

УДК 531.43
DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_157

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
И АРХИТЕКТУРЫ ТКАНИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ***

**INFLUENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL FEATURES
AND ARCHITECTURE OF THE FABRIC
ON THE TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ITS SURFACE**

О.В. БЛИНОВ¹, А.В. БАРАНОВ², Е.Н. КАЛИНИН², В.В. КУЗНЕЦОВ²

O.V. BLINOV¹, A.V. BARANOV², E.N. KALININ², V.B. KUZNETSOV²

¹Ивановский государственный энергетический университет,
²Ивановский государственный политехнический университет)

(¹Ivanovo State Power Engineering University,
²Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: enkalini@gmail.com

В работе исследовано влияние комплекса характеристик тканых материалов, таких, как структура и физико-механические показатели суровых хлопчатобумажных тканей полотняного и атласного переплетения, способ изготовления пряжи для их производства, размер ячеек, образованных нитями основы и утка, а также степень прижима текстильного материала к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 20-43-370007 р_a_ Ивановская область: «Развитие научных основ прогнозирования функциональных и конструкционных параметров синтезируемых полимерных волокнистых композитных систем».

– транспортирующий ролик», на изменение коэффициента трения тканой поверхности.

The influence of a complex of characteristics of woven materials, such as the structure and physical and mechanical properties of plain and satin weave, the method of making yarn for their production, the size of the cells formed by the warp and weft threads, as well as the degree of pressing of the textile material to the metal surface in the friction pair "textile material – transport roller", on the change in the coefficient of friction of the woven surface, have been studied.

Ключевые слова: триботехнические свойства, суровые ткани, физико-механические характеристики, переплетение, кольцевое прядение, пневмомеханическое прядение, микрофотографии, размер ячеек, нити основы и утка, пара трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», степень прижима ткани, коэффициент трения поверхности текстильного материала.

Keywords: tribotechnical properties, gray fabrics, physical and mechanical characteristics, interlacing, ring spinning, rotor spinning, microphotographs, cell size, warp and weft threads, friction pair "textile material – transport roller", degree of tissue pressure, friction coefficient of the textile material surface.

Ранее [1-5] исследовано влияние различных физических и химических факторов, характеризующих водные растворы неионных поверхностно-активных веществ (НПАВ), на изменение триботехнических характеристик поверхности ряда текстильных материалов в процессах их жидкостной обработки данными композициями.

В настоящей работе проведено исследование взаимосвязи физико-механических показателей и строения суровой ткани с триботехническими характеристиками ее поверхности без воздействия растворов НПАВ.

Тканые полотна представляют собой системы нитей, называемых основой и утком, располагающихся перпендикулярно друг другу и связанных определенным переплетением [6-13]. При этом основа располагается вертикально, а уток – горизонтально.

Тканые полотна классифицируются по типу переплетений на главные и производные, а по назначению на бытовые и технические. При этом и бытовые, и технические ткани могут вырабатываться на основе как главных, так и производных переплетений. Различают три типа главных переплетений: полотняное, саржевое и атласное.

Важно отметить тот факт, что ткани главных переплетений имеют однородную, гладкую поверхность на всем своём протяжении, в то время как тканые полотна производных переплетений отличаются наличием рельефа, зачастую неравномерно распределенного по поверхности материала.

При проведении исследований использовано четыре вида суровых хлопчатобумажных тканей, три из которых имеют полотняное переплетение и одна – атласное.

В наиболее простом полотняном переплетении [6, 9-12] нити основы и утка переплетаются перпендикулярно друг другу, образуя двухмерную структуру, состоящую из условных ячеек, размер которых зависит от поверхностной плотности текстильного материала, а именно от количества нитей в основе и утке, а также их линейной плотности. Ткани подобного переплетения просты в изготовлении и, следовательно, наиболее распространены.

Типичная особенность атласного переплетения состоит в том, что нити утка или основы образуют длинные перекрытия, которые в ткани отчасти перекрывают точки взаимопереплетения нитей [12]. Атлас имеет гладкую и однородную поверхность без выступающей структуры, ткани этого

переплетения отличаются мягкостью, эластичностью, плотностью и прочностью. На рис. 1 представлены микрофотографии поверхности исследованных текстильных материалов.

