

## ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.027.625

[https://doi.org/ 10.35546/kntu2078-4481.2019.4.7](https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2019.4.7)

Т.С. АСАУЛЮК

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-5961-6895

О.Я. СЕМЕШКО

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8309-5273

Н.С. СКАЛОЗУБОВА

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-5961-6895

Ю.Г. САРІБСКОВА

Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-6430-6509

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АКРИЛОВИХ ТА ПОЛІУРЕТАНОВИХ ПОКРИТТІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

*У роботі представлені результати дослідження фізико-механічних властивостей бавовняної тканини з полімерним покриттям різної природи.*

*Для створення покриттів використано водні дисперсії акрилових (Tubifast AS 4010, Акратам AS 02.1, Лакрітекс 640) та уретанових (Аквапол 12, Аквапол 14) полімерів. Обробку тканини здійснено методом просочення з варіюванням концентрації досліджуваних полімерів від 50 г/л до 150 г/л з наступним сушінням і термофіксацією.*

*Зміни фізико-механічних властивостей тканини зі сформованим полімерним покриттям оцінено за показниками приросту маси, товщини матеріалу, величини розривного навантаження та видовження при розриві, жорсткості. Встановлено, що найбільший приріст маси текстильного матеріалу спостерігається при використанні поліуретанової дисперсії Аквапол 14 та стирол-акрилової дисперсії Акратам AS 02.1 у всьому досліджуваному діапазоні концентрацій. Товщина тканини з акриловими покриттями Tubifast AS 4010 і Лакрітекс 640 не залежить від концентрації полімерів. Найбільша товщина характерна для зразків з поліуретановими покриттями Аквапол 12 і Аквапол 14 при концентрації полімерів 150 г/л. Визначено, що підвищення міцності бавовняної тканини залежить від хімічної структури полімерної плівки. Найбільші показники розривного навантаження і відносного видовження при розриві забезпечують покриття на основі поліуретанової дисперсії Аквапол 14 при всіх досліджуваних концентраціях. Жорсткість апретованої бавовняної тканини визначено методом консолі. Встановлено, що застосування поліуретанових дисперсій Аквапол 12 і Аквапол 14 у зазначеному діапазоні концентрацій призводить до отримання текстильного матеріалу з жорстким грифом. Стирол-акрилова дисперсія Tubifast AS 4010 у концентрації до 100 г/л забезпечує створення високоеластичних покриттів, і може бути рекомендована для опорядження текстилю, призначеного для пошиття одягу.*

*Ключові слова: бавовняна тканина, полімерне покриття, стирол-акрилова дисперсія, поліуретанова дисперсія, фізико-механічні властивості, розривне навантаження, жорсткість.*

Т.С. АСАУЛЮК  
Херсонский национальный технический университет  
ORCID: 0000-0001-5961-6895  
О.Я. СЕМЕШКО  
Херсонский национальный технический университет  
ORCID: 0000-0002-8309-5273  
Н.С. СКАЛОЗУБОВА  
Херсонский национальный технический университет  
ORCID: 0000-0001-5961-6895  
Ю.Г. САРИБЕКОВА  
Херсонский национальный технический университет  
ORCID: 0000-0001-6430-6509

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКРИЛОВЫХ И ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В работе представлены результаты исследования физико-механических свойств хлопчатобумажной ткани с полимерным покрытием разной природы.*

*Для создания покрытий использованы водные дисперсии акриловых (Tubifast AS 4010, Акратам AS 02.1, Лакритекс 640) и уретановых (Аквапол 12, Аквапол 14) полимеров. Обработка ткани осуществлена методом пропитки с варьированием концентрации исследуемых полимеров от 50 г/л до 150 г/л с последующей сушкой и термофиксацией.*

*Изменения физико-механических свойств ткани со сформированным полимерным покрытием оценены по показателям прироста массы, толщины материала, величины разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, жесткости. Установлено, что наибольший прирост массы текстильного материала наблюдается при использовании полиуретановой дисперсии Аквапол 14 и стирол-акриловой дисперсии Акратам AS 02.1 во всем исследуемом диапазоне концентраций. Толщина ткани с акриловыми покрытиями Tubifast AS 4010 и Лакритекс 640 не зависит от концентрации полимеров. Наибольшая толщина характерна для образцов с полиуретановыми покрытиями Аквапол 12 и Аквапол 14 при концентрации полимеров 150 г/л. Определено, что повышение прочности хлопчатобумажной ткани зависит от химической структуры полимерной пленки. Наибольшие показатели разрывной нагрузки и относительного удлинения при разрыве обеспечивают покрытия на основе полиуретановой дисперсии Аквапол 14 при всех исследуемых концентрациях. Жесткость аппретированной хлопчатобумажной ткани определена методом консоли. Установлено, что применение полиуретановых дисперсий Аквапол 12 и Аквапол 14 в указанном диапазоне концентраций приводит к получению текстильного материала с жестким грифом. Стирол-акриловая дисперсия Tubifast AS 4010 в концентрации до 100 г/л обеспечивает создание высокоэластичных покрытий, и может быть рекомендована для отделки текстиля, предназначенного для пошива одежды.*

