

УДК 620.193.14 + 620.193.13

Развитие фреттинга при эксплуатации газотранспортных объектов

О.Ю. Елагина¹, А.Г. Буклаков¹, О.Б. Дубинова¹, Ф. Новотни-Фаркас²

¹Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина,
Ленинский проспект, д. 65, г. Москва 119991, Россия

²Консалтинговое бюро по смазочным материалам,
Alanovaplatz 1/3/24, 2320 Schwechat, Austria

Поступила в редакцию 14.12.2020.

После доработки 07.10.2021.

Принята к публикации 25.10.2021.

Рассмотрен вопрос развития процесса фреттинга на контактирующих поверхностях неподвижных соединений в условиях повышенной вибрации. Проведено исследование характеристик изнашивания различных металлических и металл-полимерных пар. При проведении лабораторных испытаний пар трения при амплитуде 50 мкм пары трения металл — полимер показали отсутствие весового износа. Увеличение амплитуды перемещения до 160 мкм вызвало более значительный износ образцов, который определялся весовым методом. Испытания металлических пар показали наличие износа при фреттинге как при амплитуде 50 мкм, так и при амплитуде 160 мкм. Контакт двух металлических поверхностей способствует более активному протеканию изнашивающих процессов, в результате которых формируются порошкообразные продукты разрушения продуктов изнашивания. Выявлено, что увеличение амплитуды колебаний приводит к росту интенсивности изнашивания как пар трения «металл—металл», так и «металл—полимер». Вибрация контактирующих поверхностей газотранспортных систем характеризуется наличием низкочастотных колебаний от 7 до 211 Гц с диапазоном виброперемещений от 19 мкм до 566 мкм, что формирует при фреттинге различные амплитуды колебаний контактирующих поверхностей. Получены линейные уравнения интенсивности изнашивания в зависимости от амплитуды колебаний. Развитие процесса фреттинга при вибрации приводит к потере герметичности фланцевых соединений за счёт износа контактирующих поверхностей, ослабления момента затяжки болтовых соединений в среднем на 40 Н·м на 1 млн циклов и, как следствие, формирования зазора между внутренними поверхностями фланцев. Показана возможность прогнозирования предельной длительности эксплуатации фланцевого соединения в условиях вибрации до достижения потери герметичности.

Ключевые слова: фреттинг, вибрационные воздействия, интенсивность изнашивания, амплитуда колебаний, трубопроводы ГРС, фланцевые соединения, потеря герметичности.

DOI:10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

Адрес для переписки:

О.Ю. Елагина
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина,
Ленинский проспект, д. 65, г. Москва 119991, Россия
e-mail: elaguina.o@gubkin.ru

Для цитирования:

О.Ю. Елагина, А.Г. Буклаков, О.Б. Дубинова,
Ф. Новотни-Фаркас.
Развитие фреттинга при эксплуатации газотранспортных
объектов.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 5. — С. 562—571.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

Address for correspondence:

O.Yu. Elagina
National University of Oil and Gas «Gubkin University»,
Leninsky Prospekt, 65, Moscow 119991, Russia
e-mail: elaguina.o@gubkin.ru

For citation:

M.V. Chernets, A.A. Kornienko, M.I. Pashechko, Yu.M. Chernets, and
A.I. Dukhota.
[Development of Fretting During the Operation of Gas Transportation
Facilities].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 562—571 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

Development of Fretting During the Operation of Gas Transportation Facilities

O.Yu. Elagina¹, A.G. Buklakov¹, O.B. Dubinova¹, and F. Novotny-Farkas²

¹National University of Oil and Gas «Gubkin University»,
Leninsky Prospekt, 65, Moscow, 119991, Russia

²Lubricant Consulting Office,
Alanovaplatz 1/3/24, 2320 Schwechat, Austria

Received 14.12.2020.

Revised 07.10.2021.

Accepted 25.10.2021.

