

<https://doi.org/DOI:10.30857/1813-6796.2019.2.3>

УДК 677.027.625

АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С.,  
САРІБЄКОВА Ю. Г.

Херсонський національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРІВ АКРИЛОВОЇ ТА УРЕТАНОВОЇ ПРИРОДИ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖУ

**Мета.** Мета роботи полягає у дослідженні впливу полімерних покриттів на жорсткість бавовняного трикотажного полотна.

**Методика.** У якості об'єкту дослідження використані водні дисперсії акрилових сополімерів та аліфатичних поліуретанів. Застосовані стандартизовані методики дослідження показників фізико-механічних властивостей полімерних плівок та текстильних матеріалів. Сформовані полімерні плівки охарактеризовано за зовнішнім виглядом і показником відносного видовження при розриві. Механічні властивості бавовняного трикотажного полотна з полімерним покриттям оцінено за показником жорсткості.

**Результати.** У роботі наведено результати дослідження фізико-механічних властивостей полімерних плівок акрилової та уретанової природи. Показана залежність еластичності сформованих плівок від функціональних груп полімеру та їх взаємного розташування. За результатами експерименту встановлено, що жорсткість апретованого трикотажного полотна залежить в першу чергу від хімічної будови полімерного зв'язуючого. Визначено, що досліджувані акриловий сополімер з промотором адгезії та аліфатичні поліуретани завдяки високому ступеню поперечного зшивання посилюють пружно-еластичні властивості утвореного композиту полімер-волокно. Встановлена необхідність вибору полімеру з високою еластичністю для формування покриття на трикотажному полотні.

**Наукова новизна.** Доведено, що запропонований стирол-акриловий сополімер завдяки утворенню високоеластичної плівки дозволяє отримати м'який гриф бавовняного трикотажного полотна.

**Практична значимість.** Отримані результати експерименту мають практичне значення для розробки нових опоряджувальних складів для текстильних матеріалів.

**Ключові слова:** дисперсія акрилового сополімеру, поліуретанова дисперсія, полімерна плівка, бавовняний трикотаж, жорсткість.

**Вступ.** На сьогоднішній день підвищення конкуренції на ринку текстильних товарів призводить до необхідності надання текстилю побутового призначення додаткових покращених властивостей, таких як водо-, масло- і брудовідштовхування, стійкість до дії мікроорганізмів, вогнестійкість, світлостійкість та ін. [1].

Традиційно спеціальні види опорядження текстильних матеріалів здійснюють шляхом їх просочення у розчинах хімічних реагентів, які надають відповідні властивості волокнистому матеріалу, а також шляхом закріплення діючої речовини на поверхні волокна за допомогою полімерного зв'язуючого. В якості зв'язуючих речовин широке застосування знаходять синтетичні акрилати. Цей клас полімерів утворює плівку, яка характеризується хорошою адгезією, світлостійкістю, стійкістю до високих температур, прання і хімічного чищення, але відрізняється невисокою стійкістю до сухого і мокрого тертя [2 – 4]. Покриття з підвищеною стійкістю до фізико-механічних і хімічних впливів здатні утворювати поліуретани [2, 5, 6].

Опоряджувальні процеси у трикотажному виробництві аналогічні опорядженню тканин. Однак специфічні властивості трикотажу, які є наслідком його петельної структури,

обумовлюють особливості проведення опоряджувальних операцій та особливі вимоги до властивостей трикотажних полотен [7]. При апретуванні трикотажного полотна необхідним є контролювання параметру жорсткості. Показники жорсткості текстилю значно впливають на зовнішній вигляд виробів, визначаючи їх призначення і естетичні властивості. На жорсткість текстильних матеріалів, окрім їх волокнистого складу, структури, властивостей волокон і ниток, впливає обробка самого матеріалу. Однією з вимог до обробленого полімерною композицією трикотажного полотна є невисока жорсткість, оскільки збільшення даного показника погіршує експлуатаційні характеристики матеріалу. У зв'язку з вище викладеним дослідження, спрямовані на розробку нових опоряджувальних композицій для трикотажу є актуальними.

