

УДК 629.01

Зависимость износа зубьев зубчатых колес от угла перекоса в зубчатых зацеплениях

Ф.Г. Нахатакян, Д.Ф. Нахатакян

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия

Поступила в редакцию 28.03.2024.

После доработки 08.08.2024.

Принята к публикации 08.08.2024.

Исследована зависимость износа зубьев зубчатых колес от угла перекоса. Отмечается, что в зубчатых механизмах, из-за упругих деформаций элементов, погрешностей изготовления и монтажа, нарушается симметрия податливости системы, и вместо номинального контакта между зубьями имеет место кромочный контакт. В результате возникает концентрация напряжений в местах начального касания зубьев, резко растут в этих местах контактные напряжения, что в свою очередь вызывают повышенный износ зубьев в указанных зонах. Из-за этого снижается нагрузочная способность передачи, также значительно снижается долговечность всего механизма. Из сказанного следует важность установление зависимости величины износа от параметров нагруженности передачи, в первую очередь от угла перекоса. Задача решена с помощью предложенного в работе метода с использованием модели упругого основания. С целью повышения точности соответствия указанной модели с реальной картиной, в работе использована постель с переменным коэффициентом основания. Получены формулы в замкнутом виде для величины износа как функции от угла перекоса. Верификация этих формул по имеющимся в литературе экспериментальным данным показала хорошая сходимость.

Установлено, что перекоос существенно увеличивает износ зубьев. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании редукторов с цилиндрическими зубчатыми передачами.

Ключевые слова: износ зубьев, контактные напряжения, зубчатая передача, угол перекоса, кромочный контакт.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

Адрес для переписки:

Ф.Г. Нахатакян
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия
e-mail: filnahat7@mail.ru

Address for correspondence:

F.G. Nakhatakyan
A.A. Blagonravov Institute of Mechanical Engineering of the Russian
Academy of Sciences,
M. Kharitonyevsky Lane, 4, Moscow 101990, Russia
e-mail: filnahat7@mail.ru

Для цитирования:

Ф.Г. Нахатакян, Д.Ф. Нахатакян.
Зависимость износа зубьев зубчатых колес от угла перекоса в
зубчатых зацеплениях.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 4. — С. 335–342.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

For citation:

F.G. Nakhatakyan and D.F. Nakhatakyan.
[Dependence of Gear Tooth Wear on the Misalignment Angle in Gear
Meshes]
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 4, pp. 335–342 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

Dependence of Gear Tooth Wear on the Misalignment Angle in Gear Meshes

F.G. Nakhatakian and D.F. Nakhatakian

A.A. Blagonravov Institute of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences,
M. Kharitonyevsky Lane, 4, Moscow 101990, Russia

Received 28.03.2024.

Revised 08.08.2024.

Accepted 12.08.2024.

Abstract

The dependence of gear tooth wear on the angle of skew is investigated. It is noted that in gear mechanisms, due to elastic deformations of the elements, manufacturing and installation errors, the symmetry of the system's compliance is violated, and instead of nominal contact between the teeth, edge contact takes place. As a result, there is a concentration of stresses in the places of initial contact of the teeth, contact stresses sharply increase in these places, which in turn cause increased wear of the teeth in these zones. Because of this, the load capacity of the transmission is reduced, and the durability of the entire mechanism is also significantly reduced. From what has been said, it is important to establish the dependence of the wear value on the transmission load parameters, primarily on the angle of skew. The problem was solved using the method proposed in the paper using an elastic base model. In order to increase the accuracy of matching the specified model with the real picture, a bed with a variable base coefficient is used in the work. Formulas are obtained in closed form for the amount of wear as a function of the skew angle. Verification of these formulas according to the experimental data available in the literature has shown good convergence.

It was found that the misalignment significantly increases tooth wear. The results obtained can be useful in the design of gearboxes with cylindrical gears.

Keywords: tooth wear, contact stresses, gear train, skew angle, edge contact.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

Адрес для переписки:

Ф.Г. Нахатакян
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия
e-mail: filnahat7@mail.ru

Address for correspondence:

F.G. Nakhatakian
A.A. Blagonravov Institute of Mechanical Engineering of the Russian
Academy of Sciences,
M. Kharitonyevsky Lane, 4, Moscow 101990, Russia
e-mail: filnahat7@mail.ru

Для цитирования:

Ф.Г. Нахатакян, Д.Ф. Нахатакян.
Зависимость износа зубьев зубчатых колес от угла перекоса в
зубчатых зацеплениях.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 4. — С. 335—342.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

For citation:

F.G. Nakhatakian and D.F. Nakhatakian.
[Dependence of Gear Tooth Wear on the Misalignment Angle in Gear
Meshes].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 4, pp. 335—342 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-4-335-342