*Ключевые слова: хлопчатобумажная ткань, полимерное покрытие, стирол-акриловая дисперсия, полиуретановая дисперсия, физико-механические свойства, разрывная нагрузка, жесткость.*

T.S. ASAULYUK  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0001-5961-6895  
O.Ja. SEMESHKO  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0002-8309-5273  
N.S. SKALOZUBOVA  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0001-5961-6895  
Yu.G. SARIBYEKOVA  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0001-6430-6509

### STUDY OF THE EFFECT OF ACRYLIC AND POLYURETHANE COATINGS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS

*The article presents the results of a study of the physicomaterial properties of cotton fabric with a polymer coating of different nature.*

*The aqueous dispersions of acrylic (Tubifast AS 4010, Akratam AS 02.1, Lacrytex 640) and urethane (Aquapol 12, Aquapol 14) polymers were used to create coatings. The fabric was treated by impregnation in the*

solution with varying concentration of the studied polymers from 50 g/l to 150 g/l, followed by drying and heat setting.

Changes in the physicochemical properties of the fabric with formed polymer coating were evaluated by the indicators of weight gain, material thickness, tensile strength, elongation at break, and rigidity. It was established that the greatest increase in the mass of textile material is observed when using Aquapol 14 polyurethane dispersion and Akratam AS 02.1 styrene-acrylic dispersion in the entire studied concentration range. The thickness of the fabric with acrylic coatings Tubifast AS 4010 and Lacritex 640 does not depend on the concentration of polymers. The greatest thickness is typical for samples with polyurethane coatings Aquapol 12 and Aquapol 14 at a polymer concentration of 150 g/l. It was determined that the increase in the strength of cotton fabric depends on the chemical structure of the polymer film. The highest breaking load and elongation at break are provided by coatings based on the Aquapol 14 polyurethane dispersion at all concentrations studied. The rigidity of the finished cotton fabric was determined by the console method. It was found that the use of polyurethane dispersions Aquapol 12 and Aquapol 14 in the indicated concentration range leads to the production of a textile material with a rigid handle. Styrene-acrylic dispersion Tubifast AS 4010 in a concentration of up to 100 g/l provides the creation of highly elastic coatings, and can be recommended for finishing textiles designed for sewing clothes.

Keywords: cotton fabric, polymer coating, styrene-acrylic dispersion, polyurethane dispersion, physical and mechanical properties, breaking load, rigidity.

### Постановка проблеми

Створення полімерних покриттів на текстильних матеріалах є поширеною технологією підвищення багатофункціональності та цінності тканин. Крім того, полімерна композиція може бути доповнена в залежності від природи полімеру хімічними добавками, функція яких пов'язана з кінцевим призначенням текстильних виробів.

Тканини з полімерним покриттям мають широку галузь застосування, яка постійно зростає. Високий попит на текстильні матеріали з покращеними споживними властивостями потребує розширення асортименту текстилю спеціального призначення. Водночас посилення екологічних вимог до текстильних виробництв обумовлює розробку нових опоряджувальних композицій, що дозволить випускати високоякісну і конкурентоспроможну продукцію.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Покриття на текстильних матеріалах створюються для забезпечення спеціальних властивостей тканин, таких як водо-, оліє- та брудовідштовхування, захист від дії мікроорганізмів, вогню, світла [1–6]. Практичний інтерес представляють покриття, які надають текстилю комплекс спеціальних властивостей [2, 7, 8].

Метою використання полімерних зв'язуючих є іммобілізація на поверхні текстильних матеріалів функціональних добавок, які не можуть бути зафіксовані іншим способом, а також підвищення стійкості отриманого опорядження до мокрих обробок та хімічного чищення. Важливе практичне значення в технології опорядження текстильних матеріалів мають водні дисперсії полімерів завдяки поєднанню цінних властивостей і відповідності сучасним екологічним вимогам [9]. Синтетичні акрилати утворюють плівку, яка характеризується хорошою адгезією, світлостійкістю, стійкістю до високих температур, прання і хімічного чищення, але разом з цим невисокою стійкістю до сухого і мокрого тертя [10, 11]. Покриття з підвищеною стійкістю до фізико-механічних і хімічних впливів здатні утворювати поліуретани [12, 13].

