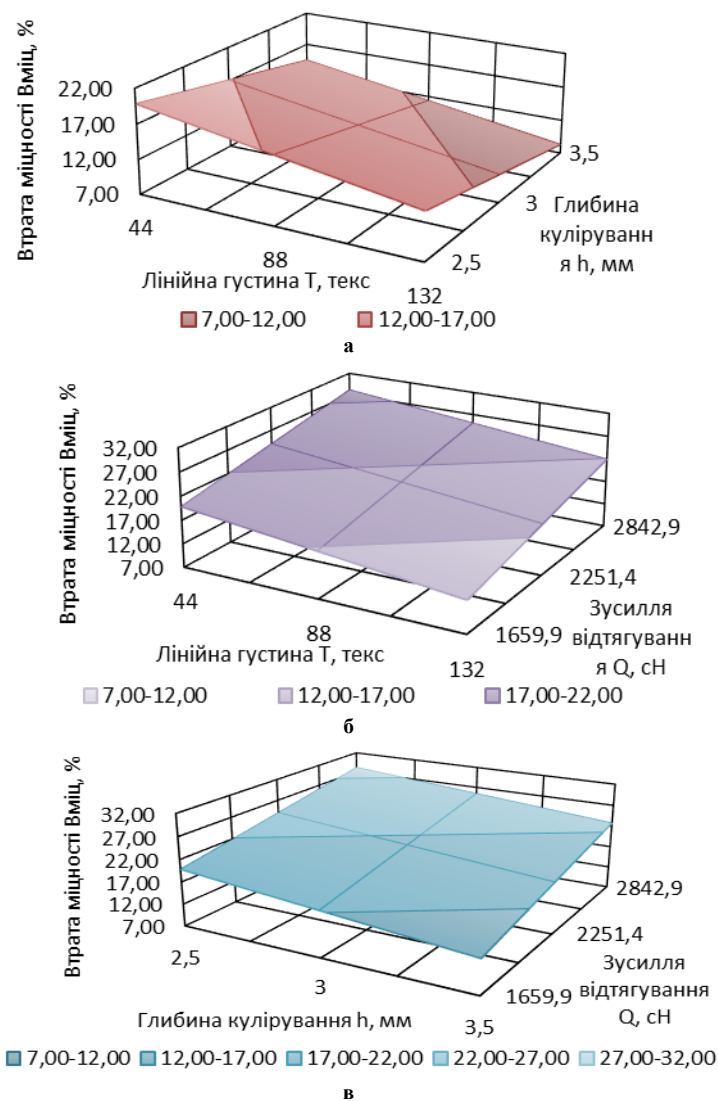


Рис. 2. Геометрична інтерпретація одержаної регресійної залежності для Вміц, %:
а – при мінімальному рівні зусилля відтягування Q=1659,9сН; б – при мінімальному рівні глибини кулірування h=2,5;
в – при мінімальному рівні лінійної густини T=44 текс

Побудовані поверхні ілюструють, що втрата міцності поліетиленової нитки після її переробки в структуру кулірного трикотажу переплетення гладь досягає найбільшого значення за умови мінімальної величини лінійної густини нитки, мінімального рівня глибини кулірування та максимального зусилля відтягування полотна. При цьому збільшення зусилля відтягування у встановленому діапазоні при мінімальній величині лінійної густини нитки призводить до збільшення рівня втрати міцності.

Слід також звернути увагу, що при максимальному рівні зусилля відтягування збільшення лінійної густини нитки призводить до зменшення втрати міцності нитки у процесі в'язання. Представлені на рис.2а та рис.2б поверхні дозволяють зробити висновок про однаковий характер впливу на величину втрати міцності високомолекулярної поліетиленової нитки після в'язання зміни її лінійної густини у діапазоні 44÷132 текс при h = 2,5 мм та глибини кулірування у діапазоні 2,5÷3,5 мм за умови мінімального рівня лінійної густини нитки T=44 текс.

Висновки

У результаті реалізації повного трифакторного експерименту одержано регресійні математичні моделі, що адекватно описують вплив параметрів в'язання на величину розривального навантаження на високомолекулярну поліетиленову нитку та втрату її міцності після переробки на в'язальному обладнанні в структуру кулірного трикотажу переплетення гладь. Встановлено, що найбільш впливовим фактором на величину втрати міцності поліетиленової нитки є зусилля відтягування полотна. При цьому лінійна густина нитки та глибина кулірування мають рівнозначний вплив. Мінімуму рівня втрати міцності нитки $V_{міц}=8,28\%$ можна досягнути за умови максимального рівня глибини кулірування h=3,5мм, максимальної лінійної густини поліетиленової нитки T=132 текс та мінімального рівня зусилля відтягування полотна Q=1659,9 сН.