Список использованных источников

1. Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. — М.: Машиностроение. — 1986
2. Горленко О.А., Макаров Г.Н. Методика расчета износостойкости зубьев зубчатых передач при перекосе осей сопрягаемых колес // Трение и износ. — 2019 (40), № 5, 568—573
3. Tunalioglu M.Ş. and Tuç B. Theoretical and Experimental Investigation of Wear in Internal Gears // Wear. — 2014 (309), no. 1, 208—215
4. Baydoun S., Fouvry S., and Descartes S. Modeling Contact Size Effect on Fretting Wear: a Combined Contact Oxygenation - Third Body Approach // Wear. — 2022 (488–489), 204168
5. Patricia M., Duscher B., Koch T., and Archodoulaki V.-M. Impact of Surface Roughness and Contact Pressure on Wear Behaviour of Peek, Pom, and PE-UHMW // International Journal of Surface Science and Engineering. — 2017 (11), no. 1, 65—84
6. Kong W., Zhang D., Tao Q., Chen K., Wang J., and Wang S. Wear Properties of the deep Gradient Wear-Resistant Layer Applied to 20CRMNTI Gear Steel // Wear. — 2019 (426–427), 216—222
7. Chen J., Wang J.-J., and Liu C.-M. Impact Wear Resistance and Wear Mechanism of Medium Manganese High Carbon Steel // Transactions of Materials and Heat Treatment. — 2020 (41), no. 1, 73—79
8. Tian H., Han H., Zhao Zh., Han Ch., and Ma H. Wear Prediction and Meshing Characteristics for the Planetary Gear Set Considering Angular Misalignment and Rotating Carrier // Engineering Failure Analysis. — 2022 (140), 106583
9. Горленко О.А., Макаров Г.Н. Проектирование прямозубых цилиндрических передач при условии минимизации контактных напряжений // Известия волгоградского государственного технического университета. — 2017, № 9, 12—14
10. Айрапетов Э.Л., Нахатакян Ф.Г. Расчетная модель износа зубьев неточных и деформируемых прямозубых зубчатых передач // Вестник машиностроения. — 1990, № 11, 18—20
11. Айрапетов Э.Л., Генкин М.Д., Ряснов Ю.А. Статика зубчатых передач. — М.: Наука. — 1983
12. Нахатакян Ф.Г. Контактные напряжения и деформации цилиндров при наличии перекоса // Вестник машиностроения. — 2011, № 10, 45—48
13. Нахатакян Ф.Г. Напряженно-деформированное состояние упругих элементов зубчатых механизмов и сооружений при их линейном и кромочном контакте: дис. ... д-ра техн. наук. — М.: ИМАШ РАН. — 2014
14. Ковалевский В.И. Разработка и теоретическое обоснование рациональных конструкций прямозубых конических передач: дис. ... д-ра техн. наук. — Ташкент. — 1992

References

1. Drozdov Yu.N., Pavlov V.G., Puchkov V.N. Tрение i iznos v ekstremal'nykh usloviyah. — M.: Mashinostroenie. — 1986 (in Russian)
2. Gorlenko O.A., Makarov G.N. Metodika rascheta iznosostojkosti zub'ev zubchatyh peredach pri perekose osey sopryagaemykh koles // Tрение i iznos. — 2019 (40), № 5, 568—573 (in Russian)
3. Tunalioglu M.Ş. and Tuç B. Theoretical and Experimental Investigation of Wear in Internal Gears // Wear. — 2014 (309), no. 1, 208—215
4. Baydoun S., Fouvry S., and Descartes S. Modeling Contact Size Effect on Fretting Wear: a Combined Contact Oxygenation - Third Body Approach // Wear. — 2022 (488–489), 204168
5. Patricia M., Duscher B., Koch T., and Archodoulaki V.-M. Impact of Surface Roughness and Contact Pressure on Wear Behaviour of Peek, Pom, and PE-UHMW // International Journal of Surface Science and Engineering. — 2017 (11), no. 1, 65—84
6. Kong W., Zhang D., Tao Q., Chen K., Wang J., and Wang S. Wear Properties of the deep Gradient Wear-Resistant Layer Applied to 20CRMNTI Gear Steel // Wear. — 2019 (426–427), 216—222
7. Chen J., Wang J.-J., and Liu C.-M. Impact Wear Resistance and Wear Mechanism of Medium Manganese High Carbon Steel // Transactions of Materials and Heat Treatment. — 2020 (41), no. 1, 73—79
8. Tian H., Han H., Zhao Zh., Han Ch., and Ma H. Wear Prediction and Meshing Characteristics for the Planetary Gear Set Considering Angular Misalignment and Rotating Carrier // Engineering Failure Analysis. — 2022 (140), 106583
9. Gorlenko O.A., Makarov G.N. Proektirovanie pryamozubykh cilindricheskikh peredach pri uslovii minimizacii kontaktnykh napryazhenij // Izvestiya volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. — 2017, № 9, 12—14 (in Russian)
10. Ajrapetov E.L., Nakhatakian F.G. Raschetnaya model' iznosa zub'ev netochnykh i deformiruemyykh pryamozubykh zubchatyh peredach // Vestnik mashinostroeniya. — 1990, № 11, 18—20 (in Russian)
11. Ajrapetov E.L., Genkin M.D., Rysnov Yu.A. Statika zubchatyh peredach. — M.: Nauka. — 1983 (in Russian)
12. Nakhatakian F.G. Kontaktnye napryazheniya i deformacii cilindrov pri nalichii perekosa // Vestnik mashinostroeniya. — 2011, № 10, 45—48 (in Russian)
13. Nakhatakian F.G. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie uprugih elementov zubchatyh mekhanizmov i sooruzhenij pri ih linejnom i kromochnom kontakte: dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk. — M.: IMASH RAN. — 2014 (in Russian)
14. Kovalevskij V.I. Razrabotka i teoreticheskoe obosnovanie racional'nykh konstrukcij pryamozubykh konicheskikh peredach: dissertaciya ... doktora

tekhnicheskikh nauk. — Tashkent. — 1992 (in Russian)

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