На триботехнические свойства тканей, помимо их архитектуры, очевидно, будет оказывать влияние линейная плотность нитей основы и утка, а также способ их изготовления. Различают два типа пряжи – кольцевого прядения (КП) и пневмомеханического (ППМ) [13]. Пряжа кольцевого прядения имеет более высокие номера, чем

пряжа пневмомеханического прядения, и отличается большей ровнотой, прочностью и гладкостью. Пряжа пневмомеханического прядения имеет более рыхлую поверхность и неровноту.

Кроме того, исследована степень прижима ткани к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», которая зависит от вида ее заправки (горизонтальная, вертикальная или косая) в отделочном оборудовании.

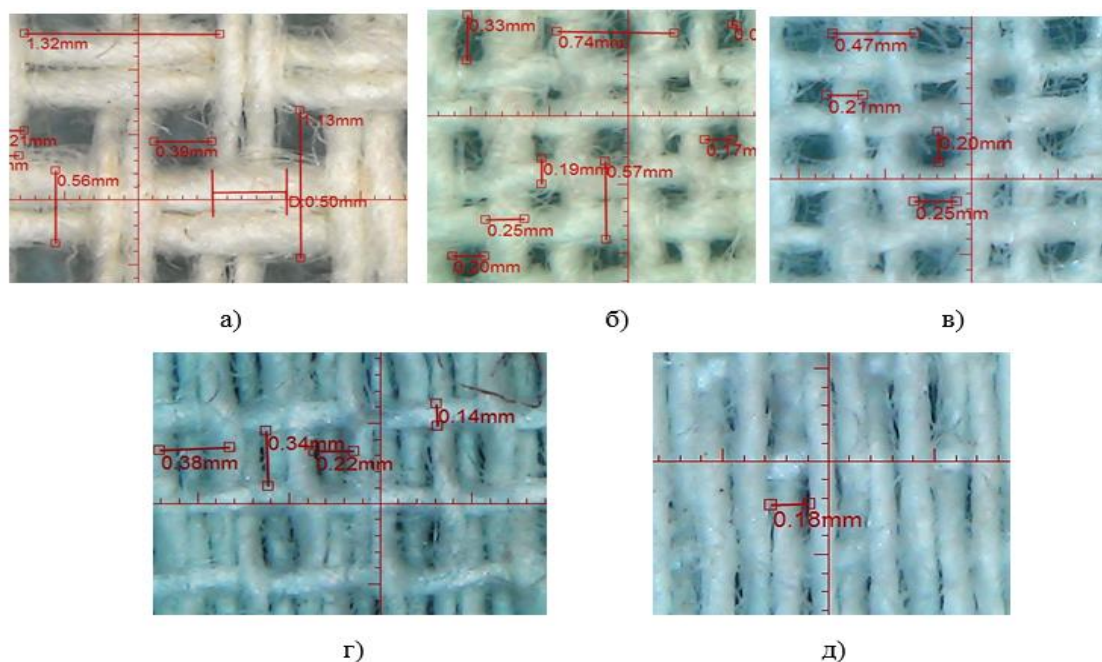


Рис. 1

В табл. 1 приведены физико-механические показатели выбранных для исследова-

ния хлопчатобумажных тканей различных переплетений.

Таблица 1

Ткань	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м ²	Линейная плотность, текс (№)		Число нитей на 10 см		Разрывная нагрузка полоски ткани размером 50×200 мм, кгс не менее, основа/уток
			основа	уток	основа	уток	
Рогожка	Полотняное	164	29 (34) 100% ВХ ППМ	50 (20) 100% ВХ ППМ	220	175	37/44
Бязь Стандарт	Полотняное	140	29 (34) 100% ВХ ППМ	29 (34) 100% ВХ ППМ	224	220	30/21
Сатин	Атлас 5/2	148	13,5 (74) 100% ВХ КП греб	13,5 (74) 100% ВХ КП греб	648	300	30/20
Поплин	Полотняное	114	20 (50) 100% ВХ ППМ	20 (50) 100% ВХ ППМ	265	260	30/20

На рис. 2 представлены гистограммы влияния степени прижима исследованных тканей на изменение коэффициента трения их поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик» при нагрузке 28 г (рис. 2, а) и 132 г (рис. 2, б). Выбор вариантов нагрузки обусловлен видом заправки текстильного материала – классической вертикальной (по этому виду заправки исследования изложены в [1-5]) и горизонтальной, используемой в отделочном производстве.