Сформовані полімерні покриття не повинні погіршувати гігієнічні та механічні властивості текстильного матеріалу, а також бути стабільними протягом всього терміну експлуатації виробів. Тому до полімерів і полімерних композицій, які застосовують для створення покриттів на текстильних матеріалах, висувається ряд вимог стосовно фізико-хімічних властивостей. До них в першу чергу відносять міцність на розрив, видовження, стійкість до гідролізу та мильно-содової обробки, які визначаються параметрами просторової сітки полімеру [14]. Крім того, полімерні покриття безпосередньо впливають не тільки на експлуатаційні властивості оброблюваного текстильного матеріалу, такі як жорсткість, міцність, еластичність, а і на зовнішній вигляд виробів та визначають їх призначення.

Таким чином, створення нових опоряджувальних композицій на основі водних полімерних дисперсій з метою надання покращених споживних характеристик текстильним матеріалам при одночасному збереженні цінних властивостей вихідного волокна є актуальним.

### Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є порівняльне дослідження впливу полімерних покриттів різної природи на фізико-механічні властивості бавовняної тканини.

**Викладення основного матеріалу дослідження**

Для дослідження обрана бавовняна тканина діагональ арт. 0-166 саржевого переплетення з поверхневою щільністю 230 г/м<sup>2</sup>. У якості плівкоутворювачів використано водні дисперсії акрилової (Tubifast AS 4010, Акратам AS 02.1, Лакрітекс 640) та уретанової природи (Аквапол 12 і Аквапол 14).

Дисперсія Tubifast AS 4010 є стирол-акриловим сополімером. Дисперсія Лакрітекс 640 є акриловим сополімером з додаванням промотора адгезії. Акратам AS 02.1 є дисперсією сополімеру стиролу, бутилакрилату і акрилової кислоти. Дисперсії Аквапол 12 і Аквапол 14 відносяться до класу поліуретанів на основі аліфатичного ізоціанату.

Встановлено, що всі досліджувані полімерні дисперсії утворюють прозору плівку, тому обрані препарати не матимуть негативного впливу на колористичні властивості тканин у процесі апретування. Відомі дослідження фізико-хімічних властивостей полімерних плівок на основі акрилових та уретанових дисперсій торгових марок Лакрітекс та Аквапол [15, 16]. Інтерес представляє визначення зміни фізико-механічних властивостей апретованих тканин з метою оцінки ефективності використання досліджуваних полімерних матриць для створення покриттів спеціального призначення.

Якість обробленого текстильного матеріалу охарактеризовано за показниками приросту маси, товщини, міцності, видовження та жорсткості.

Формування полімерних покриттів на поверхні текстильного матеріалу здійснювали методом просочення зразків тканини у розчинах досліджуваних полімерних дисперсій з концентраціями 50, 100 і 150 г/л з наступним сушінням при 80°C і термообробкою при 150°C.

Результати визначення приросту маси та зміни товщини тканини в залежності від концентрації полімеру у опоряджувальній ванні представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Фізичні властивості тканин з полімерним покриттям**

| Обробка             | Концентрація, г/л | Приріст покриття, г/м <sup>2</sup> | Товщина тканини, мм |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|---------------------|
| Необроблена тканина | –                 | –                                  | 0,90                |
| Tubifast AS 4010    | 50                | 5,94                               | 0,94                |
|                     | 100               | 9,94                               | 0,94                |
|                     | 150               | 13,70                              | 0,94                |
| Акратам AS 02.1     | 50                | 10,12                              | 0,92                |
|                     | 100               | 10,85                              | 0,93                |
|                     | 150               | 15,33                              | 0,94                |
| Лакрітекс 640       | 50                | 5,94                               | 0,94                |
|                     | 100               | 8,79                               | 0,94                |
|                     | 150               | 13,21                              | 0,94                |
| Аквапол 12          | 50                | 5,33                               | 0,92                |
|                     | 100               | 11,27                              | 0,93                |
|                     | 150               | 14,42                              | 0,95                |
| Аквапол 14          | 50                | 11,03                              | 0,93                |
|                     | 100               | 13,21                              | 0,93                |
|                     | 150               | 16,36                              | 0,95                |