**Постановка завдання.** Основним завданням є дослідження впливу полімерних покриттів різної природи на жорсткість трикотажного полотна.

**Результати дослідження.** Для дослідження обрано бавовняне трикотажне полотно ластичного переплетення 1×1 з поверхневою щільністю 150 г/см<sup>2</sup>. В якості плівкоутворювачів використовували водні дисперсії акрилової (Tubifast AS 4010, 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. На міцність адгезійного зв'язку полімерної плівки з субстратом впливає наявність функціональних карбоксильних груп модифікуючого мономеру – метакрилової кислоти [8].

Досліджувані дисперсії Аквапол 12 і Аквапол 14 відносяться до класу поліуретанів на основі аліфатичного ізоціанату і характеризуються утворенням прозорої і стійкої до УФ-випромінювання плівки.

З метою оцінки можливості використання досліджуваних полімерних дисперсій для обробки трикотажних полотен на першому етапі роботи досліджено фізико-механічні властивості індивідуальних полімерних плівок. Результати випробувань сформованих полімерних плівок наведені у табл. 1.

Таблиця 1

#### Фізико-механічні характеристики полімерних плівок

Полімерна дисперсія	Зовнішній вигляд	Відносне видовження при розриві, $\epsilon_r$ , %
Tubifast AS 4010	прозора, липка	>1000
Лакрітекс 640	прозора, липка	550
Аквапол 12	прозора, нелипка	480
Аквапол 14	прозора, нелипка	76

Всі досліджувані полімерні дисперсії утворюють прозору плівку, тому обрані препарати не матимуть негативного впливу на колористичні властивості трикотажного полотна в процесі апретування.

Аналіз відносного видовження при розриві досліджуваних полімерних плівок (табл. 1) показує, що вимогам формування високоеластичних покриттів задовольняють дисперсії Tubifast AS 4010 і Лакрітекс 640. Причиною цього є наявність у акрилових полімерах довгих гнучких ділянок молекул, розділених функціональними групами, які сприяють взаємодії між

ланцюгами з утворенням зшитих структур [9]. Полімери даного типу легко релаксують та швидко розподіляють напруги, які виникають при деформації плівок.

Фізико-механічні властивості поліуретанових плівок залежать від характеру функціональних груп та їх розташування. Жорсткий фрагмент полімерного ланцюга, що надає полімеру твердість, міцність, знижену еластичність, утворюється ізоціанатами, а гнучкі ділянки, що обумовлюють його м'якість та еластичність, формуються сполуками простих і складних поліефірів [10]. Згідно отриманих даних (табл. 1), плівка Аквапол 14 характеризується найменшою еластичністю, що свідчить про високий ступінь поперечного зшивання полімеру.

На наступному етапі роботи досліджено вплив полімерного покриття на жорсткість бавовняного трикотажного полотна. Формування полімерних покриттів на поверхні текстильного матеріалу здійснювали методом просочення зразків трикотажу у розчинах досліджуваних полімерних дисперсій з концентраціями 50 г/л і 100 г/л з наступним сушінням при 80°C і термообробкою при 150°C. Визначення жорсткості трикотажного полотна при вигині проводили на приладі ПТ-2 методом консолі [11]. Жорсткість вимірювали окремо для зразків, викроєних в поздовжньому і в поперечному напрямках. Коефіцієнт жорсткості визначали відношенням значень жорсткості поздовжнього напрямку до поперечного. Отримані показники жорсткості трикотажного полотна після обробки полімерними дисперсіями наведені у табл. 2.