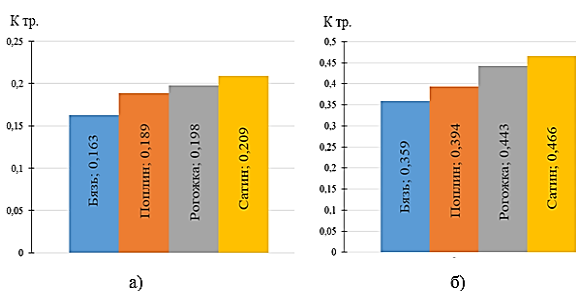


Рис. 2

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при малой величине нагрузки коэффициент трения поверхности исследованных текстильных материалов практически одинаков и колеблется в пределах 9% для трех тканей и чуть более значительно для бязи. Очевидно, что при малых величинах прижима ткани ее структура и способ производства пряжи, ее составляющей, не имеют существенного влияния на триботехнические свойства поверхности текстильного материала. Иная картина наблюдается при увеличении степени прижима ткани к металлической поверхности примерно в 4 раза – до 132 г. В этом случае прослеживается определенная зависимость. Наиболее низкий коэффициент трения наблюдается для ткани сатин, имеющей атласное переплетение, отличающееся более гладкой поверхностью, а также используемой гребенной пряжей кольцевого прядения с высокой степенью ровноты. Для трех других тканей, сформированных пряжей пневмомеханического способа прядения с высокой ворсистостью и значительной неровнотой и имеющих более высокий коэффициент

трения поверхности, можно отметить ряд закономерностей, а именно:

-во-первых, с уменьшением числа нитей на 10 см в основе и утке при переходе от поплина к рогожке наблюдается увеличение коэффициента трения поверхности ткани;

-во-вторых, прослеживается прямо пропорциональная зависимость между повышением линейной плотности пряжи, особенно в утке, с 20 текс у поплина до 50 текс у рогожки и увеличением коэффициента трения их поверхности.

В целом же динамика изменения коэффициента трения поверхности исследованных суровых тканей демонстрирует его монотонное возрастание с увеличением степени прижима к металлической поверхности в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик», о чем свидетельствуют графические зависимости, представленные на рис. 3 (влияние степени прижима ткани на изменения коэффициента трения поверхности текстильного материала).

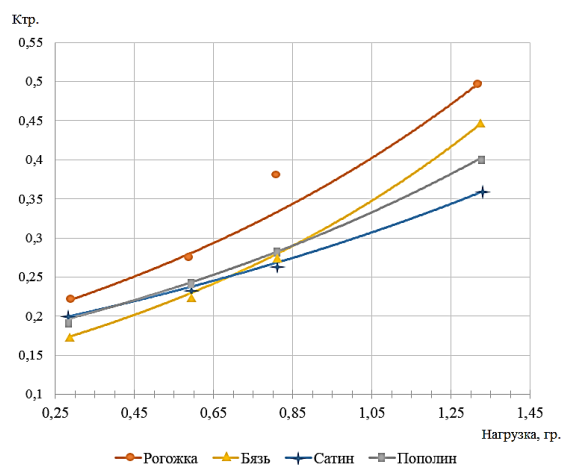


Рис. 3

Причем для сатина наблюдается наименьший рост коэффициента трения – примерно в 1,7 раза при изменении нагрузки от 28 г до 132 г. Для остальных тканей в указанном диапазоне степени прижима коэффициент трения их поверхности возрастает примерно в 2,2-2,9 раза.

Заслуживает рассмотрения, с точки зрения влияния на коэффициент трения по-

верхности текстильного материала, и еще один фактор, связанный со структурой ткани, а именно размер ячеек, образованных основными и уточными нитями в процессе ее изготовления.

На микрофотографиях исследованных суровых тканей (рис. 1) представлены размеры ячеек, образованных нитями основы и утка, по которым рассчитаны площади ячеек для каждого вида текстильного материала. Полученные результаты по пло-

щади ячеек, а также коэффициенты трения для двух вариантов прижима ткани в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик» представлены в табл. 2. Необходимо отметить, что размер ячеек колеблется в очень широких пределах и, например, у сатина он практически в 25 раз меньше, чем у рогожки. В определенной степени это обусловлено линейной плотностью нитей и их количеством на 10 см.