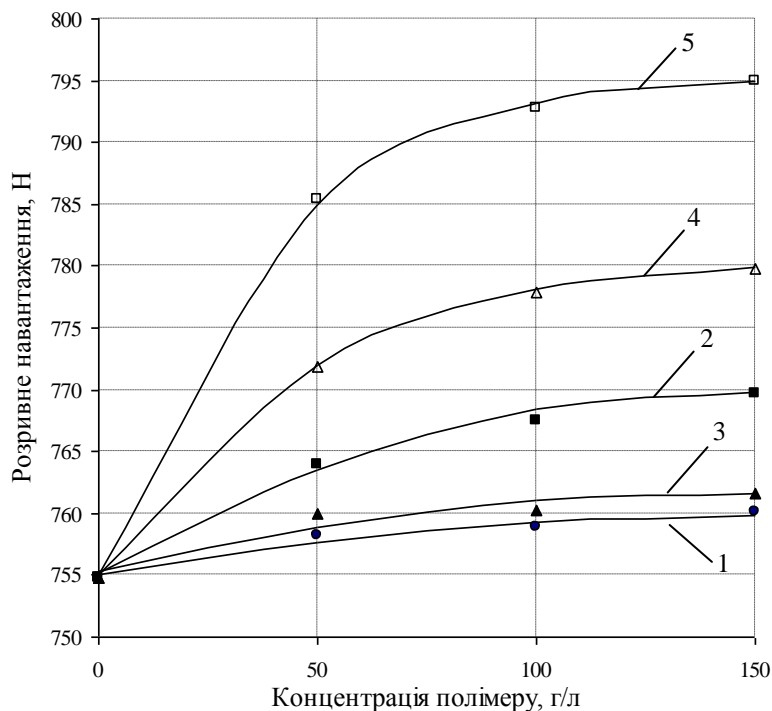
Аналіз зміни маси тканини з полімерним покриттям (табл. 1) показує, що найбільший приріст спостерігається при використанні поліуретанової дисперсії Аквапол 14 та стирол-акрилової дисперсії Акратам AS 02.1 у всьому досліджуваному діапазоні концентрацій.

Товщина тканини з покриттям на основі акрилових дисперсій Tubifast AS 4010 і Лакрітекс 640 збільшується на 4,4% незалежно від застосованої концентрації полімерів. Покриття на основі стирол-акрилової дисперсії Акратам AS 02.1 збільшує товщину тканини на 2,2–4,4%. Поліуретанові дисперсії Аквапол 12 і Аквапол 14 збільшують товщину тканини від 2,2% і 3,3% відповідно при концентрації полімерів 50 г/л до 5,6% при концентрації 150 г/л.

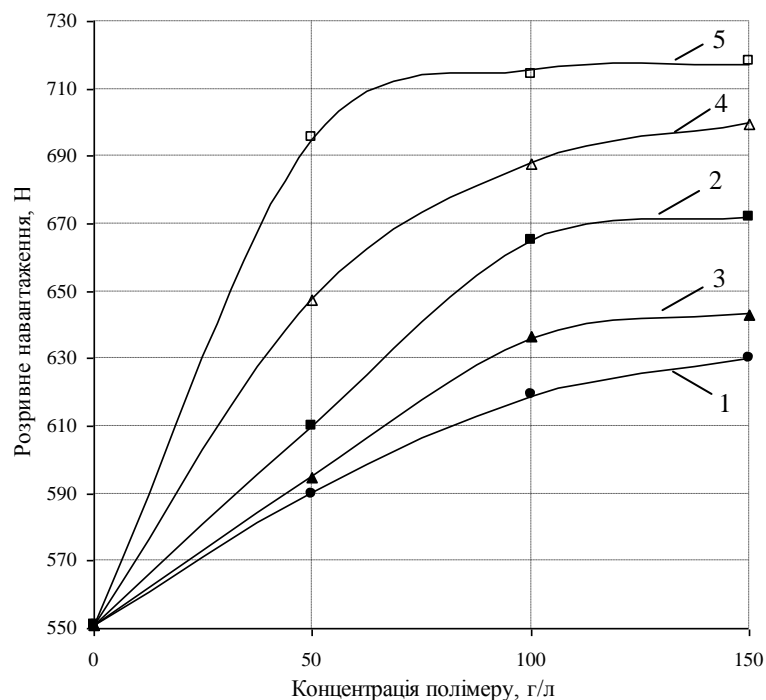
На наступному етапі роботи досліджено вплив полімерного покриття на міцність та видовження бавовняної тканини на машині РТ-250М згідно ГОСТ 10550-93.

Результати визначення розривного навантаження оброблених тканин по основі та утоку представлені відповідно на рис. 1 і 2.

Аналіз даних на рис. 1 і 2 показує, що досліджувані акрилові дисперсії спричиняють незначний вплив на зміну міцності обробленого текстильного матеріалу по основі. Збільшення розривного навантаження по утоку для зразків з покриттям Tubifast AS 4010, Лакрітекс 640 і Акратам AS 02.1 при концентрації 50 г/л складає відповідно 7%, 8% і 11%, а при концентрації 150 г/л – 14%, 17% і 22% відповідно.