Abstract

The issue of the development of the fretting process on the contacting surfaces of metallic and metall-polymeric pairs under conditions of increased vibration is considered. A study of the wear characteristics of various pairs of friction has been carried out. At laboratory tests of friction pairs with an amplitude of 50 μm , metal — polymer friction pairs showed no weight wear. An increase in the displacement amplitude to 160 μm caused a more significant wear of the samples, which was determined by the gravimetric method. Tests of metal pairs showed the presence of wear during fretting at both an amplitude of 50 μm and an amplitude of 160 μm . The contact of two metal surfaces contributes to a more active course of wear processes, as a result of which powdery products of destruction of wear products are formed. It was revealed that an increase in the vibration amplitude leads to an increase in the wear rate of both metal-metal and metal-polymer friction pairs. The vibration of the contacting surfaces of gas transportation systems is characterized by the presence of low-frequency vibrations from 7 to 211 Hz with a range of vibration displacements from 19 μm to 566 μm , which forms various vibration amplitudes of the contacting surfaces during fretting. Linear equations are obtained for calculating the wear intensity depending on the vibration amplitude. The development of the fretting process during vibration leads to a loss of tightness of flange butt joints due to wear of the contacting surfaces, a weakening of the tightening torque of bolted joints by an average of 40 N·m per 1 million cycles and, as a consequence, the formation of a gap between the inner surfaces of the flanges. It is shown that it is possible to predict the maximum duration of flange butt joint operation under vibration conditions until the loss of tightness is achieved.

Keywords: fretting, vibration effects, wear rate, vibration amplitude, gas distribution station pipelines, flange connections, loss of tightness.

DOI:10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

Адрес для переписки:

О.Ю. Елагина
Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина,
Ленинский проспект, д. 65, г. Москва 119991, Россия
e-mail: elaguina.o@gubkin.ru

Address for correspondence:

O.Yu. Elagina
National University of Oil and Gas «Gubkin University»,
Leninsky Prospekt, 65, Moscow 119991, Russia
e-mail: elaguina.o@gubkin.ru

Для цитирования:

О.Ю. Елагина, А.Г. Буклаков, О.Б. Дубинова,
Ф. Новотни-Фаркас.
Развитие фреттинга при эксплуатации газотранспортных
объектов.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 5. — С. 562—571.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

For citation:

O.Yu. Elagina, A.G. Buklakov, O.B. Dubinova, and
F. Novotny-Farkas.
[Development of Fretting During the Operation of Gas Transportation
Facilities].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 5, pp. 562—571 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-5-562-571