Подяка. Робота виконувалась у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного проекту «Трикотажні матеріали для засобів індивідуального захисту від механічних пошкоджень та дії полум'я (акронім - PERPROKNIT)» за підтримки Міністерства освіти і науки України.

Література

1. Tasneem Sabir, 2 - Fibers used for high-performance apparel, Editor(s): John McLoughlin, Tasneem Sabir, In Woodhead Publishing Series in Textiles, High-Performance Apparel, Woodhead Publishing. – 2018, – P. 7-32, ISBN 9780081009048, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100904-8.00002-X>.
2. B. Fei, 2 - High-performance fibers for textiles, Editor(s): Menghe Miao, John H. Xin, In The Textile Institute Book Series, Engineering of High-Performance Textiles, Woodhead Publishing. – 2018, – P. 27-58, ISBN 9780081012734, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00002-0>.
3. Ильина И.И. Теперь трикотаж – не только комфорт, но и защита [Электронный ресурс] / И.И. Ильина // Технический текстиль – 2003. № 5. – Режим доступа до журн.: <http://rustm.net/catalog/article/716.html>.
4. Боровик Т.С. Исследование потери прочности основных нитей из-за процесса снования / Т.С. Боровик, Т.И. Шейнова // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности: тезисы докладов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов (Иваново, 23-25 апреля 2013 г.). – Иваново: ИВГПУ, 2013. – С. 64-65.
5. Khalil El. Study on Properties Analysis of Knitwear After Acid Wash. AASCIT Communications, 2016, Volume 3, Issue 2, pp.102-106.
6. Костомарова С.А. Исследование изменения механических свойств параарамидных нитей под воздействием светопогоды / С.А. Костомарова, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова // Дизайн и Технологии. – 2016. – №56(98). – С. 61-65.
7. Никитина О.В. Прогнозирование разрывной нагрузки параарамидных нитей Русар в зависимости от длительности воздействия естественной светопогоды / О.В. Никитина, А.В. Курденкова, Ю.С. Шустов // Дизайн и Технологии. – 2012. – №28. – С. 27-30.
8. Никитина О.В. Исследование влияния светопогоды на механические свойства параарамидных нитей / О. В. Никитина, Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова, А.В. Антонова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – №2. – С. 26-28.
9. Сергеева Е. А. Влияние плазменной обработки на физико-механические свойства волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена / Е.А. Сергеева, Ю.А. Букина, А.Р. Ибатуллина // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 17, Т. 15. – С. 116–119.
10. Сергеева Е.А. Влияние высокочастотного разряда пониженного давления на свойства ВВПЭ волокон / Е.А. Сергеева, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. Казань: изд-во КГТУ. – 2009. – №2. – С.84-89.
11. Молтусов А.С. Исследование физико - механических свойств полимерной нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) / А.С. Молтусов, Н.А. Орлова // Развитие науки и техники: механизм выбора и реализации приоритетов: сборник статей Международной научно - практической конференции (15 июня 2017 г., Екатеринбург). – Екатеринбург: НИЦ АЭТЕРНА, 2017: Технические науки. – С. 123-126.
12. Ключко О.І. Дослідження у трикотажній промисловості: навчальний посібник для студентів вищих навч. закл. / О.І. Ключко – К.: КНУТД, 2006. – 190 с.
13. Текстиль. Пряжа з паковань. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву: ДСТУ ISO 2062:2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – Київ: Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості, 2006. – 12с. – (Національний стандарт України).
14. Степашкин А.А. Опыт исследования механических свойств высокопрочного волокна на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена / А.А. Степашкин, А.В. Максимкин, Д.И. Чуков, В.В. Чердынцев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10755>.
15. Безсмертна В.І. Дослідження втрати міцності параарамідних ниток у процесі в'язання кулірного трикотажу / В.І. Безсмертна, Л.Є. Галавська, С.Ю. Боброва // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2019. – № 2 (132). – С. 51-59.

References

1. Tasneem Sabir, 2 - Fibers used for high-performance apparel, Editor(s): John McLoughlin, Tasneem Sabir, In Woodhead Publishing Series in Textiles, High-Performance Apparel, Woodhead Publishing. – 2018, – P. 7-32, ISBN 9780081009048, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100904-8.00002-X>.
2. B. Fei, 2 - High-performance fibers for textiles, Editor(s): Menghe Miao, John H. Xin, In The Textile Institute Book Series, Engineering of High-Performance Textiles, Woodhead Publishing. – 2018, – P. 27-58, ISBN 9780081012734, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00002-0>.
3. Iilina I.I. Teper trikotazh – ne tolko komfort, no i zaschita [Elektronniy resurs] / I. I. Iilina // Tehnicheskiy tekstil. - 2003, №5. – Rezhim dostupu : <http://rustm.net/catalog/article/716.html>.
4. Borovik T.S. Issledovanie poteri prochnosti osnovnykh nitey iz-za protsesssa snovaniya / T.S. Borovik, T.I. Sheynova – Molodye uchenyie – razvitiyu tekstilnoy i legkoy promyishlennosti : tezisyi dokladov Mezhvuzovskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii aspirantov i studentov (Ivanovo, 23-25 aprelya 2013 g.,). – Ivanovo: IVGPU. – 2013. – S. 64-65.
5. Khalil EL. Study on Properties Analysis of Knitwear After Acid Wash // AASCIT Communications. – 2016. Volume 3, Issue 2, – P.102-106.

6. Kostomarova S. A. Issledovanie izmeneniya mekhanicheskikh svoystv paraaramidnykh nitey pod vozdeystviem svetopogody / S.A. Kostomarova, Yu.S. Shustov, A.V. Kurdenkova // Dizayn i Tehnologii. – 2016. – №56(98). – S. 61-65.
7. Nikitina O. V. Prognozirovaniye razryivnoy nagruzki paraaramidnykh nitey Rusar v zavisimosti ot dlitelnosti vozdeystviya estestvennoy svetopogody / O. V. Nikitina, A. V. Kurdenkova, Yu.S. Shustov // Dizayn i Tehnologii. – 2012. – №28. – S. 27-30.
8. Nikitina O. V. Issledovanie vliyaniya svetopogody na mekhanicheskie svoystva paraaramidnykh nitey / O. V. Nikitina, Yu. S. Shustov, A. V. Kurdenkova, A. V. Antonova // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. – 2014. – №2. – S. 26-28.
9. Sergeeva E. A. Vliyanie plazmennoy obrabotki na fiziko-mekhanicheskie svoystva volokon iz sverhvisokomolekulyarnogo polietilena / E. A. Sergeeva, Yu. A. Bukina, A. R. Ibatullina // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012. – № 17, T. 15. – S. 116–119.
10. Sergeeva E.A. Vliyanie vyisokochastotnogo razryada ponizhennogo davleniya na svoystva VVPE volokon / E.A. Sergeeva, I.Sh. Abdullin // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. Kazan: izd-vo KGTU. – 2009. – №2. – S.84-89.
11. Moltusov A.S. Issledovanie fiziko - mekhanicheskikh svoystv polimernoy niti iz sverhvisokomolekulyarnogo polietilena (SVMPE) / A.S. Moltusov, N.A. Orlova // Razvitie nauki i tehniki: mekhanizm vyibora i realizatsii prioritetov: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno - prakticheskoy konferentsii (Ekaterinburg, 15 iyunya 2017 g.). – Ekaterinburg: NITs AETERN. – 2017: Tekhnicheskie nauki. – S. 123-126.
12. Klochko O.I. Doslidzhennia u trykotazhniy promyslovosti : navchalny posibnyk dlia studentiv vyshcheykh navch. zakl. / O.I. Klochko – K.: KNUTD, 2006. - 190 s.
13. Tekstyl. Priazha z pakovan. Vyznachennia rozryvalnoho navantazhennia ta vydovzhennia pid chas rozryvu: DSTU ISO 2062:2004. – [Chynnyj vid 2006-01-01].– Kyiv: Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti, 2006. – 12 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainy).
14. Stepashkin A.A. Opyit issledovaniya mekhanicheskikh svoystv vyisokoprochnogo volokna na osnove sverhvisokomolekulyarnogo polietilena / A.A. Stepashkin, A.V. Maksimkin, D.I. Chukov, V.V. Cherdyntsev // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013, – №6. – Rezhim dostupu: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10755>.
15. Bezmertna V. I. Doslidzhennia vtraty mitsnosti paraaramidnykh nytok u protsesi viazannia kulirnogo trykotazhu / V.I. Bezmertna, L.Ye. Halavska, S.Yu. Bobrova // Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design». – 2019. № 2 (132). – S. 51-59

Рецензія/Peer review : 16.02.2021 р.

Надрукована/Printed :10.03.2021 р.