

УДК 531.43

DOI 10.47367/0021-3497\_2025\_4\_169

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **STUDY OF TEMPERATURE INFLUENCE ON TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TEXTILE MATERIAL SURFACE**

*О.В. БЛИНОВ<sup>1</sup>, В.А. ГОДЛЕВСКИЙ<sup>2</sup>, Е.Н. КАЛИНИН<sup>3</sup>, В.Б. КУЗНЕЦОВ<sup>3</sup>, Е.Е. КОРОЧКИНА<sup>1</sup>*

*O.V. BLINOV<sup>1</sup>, V.A. GODLEVSKY<sup>2</sup>, E.N. KALININ<sup>3</sup>, V.B. KUZNETSOV<sup>3</sup>, E.E. KOROSHKINA<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Ивановский государственный энергетический университет,  
<sup>2</sup>Ивановский государственный университет,  
<sup>3</sup>Ивановский государственный политехнический университет)

(<sup>1</sup>Ivanovo State Power Engineering University,  
<sup>2</sup>Ivanovo State University,  
<sup>3</sup>Ivanovo State Polytechnic University)

E-mail: enkalini@gmail.com

*Исследована роль температурного фактора в процессе трения текстильных материалов различных видов переплетения в сухом и влажном состоянии, а также при технологической выработке пряжи в паре трения «текстильный материал – металлическая поверхность». Показано, что принудительное изменение температуры (подвод тепла от внешнего источника) в паре трения «текстильный материал – металлическая поверхность» приводит к изменению силы трения. Данный фактор может оказывать влияние на выбор ПАВ и показатели качества технологического процесса производства и отделки текстильных материалов.*

*The role of temperature in the friction process of textile materials with different weave types in dry and wet conditions, as well as during yarn production in the textile-metal surface friction pair, was investigated. It was shown that forced temperature changes (heat input from an external source) in the textile-metal surface friction pair lead to changes in friction force. This factor may influence the choice of surfactants and the quality indicators of the textile production and finishing process.*

**Ключевые слова:** трение, суровые ткани, пряжа, переплетение, прядение, коэффициент трения.

**Keywords:** friction, harsh fabrics, yarn, weaving, spinning, coefficient of friction.

### *Введение*

В процессе прохождения ткани по отделочному оборудованию она соприкасается в сухом либо влажном состоянии с металлическими поверхностями, имеющими различную температуру. При этом и сам текстильный материал может иметь разную температуру поверхности. Под воздействием температуры в тканях происходят различные релаксационные процессы, характерные для ее влажного или сухого состояния. В связи с этим может наблюдаться уплотнение текстильного материала, его набухание и ряд других процессов, следствием которых является изменение триботехнических характеристик контакта поверхности ткани с поверхностями других элементов разной природы, в том числе и с элементами технологического оборудования текстильного производства.

Вопросы подобного рода достаточно широко освещаются в литературе [1...15]. Так, в частности, в работе [1] рассматривается влияние явления адгезии, температуры и влажности на фрикционные свойства тканей из хлопка и полиэфира с учетом механического взаимодействия, взаимной диффузии и электростатического притяжения [13].

В работах [2, 6] рассмотрены эффекты влияния температуры и влажности на трение хлопковых волокон. В работе [11] рассмотрен вопрос о влиянии природы волокна и его влажности на трение ткани о кожу. Установлено, что природа волокна имеет меньшее влияние на триботехнические характеристики ткани, чем влажность, значение которой в том числе может зависеть и от температуры. В работе [14] отме-

чено, что присутствие влаги может оказывать пластифицирующее воздействие на молекулярные цепи макромолекул, что, в свою очередь, оказывает влияние на механические и триботехнические характеристики текстильных материалов.

Авторы работ [2, 7] указывают на то, что на фрикционные свойства хлопчатобумажных тканей оказывает влияние химическое взаимодействие влаги и хлопковых волокон, а именно – их гидрофильных групп. В результате в контакте увеличивается адгезия и, как следствие, параметры трения.

Настоящее исследование посвящено оценке влияния температурного фактора на триботехнические характеристики различных видов текстильных материалов в сухом виде и при обработке растворами синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ) в паре трения «ткань – металлическая поверхность».

### *Материалы и методы исследования*

Исследование проводилось с помощью специальной установки, имитирующей процесс взаимодействия в паре трения «текстильный материал – металлическая поверхность» и позволяющей измерять такие параметры, как изменение потребляемой при трении электродвигателем мощности, данные тензометрического силоизмерителя и установленного в зоне трения датчика температуры. При этом использовалась схема трения «диск (металл) – плоскость (ткань, пряжа)».