Таблиця 2

#### Вплив полімерного покриття на жорсткість трикотажного полотна

Обробка	Концентрація, г/л	Жорсткість на вигин, $E_I$ , мкН·см <sup>2</sup>		Коефіцієнт жорсткості, $K_{EI}$
		поздовжній напрям	поперечний напрям	
Без обробки	0	4907	1499	3,27
Tubifast AS 4010	50	4976	1510	3,30
	100	5262	1528	3,44
Лакрітекс 640	50	8762	2631	3,33
	100	15831	2766	5,72
Аквапол 12	50	5780	2635	2,19
	100	14476	2758	5,25
Аквапол 14	50	6133	3015	2,03
	100	16181	4019	4,03

Тонкодисперсні полімери у процесі апретування трикотажного полотна глибоко проникають у міжволоконний простір, а після процесів сушіння і термообробки, що супроводжуються утворенням просторовозшитих структур, додатково посилюються пружно-еластичні властивості отриманого композиту полімер-волокно і зростає жорсткість текстильного матеріалу.

Результати дослідження жорсткості зразків трикотажу в поздовжньому та поперечному напрямках (табл. 2) свідчать про переваги використання стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 при обох концентраціях. З метою порівняння зміни жорсткості трикотажу після апретування порівняно з необробленим полотном на рис. 1, 2 показане

відносно збільшення досліджуваного показника зразків при концентрації полімерів в просочувальній ванні 50 г/л і 100 г/л відповідно.