**Рис. 1.** Розривне навантаження тканини з полімерним покриттям по основі:  
1 – Tubifast AS 4010; 2 – Акратам AS 02.1; 3 – Лакрітекс 640; 4 – Аквапол 12; 5 – Аквапол 14



**Рис. 2.** Розривне навантаження тканини з полімерним покриттям по утку:  
1 – Tubifast AS 4010; 2 – Акратам AS 02.1; 3 – Лакрітекс 640; 4 – Аквапол 12; 5 – Аквапол 14

Різний вплив зазначених акрилових сополімерів на показники розривного навантаження бавовняного текстильного матеріалу обумовлений відмінностями хімічної будови зв'язуючих. Дисперсія Tubifast AS 4010 утворює високоеластичну плівку, яка характеризується показником відносного видовження при розриві  $>1000\%$ , що сприяє збереженню пружно-еластичних властивостей тканини.

При використанні поліуретанових дисперсій Аквапол 12 і Аквапол 14 розривне навантаження тканини по основі збільшується відповідно на 2–3% і 4–5%. Збільшення даного показника по утку складає 18–27% для Аквапол 12 і 26–30% для Аквапол 14.

Слід зазначити, що підвищення концентрації досліджуваних полімерів у просочувальній ванні зі 100 г/л до 150 г/л незначно змінює величину розривного навантаження тканини по основі та утку.

Вплив полімерного покриття на відносне видовження при розриві текстильного матеріалу в обох напрямках представлений на рис. 3, 4.

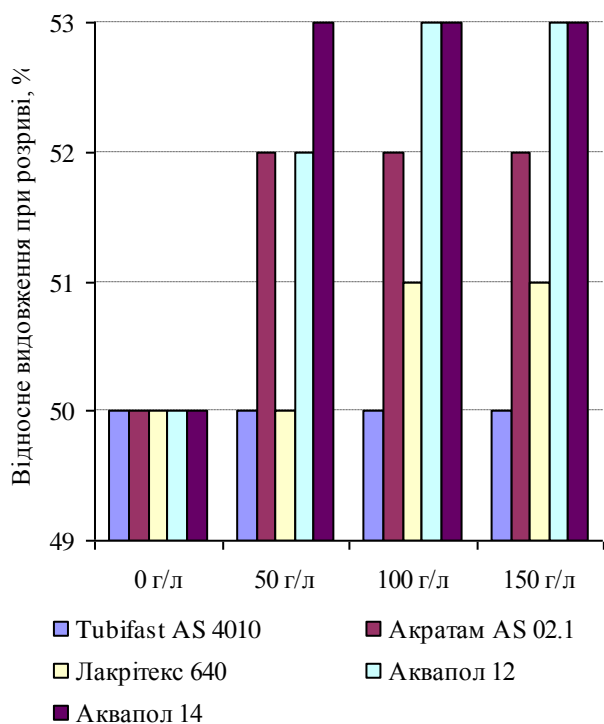


Рис. 3. Відносне видовження при розриві тканини з полімерним покриттям по основі

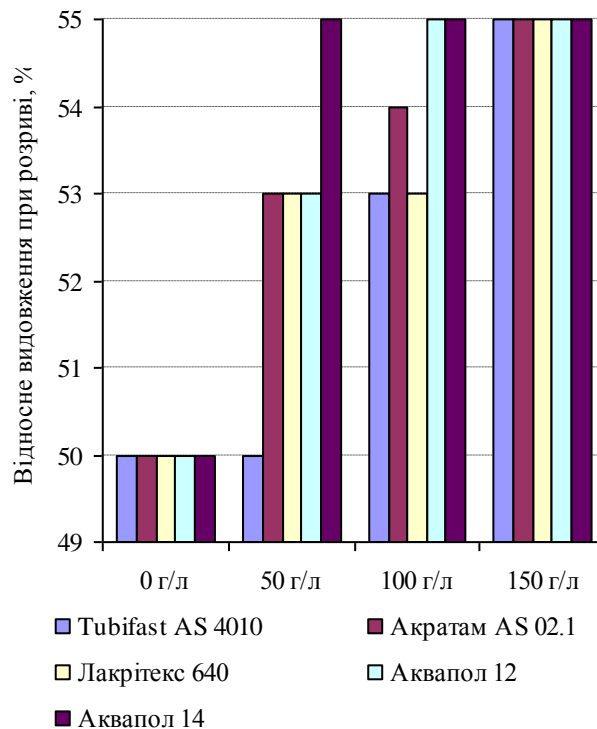


Рис. 4. Відносне видовження при розриві тканини з полімерним покриттям по утку

Згідно отриманих даних (рис. 3, 4) найбільше видовження відносно початкової довжини зразка в обох напрямках спостерігається при використанні поліуретанової дисперсії Аквапол 14 у всьому досліджуваному діапазоні концентрацій. Серед стирол-акрилових дисперсій найвищим показником відносного видовження при розриві характеризується Акратам АС 02.1. Слід відзначити, що застосування дисперсії Tubifast АС 4010 у концентрації 50 г/л не впливає на зміну досліджуваного показника.

Таблиця 2

Вплив полімерних покриттів на жорсткість тканини

| Обробка          | Концентрація, г/л | Жорсткість на вигин, $E_f, \mu N \cdot cm^2$ |                   | Коефіцієнт жорсткості, $K_{EI}$ |
|------------------|-------------------|--|-------------------|---------------------------------|
|                  |                   | поздовжній напрям                            | поперечний напрям |                                 |
| Без обробки      | 0                 | 10200  | 2562              | 3,98                            |
| Тубіфаст АС 4010 | 50                | 10578  | 2751              | 3,85                            |
|                  | 100               | 20623  | 5586              | 3,69                            |
| Акратам АС 02.1  | 50                | 16636  | 8138              | 2,04                            |
|                  | 100               | 37105  | 13666             | 2,72                            |
| Лакрітекс 640    | 50                | 27040  | 13571             | 1,99                            |
|                  | 100               | 45954  | 14943             | 3,08                            |
| Аквапол 12       | 50                | 32833  | 11258             | 2,92                            |
|                  | 100               | 51972  | 19476             | 2,67                            |
| Аквапол 14       | 50                | 38872  | 10209             | 3,81                            |
|                  | 100               | 52019  | 19913             | 2,61                            |

Проаналізувавши експериментальні дані зміни міцності тканини з полімерним покриттям та її видовження при розриві можна зробити висновок, що підвищення концентрації полімерів у просочувальній ванні до 150 г/л є недоцільним.

На наступному етапі роботи було досліджено вплив сформованих полімерних покриттів на жорсткість бавовняної тканини. Визначення жорсткості текстильного матеріалу при вигині проведено на приладі ПТ-2 методом консолі. Жорсткість виміряно окремо для зразків, викроєних у поздовжньому та поперечному напрямках. Коефіцієнт жорсткості визначено як відношення значень жорсткості поздовжнього напрямку до поперечного. Отримані показники жорсткості зразків тканини після обробки розчинами з різними концентраціями досліджуваних полімерних дисперсій представлені в табл. 2.

Аналіз даних у табл. 2 показує, що використання стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 в концентрації 50 г/л незначно підвищує жорсткість тканини в поздовжньому напрямі – на 3,7%, а при концентрації 100 г/л жорсткість тканини підвищується на 120,2%. У разі використання дисперсії Акратам AS 02.1 спостерігається підвищення жорсткості в поздовжньому напрямі на 63,1% при концентрації полімеру 50 г/л і на 263,8% при 100 г/л. Застосування акрилової дисперсії Лакрітекс 640 призводить до підвищення досліджуваного показника в поздовжньому напрямі на 165,1% і 450,5% при 50 г/л і 100 г/л відповідно. При визначенні жорсткості тканини в поперечному напрямі для досліджуваних акрилових покриттів спостерігаються аналогічні залежності.

Таким чином, результати дослідження жорсткості зразків тканини в поздовжньому і поперечному напрямках (табл. 2) свідчать про переваги застосування стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 при вказаних концентраціях.

При використанні поліуретанових дисперсій Аквапол 12 і Аквапол 14 (табл. 2) в концентрації 50 г/л жорсткість зразків тканини в поздовжньому напрямі збільшується на 221,9% і на 281,1% відповідно, а жорсткість в поперечному напрямі – на 339,4% і 298,5%. Підвищення концентрації досліджуваних поліуретанів до 100 г/л призводить до підвищення жорсткості в поздовжньому напрямі на 409,5% для Аквапол 12 і на 410% для Аквапол 14, а в поперечному напрямі – на 660,2% і 677,2% відповідно.

Різний вплив досліджуваних акрилових сополімерів на показники жорсткості бавовняної тканини обумовлений відмінностями хімічної будови зв'язуючих. Визначальним фактором у реакціях макромолекул акрилового сополімеру з макромолекулами волокнуутворюючого полімеру є взаємодія його функціональних груп з реакційноздатними групами полімеру волокна. В результаті реакції великої кількості карбоксильних груп в структурі макромолекул Лакрітекс 640 з гідроксильними групами целюлози утворюється зшита структура, що призводить до зниження гнучкості волокон і зміни пружно-еластичних властивостей самого матеріалу. Наявність в структурі полімеру таких мономерів, як бутилакрилат і ефіри акрилової кислоти обумовлює отримання м'яких і еластичних текстильних матеріалів, що спостерігається у випадку Tubifast AS 4010 і Акратам AS 02.1.

Поліуретанова плівка Аквапол 14 характеризується найменшою еластичністю серед досліджуваних ( $\epsilon_r = 76\%$ ), що свідчить про високий ступінь поперечного зшивання полімеру, та обумовлює найбільше посилення пружно-еластичних властивостей отриманого композиту полімер-волокно.

### Висновки

У роботі проведено дослідження впливу акрилових та уретанових покриттів на фізико-механічні властивості бавовняної тканини. Представлено результати комплексного аналізу впливу хімічної природи та концентрації зв'язуючого на зміну маси і товщини оброблюваної тканини, її міцності, видовження та жорсткості. Отримані експериментальні дані доводять, що основним фактором, який впливає на зміну фізико-механічних властивостей апретованої тканини, є хімічна будова використовуваного полімерного зв'язуючого. Визначено, що на підвищення міцності бавовняного текстильного матеріалу найбільший вплив має покриття на основі дисперсії Аквапол 14 за рахунок формування більш жорсткої просторової структури поліуретанової плівки. Максимальне збереження м'якого грифу оброблюваної тканини спостерігається при формуванні високоеластичного покриття на основі стирол-акрилового сополімеру Tubifast AS 4010 при концентрації до 100 г/л.

### Список використаної літератури

1. Chen J., Cheng Q., Chen S. Q. Study on Preparation and Surface Properties of Fluorinated Acrylate Hydrophobic Polymer Film. *Advanced Materials Research*, 2015. Vol. 1088, pp. 101–106. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1088.101
2. Tang W., Huang Y., Meng W., Qing F.-L. Synthesis of fluorinated hyperbranched polymers capable as highly hydrophobic and oleophobic coating materials. *European Polymer Journal*, 2010. 46, 3, pp. 506–518. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2009.12.005
3. Gao Y., Cranston R. Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles. *Textile Research Journal*, 2008. 78, 1, pp. 60–72. DOI:10.1177/0040517507082332

4. Morais D., Guedes R., Lopes M. Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market. *Materials*, 2016. 9, 6, pp. 498–519. DOI:10.3390/ma9060498
5. Carosio F., Di Blasio A., Cuttica F., Alongi J., Malucelli G. Flame Retardancy of Polyester and Polyester-Cotton Blends Treated with Caseins. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014. 53, 10, pp. 3917–3923. DOI: 10.1021/ie404089t
6. Hanumansetty S., Maity J., Foster R., O’Rear E. A. Stain Resistance of Cotton Fabrics before and after Finishing with Admicellar Polymerization. *Applied Sciences*, 2012. 2, pp. 192–205. DOI:10.3390/app2010192
7. Vilčnik A., Jerman I., Šurca Vuk A., Koželj M., Orel B., Tomšič B., Simončič B., Kovač J. Structural Properties and Antibacterial Effects of Hydrophobic and Oleophobic Sol–Gel Coatings for Cotton Fabrics. *Langmuir*, 2009. 25, 10, pp. 5869–5880. DOI:10.1021/la803742c
8. Castelvetro V., Francini G., Ciardelli G., Ceccato M. Evaluating Fluorinated Acrylic Latices as Textile Water and Oil Repellent Finishes. *Textile Research Journal*, 2001. 71, 5, pp. 399–406. DOI:10.1177/004051750107100506
9. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. 746 p.
10. Михайлова В.Е. Разработка безопасных аппретирующих составов для комплексной заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов / В.Е. Михайлова, В.А. Епишкина, Р.Н. Целмс, В.К. Васильев // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: естественные и технические науки. – 2018. – №2. – С. 59–65.
11. Горшков Д.С. Покрытия на основе стирол-акриловых сополимеров / Д.С. Горшков, В.С. Осипчик // Успехи в химии и хим. технол. – 2005. – 19, № 6. – С. 36–40.
12. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijtelars B., Koning C. Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*, 2018. 68, 5, pp. 832–842. DOI: 10.1002/pi.5627.
13. Gündüz G., Kisakurek R.R. Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 2008. 25, 2, pp. 217–228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.
14. Singha K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications. *American Journal of Polymer Science*, 2012. 2, 3, pp. 39–49. DOI: 10.5923/j.ajps.20120203.04.
15. Слепчук И., Семешко О.Я., Асаулюк Т.С., Сарибекова Ю.Г. Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки и свойства стирол-акриловых полимерных пленок. *Известия вузов. Химия и хим. технология*, 2018. Т. 61. Вып. 7. С. 68–76. DOI: 10.6060/ivkkt.20186107.5670.
16. Слепчук И. Семешко О.Я., Сарибекова Ю.Г., Кулиш И.Н., Горохов И.В. Исследование влияния сшивающих агентов на характеристики пространственной сетки и свойства уретанового полимера. *Известия вузов. Химия и хим. технология*, 2016. Т. 59. Вып. 7. С. 86–91. DOI: 10.6060/tcct.20165907.5357.