Изменение температуры во время трения в зоне контакта пары трения определялось как разность ( $\Delta t$ ) экспериментальных усредненных значений температур до воз-

никновения трения (при этом диск не вращался) и в процессе трения. Усреднение температурного сигнала происходило автоматически при вращении диска в течение 150...200 секунд, начиная с момента вращения диска.

#### Результаты и их обсуждение

Выполнен ряд экспериментов с четырьмя видами текстильных материалов различного переплетения, изготовленных из пряжи пневмомеханического (поплин, рогожка, бязь) и кольцевого прядения (сатин). Динамика изменения контактной температуры пары трения «поплин – металлическая поверхность» при сухом трении при  $\Delta t = 0,15064423$  °С (время контакта примерно 3 мин) представлена на рис. 1. Показания температуры (верхний график) были нормированы путем вычитания из полученных значений 20 °С.

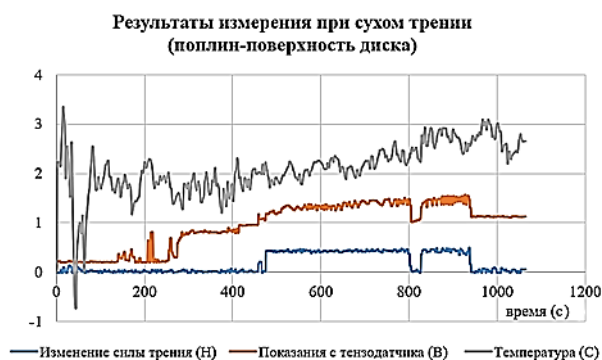


Рис. 1

Результаты измерения скорости изменения температуры  $\Delta T$  (°С)/  $t$  (с) в процессе трения ткани о металлический диск в зависимости от нагрузки ( $1В = 100$  гр, частота вращения 1000 об/мин) представлены на рис. 2.

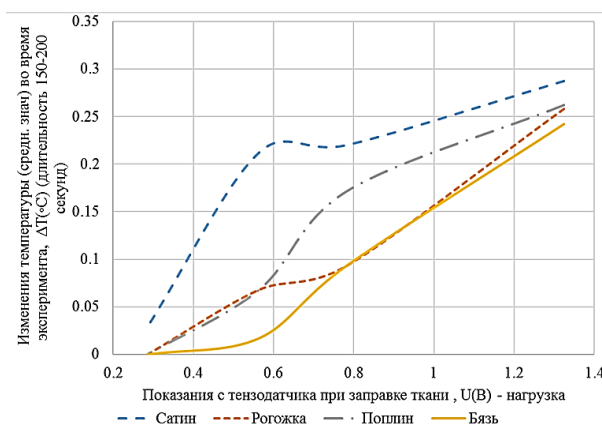


Рис. 2

Поскольку все исследуемые текстильные материалы были изготовлены из хлопкового волокна, можно предположить, что все образцы тканей, участвовавших в эксперименте, имели примерно одинаковую теплоемкость. При этом величина изменения температуры определялась за одинаковые промежутки времени.

В результате можно сделать вывод, что ткань сатин нагревается в результате трения быстрее по сравнению с другими исследуемыми тканями. При этом у ткани этого типа наблюдается самая низкая теплоемкость по сравнению с другими видами исследованных тканей. Возможно, данный эффект обусловлен различием в переплетении основных и уточных нитей, образующих ячейки различного размера, и соответственно разной заполняемостью объема текстильного материала воздухом.

При увеличении нагрузки значение температуры в зоне контакта повышается, но скорость ее изменения становится примерно равной для всех тканей, что может быть вызвано уменьшением свободного объема в структуре исследованных текстильных материалов примерно до одинаковых геометрических размеров. При этом объем воздуха, заключенного в них, также становится практически одинаковым, что отражается на их теплоемкости и изменении температуры в зоне контакта «ткань – металлическая поверхность».

На рис. 3 и 4 приведены результаты экспериментов по определению изменения силы трения (потребляемой мощности) от принудительного увеличения температуры в зоне контакта пары трения «ткань – металлическая поверхность». Текстильный материал (ткань Рогожка) пропитывался раствором НПАВ (ОС-20) концентрации 2,0 г/л, а в зону контакта подавался поток теплого воздуха с температурой 60...100 °С.