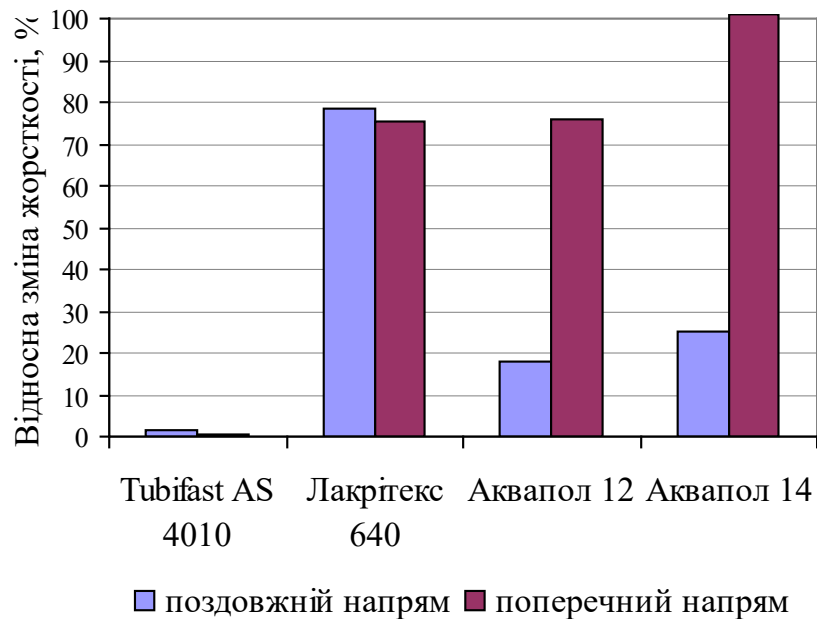


Рис. 1. Відносна зміна жорсткості трикотажу при концентрації полімерів 50 г/л

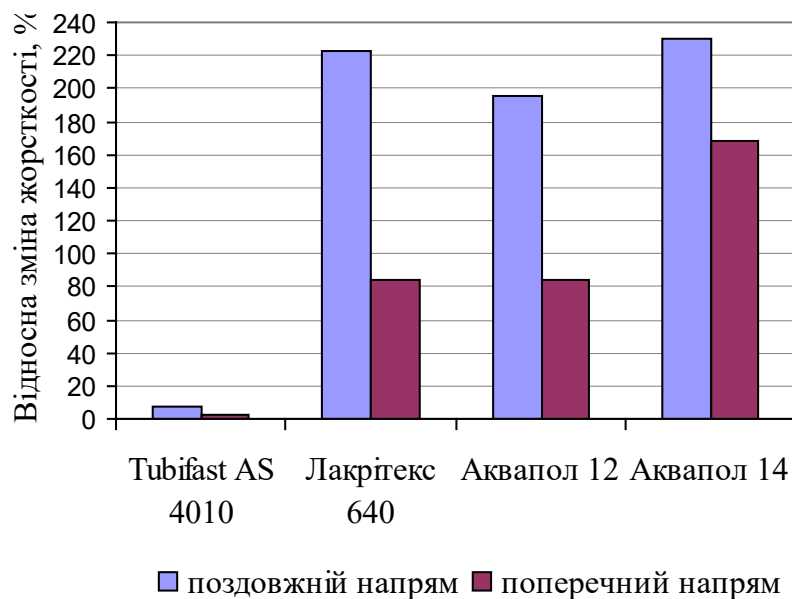


Рис. 2. Відносна зміна жорсткості трикотажу при концентрації полімерів 100 г/л

Аналіз даних на (рис. 1) показує, що при використанні стирол-акрилової дисперсії Tubifast AS 4010 у концентрації 50 г/л підвищує жорсткість трикотажу в незначній мірі – на 1,4% і 0,7% у поздовжньому і поперечному напрямках відповідно. У випадку використання акрилової дисперсії Лакрітекс 640 спостерігається підвищення жорсткості зразків відповідно у поздовжньому і поперечному напрямках на 78,6% і 75,5%. Підвищення концентрації акрилових сополімерів до 100 г/л (рис. 2) призводить до збільшення жорсткості трикотажного полотна у випадку використання Tubifast AS 4010 на 7,2% у поздовжньому

напрямі і 1,9% у поперечному напрямі, а у випадку Лакрітекс 640 – на 222,6% і 84,5% відповідно.

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

При використанні поліуретанових дисперсій Аквапол 12 і Аквапол 14 в концентрації 50 г/л (рис. 1) жорсткість зразків трикотажу поздовжнього напрямку зростає на 17,8% і 25% відповідно, а жорсткість поперечного напрямку – на 75,8% і 101,1%. Підвищення концентрації досліджуваних поліуретанів до 100 г/л (рис. 2) призводить до збільшення жорсткості поздовжнього напрямку на 195% для Аквапол 12 і на 229,8% для Аквапол 14, а поперечного напрямку – на 84% і 168,1% відповідно.

На основі отриманих експериментальних даних можна зробити висновок, що основним фактором, який впливає на жорсткість апретованого трикотажу, є хімічна будова використовуваного полімерного зв'язуючого. Таким чином, необхідною умовою отримання м'якого грифу трикотажних полотен є здатність полімеру утворювати високоеластичну плівку.

**Висновки.** В результаті проведеного експерименту досліджено вплив фізико-механічних властивостей полімерних плівок акрилової та уретанової природи на жорсткість обробленого бавовняного трикотажного полотна. Встановлено, що жорсткість трикотажу зростає при використанні полімерів, здатних утворювати структури з високим ступенем поперечного зшивання. Показана ефективність використання в якості зв'язуючого стирол-акрилового сополімеру Tubifast AS 4010, який створює прозору, високоеластичну плівку на бавовняному волокні, що обумовлює отримання м'якого та еластичного трикотажного полотна.

#### Література

1. Ibrahim N. A., Ibrahim D. F., Eid B. M., Tawfik T. M. (2016). Upgrading the functional properties of reactive dyed cotton knits. *Journal of the Textile Institute*. 108, 9, 1634-1642. DOI: 10.1080/00405000.2016.1273988
2. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. (2007). *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 746 p.
3. Михайлова В. Е. Разработка безопасных аппретирующих составов для комплексной заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных

#### References

1. Ibrahim N. A., Ibrahim D. F., Eid B. M., Tawfik T. M. (2016). Upgrading the functional properties of reactive dyed cotton knits. *Journal of the Textile Institute*. 108, 9, 1634-1642. DOI: 10.1080/00405000.2016.1273988
2. Wicks Z. W., Jones F. N., Pappas S. P., Wicks D. A. (2007). *Organic Coatings: Science and Technology*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 746 p.
3. Mikhailova V. E., Epishkina V. A., Celms R. N., Vasiliev V. K. (2018). *Razrabotka bezopasnykh appretiruyushchikh sostavov dlya kompleksnoy zaklyuchitel'noy otdelki tsellyulozosoderzhashchikh*

- 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.
4. 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.
5. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijelaars B., Koning C. (2018). Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*. 68, 5, 832-842. DOI: 10.1002/pi.5627.
6. Gündüz G., Kisakurek R. R. (2008). Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 25, 2, 217-228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.
7. Milind M., Pant S. (2014). Effect of finishing on stiffness and drape properties of knitted fabrics. *Textile Trends*. 57, 6, 45-49.
8. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов. – М: МГУ им. Ломоносова М. В., 2010. – 68 с.
9. Глубиш П. А. Применение полимеров акриловой кислоты и ее производных в текстильной и легкой промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 205 с.
10. Саундерс Дж. Х., Фриш К. К. Химия полиуретанов / пер. с англ. З. А. Кочновой и Ж. Т. Коркишко; Под ред. С. Г. Энтелиса. – М.: Химия, 1968. – 470 с.
11. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; Под ред. Б. А. Бузова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
- 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*. 2, 59-65 [in Russian].
4. Gorshkov D. S., Osipchik V. S. (2005). Pokrytiya na osnove stirol-akrilovykh sopolimerov [Coatings based on styrene-acrylic copolymers]. *Uspekhi v khimii i khim. tekhnol.* 19, 6, 36–40 [in Russian].
5. Tennebroek R., van der Hoeven, van Casteren I., Swaans R., van der Slot S., Stals P., Tuijelaars B., Koning C. (2018). Water-based polyurethane dispersions. *Polymer International*. 68, 5, 832-842. DOI: 10.1002/pi.5627.
6. Gündüz G., Kisakurek R. R. (2008). Structure–Property Study of Waterborne Polyurethane Coatings with Different Hydrophilic Contents and Polyols. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 25, 2, 217-228. DOI: 10.1081/DIS-120030668.
7. Milind M., Pant S. (2014). Effect of finishing on stiffness and drape properties of knitted fabrics. *Textile Trends*. 57, 6, 45-49.
8. Bogdanova, Yu. G. (2010). Adgeziya i yeye rol' v obespechenii prochnosti polimernykh kompozitov [Adgeziya and its role in ensuring the strength of polymer composites]. Moscow State University. Moscow [in Russian].
9. Glubish P. A. (1975). Primeneniye polimerov akrilovykh kislot i yeye proizvodnykh v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti [The use of polymers of acrylic acids and its derivatives in the textile and light industry]. *Legkaya industriya*, Moscow [in Russian].
10. Saunders J. H., Frish K. K. (1968). Khimiya poliuretanov [Chemistry of polyurethanes]. Khimiya. Moscow [in Russian].
11. Buzov B. A., Alymenkova N. D. (2004). Materialovedeniye v proizvodstve izdeliy legkoy promyshlennosti (shveynoye proizvodstvo): Uchebnik dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [Materials science in the manufacture of products of light industry (clothing production): a textbook for university students]. Publishing Center "Academy". Moscow [in Russian].

**SARIBYEKOVA YULIA**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6430-6509>  
[ysaribyekova@gmail.com](mailto:ysaribyekova@gmail.com)  
Kherson National Technical University

**SKALOZUBOVA NATALIA**

[natalia.skalozubova@gmail.com](mailto:natalia.skalozubova@gmail.com)  
Kherson National Technical University

**SEMESHKO OLGA**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8309-5273>  
[sohgaya@gmail.com](mailto:sohgaya@gmail.com)  
Kherson National Technical University

**ASAULYUK TATYANA**

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5961-6895>  
[tatisevna@gmail.com](mailto:tatisevna@gmail.com)  
Kherson National Technical University

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОВ АКРИЛОВОЙ И УРЕТАНОВОЙ ПРИРОДЫ НА  
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖА**  
АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., СКАЛОЗУБОВА Н. С., САРИБЕКОВА Ю. Г.

