

УДК 621.891
UDC 621.891

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАЩЕННЯ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ НЕГІДРОДИНАМІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В КОНТАКТІ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Білякович О.М., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна

Міланенко О.А., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Туриця Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Руденко О.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна

STUDY EFFECTIVE LUBRICATION AND PATTERNS FORMING PART OF HYDRODYNAMIC LAYER THICKNESS IN TOUCH

Dmytrychenko M.F., Ph.D., Engineering (Dr), National Transport University, Kyiv, Ukraine

Bilyakovych O.N., Ph.D, associate professor, National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Milanenko A.A., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Turitsa Y.A., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Rudenko O.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОЛЩИНЫ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ В КОНТАКТЕ

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Білякович О.Н., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина

Міланенко А.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Туриця Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Руденко О.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Трибологічний стан системи при граничному режимі мащення визначається процесами на поверхнях розділу тверде тіло – мастильний матеріал – тверде тіло, на які впливають чинники навколишнього середовища [1]. Щоб зрозуміти механізми граничної змащувальної дії, слід розглянути фізико-хімічні процеси утворення проміжної захисної плівки між контактними поверхнями, яка здатна убезпечити тверді тіла від безпосереднього контакту [2]. Таким чином проблематику мащення вузлів тертя не можна відокремлювати від вивчення взаємодії мастильного матеріалу з металевою поверхнею контактних пар і впливу на цю взаємодію структурних факторів металу й активних компонентів та добавок до змащувальних матеріалів [3].

Постановка завдання. Встановлення закономірностей кінетики зміни параметрів мастильної дії досліджуваних олиव.

Викладення основного матеріалу. Дослідження триботехнічних характеристик олив в умовах змінних контактних навантажень та температур олив в діапазоні 70-90°C проводились на лабораторній одноконтактній установці СМЦ-2 в режимі пуск (4,5 с) - зупинка (3 с) у нестационарному режимі в умовах кочення з проковзуванням, значення якого становило 15%. Дослідження проводились при безперервній роботі машини впродовж 4 годин, в експерименті 1750 циклів (N). В якості зразків використовувались циліндричні ролики (d =50 мм), виготовлені зі сталі 40Х максимальне контактне навантаження становило 550 МПа..

Для обміну параметричною інформацією між первинними перетворювачами (датчиками) і ПК використовується програмований комплекс, до складу якого входить аналого-цифровий перетворювач (АЦП) фірми „Хоневел”, призначений для комутації аналогових сигналів і перетворення їх в цифровий код. У програмі реалізований апаратний запуск АЦП. Запит АