УДК 61.891:621.833

Влияние вибраций на толщину смазочной пленки трибосопряжения на примере зубчатой передачи

О.М. Еловой, В.Л. Басинюк, М.П. Лобкова

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь

Поступила в редакцию 01.10.2021.

После доработки 10.12.2021.

Принята к публикации 13.12.2021.

В статье приведены закономерности, комплексно связывающие толщину смазочной плёнки, окружную скорость, квазистатические контактные напряжения и виброускорения, генерируемые зубчатой передачей при её функционировании. Их анализ показывает, что в зубчатой передаче существенное влияние на толщину смазочной плёнки оказывает комплексное сочетание окружной скорости и величины квазистатических контактных напряжений и генерируемых самой передачей вибраций, в совокупности во многом определяющие повреждающие факторы. С учётом этого, зубчатые передачи могут быть условно разделены на группы: легконагруженные и тяжелонагруженные, в которых увеличение окружной скорости приводит к степенным изменениям толщины смазочной плёнки и генерируемых виброускорений, и находящиеся между ними зубчатые передачи, у которых увеличение окружной скорости практически не сказывается на толщине смазочной плёнки и влиянием её изменения на ресурс можно пренебречь. Показана необходимость учёта триботехнических, нагрузочных, скоростных факторов и характеристик, возникающих при этом повреждений локальных зон рабочих поверхностей зубьев при оценке ресурса зубчатой передачи. Полученные количественные результаты проведённых исследований можно отнести только к использованной при испытаниях прямозубой зубчатой передаче, при её функционировании с контактными напряжениями 200...1150 МПа, окружными скоростями 3...12 м/с и смазке поливом маслом «Индустриальное-20», имеющим температуру $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Однако эти результаты могут быть использованы при разработке методик уточнённого прогнозирования ресурса трибосопряжений с учётом скоростных и нагрузочных режимов их функционирования, а также генерируемых виброускорений в реальных условиях эксплуатации. Более того, установленные закономерности могут быть в той или иной мере характерны для смазываемых передач зацеплением в целом. Их учёт при проектировании смазываемой передачи зацеплением, используемой в широком диапазоне скоростных режимов функционирования, позволяет подобрать геометрические параметры зацепления, при которых диапазон контактных напряжений позволит обеспечить минимизацию влияния скоростных и нагрузочных факторов на толщину смазочной плёнки и связанный с ней ресурс передачи.

Ключевые слова: зубчатая передача, виброускорения, динамика, локальное повреждение, ресурс, смазочная плёнка.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

Адрес для переписки:

Владимир Леонидович Басинюк
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь
e-mail: vladbas@mail.ru

Address for correspondence:

Uladzimir L. Basiniuk
Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of
Sciences of Belarus,
Akademicheskaya str., 12, Minsk 220072, Belarus
e-mail: vladbas@mail.ru

Для цитирования:

О.М. Еловой, В.Л. Басинюк, М.П. Лобкова.
Влияние вибраций на толщину смазочной пленки
трибосопряжения на примере зубчатой передачи.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 649—659.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

For citation:

O.M. Yelovoy, Uladzimir L. Basiniuk, and M.P. Lobkova.
[Influence of Vibrations on the Thickness of a Lubricant Film of
Tribocoupling by Example of Geared Transmission].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 649—659 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

Influence of Vibrations on the Thickness of a Lubricant Film of Tribocoupling by Example of Geared Transmission

O.M. Yelovoy, Uladzimir L. Basiniuk, and M.P. Lobkova

*Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus,
Akademicheskaya str., 12, Minsk 220072, Belarus*

Received 01.10.2021.

Revised 10.12.2021.

Accepted 13.12.2021.

Abstract

The article presents regularities that complex the thickness of the lubricating film, circumferential speed, quasi-static contact stresses and vibration accelerations generated by the gear transmission during its operation. Their analysis shows that in the gear transmission, a complex combination of the circumferential speed and the value of the quasi-static contact stresses and the vibrations generated by the transmission itself has a significant effect on the thickness of the lubricant film, which together in many respects determines the damaging factors. With this in mind, gear transmissions can be conditionally divided into groups: light-loaded and heavy-loaded, in which an increase in the circumferential speed leads to power changes in the thickness of the lubricating film and the generated vibration accelerations, and the gear transmissions located between them, in which an increase in the circumferential speed practically does not affect the thickness of the lubricating film and the effect of its change on the resource can be neglected. The necessity of accounting the tribotechnical, loading, high-speed factors and characteristics, arising in this case damage of local zones of working surfaces of teeth in estimating the gear transmission is shown. The obtained quantitative results of the research can be attributed only to the spur gear transmission used in the tests, during its operation with contact stresses 200...1150 MPa, circumferential speeds 3...12 m/s and lubrication by irrigation with oil «Industrial-20» having a temperature $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. However, these results can be used in the development of methods for refined prediction of tribal resource of tribocouplings taking into account high-speed and load modes of their functioning, as well as generated vibration accelerations in real operating conditions. Moreover, the established patterns may be somewhat characteristic of lubricated toothed gears as a whole. Their accounting when designing a lubricated toothed gear, used in a wide range of speed modes of operation, allows you to select geometric parameters of gearing, at which the range of contact stresses will allow to minimize the influence of speed and load factors on the thickness of the lubricant film and the associated transmission resource.