Представленные на рис. 3 и 4 графические зависимости свидетельствует об одинаковой динамике теплофизических процессов, протекающих в структуре материала испытываемого образца, пропитанного ПАВ.

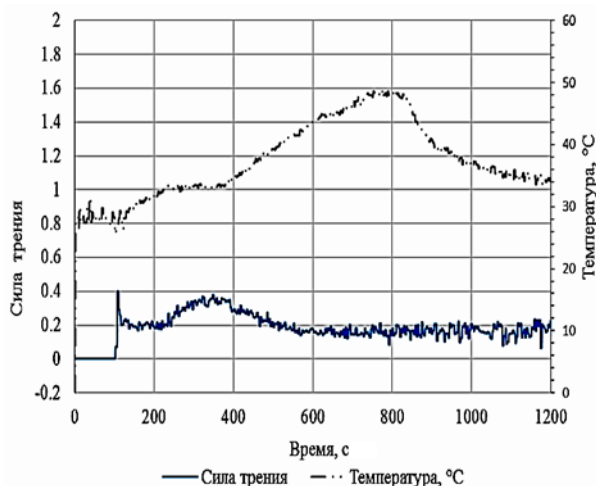


Рис. 3

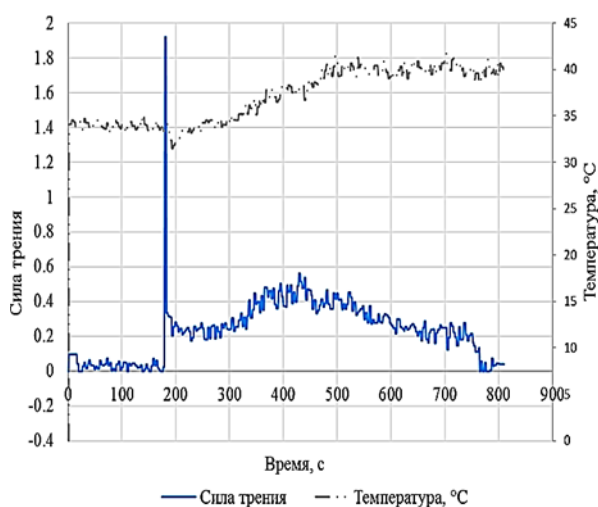


Рис. 4

Графические зависимости изменения силы трения (сплошная линия) свидетельствуют, что с повышением температуры воздействия на пару трения (начиная с отметки 200) происходит увеличение значения силы трения, вместе с тем нагрузка на этом временном интервале остается постоянной. По достижении значения температуры 33...34°C сила трения начинает уменьшаться (соответственно снижается коэффициент трения).

## ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние температурного фактора на триботехнические характеристики поверхности текстильных материалов различных видов переплетения в сухом и влажном состоянии и способ изготовления пряжи для их производства в паре

трения «текстильный материал – металлическая поверхность».

2. Показано, что принудительное изменение температуры (подвод тепла от внешнего источника) в паре трения «текстильный материал – металлическая поверхность» приводит к изменению силы трения. Данный фактор может оказывать влияние на выбор ПАВ и показатели качества технологического процесса производства и отделки текстильных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ali Arshi, Ali - Asghar Asgharian Jeddi, Ali Asghar Katbab. Frictional Behavior of Plain Woven Fabrics Constructed from Polyester and Cotton Yarns in Different Environmental Conditions, 2012.
2. Gupta B.S. Cambridge England; Woodhead Publishing Limited 2008, Chapter 1.
3. Boyat AK, Singh A, Sandhu JS. The kinematic analysis of preferred and nonpreferred roundhouse kick according to stance position in Indian taekwondo players. Int J Ther Rehab Res 2017; 6: 181–183. Google Scholar
4. Hes L, Marmarali M, Ozdil N et al. The effect of moisture on friction coefficient of elastic knitted fabrics. Tekst Konfeksiyon 2008; 3: 206–210. Google Scholar
5. Kenins P. Influence of fiber type and moisture in measured fabric-to-skin friction. Text Res J 1994; 64: 722–728. Crossref Web of Science Google Scholar
6. Morton W.E., Hearle J.W.S. The Friction and Lubrication of Elastomers. The Textile Institute, Manchester, 1975.
7. Parkova I, Ziemele I, Vilumsone A. Fabric selection for textile moisture sensor design. Mater Sci Text Cloth Technol 2012; 7: 38–43. Google Scholar
8. Nawaz N, Troynikov O, Watson C. Evaluation of surface characteristics of fabrics suitable for skin layer of firefighters' protective clothing. Phys Procedia 2011; 22: 478–486. Crossref Google Scholar
9. Johnson SA, Gorman DM, Adams MJ et al. The friction and lubrication of human stratum corneum. Tribol Ser 1993; 25: 663–672. Crossref Google Scholar
10. Comaish S, Bottoms E. The skin and friction: deviations from Amontons' Laws and the effects of hydration and lubrication. Br J Dermatol 1971; 84: 37–43. Crossref PubMed Web of Science Google Scholar
11. Kenins P. Influence of Fiber Type and Moisture in Measured Fabric-to-Skin Friction; Textile Research Journal 1994, 64(12), 722-728.
12. Adams MJ, Briscoe BJ, Johnson SA. Friction and lubrication of human skin. Tribol Lett 2007; 26: 239–253. Crossref Web of Science Google Scholar
13. Garbassi F., Morra M., Occhiello E. Polymer Surface. From Physics to Technology. Chapter 10. Adhesion. England; John Wiley & Sons, Ltd. (UK), 1998.

14. *Ramasani S.* Effect of Moisture on Mechanical Properties and Adhesion Strength of Nylon 6 and 66 Cords/RFL/Rubber Systems CordRFL-Rubber System; Iranian Polymer Journal 2010, 19(6), 427-436.

15. *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.

#### REFERENCES

1. *Ali Arshi, Ali - Asghar Asgharian Jeddi, Ali-Asghar Katbab.* Frictional Behavior of Plain Woven Fabrics Constructed from Polyester and Cotton Yarns in Different Environmental Conditions, 2012.

2. *Gupta B.S.* Cambridge England; Woodhead Publishing Limited 2008, Chapter 1.

3. *Boyat AK, Singh A, Sandhu JS.* The kinematic analysis of preferred and nonpreferred roundhouse kick according to stance position in Indian taekwondo players. Int J Ther Rehab Res 2017; 6: 181–183. Google Scholar

4. *Hes L, Marmarali M, Ozdil N et al.* The effect of moisture on friction coefficient of elastic knitted fabrics. Tekst Konfeksiyon 2008; 3: 206–210. Google Scholar

5. *Kenins P.* Influence of fiber type and moisture in measured fabric-to-skin friction. Text Res J 1994; 64: 722–728. Crossref Web of Science Google Scholar

6. *Morton W.E., Hearle J.W.S.* The Friction and Lubrication of Elastomers. The Textile Institute, Manchester, 1975.

7. *Parkova I, Ziemele I, Vilumsone A.* Fabric selection for textile moisture sensor design. Mater Sci Text Cloth Technol 2012; 7: 38–43. Google Scholar

8. *Nawaz N, Troynikov O, Watson C.* Evaluation of surface characteristics of fabrics suitable for skin layer of firefighters' protective clothing. Phys Procedia 2011; 22: 478–486. Crossref Google Scholar

9. *Johnson SA, Gorman DM, Adams MJ et al.* The friction and lubrication of human stratum corneum. Tribol Ser 1993; 25: 663–672. Crossref Google Scholar

10. *Comaish S, Bottoms E.* The skin and friction: deviations from Amontons' Laws and the effects of hydration and lubrication. Br J Dermatol 1971; 84: 37–43. Crossref PubMed Web of Science Google Scholar

11. *Kenins P.* Influence of Fiber Type and Moisture in Measured Fabric-to-Skin Friction; Textile Research Journal 1994, 64(12), 722-728.

12. *Adams MJ, Briscoe BJ, Johnson SA.* Friction and lubrication of human skin. Tribol Lett 2007; 26: 239–253. Crossref Web of Science Google Scholar

13. *Garbassi F., Morra M., Occhiello E.* Polymer Surface. From Physics to Technology. Chapter 10. Adhesion. England; John Wiley & Sons, Ltd. (UK), 1998.

14. *Ramasani S.* Effect of Moisture on Mechanical Properties and Adhesion Strength of Nylon 6 and 66 Cords/RFL/Rubber Systems CordRFL-Rubber System; Iranian Polymer Journal 2010, 19(6), 427-436.

15. *Blinov O.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B.* The influence of surfactant solutions on tribotechnical properties of textile materials in the "fabric – conveying roller" friction pair // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No. 2 (398). pp. 233...237.

Рекомендована кафедрой мехатроники и радиоэлектроники ИВГПУ. Поступила 04.12.24.