Т а б л и ц а 2

Ткань	Площадь ячейки, мм ²	Коэффициент трения при давлении 28 г, усл. ед.	Коэффициент трения при давлении 132 г, усл. ед.
Рогожка	0,52	0,209	0,466
Бязь	0,07	0,163	0,443
Поплин	0,05	0,189	0,399
Сатин	0,02	0,198	0,359

Анализируя полученные результаты, можно отметить некоторые закономерности. Так, при давлении прижима ткани 28 г, несмотря на существенное различие в площади ячеек, коэффициент трения поверхности исследованных тканей невысок. Кроме того, в этом случае не прослеживается какой-либо зависимости между площадью ячейки и коэффициентом трения поверхности текстильных материалов. Вероятно, более существенное влияние на коэффициент трения оказывают такие факторы, как переплетение, вид пряжи и ее линейная плотность, а также количество нитей на 10 см, что подтверждается вышеприведенными результатами. При переходе к давлению прижима ткани 132 г корреляция между площадью ячеек и коэффициентом трения прослеживается в явном виде, то есть, чем больше размер ячейки, образованной нитями основы и утка, тем выше коэффициент трения поверхности ткани. Одновременно наблюдается существенный рост величины коэффициента трения по сравнению с аналогичным показателем при давлении прижима ткани 28 г.

В Ы В О Д Ы

1. Исследовано влияние переплетения суровых тканей на коэффициент трения их поверхностей в паре трения «текстильный материал – транспортирующий ролик».

2. Установлено, что увеличение давления прижима ткани к металлической поверхности транспортирующего ролика прямо пропорционально увеличению коэффициента трения поверхности текстильного материала.

3. Показано, что увеличение коэффициента трения поверхности ткани зависит от способа производства пряжи, а также ее линейной плотности и количества нитей на 10 см.

4. Выявлено, что размер ячеек, образованных нитями основы и утка, коррелируется с изменением коэффициента трения поверхности тканей только при высокой степени прижима ткани к металлической поверхности транспортирующего ролика.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. Исследование трибологических свойств тканей в водных растворах неионогенных поверхностно-активных веществ // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2021». Иваново: ИВГПУ, 2021. С. 117...120.

2. Блинов О.В., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н. Влияние растворов поверхностно-активных веществ на триботехнические свойства текстильных материалов в паре трения «ткань – транспортирующий ролик» // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №2 (398). С. 233...237.

3. Ершов С.В., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Суворов И.А., Козлова Н.Б., Калинин Е.Н. Мно-

гофункциональный анализ параметров тканой армирующей структуры по функциональным свойствам элементарной периодической ячейки композитного материала // Пластические массы. 2022. № 9-10. С. 31...34.

4. Кузнецов В.Б., Блинов О.В., Баранов А.В., Калинин Е.Н. Влияние поверхностного натяжения раствора неионогенного поверхностно-активного вещества на триботехнические свойства тканого наполнителя волокнистого композита // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №3 (405). С. 168...173.

5. Блинов О.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Никифорова Е.Н., Неведов С.А. Результаты молекулярного моделирования триботехнических свойств неионогенных поверхностно-активных // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №5 (401). С. 190...194.

6. Потягалов А.Ф. Переплетение хлопчатобумажных и штапельных тканей. Иваново: Ивановское книжное изд-во, 1955. 148 с.

7. Гордеев В.А. Ткацкие переплетения и анализ тканей. М.: Легкая индустрия, 1969. 116 с.

8. Контроль технологических параметров текстильных материалов: методы, устройства / под ред. Л.К. Таточенко. М.: Легпромбытиздат, 1985. 192 с.

9. Лунд-Иверсен Б. Ткацкие переплетения: [пер. с норвеж.]. М.: Легпромбытиздат, 1987. 104 с.

10. Грановский Т.С., Мшвениерадзе А.П. Строеие и анализ тканей. М.: Легпромбытиздат, 1988. 96 с.

11. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. М.: Легпромбытиздат, 1989. 302 с.

12. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы). М., 1985.

13. Справочник по хлопкопрядению / под ред. В.П. Широкова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1985. 472 с.

14. Трение, износ и смазка. Трибология и триботехника / под ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 575 с.

15. Справочник по триботехнике / под ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение; Варшава: ВКЛ, 1989. Т 1. 400 с.

16. Holmberg Ed.K. Handbook of applied surface and colloid chemistry. New Jersey: Willey. 2001.

17. Современная трибология: итоги и перспективы / отв. ред. К.В. Фролов. Л.: Изд-во ККИ, 2008. С. 226...276.

18. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. Л.: Физматгиз, 1963.

19. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. М.: КолосС, 2011. 360 с.

20. Применение поверхностно-активных веществ в анализе: учеб. пособие / Л.К. Неудачина, Ю.С. Петрова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 76 с

21. Li Y., Wang S., Wang Q. A molecular dynamics simulation study on enhancement of mechanical and

tribological properties of polymer composites by introduction of graphene, Carbon 111 (2017) 538-545.

22. Ewen J. Non-equilibrium molecular dynamics simulations of organic friction modifiers, Works of STLE Annual Meeting. Imperial College London, 19th May 2016.

REFERENCES

1. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. Study of the tribological properties of tissues in aqueous solutions of non-ionic fire-active poisoning // Physics of fibrous materials: structure, properties, high technology and materials: collection. materials of the XXIV International. scientific-practical forum "SMARTEX-2021". Ivanovo, 2021. P. 117...120.

2. Blinov O.V., Kuznetsov V.B., Kalinin E.N. The influence of solutions of excitatory-active substances on the tribological properties of textile materials in a pair is manifested by the "fabric – transport roller" // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2(398). P. 233...237.

3. Ershov S.V., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Suvorov I.A., Kozlova N.B., Kalinin E.N. Multifunctional analysis of the parameters of a woven reinforcing structure based on the functional properties of a periodic unit cell of a composite material // Plasticheskie massy. 2022; (9-10):31-34.

4. Kuznetsov V.B., Blinov O.V., Baranov A.V., Kalinin E.N. Effect of the surface tension of a nonionic surfactant solution on the tribotechnical properties of a woven filler of a fibrous composite // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 3 (405). P. 168...173.

5. Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B., Nikiforova E.N., Nefedov S.A. Results of molecular modeling of tribological properties of non-ionic explosives // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 5(401). P. 190...194.

6. Potyagalov A.F. Weaving of cotton and staple fabrics. Иваново: Иваново book publishing house, 1955. 148 p.

7. Gordeev V.A. Weaving weaves and fabric analysis. М.: Light industry, 1969. 116 p.

8. Control of technological parameters of textile materials: methods, devices / Edited by L.K. Tatochenko. Moscow: Legprombytizdat, 1985. 192 p.

9. Lund-Iversen B. Weaving weaves [translation from Norwegian]. Moscow: Legprombytizdat, 1987. 104 p.

10. Granovsky T.S., Mshvenieradze A.P. Structure and analysis of tissues. Moscow: Legprombytizdat, 1988. 96 p.

11. Kukin G.N., Soloviev A.N., Koblyakov A.I. Textile materials science. Moscow: Legprombytizdat, 1989. 302 p.

12. Kukin G.N., Soloviev A.N. Textile materials science (Initial textile materials). М., 1985.

13. Handbook of cotton spinning / Edited by V.P. Shirokov. M.: Light and food industry, 1985. 472 p.
14. Friction, wear and lubrication. Tribology and tribotechnics / ed. A.V. Chichinadze. M.: Mashinostroenie, 2003. 575 p.
15. Reference book on tribotechnics / ed. M. Hebda and A.V. Chichinadze. M.: Mashinostroenie; Warsaw: VKL, 1989. Vol. 1. 400 s.
16. Holmberg Ed.K. Handbook of Applied Surface and Colloidal Chemistry. New Jersey: Willie. 2001.
17. Modern tribology: results and prospects / otv. ed. K.V. Frolov. L.: Publishing House of KKI, 2008. P. 226...276.
18. *Akhmatov A.S.* Molecular Physics of Boundary Research. L.: Fizmatgiz, 1963.
19. *Kiryukhin S.M., Shustov Yu.S.* Textile materials science. Moscow: Kolos, 2011. 360 p.
20. The use of surfactants in analysis: a tutorial / K. Neudachina, Yu.S. Petrova. Yekaterinburg: Publishing House of the Ural University, 2017. 76 p.
21. *Li Y., Wang S., Wang Q.* A molecular dynamics simulation study on enhancement of mechanical and tribological properties of polymer composites by introduction of graphene, Carbon 111 (2017) 538-545.
22. *Ewen J.* Non-equilibrium molecular dynamics simulations of organic friction modifiers, Works of STLE Annual Meeting. Imperial College London, 19th May 2016.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 23.07.23.