*Херсонский национальный технический университет*

**Цель.** Цель работы состоит в исследовании влияния полимерных покрытий на жесткость хлопчатобумажного трикотажного полотна.

**Методика.** В качестве объекта исследования использованы водные дисперсии акриловых сополимеров и алифатических полиуретанов. Применены стандартизированные методики исследования показателей физико-механических свойств полимерных пленок и текстильных материалов. Сформированные полимерные пленки охарактеризованы по внешнему виду и показателю относительного удлинения при разрыве. Механические свойства хлопчатобумажного трикотажного полотна с полимерным покрытием оценены по показателю жесткости.

**Результаты.** В работе приведены результаты исследования физико-механических свойств полимерных пленок акриловой и уретановой природы. Показана зависимость эластичности сформированных пленок от функциональных групп полимера и их взаимного расположения. По результатам эксперимента установлено, что жесткость аппретированного трикотажного полотна зависит в первую очередь от химического строения полимерного связующего. Определено, что исследованные акриловый сополимер с промотором адгезии и алифатические полиуретаны благодаря высокой степени поперечного сшивания усиливают упруго-эластические свойства образованного композита полимер-волокно. Установлена необходимость выбора полимера с высокой эластичностью для формирования покрытия на трикотажном полотне.

**Научная новизна.** Доказано, что предложенный стирол-акриловый сополимер благодаря образованию высокоэластичной пленки позволяет получить мягкий гриф хлопчатобумажного трикотажного полотна.

**Практическая значимость.** Полученные результаты эксперимента имеют практическое значение для разработки новых отделочных составов для текстильных материалов.

**Ключевые слова:** дисперсия акрилового сополимера, полиуретановая дисперсия, полимерная пленка, хлопчатобумажный трикотаж, жесткость.

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ACRYLIC AND URETHANE POLYMERS ON THE  
MECHANICAL PROPERTIES OF COTTON KNIT**

ASAULYUK T. S., SEMESHKO O. Ya., SKALOZUBOVA N. S., SARIBYEKOVA Yu. G.

*Kherson National Technical University*

**Purpose.** The purpose of the work is to study the effect of polymer coatings on the rigidity of cotton knitted fabric.

**Methodology.** As the object of the study aqueous dispersions of acrylic copolymers and aliphatic polyurethanes are used. Standardized methods for studying the indicators of physico-mechanical properties of polymer films and textile materials are used. The formed polymer films are characterized by their appearance and an indicator of relative elongation at break. Mechanical properties of cotton knitted fabric with polymer coating are evaluated in terms of rigidity.

**Findings.** The paper presents the results of the study of the physico-mechanical properties of polymer films of acrylic and urethane nature. The dependence of the elasticity of the formed films on the functional groups of the polymer and their relative position is shown. According to the results of the experiment, it was established that the rigidity of the finished knitted fabric depends primarily on the chemical structure of the polymer binder. It was determined that the studied acrylic copolymer with the adhesion promoter and aliphatic polyurethanes due to the high degree of cross-linking enhance the elastic properties of the polymer-fiber composite formed. The necessity of choosing a polymer with high elasticity to form a coating on a knitted fabric was established.

**Originality.** It is proved that the proposed styrene-acrylic copolymer due to the formation of a highly elastic film allows us to obtain a soft handle of cotton knitted fabric.

**Practical value.** The results of the experiment are of practical importance for the development of new finishing compositions for textile materials.

**Keywords:** acrylic copolymer dispersion, polyurethane dispersion, polymer film, cotton knit, rigidity.