Список использованных источников

1. **Фокин Б.С., Аксельрод А.Ф.** Аварии на зарубежных АЭС, вызванные вибрационными повреждениями оборудования // Энергомашиностроение. — 1985, № 8, 40—46
2. **Сулейманов М.М., Вечхайзер Л.И.** Шум и вибрация в нефтяной промышленности. — М.: Недра. — 1990
3. **Крючков А.Н.** Снижение колебаний шума в гидромеханических и газовых системах: дис. ... д-ра техн. наук: 01.02.06. — Самара. — 2006
4. **Кузьбожев П.А.** Совершенствование методов снижения вибраций в трубопроводах газораспределительных станций: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19. — Ухта. — 2019
5. **Bohórquez L., Vázquez J., Navarro C., and Domínguez J.** On the Prediction of the Crack Initiation Path in Fretting Fatigue // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. — 2019 (99), 140—146
6. **Xin Liu, Jinxiang Liu, Zhengxing Zuo, and Huayang Zhang.** The Effect of Wear on Short Crack Propagation under Fretting Conditions // International Journal of Mechanical Sciences. — 2019 (157-158), 552—560
7. **Eduardo MartinsFontes do Rêgo, Marcelo Avelar Antunes, and Antonio Carlosde Oliveira Miranda.** A Methodology for Fretting Fatigue Life Estimation Using Strain-Based Fracture Mechanics // Engineering Fracture Mechanics. — 2018 (194), 24—41
8. **Milosav Ognjanovic, Milosav Ognjanovic, and Nenad Kolarevic.** Testing and Prediction of Structural Failures Caused by Fretting // Materialstoday: Proceedings. — 2016 (3), no. 4, 1103—1107
9. **Masanobu Kubota, Masanobu Kubota, Daisuke Takazaki, and Yoshiyuki Kondo.** A Quantitative Approach to Evaluate Fretting Fatigue Limit Using a Pre-Cracked Specimen // Tribology International. — 2017 (108), 48—56
10. **Соколинский Л.И., Толстихин Ю.Ю., Блиннов Ф.В.** Нормирование вибрации редуцирующих линий газораспределительных станций // Газовая промышленность. — 2017, № 12, 78—82
11. **Лужнов Ю.М.** Анализ видов изнашивания рабочих поверхностей деталей: учебно-методическое пособие. — М.: МАДИ. — 2018
12. **equipment (Avari na zarubezhnykh AES, vyzvannyye vibratsionnymi povrezhdeniyami oborudovaniya) // Energomashinostroyeniye.** — 1985, № 8, 40—46 (in Russian)
13. **Suleimanov M.M.** Noise and vibration in the oil industry (Shum i vibratsiya v neftyanoy promyshlennosti). — Moscow: Nedra. — 1990 (in Russian)
14. **Kryuchkov A.N.** Reducing noise fluctuations in hydromechanical and gas systems (Snizheniye kolebaniy shuma v gidromekhanicheskikh i gazovykh sistemakh): dis. ... Dr. Tech. Sciences: 01.02.06. — Samara. — 2006 (in Russian)
15. **Kuzbozhev P.A.** Improvement of methods for reducing vibrations in pipelines of gas distribution stations (Sovershenstvovaniye metodov snizheniya vibratsiy v truboprovodakh gazoraspredelitel'nykh stantsiy): dis. ... Cand. tech. Sciences: 25.00.19. — Uchta. — 2019 (in Russian)
16. **Bohórquez L., Vázquez J., Navarro C., and Domínguez J.** On the Prediction of the Crack Initiation Path in Fretting Fatigue // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. — 2019 (99), 140—146
17. **Xin Liu, Jinxiang Liu, Zhengxing Zuo, and Huayang Zhang.** The Effect of Wear on Short Crack Propagation under Fretting Conditions // International Journal of Mechanical Sciences. — 2019 (157-158), 552—560
18. **Eduardo MartinsFontes do Rêgo, Marcelo Avelar Antunes, Antonio Carlosde Oliveira Miranda.** A Methodology for Fretting Fatigue Life Estimation Using Strain-Based Fracture Mechanics // Engineering Fracture Mechanics. — 2018 (194), 24—41
19. **Milosav Ognjanovic, Milosav Ognjanovic, and Nenad Kolarevic** Testing and Prediction of Structural Failures Caused by Fretting // Materialstoday: Proceedings. — 2016 (3), no. 4, 1103—1107
20. **Masanobu Kubota, Masanobu Kubota, Daisuke Takazaki, and Yoshiyuki Kondo.** A Quantitative Approach to Evaluate Fretting Fatigue Limit Using a Pre-Cracked Specimen // Tribology International. — 2017 (108), 48—56
21. **Sokolinsky L.I., Tolstikhin Yu.Yu., Blinov F.V.** Rationing of Vibration of Reducing Lines of Gas Distribution Stations (Normirovaniye vibratsii redutsiruyushchikh liniy gazoraspredelitel'nykh stantsiy) // Gas Industry. — 2017, no. 12, 78—82 (in Russian)
22. **Luzhnov Yu.M.** Analysis of Types of Wear of Working Surfaces of Parts: Teaching Aid (Analiz vidov iznashivaniya rabochikh poverkhnostey detaley: uchebno-metodicheskoye posobiye) — M.: MADI. — 2018 (in Russian)

References

1. **Fokin B.S., Axelrod A.F.** Accidents at foreign nuclear power plants caused by vibration damage to

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