

УДК 621.892

## Влияние теплопроводности сталей на предельные нагрузки при трении по полиамиду

Е.Б. Седакова, Ю.П. Козырев

Институт проблем машиноведения РАН,  
В.О. Большой просп., д. 61, г. Санкт-Петербург 199178, Россия

Поступила в редакцию 21.07.2020.

После доработки 16.08.2021.

Принята к публикации 20.08.2021.

Приведены результаты триботехнических испытаний пар трения полиамида — стали трех марок, включая углеродистую и легированные стали, имеющих существенно различные теплопроводности. Показано, что теплопроводность сталей, являющаяся одной из их физико-механических характеристик, оказывает заметное влияние на температуру полимера в зоне трибоконтакта. Основной задачей исследований было определение максимальной величины нагрузки, при которой за время испытаний температура на контакте не превышает температуры плавления полиамида. Показано, что эту нагрузку возможно принимать за предельную нагрузку на узел трения, соответствующую верхней границе диапазона рабочих нагрузок. Для возможности определения предельной нагрузки проведены серии экспериментальных исследований износстойкости полиамида, начиная с больших нагрузок от 1,5 МПа м/с с последующим пошаговым снижением нагрузки в каждой последующей серии до уровня 0,6 МПа. При фрикционном нагреве факт достижения температуры плавления полиамида определялся по резкому возрастанию коэффициента трения и момента на валу электродвигателя. При этом после окончания испытания регистрировался повышенный износ полимера, а также наблюдалась его значительная адгезия к поверхности стального контролера. Для оценки величины фрикционного нагрева полимера применена усовершенствованная методика расчёта контактной температуры с использованием модифицированного выражения для расчёта коэффициента распределения тепловых потоков, разработанного для пар трения с материалами, имеющими существенно различную теплопроводность. Применимость методики подтверждается хорошим совпадением расчётной величины контактной температуры, определяемой при нагрузке, соответствующей обозначенным выше внешним проявлениям задира, со справочными значениями температуры плавления полиамида. Результаты проведённых исследований представлены в табличной форме и в виде графических зависимостей, по которым возможно определение величин предельных нагрузок.

**Ключевые слова:** трение, износ, полиамид, теплопроводность, контактная температура, диапазон рабочих нагрузок, коэффициент распределения тепловых потоков, сталь.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

---

**Адрес для переписки:**

Е.Б. Седакова  
Институт проблем машиноведения РАН,  
В.О. Большой просп., д. 61, г. Санкт-Петербург 199178, Россия  
e-mail: elenasedakova2006@yandex.ru

**Address for correspondence:**

E.B. Sedakova  
Institute for Problems in Mechanical Engineering of the Russian  
Academy of Sciences  
V.O., Bolshoj pr., 61, St. Petersburg 199178, Russia  
e-mail: elenasedakova2006@yandex.ru

---

**Для цитирования:**

Е.Б. Седакова, Ю.П. Козырев.  
Влияние теплопроводности сталей на предельные нагрузки при трении по полиамиду.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 4. — С. 469—477.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

**For citation:**

E.B. Sedakova and Yu.P. Kozyrev.  
[Influence of Thermal Conductivity of Steels on Polyamide Friction  
Limit Loads].  
*Trenie i Iznos.*  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 469—477 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

# Influence of Thermal Conductivity of Steels on Polyamide Friction Limit Loads

E.B. Sedakova and Yu.P. Kozyrev

*Institute for Problems in Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences,  
V.O., Bolshoj pr., 61, St. Petersburg 199178, Russia*

Received 21.07.2020.

Revised 16.08.2021.

Accepted 20.08.2021.

## Abstract

The results of tribotechnical tests of friction pairs polyamide — steel of three grades, including carbon and alloy steels, having essentially different thermal conductivity are presented. It is shown that thermal conductivity of steels, which is one of their physical and mechanical characteristics, has a significant influence on the polymer temperature in the tribocontact zone. The main task of the research was to determine the maximum load value at which the contact temperature does not exceed the polyamide melting point during the test period. It is shown that this load can be taken as a limiting load for friction node, corresponding to the upper limit of the working load range. To be able to determine the limit load a series of experimental studies of polyamide wear resistance were conducted, starting with high loads of 1.5 MPa m/s with subsequent step-by-step load reduction in each subsequent series to the level of 0.6 MPa. At frictional heating the fact of reaching the polyamide melting point was determined by a sharp increase in the friction coefficient and torque on the motor shaft. At the same time after the test was over, increased polymer wear was registered, as well as its considerable adhesion to the steel counterbody surface was observed. To estimate the polymer frictional heating value, there was used an improved method of contact temperature calculation with the use of modified expression for heat flows distribution coefficient calculation that was worked out for friction pairs with materials having considerable different heat conductivity. The applicability of the method is confirmed by good agreement of the calculated value of contact temperature determined under the loading corresponding to the above mentioned external manifestations of scuffing with the reference values of melting temperature of polyamide. The results of the researches are presented in the tabular form and in the form of graphic dependences, which can be used for determining the values of limiting loads.

