

УДК 621.452.3

Определение параметров процесса влажной очистки проточной части газотурбинных двигателей на основе обобщенной модели трения и изнашивания

Б.М. Силаев, Д.Е. Долгих

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева,
Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия

Поступила в редакцию 18.03.2021.

После доработки 07.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

Предложено определение рациональных параметров процесса влажной очистки проточной части газотурбинных двигателей путём проведения испытаний (вместо дорогостоящих опытно-промышленных испытаний двигателей) малогабаритной стендовой автомодельной установки, созданной по методике, разработанной на основе обобщённой модели трения и изнашивания. На основе рассмотрения физических процессов при движении воздушно-жидкостного потока по проточной части двигателя обоснована и построена многофакторная математическая модель гидрогазовой эрозии плёнки загрязнений, то есть изнашивание (разрушение) её при движении дисперсной системы частиц жидкой среды в воздушно-газовом потоке работающего двигателя. Это позволило на основе положений обобщённой модели трения и изнашивания выразить основную характеристику процесса интенсивность изнашивания (разрушения) I_n плёнки загрязнений через известные из паспортных данных параметры двигателя. Для соблюдения геометрически идентичных условий влажную очистку на автомодельной установке предложено проводить на кассете реальных (натурных) образцов в виде сектора лопаток, взятых из направляющего аппарата компрессора. Для проверки выдвинутых положений методики спроектирована и изготовлена экспериментальная стендовая установка. Она предназначалась для отработки параметров режимов влажной очистки проточной части газотурбинного двигателя наземного применения НК-12СТ. По результатам экспериментальных испытаний получены зависимости времени очистки от давления режимного воздуха, от температуры жидкости-очистителя и от её давления подачи в проточную часть.

Ключевые слова: влажная очистка, проточная часть газотурбинного двигателя, стендовая автомодельная установка, обобщённая модель трения и изнашивания.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

Адрес для переписки:

Д.Е. Долгих
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева,
Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия
e-mail: diman121198@mail.ru

Address for correspondence:

D.E. Dolgikh
Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia
e-mail: diman121198@mail.ru

Для цитирования:

Б.М. Силаев, Д.Е. Долгих.
Методика проектирования стендовой автомодельной установки для определения параметров процесса влажной очистки проточной части ГТД на основе обобщенной модели трения и изнашивания.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 681—689.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

For citation:

B.M. Silaev and D.E. Dolgikh.
[Determination of the Parameters of the Process of Wet Cleaning of the Flow Part of Gas Turbine Engines Based on a Generalized Model of Friction and Wear].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 681—689 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

Determination of the Parameters of the Process of Wet Cleaning of the Flow Part of Gas Turbine Engines Based on a Generalized Model of Friction and Wear

B.M. Silaev and D.E. Dolgikh

Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia

Received 18.03.2021.

Revised 07.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

Abstract

To determine the rational parameters of the wet cleaning process of the gas turbine engine flow path, it is proposed to conduct tests (instead of expensive pilot tests of engines) of a small size self-similar test bench installation. This test bench was created according to the method developed on the basis of a generalized model of friction and wear. Based on the consideration of physical processes during the movement of an air-liquid flow through the flow part of the engine, a multifactorial mathematical model of the hydrogas erosion of the pollution film, i.e. its wear (destruction) during the movement of a dispersed system of liquid medium particles in the air-gas flow of a working engine, is substantiated and constructed. This made it possible, based on the provisions of the generalized model of friction and wear, to express the main characteristic of the process, the intensity of wear (destruction) of the I_h film of contamination through the engine parameters known from the passport data. In order to comply with geometrically identical conditions, wet cleaning on a self-similar test bench is proposed to be carried out on a cassette of real (full-scale) samples in the form of a sector of blades taken from the compressor guide block. To test the advanced provisions of the methodology, an experimental test bench was designed and manufactured. It was intended for testing the parameters of the wet cleaning modes of the flow part of the NK-12ST ground-based gas turbine engine. According to the results of experimental tests, the dependences of the cleaning time on the pressure of the regime air, on the temperature of the purifier liquid and on its supply pressure to the flow part were obtained.