Keywords: gear transmission, vibration acceleration, dynamics, local damage, resource, lubricating film.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

Адрес для переписки:

Владимир Леонидович Басинюк
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
ул. Академическая, 12, г. Минск 220072, Беларусь
e-mail: vladbas@mail.ru

Address for correspondence:

Uladzimir L. Basiniuk
Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of
Sciences of Belarus,
Akademicheskaya str., 12, Minsk 220072, Belarus
e-mail: vladbas@mail.ru

Для цитирования:

О.М. Еловой, В.Л. Басинюк, М.П. Лобкова.
Влияние вибраций на толщину смазочной пленки
трибосопряжения на примере зубчатой передачи.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 649—659.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

For citation:

O.M. Yelovoy, Uladzimir L. Basiniuk, and M.P. Lobkova.
[Influence of Vibrations on the Thickness of a Lubricant Film of
Tribocoupling by Example of Geared Transmission].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 649—659 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-649-659

Список использованных источников

1. **Грубин А.И.** Основы гидродинамической теории смазки тяжело нагруженных цилиндрических поверхностей. — М: Труды ЦНИИТМАШ. — 1949 (30)
2. **Петрусевиц А.И.** Основные выводы из контактно-гидродинамической теории смазки. — М.: Изд-во АН СССР, ОТН. — 1951, № 2, 209—233
3. **Дроздов Ю.Н., Рещиков В.Ф.** Исследование состояния масляной пленки при относительном качении со скольжением тяжело нагруженных тел // Машиноведение. — 1968, № 4, 115—119
4. **Райко М.В.** Смазка зубчатых передач. — Киев: Техника. — 1970
5. **Басинюк Я.В.** Повышение эффективности диагностирования передач зацеплением на основе применения современных информационных технологий при анализе изменений характеристик их динамических структур: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06; 05.13.01 — Минск: ИНДМАШ НАН Беларуси. — 2002
6. **Усс И.Н., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И.** Мониторинг технического состояния приводных систем тракторов «Беларус». — Гомель. — 2008
7. **Захарова Т.В., Шестаков О.В.** Вейвлет-анализ и его приложения: учебное пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М. — 2012
8. **Басинюк В.Л.** Динамика, шум и смазка зубчатых передач. — Гомель: ИММС. — 2006
9. **Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси: проектирование, технология, оценка свойств** / В.Б. Альгин [и др.]; под общ. ред. В.Б. Альгина, В.Е. Старжинского. — Минск: Беларуская навука. — 2017
10. **Сосновский Л.А., Богданович А.В., Еловой О.М.** Локальные повреждения и долговечность силовых систем мобильных машин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2008, № 1(2), 24—29

References

1. **Grubin A.I.** Osnovy gidrodinamicheskoy teorii smazki tyazhelonagruzhennykh tsilindricheskikh poverkhnostey. — M: Trudy TsNIITMASH. — 1949 (30) (in Russian)
2. **Petrusevich A.I.** Osnovnyye vyivody iz kontaktno-gidrodinamicheskoy teorii smazki. — M.: Izd-vo AN SSSR, OTN. — 1951, № 2, 209—233 (in Russian)
3. **Drozdov Yu.N., Reschikov V.F.** Issledovanie sostoyaniya maslyanoy plenki pri otnositelnom kachenii so skolzheniem tyazhelonagruzhennykh tel // Mashinovedenie. — 1968, № 4, 115—119 (in Russian)
4. **Rayko M.V.** Smazka zubchatykh peredach. — Kiev: Tehnika. — 1970 (in Russian)
5. **Basinyuk Ya.V.** Povyishenie effektivnosti diagnostirovaniya peredach zatsepleniem na osnove primeneniya sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy pri analize izmeneniy harakteristik ih dinamicheskikh struktur: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 01.02.06; 05.13.01. — Minsk: INDMASH NAN Belarusi. — 2002 (in Russian)
6. **Uss I.N., Basinyuk V.L., Mardosevich E.I.** Monitoring tehnicheskogo sostoyaniya privodnykh sistem traktorov «Belarus». — Gomel. — 2008 (in Russian)
7. **Zaharova T.V., Shestakov O.V.** Veyvlet-analiz i ego prilozheniya: uchebnoe posobie. — 2-e izd., pererab. i dop. — M.: INFRA-M. — 2012 (in Russian)
8. **Basinyuk V.L.** Dinamika, shum i smazka zubchatykh peredach. — Gomel: IMMS. — 2006 (in Russian)
9. **Zubchatyie peredachi i transmissii v Belarusi: proektirovanie, tehnologiya, otsenka svoystv** / V.B. Algin [i dr.]; pod obsch. red. V.B. Algina, V.E. Starzhinskogo. — Minsk: Belaruskaya navuka. — 2017 (in Russian)
10. **Sosnovskiy L.A., Bogdanovich A.V., Elovoy O.M.** Lokalnyie povrezhdeniya i dolgovechnost silovykh sistem mobilnykh mashin // Mehanika mashin, mehanizmov i materialov. — 2008, № 1(2), 24—29 (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