**Keywords:** friction, wear, polyamide, thermal conductivity, contact temperature, working load range, heat flows distribution coefficient, steel

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

---

**Адрес для переписки:**

Е.Б. Седакова  
Институт проблем машиноведения РАН,  
В.О. Большой просп., д. 61, г. Санкт-Петербург 199178, Россия  
e-mail: elenasedakova2006@yandex.ru

**Address for correspondence:**

E.B. Sedakova  
Institute for Problems in Mechanical Engineering of the Russian  
Academy of Sciences  
V.O., Bolshoj pr., 61, St. Petersburg 199178, Russia  
e-mail: elenasedakova2006@yandex.ru

---

**Для цитирования:**

Е.Б. Седакова, Ю.П. Козырев.  
Влияние теплопроводности сталей на предельные нагрузки при  
трении по полиамиду.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 4. — С. 469–477.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

**For citation:**

E.B. Sedakova and Yu.P. Kozyrev.  
[Influence of Thermal Conductivity of Steels on Polyamide Friction  
Limit Loads].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 469–477 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-469-477

## Список использованных источников

1. Справочник по пластическим массам. Изд. 2-е. В двух томах / под ред. В.М. Катаева, В.А. Попова, Б.И. Сажина. — М.: Химия. — 1985
  2. Дульнев Г.Н., Семяшкин Э.М. Теплообмен в электронных аппаратах. — Л.: Энергия. — 1968
  3. Седакова Е.Б., Козырев Ю.П. Распределение теплоты в паре трения политетрафторэтилен — сталь // Вестник машиностроения. — 2016, № 6, 47—50
  4. Амосов А.П. Элементарные теплофизические модели трения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2011 (13), № 4(3), 656—662
  5. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлингер, Э.Д. Браун и др. Под общей ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Машиностроение. — 2003
  6. Мышикин Н.К., Петровец М.И. Трибология. — Гомель: ИММС НАНБ. — 2002
  7. Денисова Н.Е., Шорин В.А., Гонтарь И.Н., Волчихина Н.И., Шорина Н.С. Триботехническое материаловедение и триботехнология: учеб. пособие / под общей ред. Н.Е. Денисовой. — Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. — 2006
  8. Bahadur S. The Development of Transfer Layers and Their Role in Polymer Tribology // Wear. — 2000 (245), nos. 1-2, 92—99
  9. Седакова Е.Б., Козырев Ю.П. Тепловая нагруженность полимера в паре трения политетрафторэтилен — сталь // Трение и износ. — 2017 (38), № 5, 386—390
  10. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин. Справочник. — М.: Машиностроение. — 1984
- cow: Chimiya. — 1985 (in Russian)
2. Dulnev G.N., Semyashkin E.M. Teploobmen v elektronnykh apparatach (Heat exchange in electronic devices). — Leningrad: Energiya. — 1968 (in Russian)
  3. Sedakova E.B., Kozyrev Yu.P. Thermal Distribution in the PTFE — Steel Frictional Pair // Russian Engineering Research. — 2016 (36), no. 9, 727—730
  4. Amosov A.P. Elementarnye teplofizicheskie modeli trenaia (Elementary thermophysical models of friction) // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAS. — 2011 (13), № 4(3), 656—662 (in Russian)
  5. Trenie, iznos i smazka (Tribologiya i tribotekhnika) (Friction, wear and lubrication (Tribology and tribotechnics)) / A.V. Chichinadze, E.M. Berlinger, E.D. Braun etc. Pod red. A.V. Chichinadze. — Moscow: Machinstroenie. — 2003 (in Russian)
  6. Myshkin N.K., Petrokovets M.I. Tribologiya (Tribology). — Gomel: Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems named after V.A. Bely State Scientific Institution of the NASB. — 2002 (in Russian)
  7. Denisova N.E., Shorin V.A., Gontar I.N., Volchikhina N.I. Shorina N.S. Tridotechnicheskoe materialovedenie i tribotekhnologiya (Tribotechnical Material Science and Tribotechnology): uchebnoe posobie / pod obschey redakciei. N.E. Denisova □ Penza: izd. Penzenskogo gos. universiteta. □ 2006. (in Russian)
  8. Bahadur S. The Development of Transfer Layers and Their Role in Polymer Tribology // Wear. — 2000 (245), nos. 1-2, 92—99
  9. Sedakova E.B. and Kozyrev Yu.P. Polymer Thermal Loading in the Polytetrafluoroethylene — Steel Friction Pair // Journal of Friction and Wear. — 2017 (38), no. 5, 390—394
  10. Kragelski I.V., Mikhin N.M. Uzly trenaia (Engine friction units). Handbook. — Moscow: Mechanical Engineering. — 1984 (in Russian)

## References

1. Spravochnik po plasticheskim massam (Handbook on plastic materials). Isd. 2. / pod red. V.M. Kataeva, V.A. Popova, B.I. Sazina. — Mos-

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.  
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11  
Full text of articles can be purchased from the editorial office.  
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11  
E-mail: [FWJ@tut.by](mailto:FWJ@tut.by)