Keywords: wet cleaning, gas turbine engine, flow path, bench self-similar unit, generalized model of friction and wear.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

Адрес для переписки:

Д.Е. Долгих
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева, Московское шоссе, 34, г. Самара 443086, Россия
e-mail: diman121198@mail.ru

Для цитирования:

Б.М. Силаев, Д.Е. Долгих.
Методика проектирования стендовой автомобильной установки для определения параметров процесса влажной очистки проточной части ГТД на основе обобщенной модели трения и изнашивания.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 681–689.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

Address for correspondence:

D.E. Dolgikh
Samara National Research University,
Moscow highway, 34, Samara 443086, Russia
e-mail: diman121198@mail.ru

For citation:

B.M. Silaev and D.E. Dolgikh.
[Determination of the Parameters of the Process of Wet Cleaning of the Flow Part of Gas Turbine Engines Based on a Generalized Model of Friction and Wear].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 681–689 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-681-689

Список использованных источников

1. Андриец А.Г., Павлов С.В., Коротич А.А. Применение твердого очистителя для очистки работающего ГТД // Газотурб. Технол. — 2005, № 5, 32—34
2. Б.П. Поршаков [и др.] Повышение эффективности эксплуатации энергопривода компрессорных станций: производственно-практическое издание. — М.: Недра. — 1992
3. Гоголев И.Г., Дроконов А.М., Николаев А.Д. Влияние отложений в проточной части на эксплуатационные показатели турбомашин // Вестн. Брянск. гос. техн. ун-та. — 2006, № 4, 22—28
4. Jeffs E. Compressor Washing on Line for Large Gas Turbines // Turbomachinery International. — 1992, Sep/Oct, 49—51
5. Stalder J.P. Gas Turbin Compressor Washing State of the Art — Field Experiences // ASME International Gas Turbine and Aero-Engine Congress, The Hague, Netherlands. — 1998, ASME Paper No. 1998-GT-420
6. Силаев Б.М., Мальцев Е.Н. Концепция обобщенного метода расчета и проектирования системы влажной очистки проточного тракта ГТД // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. — Самара. — 2011, № 3(27), Ч. 3, 277—281
7. Силаев Б.М. Термодинамические основы обобщенных модельных представлений процесса трения и изнашивания // Трение и износ. — 2017 (38), № 6, 546—555
8. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок // Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термозодинамический анализ. Кн. 1. — М.: Машиностроение. — 2003

References

1. Andriec A.G., Pavlov S.V., Korotich A.A. Prime-nenie tverdogo ochistitelya dlya ochistki rabotayushchego GTD // Gazoturb. Tehnol. — 2005, № 5, 32—34 (in Russian)
2. B.P. Porshakov [i dr.] Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii energoprivoda kompressornykh stancij: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie. — M.: Nedra. — 1992 (in Russian)
3. Gogolev I.G., Drokonov A.M., Nikolaev A.D. Vliyanie otlozhenij v protochnoj chasti na ekspluatatsionnye pokazateli turbomashin // Vestn. Bryansk. gos. tekhn. un-ta. — 2006, № 4, 22—28 (in Russian)
4. Jeffs E. Compressor Washing on Line for Large Gas Turbines // Turbomachinery International. — 1992, Sep/Oct, 49—51
5. Stalder J.P. Gas Turbin Compressor Washing State of the Art — Field Experiences // ASME International Gas Turbine and Aero-Engine Congress, The Hague, Netherlands. — 1998, ASME Paper No. 1998-GT-420
6. Silaev B.M., Mal'cev E.N. Konceptiya obobshchennogo metoda rascheta i proektirovaniya sistemy vlazhnoj ochistki protochnogo trakta GTD // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta. — Samara. — 2011, № 3(27), CH. 3, 277—281 (in Russian)
7. Silaev B.M. Thermodynamical Basics of General Model of Friction and Wear Process // Journal of Friction and Wear. — 2017 (38), no. 6, 546—555
8. Kulagin V.V. Teoriya, raschet i proektirovanie aviacionnykh dvigatelej i energeticheskikh ustanovok // Osnovy teorii GTD. Rabochij process i termogazodinamicheskij analiz. Kn. 1. — M.: Mashinostroenie. — 2003 (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