

УДК 677.076

СУМСЬКА О. П., ФЕЩУК Ю. А., ГІБЕЛІНДА О. А.,
ПАНЧЕНКО Н. В.

Херсонський національний технічний університет
**ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ
НАНОРОЗМІРНИХ ОРГАНOSИЛІКОНОВИХ
ПОМ'ЯКШУВАЧІВ**

Мета. Визначити вплив нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів на технологічні характеристики трикотажного полотна та оцінити можливість їх поліпшення шляхом застосування інноваційного завершального оброблення.

Методика. Теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях текстильного матеріалознавства. При експериментальних дослідженнях використані стандартизовані методи і методики, що відтворюють у лабораторних умовах надання пом'якшувальної обробки трикотажним полотнам. Технологічний процес шиття було виконано на промисловій швейній машині Juki DLL-8100e. Частоту стібків строчки визначали реєстраційним методом.

Результати. Визначено, що застосування нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів поліпшує технологічні характеристики трикотажного полотна. Встановлено, що нанорозмірний органосиліконовий пом'якшувач Колосил, який використовували за методом вибирання в концентрації 4% від оброблюваного матеріалу, суттєво впливає на повну деформацію і підвищує частку повільно-оборотної складової деформації. Показано, що застосування пом'якшувачів позитивно впливає на стабільність лінійних розмірів трикотажного полотна. Доведено, що завершальну обробку трикотажного полотна інноваційними нанорозмірними органосиліконовими пом'якшувачами можна вважати фактором зниження технологічної трудомісткості швейних виробів.

Наукова новизна. Наукова гіпотеза отримала експериментальне підтвердження у застосуванні нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів для поліпшення технологічних характеристик трикотажного полотна. Показано, що обробка нанорозмірними пом'якшувачами викликає зміни у структурі волокон на мікрорівні, які мають першорядне значення для формування технологічних властивостей трикотажного полотна.

Практична значущість. Результати досліджень можуть використовуватися у розробці нових матеріалів з удосконаленими властивостями, при конструюванні деталей одягу та пошитті виробів з трикотажного полотна.

Ключові слова: деформаційні властивості, стабільність лінійних розмірів, продуктивність швейної машини, нанотекстиль.

Вступ. Трикотажна промисловість виробляє широкий асортимент найрізноманітніших виробів, багато з яких є незамінними або більш бажаними, ніж вироби, вироблені з тканини. Проведені системні дослідження показали, що на якість швейних виробів з трикотажних полотен впливає безліч факторів технологічного характеру. Виконання планів збільшення обсягу швейного виробництва, підвищення продуктивності праці, поліпшення якості та розширення асортименту продукції в значній мірі залежить від технологічних характеристик трикотажного полотна, що використовується.

Високоякісну продукцію можна випустити тільки з якісних матеріалів або, беручи до уваги певні негативні характеристики матеріалу, використовувати дані трикотажні полотна для певного виду виробів з урахуванням їх призначення та застосовуючи методи обробки, які нівелюють недоліки вихідної сировини. Матеріали можуть несподівано проявити

властивості, які в значній мірі погіршують перебіг технологічного процесу і знизять споживчі властивості готового виробу.

Із залученням експертів з числа інженерно-технічних працівників швейних підприємств, викладачів та аспірантів кафедри експертизи, технології і дизайну текстилю, обрана група показників технологічних властивостей трикотажного полотна, умовно названа базовою. З двадцяти раніше виявлених показників у базову групу увійшли дев'ять. Проведене експертне опитування дозволило оцінити значущість базових технологічних показників, встановивши рангову оцінку для кожного показника. Для більш об'єктивної оцінки при опитуванні експертів, з метою спрощення ними вибору, показники оцінювалися двічі. Перший - оцінка на етапі проектування виробу (моделювання, конструювання та конфекціювання), другий - на етапі безпосереднього виготовлення (розкрійний, підготовчий і швейний цех). Узагальнюючи результати ранжування ступеня впливу виробничо-технологічних факторів на якість швейних виробів, зовнішній вигляд, розмірну точність та формостійкість готових швейних виробів з трикотажних полотен, а також їх собівартість слід зазначити, що основними факторами визначено: деформаційні властивості; стабільність лінійних розмірів та вплив матеріалу на продуктивність швейної машини.

Для різних видів трикотажних полотен величина деформацій коливається за своїми значеннями. Тому для забезпечення необхідної релаксації деформацій в матеріалах необхідно оцінювати їх деформаційно-релаксаційні властивості в умовах швейного виробництва. Це важливо ще й тому, що полотна, що надходять у технологічне виробництво для переробки в деталі одягу, як правило, мають деформаційну передісторію, а також додаткові деформації полотен випробовують безпосередньо при виконанні підготовчо-розкрійних операцій.

Стабільність лінійних розмірів текстильних матеріалів загально визнано є одним з важливих показників їх якості. Трикотажні полотна мають більш високу розтяжність, ніж тканини, більш рухливу структуру, чутливу навіть до незначних докладених зусиль. Тканини, що мають велике розтягнення навіть при малих навантаженнях, є складними в розкрої й пошитті, вони легко отримують перекося, розтягуються у швах, легко деформуються. При конструюванні швейних виробів необхідно передбачати припуски, що враховують усадку матеріалу в готовому виробі й при волого-тепловій обробці в процесі виробництва. Крім того, в результаті аналізу якості швейно-трикотажних виробів виявлено, що п'ята частина (19,2%) всіх претензій споживачів пред'являється через зміни лінійних розмірів і форми виробу в процесі його експлуатації (як правило, після першого прання).

Зважаючи на те, що усадка і притяжка здійснюють значний вплив на формостійкість і розміростабільність швейних виробів у процесі експлуатації та викликають ряд труднощів у технологічному процесі їх виробництва, визначенню лінійних розмірів трикотажних полотен приділяється значна увага з боку дослідників, але при цьому не менш важливими залишаються питання розробки технологічних засобів, щодо стабілізації лінійних розмірів трикотажних полотен.

Промислове швейне виробництво на сучасному етапі розвивається у напрямку виготовлення швейної продукції високої (оптимальної) якості при мінімальних ресурсних затратах. При цьому відбувається перерозподіл функцій і відповідальності за отримання кінцевого позитивного результату в процесі виконання технологічних операцій швейного

виробництва (стабільно високого та прогнозованого рівня якості та продуктивності) в системі «людина – машина – виробниче середовище». Вищезазначене є підґрунтям доцільності проведення досліджень щодо впливу властивостей трикотажного полотна на продуктивність швейної машини.

Аналіз останніх публікацій. Комплекс властивостей трикотажних полотен формується у процесі їх проєктування і вироблення. Факторами формування технологічних і споживних властивостей є: волокнистий склад, структура текстильних ниток, будова трикотажних полотен, особливості їх обробки.

Покращенню властивостей трикотажного полотна за рахунок використання сировини присвячено роботи [1-4]. Авторами [5,6] досліджено характер зміни лінійних розмірів після вологих обробок трикотажу з вмістом бамбукової пряжі. Запропоновано структуру трикотажу, що дозволяє одержати трикотажний виріб, у якому бамбукова пряжа виходить на виворітну сторону, до тіла людини, та надає виробу природні протиалергійні та бактерицидні властивості бамбуку, а бавовняна пряжа дозволяє підвищити формостійкість та зменшити зміну лінійних розмірів трикотажу після волого-теплової обробки. Таким чином, авторам роботи вдалося одночасно вдосконалити і споживні і технологічні властивості трикотажу.

Крім того, на властивості трикотажних полотен чинять певний вплив окремі технологічні особливості виконання тих чи інших виробничих операцій на всіх етапах виробництва. Так, в Київському національному університеті технологій та дизайну, з метою розробки певних рекомендацій щодо виготовлення трикотажу підвищеної міцності визначено вплив структури трикотажу, виготовленого при різних технологічних параметрах роботи в'язального устаткування на його деформаційні властивості. Авторами роботи [7] встановлено, що збільшення рівня глибини кулірування призводить до пропорційного зростання величини деформації під дією прикладеного розтягуючого зусилля та релаксації деформації після зняття навантаження. Це дає можливість прогнозувати деформаційні характеристики трикотажу підвищеної міцності у відповідності до обраної щільності його в'язання. У статті [8] представлено результати дослідження деформації основов'язаного трикотажу утоково-філейного переплетення, який утворено чергуванням рядів трико та ланцюжка в рапорті і в якому утокова нитка розташовується в структурі трикотажу без обвивання протяжок петель ґрунтового переплетення. Встановлено залежності досліджуваних параметрів від рапорту філейного переплетення та варіанту розташування утокової нитки.

Слід відзначити, що на властивості трикотажних полотен в значній мірі має суттєвий вплив використання сучасних прогресивних технологій опорядження текстильних матеріалів. Особливу роль в опорядженні тканин займає завершальне оброблення, де остаточно формуються споживні властивості готових текстильних виробів [9,10]. Але на сьогодні, високоякісне опорядження має передбачати не лише надання текстильним матеріалам принадності і комплексу необхідних споживних якостей, але й високих технологічних властивостей матеріалів, тобто комплексу фізико-хімічних властивостей цих матеріалів, зумовлених станом, складом і структурою в процесі взаємодії з технологічним середовищем, тобто під час їх оброблення.

З цієї позиції викликає інтерес використання пом'якшувачів у завершальному обробленні текстильних матеріалів. Останнє покоління пом'якшувачів - препарати на основі

силіконових еластомерів. До цієї групи належать: солюсофти (фірми "Хехст"), целлолюб СІ (фірма "Танатекс"), сандоперми FE, FEN, FES, ME, MEI (фірма "Кларіант"), ультратекс (фірма "Ціба-Гейгі"). Асортимент пом'якшувачів для текстильної промисловості досить широкий, але не зупиняються наукові пошуки більш сучасних, ефективних, фізіологічно і екологічно нешкідливих речовин. З досягненнями в галузі органічної хімії були створені нові сполуки, які могли б більш ефективно пом'якшувати тканини. У статті [11] показано вплив двох рівнів концентрації для шести комерційних пом'якшувачів на бавовняні трикотажні полотна. Властивості полотна оцінювали із застосуванням системи оцінки «Kawabata» для полотен (KES-FB). Виявлено, що застосування пом'якшувачів знижує згинальні властивості трикотажного полотна з блокуванням через зменшення тертя між нитками в результаті ефекту «мастила».

Вивчено вплив двох пом'якшувачів (катіонного і кремнієвого) двох концентрацій: (3 %, 6 %) на силу тертя тканини і силу проникнення голки при шитті. Результати показали, що обробка кремнієвим пом'якшувачем призводить до значного зменшення сили проникнення голки при шитті в полотно. Показано, що під впливом пом'якшувальної обробки трикотажного полотна підвищується його ковзкість [12]. Автори робіт [13-15] досліджували вплив наявності опоряджувальних препаратів на трикотажних полотнах на силу проникнення швейної голки при шитті. Автори роботи [16] вивчали вплив пом'якшувальної обробки на властивості трикотажного полотна з 100 % бавовни, спандекса з половинним покриттям та спандекса з повним покриттям. Результати показали, що обробка кремній вмісним пом'якшувачем дає високі показники для трикотажних полотен з 100% бавовни, половинно- і повністю покритих.

Авторами роботи [17] відзначено, що для повного вирішення проблеми вдосконалення пошивних властивостей трикотажних полотен пом'якшувальна обробка є найбільш важливим кроком.

Нині ринок України переповнений імпортованими препаратами для обробки текстильних матеріалів, про хімічний склад і токсичність яких майже немає інформації. Водночас в Україні налагоджено виробництво широкого асортименту текстильно-допоміжних речовин, зокрема препарату Колософт П (ДП «Хімтекс», Херсон). Тому, авторами роботи [18] виконано дослідження впливу авіажної обробки препаратом Колософт П на пошивні властивості трикотажних полотен. Предметом дослідження були обрані зразки бавовняного трикотажного полотна «інтерлок», що використовується для виготовлення виробів на підприємстві "Маламода", м. Херсон. Як свідчать отримані дані, в результаті прокладання строчки на швейній машині ковзання трикотажного полотна під лапкою швейної машини підвищується, але на деформацію трикотажного полотна вздовж петельних стовпчиків обробка препаратом Колософт П впливає неоднозначно.

У той же час слід зазначити, що до текстильних процесів і матеріалів сьогодні вже не тільки перспективний науково-технічний напрям, але і реалії комерційної «ніші», яка інтенсивно розвивається – це нанотехнології [19]. Розвинуті країни світу позиціонують нанотехнології як пріоритетний напрямок розвитку науки та техніки та впроваджують державні програми їх розвитку. У дослідженні [20], метою якого було обґрунтування подальших розробок та впровадження нанотехнологій у текстильне виробництво, проведено аналіз існуючих товарів на ринку та технологій їх виробництва, визначено асортимент

готової текстильної продукції, для виготовлення якої використовують нанотехнології, а також сформульовано пріоритетні напрямки досліджень у виробництві нанотекстилю.

В Україні дослідження в області впровадження нанотехнологій в текстильну галузь проводять на базі Київського національного університету технологій і дизайну (КНУТД) та Хмельницького національного університету (ХНУ). У КНУТД займаються дослідженнями поліпропіленових мікрОВОЛОКОН наповнених вуглецевими нанотрубками та їх властивостей [21], впливу нанодисперсійної бактерицидної добавки срібло/глинозем на властивості поліпропіленових ниток [22], розробкою нового асортименту синтетичних ниток, модифікованих нанопрепаратами [23]. Слід відзначити колективну співпрацю науковців з декілька закладів вищої освіти України в напрямку створення обладнання, яке може бути використане для модифікації природних волокнистих матеріалів наночастинками іонів металів (AgJ, CuJ) з метою надання бактерицидних і фунгіцидних властивостей волокнистим матеріалам [24].

Протягом останніх років впровадження нанотехнологій стимулювало значні зміни і нововведення в текстильній галузі. Завдяки використанню нанотехнологій відбулася розробка тканин з певними покращеними властивостями, такими як міцність, м'якість, стійкістю до стирання та зминання, а також надання текстильним матеріалам повітропроникності, водовідштовхувальних властивостей, вогнестійкості, антимікробних властивостей і т.п.

Постановка завдання. Приведений вище аналіз дозволив сформулювати пріоритетний напрямок досліджень щодо впровадження нанотехнологій у виробництво текстильних матеріалів, а саме модифікація поверхні природних волокон нанорозмірними текстильно-допоміжними речовинами з метою покращення або надання нових властивостей.

Аналіз сучасної науково-технічної літератури дозволяє висунути гіпотезу, що висока ефективність надання комплексу властивостей трикотажним полотнам може бути досягнута за допомогою препаратів нового покоління з розмірами частинок, близькими до наносистем. Наноемульсії (колоїдні системи) - у виробництві текстильних матеріалів це модифікатори поверхні. Цю гіпотезу найбільш доцільно перевірити на прикладі використання силіконових наноемульсій для м'якшення трикотажного бавовняного полотна. Нові силіконові наноемульсії отримують шляхом модифікації хімічної структури традиційних амінокремнійорганічних полімерів при введенні в них нових функціональних груп. В результаті отримана система набуває здатності до самоемульгування і має розміри частинок дисперсної фази, що відповідає переходу з області мікроемульсій (менше 50 нм) в нанорозмірну область (менше 20 нм) [25]. При обробці таким препаратом текстильному матеріалу надається м'який гриф, еластичність, стійкість лінійних розмірів до мокрих обробок. Відмінною рисою застосування оздоблювальних наноемульсій є комплексний характер їх дії, коли в результаті однократного аппретування текстильному матеріалу надається одночасно кілька нових необхідних властивостей.

Виходячи з цього, актуально оцінити застосування нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів як фактор вдосконалення показників технологічних властивостей трикотажного полотна.

Мета дослідження. Визначити вплив нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів на технологічні характеристики трикотажного полотна та оцінити можливість їх поліпшення шляхом застосування інноваційного завершального оброблення.

Методологія дослідження. Для дослідження впливу пом'якшувальної обробки на комплекс властивостей було використано бавовняне трикотажне полотно з заправними параметрами: переплетення – кулірна гладь; лінійна густина пряжі, текс- 29,1 x 2; поверхнева густина – 198,5 г/м²; щільність по горизонталі, петельних стовпчиків – 46; щільність по вертикалі, петельних рядків – 62; петельний крок, А, мм – 1,42, висота петельного ряду, В, мм - 1,03 мм; довжина нитки в петлі, мм – 5,9; діаметр нитки в петлі, мм – 0,312; об'єм пряжі в петлі, W, мм³ – 0,46; об'ємне заповнення, E, % - 46,4; загальна пористість, R, % - 52,7.

Трикотажне полотно підлягало обробці трьома різними пом'якшувачами: Колософтом П (поліетиленова емульсія) і нанорозмірними органосиліконовими емульсіями: Колосил макро і Колосил (ДП «Хімтекс», Херсон), методами вибирання і плюсування.

Пом'якшувальна обробка за методом вибирання проводилося в лабораторних умовах з концентраціями 2 і 4% препарату від маси оброблюваного матеріалу при температурі 40° С протягом 20 хв. Пом'якшувальна обробка за методом плюсування проводилося в лабораторних умовах шляхом просочення зразків трикотажного полотна розчинами пом'якшувачів на лабораторній плюсовці при температурі апрету 40° С з концентраціями 20 і 40 г/л. Далі, зразки, що оброблялися за методом вибирання і методом плюсування підлягали однаковим технологічним операціям: зневодненню між валами лабораторної плюсовки до остаточного вмісту вологи 90% і подальшій сушці в термостаті гарячим повітрям при температурі 90 ± 5 ° С.

Для проведення досліджень усі зразки приведено в умовно-рівноважний стан шляхом прання та прасування без тиску. Усі дослідження показників структури полотна та фізико-механічних властивостей проводили в нормальних кліматичних умовах. Заправні дані трикотажного полотна визначали по ГОСТ 8846-87 «Полотна і вироби трикотажні. Методи визначення лінійних розмірів, перекоосу, числа петельних рядів і петельних стовпчиків і довжини нитки в петлі». Товщину нитки в петлі, щільність по горизонталі, по вертикалі і об'єм г нитки в петлі розраховували за відповідними формулами.

Показники розтяжності при навантаженні, яке менше за розривне, визначали на підставі даних експерименту, який проведено на релаксометрі типу «стійка» відповідно до ГОСТ 8847-85. Зміну лінійних розмірів текстильних полотен після мокрих обробок визначали відповідно до ДСТУ ГОСТ 30157.0:2003 Полотна текстильні. Методи визначання зміни розмірів після мокрих оброблень або хімічного чищення. Оброблені зразки були зшиті за допомогою стібків на промисловій швейній машині Juki DLL-8100e. Використовувалася поліефірна швейна нитка і кулькова голка DBx1 №90. Для визначення частоти стібків у строчці застосовували реєстраційний метод.

Результати досліджень та їх обговорення. Релаксаційні процеси спостерігаються при всіх видах впливів на матеріал (розтягнення, вигин, стиснення та ін.) і є їх характерною особливістю. Легка деформація трикотажних полотен викликає ряд особливостей технологічного процесу виготовлення виробів. Ці процеси у текстильних матеріалах дуже впливають як на якість виготовлення, так і на експлуатацію швейних виробів. Для оцінки

пружних властивостей текстильних матеріалів при одноциклових дослідженнях найбільше використовують повну деформацію та її складові частини.

Доцільним є вивчення складових частин деформації, якій піддаються трикотажні полотна без завершального оброблення і оброблені сучасними пом'якшувачами. З цією метою за допомогою релаксометра виміряно в мм повну деформацію і її складові на смужках трикотажного полотна при розтягуванні у напрямку петельних рядів та стовпчиків, і на основі отриманих даних розраховані частки кожного виду деформації (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив пом'якшувачів на складові повної деформації трикотажного полотна

Пом'якшувач	Метод обробки	Концентрація пом'якшувача	Повна деформація, ϵ , %	Складові частини деформації, %			Частка складової частини деформації, Δ		
				$\epsilon_{\text{шв.об.}}$	$\epsilon_{\text{пов.об.}}$	$\epsilon_{\text{зал.}}$	$\epsilon_{\text{шв.об.}}$	$\epsilon_{\text{пов.об.}}$	$\epsilon_{\text{зал.}}$
Розтягування вздовж									
Необроблений зразок			68	53	8	10	0,779	0,118	0,147
Колософт П	вибирання	2%	66	51	9	6	0,773	0,136	0,091
		4%	64	50	9	5	0,781	0,141	0,078
	плюсування	20 г/л	65	51	9	5	0,785	0,138	0,077
		40 г/л	65	50	10	5	0,769	0,154	0,077
Колосил Макро	вибирання	2%	66	51	10	5	0,788	0,152	0,075
		4%	63	48	10	5	0,762	0,159	0,079
	плюсування	20 г/л	61	46	9	5	0,754	0,148	0,082
		40 г/л	60	45	10	5	0,750	0,167	0,083
Колосил	вибирання	2%	59	45	12	4	0,763	0,203	0,068
		4%	55	39	14	2	0,709	0,250	0,050
	плюсування	20 г/л	58	42	12	4	0,724	0,207	0,086
		40 г/л	57	41	13	3	0,720	0,228	0,053
Розтягування упоперек									
Необроблений зразок			147	115	26	15	0,782	0,177	0,102
Колософт П	вибирання	2%	135	85	30	14	0,630	0,222	0,104
		4%	128	81	35	12	0,632	0,273	0,094
	плюсування	20 г/л	135	82	32	15	0,607	0,237	0,111
		40 г/л	126	81	32	13	0,643	0,254	0,103
Колосил Макро	вибирання	2%	127	81	33	13	0,638	0,260	0,102
		4%	122	78	35	12	0,639	0,287	0,098
	плюсування	20 г/л	128	82	33	13	0,641	0,258	0,102
		40 г/л	118	73	33	12	0,620	0,280	0,102
Колосил	вибирання	2%	112	70	30	12	0,625	0,268	0,107
		4%	108	66	31	11	0,611	0,287	0,102
	плюсування	20 г/л	115	74	28	13	0,643	0,243	0,113
		40 г/л	111	69	31	11	0,721	0,279	0,099

Результати експерименту показують, що повна деформація полотен при розтягуванні по ширині полотна (уздовж петельного ряду) вище ніж повна деформація полотен при розтягуванні по довжині полотна (уздовж петельного стовпчика). Деформація по ширині

майже в 2 рази перевищує деформацію по довжині. При цьому завершальна обробка пом'якшувачами значно впливає на величину показника загальної деформації. Максимальна різниця в показниках складає для загальної деформації по ширині полотна 39%, по довжині полотна 13%. Максимальна різниця в показниках спостерігається, як по ширині, так і по довжині трикотажного полотна при завершальному обробленні шляхом застосування нанорозмірного органосиліконового пом'якшувача Колосил, який використовували за методом вибирання в концентрації 4% від оброблюваного матеріалу.

Повна деформація текстильних матеріалів зазвичай складається з трьох компонентів: швидко-оборотна, повільно-оборотна й залишкова. Співвідношення складових частин повної деформації матеріалу має велике значення для характеристик його механічних властивостей. Чим більша частка частин швидко-оборотної та повільно-оборотної деформацій матеріалу, тим краще виріб з цього матеріалу зберігає розміри і форму. Переважання залишкової частини повної деформації матеріалу призводить до зміни розмірів та форми швейного виробу в процесі його експлуатації і потребує коригування при проектуванні та розкрої.

Термін "структура" в матеріалознавстві трактується дуже широко. Структуру матеріалу вивчають на трьох рівнях: макро рівні - макроструктура - будова матеріалу, яку видно неозброєним оком; мікро рівні - мікроструктура - будова матеріалу, яку видно через мікроскоп; внутрішня структура - будова речовини, що вивчається на молекулярно-іонному рівні (фізико-хімічні методи дослідження - електронний мікроскоп, термогравіметрія, рентгеноструктурний аналіз і т.д.)

У текстильному матеріалознавстві під терміном "макроструктура" мають на увазі взаємне розташування елементів, які складають той чи інший матеріал. За макроструктурою (10-0,1 мм) текстильні матеріали підрозділяють на матеріали грубої (10-0,25 мм) і тонкої (0,25-0,1 мм) макроструктури.

Трикожа структура являє собою досить складну систему. У даний час основою для розробок моделі петлі служать силовий, геометричний та енергетичний підходи. Однак, успішне застосування силових та енергетичних методів не може говорити про недосконалість розгляду геометрії структури кулірної петлі. Геометрична модель петлі використовується в основі теоретичного універсального методу проектування трикотажу професора А.С. Далідовича. У цьому методі петля розглядається як сукупність відрізків та дуг, у тому числі використовується геометрична модель петлі. Даний метод заснований на припущенні про те, що петля в рівноважному стані буде прагнути зайняти максимально можливу площу за рахунок сил, що сприяють розпрямленню зігнутої нитки на всіх її ділянках [26].

Зарубіжні дослідники опублікували свої геометричні моделі для переплетення - кулірна гладь [27-30]. Автори [31] пропонують ефективне представлення трикотажного полотна, яке розглядає компактне зображення геометрії та кінематики пряжі, фіксуючи основні види деформації петель. Автори відзначають, що механічна поведінка трикотажних матеріалів у значній мірі визначається контактом пряжі з пряжею з трьома домінуючими ефектами: контакт у точці переплетення, контакт між сусідніми петлями при затягуванні петлі та тертя при ковзанні або зсуві між пряжею. Макроскопічна деформація в площині (розтягування і зрушення) трикотажного полотна визначається перш за все опором пряжі

вигину, коли петлі деформуються, потім сусідні петлі можуть входити у контакт, і, нарешті, додаткова деформація вимагає розтягування самих ниток.

Таким чином, приймаючи до уваги результати, що наведено у табл.1, можна стверджувати, що подовження трикотажу, який досліджували, особливо в перший період розтягування, відбувається головним чином через макроскопічні зміни в його грубій макроструктурі, сформованої з пряжі, зігнутої у елементи петельної структури у відповідності до виду переплетення.

Аналізуючи наведені в табл.1 показники швидкооборотної деформації, слід відзначити, що досліджувані пом'якшувачі практично не впливають на частку швидкооборотної деформації. Але на частку повільно-оборотної деформації вплив пом'якшувачів достатньо суттєвий. Найбільш значний вплив на частку повільно-оборотної деформації спостерігається у трикотажного полотна, яке було піддане завершальному обробленню з використанням пом'якшувача Колосил (рис.1).

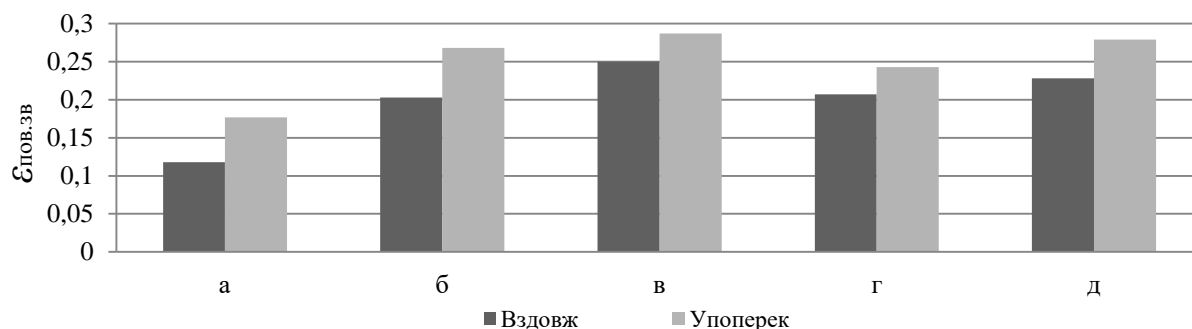


Рис. 1. Вплив нанорозмірного органосіліконового пом'якшувача Колосил на частку повільно-оборотної деформації у повній деформації: а) необроблений зразок; б, в) обробка методом вибирання, 2%, 4% препарату відповідно; г, д) обробка методом плюсування, 20 г/л, 40 г/л препарату відповідно

Аналізуючи отримані дані, важливо відзначити, що еластична (повільно-оборотна) деформація виникає внаслідок того, що під дією зовнішніх сил відбувається зміна макромолекул полімерів, що становлять волокна. Еластична деформація сильно залежить від умов, які впливають на міжмолекулярну взаємодію макромолекул полімерів у волокні. Тобто, еластична деформація, що протікає в умовах зміненої міжмолекулярної взаємодії, після зняття сил в значній мірі виявляється зафіксованою. Проводячи обговорення наведених на рис.1 даних, слід звернути увагу на технологію надання завершального оброблення трикотажному полотну. Якщо обробка текстилю за традиційною технологією передбачає проникання хімічних сполук (препаратів) в його структуру, утворену волокнами (нитками), то нанотехнологічний вплив не зачіпає цієї макроструктури. Принципово нові властивості наноматеріалів забезпечуються на мікро- (але не макро-) рівні. Беручи до уваги деякий ступінь умовності в розподілі деформації на складові частини, можна вважати, що висловлене раніше в літературних даних твердження про вплив нанорозмірних препаратів на мікро рівні отримало експериментальне підтвердження.

Пластична (залишкова, необоротна) деформація - результат незворотного зміщення макромолекул один щодо одного на досить великі відстані. У результаті порушуються старі

сили взаємодії і на їх місці виникають нові. Пластична деформація може бути наслідком можливого розриву окремих макромолекул під дією прикладеного навантаження. У пряжі причиною пластичної деформації є також необоротне зміщення окремих ділянок і цілих волокон. Пластична деформація виникає поступово під дією навантаження і після його зняття залишається у волокнах та нитках. Як вплив, який відіграє певну роль у формуванні залишкової деформації, можна відзначити тільки вплив нанорозмірного органосиліконового пом'якшувача Колосил. При розтягуванні трикотажного полотна вздовж петельних стовпчиків частка залишкової складової частини деформації для необробленого трикотажного полотна складає 0,147, а для обробленого препаратом Колосил в концентрації 4% зменшується до 0,050. Але аналізуючи вплив нанорозмірного органосиліконового пом'якшувача Колосил на показники залишкової деформації слід зауважити, що при розтягуванні вздовж, величини залишкових деформацій досить малі і не перевищують 3-4%, тому ними можна знехтувати і не враховувати при побудові конструкції.

Зміна лінійних розмірів трикотажного полотна після мокрих обробок є одним з основних показників, який характеризує його технологічність і якість. Дослідження показника проводили як вздовж петельних стовпчиків – вздовж полотна (по довжині), так і вздовж петельних рядів – уперек полотна (по ширині).

Результати визначення зміни лінійних розмірів зразків після волого-теплових обробок представлені у табл.2.

Таблиця 2

Вплив нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів на зміну лінійних розмірів зразків трикотажного полотна

Зміна розмірів, %							
Обробка методом вибирання							
	Необроблений зразок	Колософт П, %		Колосил макро, %		Колосил, %	
		2	4	2	4	2	4
по довжині	-1,4	-1,1	-0,8	1,9	0,3	1,3	1,1
по ширині	-4	-2,0	-0,5	2,0	3,0	0,5	1,2
Обробка методом плюсування							
	Необроблений зразок	Колософт П, г/л		Колосил макро, г/л		Колосил, г/л	
		20	40	20	40	20	40
по довжині	-1,4	-1,1	-2,2	2	3,3	0,8	2
по ширині	-4	-2,0	-3,0	3,3	3,5	2,5	3,5

При вивченні фізико-механічних властивостей традиційних трикотажних полотен прийшли до висновку, що усадка і притяжка трикотажу при мокрих обробках відбуваються в основному внаслідок зміни параметрів петельної структури, а зміна в структурі ниток і волокон в результаті набухання має другорядне значення. Але, хоча методи протизсідальної обробки застосовуються вже десятиліття, до теперішнього часу немає достатньої ясності в питанні про те, яким чином обробка хімічними препаратами надає стійкості лінійних розмірів текстильним матеріалам після волого-теплової обробки. Аналіз даних, що наведено у табл.2, свідчить, що в цілому, пом'якшувачі позитивно впливають на стабільність лінійних

розмірів трикотажного полотна. Найкращі значення стабільності розмірів показав зразок, оброблений силіконовим пом'якшувачем Колосил методом вибирання (4% пом'якшувача від маси обробленого матеріалу). Результати виконаного дослідження свідчать, що у випадку застосування нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів для завершального оброблення трикотажних полотен механізм зміни лінійних розмірів трикотажного полотна вимагає додаткового дослідження. Насамперед, привертає увагу те, що при обробці трикотажного полотна пом'якшувачами усадка зникає, а з'являється невелика притяжка. Поява принципово нових властивостей після обробки трикотажного полотна нанорозмірними органосиліконовими пом'якшувачами дає підстави вважати, що йдуть зміни в структурі волокон на мікрорівні, і вони мають першорядне значення для формування властивостей трикотажного полотна.

Аналіз можливостей оптимізації технологічного процесу виготовлення швейних виробів в системі «машина - виробниче середовище» для пошуку шляхів мінімізації трудомісткості і підвищення продуктивності і рентабельності виробництва, свідчить, що слід звернути увагу на підвищення пошивних властивостей текстильних матеріалів.

Експериментальні дані впливу пом'якшувальної обробки трикотажного полотна на продуктивність швейної машини при шитті зразків, які оброблено методом вибирання і плюсування наведено на рис.2 та рис.3 відповідно.

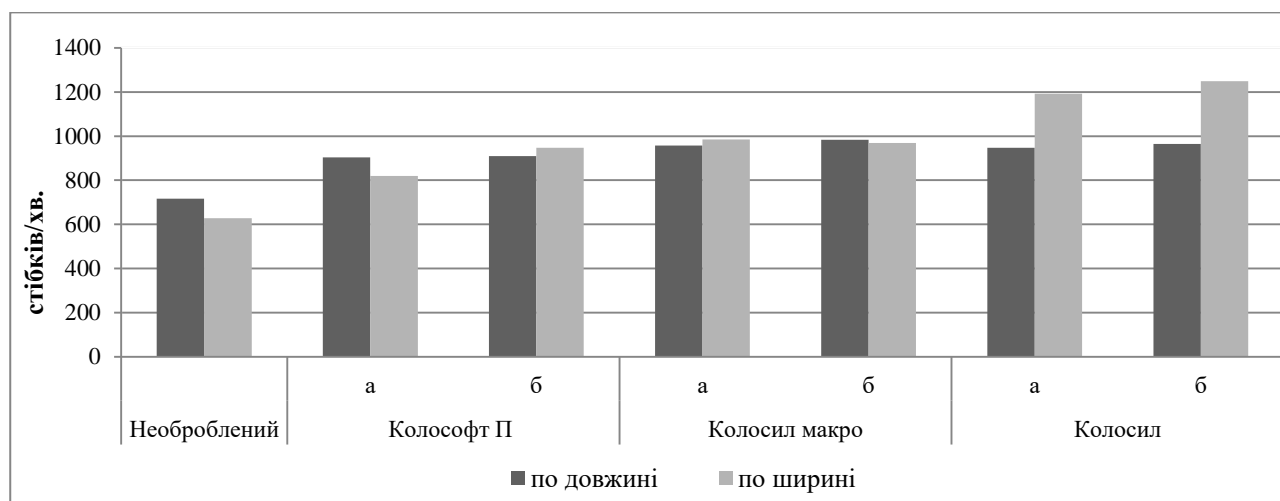


Рис. 2. Вплив пом'якшувальної обробки трикотажного полотна на продуктивність швейної машини (обробка методом вибирання): а, б) 2%, 4% препарата відповідно

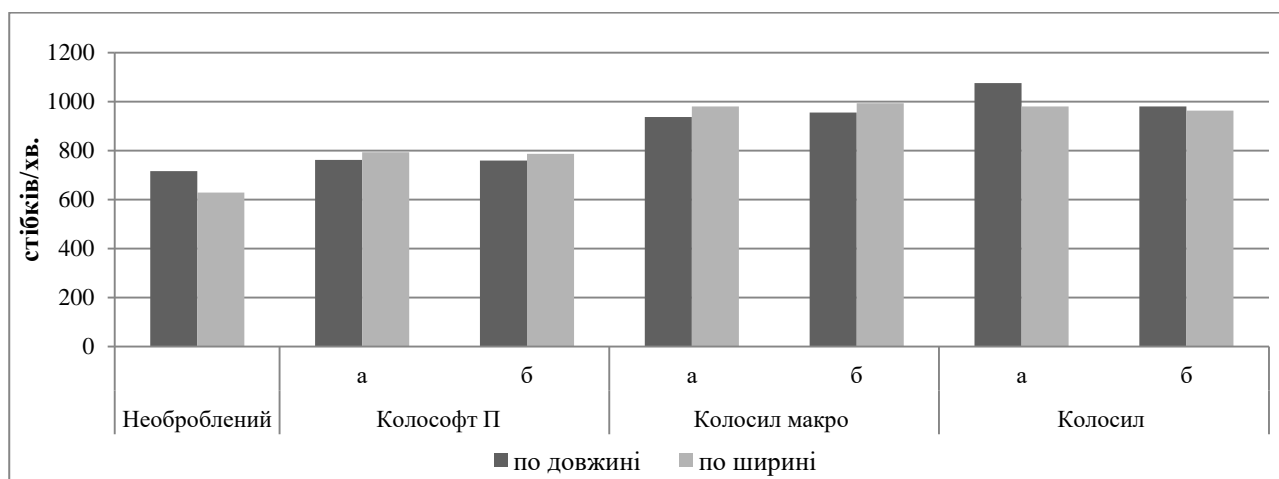


Рис.3. Вплив пом'якшувальної обробки трикотажного полотна на продуктивність швейної машини (обробка методом плюсування): а, б) 20 г/л, 40 г/л препарату відповідно

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що завершальну обробку трикотажного полотна інноваційними нанорозмірними органосиліконовими пом'якшувачами можна вважати фактором зниження технологічної трудомісткості швейних виробів.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Показана можливість поліпшення технологічних характеристик трикотажного полотна шляхом застосування інноваційного завершального оброблення з використанням нанорозмірних органосилікованих пом'якшувачів.

Визначено вплив нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів на показники технологічних властивостей трикотажного полотна: деформаційні властивості, стабільність лінійних розмірів, продуктивність швейної машини.

Результати експериментальних досліджень дозволили виявити, що найкращих показників технологічних властивостей трикотажного полотна можна досягти при застосуванні нанорозмірного органосиліконового пом'якшувача Колосил, який використовували за методом вибирання в концентрації 4% від оброблюваного матеріалу.

Представлені результати досліджень - початкова ланка визначення особливостей впливу інноваційних препаратів для завершального оброблення на властивості трикотажних полотен. Результати виконаного дослідження свідчать, що у випадку застосування нанорозмірних органосиліконових пом'якшувачів для завершального оброблення трикотажних полотен механізм зміни мікроструктури волокна вимагає подальшого дослідження. Результати досліджень можуть бути використані для надання нових властивостей текстильним матеріалам шляхом застосування нанотехнологій у їх виробництві.

Література

1. Кулик А.А. Розробка трикотажу підвищеної міцності та дослідження його механічних характеристик / А.А. Кулик, С.Ю. Боброва, Л.Є. Галавська // Міжнародний науковий журнал «Освіта і наука». – 2019, 1(26). - С.40-47.
2. Ramakrishnan G, Comfort properties of bamboo/cotton blended knitted fabrics produced from rotor spun yarns / G.Ramakrishnan, P. Umapathy, C. Prakash // The Journal of The Textile Institute. - 2015, 106, 12. – P. 1371- 1376.
3. Єліна Т. В. Покращення споживчих властивостей трикотажного одягу за рахунок використання бамбукової сировини [Електронний ресурс] / Т. В. Єліна, Т. А. Дзикович, А. С. Шаталюк // Технології та дизайн. - 2017. - № 4 (25). - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_8/
4. Галавська Л. Є. Дослідження вологопоглинаючих властивостей кулірного трикотажу з еко-сировини [Електронний ресурс] / Л. Є. Галавська, Н. О. Дмитрієва // Технології та дизайн. - 2015. - № 3 (16). - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_3_3
5. Єліна Т. В. Зміна лінійних розмірів трикотажу з вмістом бамбукової нитки після вологих обробок [Текст] / Т. В. Єліна, Т. А. Дзикович, В. О. Герасименко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2014. - № 4 (78). - С. 178-182.
6. Дзикович Т. А. Дослідження усадки трикотажу кулірних переплетень з вмістом бамбукової пряжі / Т. А. Дзикович, Ю. С. Некрасова, Ю. О. Мельничук // Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції текстильних та фешн технологій KyivTex&Fashion / за заг. ред. Л. І. Зубкової : (31 жовтня 2019 р., м. Київ). - Київ : КНУТД, 2019. - С. 227-230.
7. Боброва С.Ю. Деформаційні властивості трикотажу для захисту рук від механічних ушкоджень / С.Ю. Боброва, Д.О. Шипко, Л.Є. Галавська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019, №1(269). – С.96-99. - DOI 10.31891/2307-5732-2019-269-1-96-99.
8. Кизимчук О. П. Механічні властивості основов'язаного трикотажу з високорозтяжним повздовжнім утком / О.П. Кизимчук, М. С. Яременко // Вісник КНУТД. - 2012. - №6, С.127-133. ISSN 1813-6796.

References

1. Kulyk A.A., Bobrova S.Yu., Halavska L.Ye. (2019) Rozrobka trykotazhu pidvyshchenoi mitsnosti ta doslidzhennia yoho mekhanichnykh kharakterystyk [Development of high-strength knitwear and research of its mechanical characteristics]. *International scientific journal "Education and Science*, № 1(26), 40-47 [In Ukrainian].
2. G. Ramakrishnan, P. Umapathy, C. Prakash (2015) Comfort properties of bamboo/cotton blended knitted fabrics produced from rotor spun yarns. *The Journal of The Textile Institute*. - 106, 12, 1371- 1376.
3. Yelina T. V., Dzykovych T. A., Shataliuk A. S. (2017) Pokrashchennia spozhyvchykh vlastyvostei trykotazhnoho odiahu za rakhunok vykorystannia bambukovoi syrovyny [Improving the consumer properties of knitted clothing through the use of bamboo raw materials] *Technology and design*, №4(25) http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_8/ [In Ukrainian].
4. Halavska L. Ye., Dmytriieva N.O. (2015) Doslidzhennia voloho-pohlynaiuchykh vlastyvostei kulirnoho trykotazhu z eko-syrovyny [Research of moisture-absorbing properties of cool jersey from eco-raw materials] *Technology and design*, № 3 (16) http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2015_3_3 [In Ukrainian].
5. Yelina T. V., Dzykovych T. A., Herasymenko V. O. (2014) Zmina liniinykh rozmiriv trykotazhu z vmistom bambukovoi nytky pislia volohykh obrobok [Changing the linear dimensions of knitwear containing bamboo thread after wet treatments]. *Herald of Kyiv National University of Technology and Design*, № 4 (78), 178-182 [In Ukrainian].
6. Dzykovych T. A., Nekrasova Yu. S., Melnychuk Yu. O. (2019) Doslidzhennia usadky trykotazhu kulirnykh perepleten z vmistom bambukovoi priazhi [Study of shrinkage of knitted fabrics of cool weaves containing bamboo yarn]. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference of Textile and Fashion Technologies KyivTex&Fashion, version L. I. Zubkovi, P. 227-230 [In Ukrainian].
7. Bobrova S.Yu., Shypko D.O., Halavska L.Ye. (2019) Deformatsiini vlastyvosti trykotazhu dlia zakhystu ruk vid mekhanichnykh uskodzhen [Deformation properties of knitwear to protect hands from mechanical damage] *Herald of Khmelnytsky National University*, №1(269), P.96-99. DOI 10.31891/2307-5732-2019-269-1-96-99. [In Ukrainian].
8. Kyzymchuk O. P., Yaremenko M. S. (2012) Mekhanichni vlastyvosti osnovov'iazanoho trykotazhu z vysokoroztyazhnym povzdovzhnim utokom [Mechanical properties of warp knitwear with high-

9. Roshan P. Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection / Roshan Paul // Elsevier. - 2014.
10. Куценко Т. В. Використання новітніх технологій у виготовленні текстильних матеріалів із заданими властивостями / Т. В. Куценко // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка] - 2017. - Вип. 12(2). - С. 179-184. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2017_12\(2\)_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2017_12(2)_30).
11. Gong A. Effects of Softeners on Cotton Fabric Mechanical Properties / A. Gong, RH and Bhatia // 2 *Research Journal of Textile and Apparel*. - 2009. Vol. 13 № 4. - P. 45-50. <https://doi.org/10.1108/RJTA-13-04-2009-B006>
12. Sadek R. Effect of fabric softener on properties of a single jersey knitted fabric made of cotton and spandex yarn/ R. Sadek // *International Journal of Clothing Science and Technology*. - 2012. - 24, 4. - P.251-272. <https://doi.org/10.1108/09556221211232847>.
13. Tondl, R. M. Sewing with Knit Fabrics. Extension Clothing Specialist. - 2006. - University of Nebraska.
14. Sand C. Fashionable Trends in Textile Finishing / C. Sand, R. Brückmann, R. Zyschka // *Melliand International*. - 2001. №7. - P.71-73.
15. Alaa A. Sewability of knitted fabrics made from cellulosic fibres / A. Alaa, E. Ashraf // *Indian Textile Journal*. - 2013. №123, 6. - P.65.
16. Sadek R. Effect of fabric softener on properties of a single jersey knitted fabric made of cotton and spandex yarn / R. Sadek // *International Journal of Clothing Science and Technol.* - 2012. №24, 4. - P.251-270.
17. Megeid The influence of stitch length of weft knitted fabrics on the sewability / Megeid, Z.M.A., Al-bakry, M. Ezzat // *Journal of American Science*. - 2011. №7(8). P.610-617.
18. Гібелінда О.А. Вплив авиважної обробки трикотажних полотен на пошивні властивості / О.А. Гібелінда, М.О. Рожкова, С.О. Поліщук // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Молодь - науці і виробництву - 2018: Інноваційні технології легкої промисловості» - 2018. - С.53-54.
19. Coyle Shirley Smart Nanotextiles: A Review of Materials and Applications. / Coyle Shirley, Wu Yanzhe, Lau Kim, de rossi Danilo, Wallace Gordon, Diamond Dermot // *MRS Bulletin*. - 2007. stretch longitudinal weft] // *Herald of KNUVD*, №6, 127-133. ISSN 1813-6796.
9. Roshan Paul (2014) Functional Finishes for Textiles: Improving Comfort, Performance and Protection. *Elsevier*.
10. Kutsenko T. V. (2017) Vykorystannia novitnikh tekhnolohii u vyhotovlenni tekstylnykh materialiv iz zadanymy vlastyvostyamy [The use of the latest technologies in the manufacture of textile materials with specified properties]. *Scientific notes* [Kirovograd State Pedagogical University named after Vladimir Vynnychenko], Vol. 12(2)1 79-184. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2017_12\(2\)_30](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2017_12(2)_30) [In Ukrainian].
11. Gong A., RH and Bhatia (2009) Effects of Softeners on Cotton Fabric Mechanical Properties. 2 *Research Journal of Textile and Apparel*, Vol. 13 № 4, P.45-50, <https://doi.org/10.1108/RJTA-13-04-2009-B006>
12. Sadek R. (2012) Effect of fabric softener on properties of a single jersey knitted fabric made of cotton and spandex yarn. *International Journal of Clothing Science and Technology*. Vol.4 (24), P. 251-272. <https://doi.org/10.1108/09556221211232847>
13. Tondl R. M. (2006) Sewing with Knit Fabrics. Extension Clothing Specialist *University of Nebraska*.
14. Sand C., Brückmann R., Zyschka R. (2001) Fashionable Trends in Textile Finishing *Melliand International*, №7. - P.71-73.
15. Alaa A., Ashraf E (2013) Sewability of knitted fabrics made from cellulosic fibres. *Indian Textile Journal*, №123, 6, P.65.
16. Sadek R. (2012) Effect of fabric softener on properties of a single jersey knitted fabric made of cotton and spandex yarn. *International Journal of Clothing Science and Technol.* №24, 4, 251-270.
17. Megeid, Z.M.A., Al-bakry, M. Ezzat (2011) The influence of stitch length of weft knitted fabrics on the sewability. *Journal of American Science*, №7(8), P.610-617.
18. Hibelinda O.A., Rozhkova M.O., Polischuk S.O. (2018). Vplyv avivazhnoi obrobky trykotazhnykh poloten na poshyvni vlastyvosti [Influence of careful processing of knitted fabrics on sewing properties]. *Youth - Science and Production - 2018: Innovative Technologies of Light Industry: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists* (pp. 53-54). Kherson: Khersons'kyj natsional'nyj tekhnichnyj universitet [in Ukrainian].
19. Coyle, Shirley & Wu, Yanzhe & Lau, Kim & de rossi, Danilo & Wallace, Gordon & Diamond, Dermot.

- 32. 434-442. 10.1557/mrs2007.67.
20. Матвейцова Д.С. Нанотехнології у виробництві текстильних матеріалів / Д.С. Матвейцова, С.А. Карван, О.А. Параска // Вісник Хмельницького національного університету. – 2017, №5 (217). – С.55-60.
21. Цебренько М.В. Властивості поліпропіленових мікрОВОЛОКОН, наповнених вуглецевими нанотрубками та композиціями з компатибізатором / М.В. Цебренько, В.Г. Резанова, М.Т. Картель, І.А. Мельник, Г.П. Приходько // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2013. – Т. 4. – № 3. – С. 305–313.
22. Мельник І.А. Поліпропіленові хірургічні мононитки з антимікробними властивостями / І.А. Мельник, В.Г. Резанова, М.В. Цебренько, Н.М. Резанова, А.О. Голтфрід, О.А. Вільцанюк // Вісник КНУТД. – 2013. – № 2. – С. 79–85.
23. Березненко М.П. Розробка нового асортименту синтетичних ниток, модифікованих нанопрепаратами / М.П. Березненко, В.І. Власенко, В.І. Вісленко, Н.О. Курлова // Вісник ХНУ. – 2011. – №3. – С. 104–108.
24. Bereznenko S. A novel equipment for making nanocomposites for investigating the antimicrobial properties of nanotextiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*. / S. Bereznenko, N. Bereznenko, M. Skyba, D.Yakymchuk, T. Artemenko, D. Prybeha, O. Synyuk, Eu.Kalinsky // *Journal of Clothing Science and Technology*. - 10.1108/IJCST-07-2019-0107.
25. Koroleva M.Yu. Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications / M.Yu. Koroleva, E.V. Yurtov // *RUSS CHEM REV.* – 2012. – 81 (1). - P.21–43. DOI: https://doi.org/10.1070/RC2012_v081n01A_BEH004219
26. Труєвцев А.В. Прикладна механіка трикотажу: навч. посібник. // СПб: СПГУТД. – 2001. - С.96
27. Kurbak A. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics / A. Kurbak, O. Ekmen // *Textile Research Journal*. - 2008. Vol. 78 (3). P. 198 – 208.
28. Kayacan O. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part IV: A Geometrical Modeling of Miss Stitches / O. Kayacan, A. Kurbak // *Textile Research Journal*. - 2008. Vol. 78 (8). - P. 659 – 663.
29. Kayacan O. Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part V: A (2007). *Smart Nanotextiles: A Review of Materials and Applications*. *MRS Bulletin*. 32. 434-442. 10.1557/mrs2007.67.
20. Matveitsova D.S. & Karvan S.A. & Paraska O.A. (2017) Nanotekhnolohii u vyrobnytstvi tekstylnykh materialiv [Nanotechnologies in the production of textile materials]. *Herald of Khmelnytsky National University*, №5 (217), 55-60 [In Ukrainian].
21. Tsebrenko M.V. & Rezanova V.H. & Kartel M.T. & Melnyk I.A. & Prykhodko H.P. (2013) Vlastyvosti polipropilenovykh mikrovolokon, napovnenykh vuhletsevymy nanotrubbamy ta kompozytsiamy z kompatybizatorom [Properties of polypropylene microfibers filled with carbon nanotubes and compositions with a compatibilizer] *Chemistry, physics and surface technology Vol.4, № 3, P.305–313* [In Ukrainian].
22. Melnyk I.A. & Melnyk I.A. & Tsebrenko M.V. & Rezanova V.H & Rezanova N.M. & Holtfrid A.O. & Viltaniuk O.A. (2013) Polipropilenovi khirurhichni mononytky z antymikrobnymy vlastyvostiamy [Polypropylene surgical monofilaments with antimicrobial properties] *Herald of KNUTD, № 2, 79–85* [In Ukrainian].
23. Bereznenko M.P. & Vlasenko V.I. & Vislenko V.I. & Kurlova N.O. (2011) Rozrobka novoho asortymentu syntetychnykh nytok, modyfikovanykh nanopreparatamy [Development of a new range of synthetic threads modified by nanopreparations] *Herald of Khmelnytsky National University, №3, 104–108* [In Ukrainian].
24. Bereznenko Sergey & Bereznenko, Natalia & Skyba, Mykola & Yakymchuk, Dmytro & Artemenko, Tetiana & Prybeha, Dmytro & Synyuk, Oleg & Kalinsky, Eugen. (2020). A novel equipment for making nanocomposites for investigating the antimicrobial properties of nanotextiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*. ahead-of-print. 10.1108/IJCST-07-2019-0107.
25. Koroleva M.Yu. & Yurtov E.V. (2012) Nanoemulsions: the properties, methods of preparation and promising applications. *RUSS CHEM REV.* 81 (1), P.21–43. DOI: <https://doi.org/10.1070 /RC2012v081 n01ABEH004219>
26. A.V Truyevcev (2001) *Prikladna mehanika trikotazhu: navch. posibnik. // SPb: SPGUTD, 96.*
27. A.Kurbak, O.Ekmen (2008) Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part I: A Geometrical Model for Widthwise Curlings of Plain Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*, Vol. 78 (3),198-208.
28. O. Kayacan, A. Kurbak (2008) Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures

Geometrical Modeling of Tuck Stitches / O. Kayacan , A.Kurbak // Textile Research Journal. - 2008. Vol. 78(7). - P.577 – 582.

30. Kurbak A. Creation of a Geometrical Model for Milano Rib Fabric / A.Kurbak , G.Amreeva // Textile Research Journal. - 2006. Vol. 76 (11). - P. 847 – 852.

31. Gabriel Cirio Efficient Simulation of Knitted Cloth Using Persistent / Gabriel Cirio, Jorge Lopez-Moreno, Miguel A. // OtaduySCA '15: Proceedings of the 14th ACM SIGGRAPH. Eurographics Symposium on Computer Animation August 2015 P. 55–61 <https://doi.org/10.1145/2786784.2786801>

Part IV: A Geometrical Modeling of Miss Stitches. *Textile Research Journal*. Vol. 78 (8), 659 – 663

29. O. Kayacan , A.Kurbak (2008) Basic Studies for Modeling Complex Weft Knitted Fabric Structures Part V: A Geometrical Modeling of Tuck Stitches. *Textile Research Journal*. Vol. 78(7), 577 – 582.

30. A.Kurbak , G.Amreeva(2006) Creation of a Geometrical Model for Milano Rib Fabric. *Textile Research Journal*. Vol. 76 (11), 847 – 852.

31. Gabriel Cirio, Jorge Lopez-Moreno, Miguel A.(2015) Efficient Simulation of Knitted Cloth Using Persistent *OtaduySCA '15: Proceedings of the 14th ACM SIGGRAPH. Eurographics Symposium on Computer Animation*. 55–61 <https://doi.org/10.1145/2786784.2786801>

SUMSKA O.

ORCID: 0000-0003-1606-6103

PhD, Associate Professor

Kherson National Technical University

HIBELINDA O.

student

Kherson National Technical University

FESHCHUK Yu.

ORCID: 0000-0003-0510-6325

Kherson National Technical University

PANCHENKO N.

Kherson National Technical University

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ОРГАНОСИЛИКОНОВЫХ МЯГЧИТЕЛЕЙ

СУМСКАЯ О.П., ФЕЩУК Ю.А., ГИБЕЛИНДА Е.А., ПАНЧЕНКО Н.В.

Херсонский национальный технический университет

Цель. Определить влияние наноразмерных органосиликоновых мягчителей на технологические характеристики трикотажного полотна и оценить возможность их улучшения путем применения инновационной заключительной отделки.

Методика. Теоретические и экспериментальные исследования базируются на основных положениях текстильного материаловедения. При экспериментальных исследованиях использованы стандартизованные методы и методики, воспроизводящие в лабораторных условиях придание отделки «мягчение» трикотажным полотнам. Технологический процесс шитья был выполнен на промышленной швейной машине Juki DLL-8100e. Частоту стежков строчки определяли регистрационным методом.

Результаты. Установлено, что применение наноразмерных органосиликоновых мягчителей улучшает технологические свойства трикотажного полотна. Обнаружено, что наноразмерный органосиликоновый мягчитель Колосил, который использовали методом выбора в концентрации 4% от обрабатываемого материала, оказывает существенное влияние на полную деформацию и повышает долю медленно-обратимой составляющей деформации. Показано, что применение мягчителей положительно влияет на стабильность линейных размеров трикотажного полотна. Доказано, что заключительную отделку трикотажного полотна инновационными наноразмерными органосиликоновыми мягчителями можно считать фактором снижения технологической трудоемкости швейных изделий.

Научная новизна. Научная гипотеза получила экспериментальное подтверждение в применении наноразмерных органосиликоновых мягчителей для улучшения технологических характеристик трикотажного полотна. Показано, что обработка наноразмерными мягчителями

вызывает изменения в структуре волокон на микроуровне, которые имеют первостепенное значение для формирования технологических свойств трикотажного полотна.

Практическая значимость. Результаты исследований могут использоваться в разработке новых материалов с улучшенными свойствами, при конструировании деталей одежды и пошиве изделий из трикотажного полотна.

Ключевые слова: деформационные свойства, стабильность линейных размеров, производительность швейной машины, нанотекстиль.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF KNITTED FABRIC BY USING NANOSIZED ORGANOSILICONE SOFTENERS

SUMSKA O., FESHCHUK Yu., HIBELINDA O., PANCHENKO N.

Kherson National Technical University

Purpose. To determine the effect of nanosized organosilicon softeners on the indices of the technological properties of a knitted fabric, to assess the possibility of their improvement through the use of innovative finishing processing.

Methodology. Theoretical and experimental studies are based on the basic principles of textile materials science. In experimental studies, standardized methods and techniques were used, which are reflected in the laboratory by providing softening treatment for knitted fabrics. The sewing process was performed on a Juki DLL-8100e industrial sewing machine. The stitch frequency of the stitches was determined by the registration method.

Finding. It is determined that the use of nanosized organosilicon softeners significantly affects the performance of the technological properties of a knitted fabric. It was found that the Kolosil nanosized organosilicon softener, which was used by the selection method at a concentration of 4% of the processed material, has a maximum effect on the total deformation and increases the proportion of the slowly inverse deformation component. It is shown that the use of softeners has a positive effect on the stability of the linear dimensions of a knitted fabric. It is proved that the final processing of knitted fabric with innovative nanosized organosilicon softeners can be considered a factor in reducing the technological complexity of garments.

Originality. The scientific hypothesis has been experimentally confirmed in the use of nanosized organosilicon softeners to improve the indicators of the technological properties of a knitted fabric. It is shown that treatment with nanoscale softeners causes changes in the structure of fibers at the micro level, which are of paramount importance for the formation of technological properties of a knitted fabric.

Practical value. The research results can be used in the development of new materials with improved properties, in the design of clothing parts and in sewing knitted fabrics.

Keywords: deformation properties, stability of linear dimensions, productivity of a sewing machine, nanotextile.