#### References

1. Chen J., Cheng Q., Chen S. Q. Study on Preparation and Surface Properties of Fluorinated Acrylate Hydrophobic Polymer Film. *Advanced Materials Research*, 2015. Vol. 1088, pp. 101–106. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1088.101
2. Tang W., Huang Y., Meng W., Qing F.-L. Synthesis of fluorinated hyperbranched polymers capable as highly hydrophobic and oleophobic coating materials. *European Polymer Journal*, 2010. 46, 3, pp. 506–518. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2009.12.005
3. Gao Y., Cranston R. Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles. *Textile Research Journal*, 2008. 78, 1, pp. 60–72. DOI:10.1177/0040517507082332
4. Morais D., Guedes R., Lopes M. Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market. *Materials*, 2016. 9, 6, pp. 498–519. DOI:10.3390/ma9060498
5. Carosio F., Di Blasio A., Cuttica F., Alongi J., Malucelli G. Flame Retardancy of Polyester and Polyester-Cotton Blends Treated with Caseins. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2014. 53, 10, pp. 3917–3923. DOI: 10.1021/ie404089t
6. Hanumansetty S., Maity J., Foster R., O’Rear E. A. Stain Resistance of Cotton Fabrics before and after Finishing with Admicellar Polymerization. *Applied Sciences*, 2012. 2, pp. 192–205. DOI:10.3390/app2010192
7. Vilčnik A., Jerman I., Šurca Vuk A., Koželj M., Orel B., Tomšič B., Simončič B., Kovač J. Structural Properties and Antibacterial Effects of Hydrophobic and Oleophobic Sol–Gel Coatings for Cotton Fabrics. *Langmuir*, 2009. 25, 10, pp. 5869–5880. DOI:10.1021/la803742c



8. Castelvetro V., Francini G., Ciardelli G., Ceccato M. Evaluating Fluorinated Acrylic Latices as Textile Water and Oil Repellent Finishes. *Textile Research Journal*, 2001. 71, 5, pp. 399–406. DOI:10.1177/004051750107100506
9. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. 746 p.
10. Mikhailova V. E., Epishkina V. A., Celms R. N., Vasiliev V. K. Razrabotka bezopasnykh appetiruyushchikh sostavov dlya kompleksnoy zaklyuchitel'noy otdelki tsellyulozosoderzhashchikh tekstil'nykh materialov [Development of safe compositions for complex final finishing of cellulose-containing textile materials] *Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Natural and Technical Sciences*, 2018. 2, pp. 59–65 (in Russian).
11. Gorshkov D. S., Osipchik V. S. Pokrytiya na osnove stirol-akrilovykh sopolimerov [Coatings based on styrene-acrylic copolymers]. *Uspekhi v khimii i khim. tekhnol.*, 2005. 19, 6, pp. 36–40 (in Russian).
12. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijelaars B., Koning C. Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*, 2018. 68, 5, pp. 832–842. DOI: 10.1002/pi.5627.
13. Gündüz G., Kisakurek R.R. Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 2008. 25, 2, pp. 217–228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.
14. Singha K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications. *American Journal of Polymer Science*, 2012. 2, 3, pp. 39–49. DOI: 10.5923/j.ajps.20120203.04.
15. Slepchuk I., Semeshko O.Ya., Asulyuk T.S., Saribekova Yu. G. Investigation of impact of crosslinking agents on characteristics of spatial net and properties of styrene-acrylic polymer films. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2018. 61, 7, pp. 68–76 (in Russian). DOI: 10.6060/ivkkt.20186107.5670.
16. Slepchuk I., Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Kulish I.N., Gorokhov I.V. Research of influence of cross-linking agents on characteristics of spatial grid and properties of urethane polymer. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2016. 59, 7, pp. 86–91 (in Russian). DOI: 10.6060/tcct.20165907.5357.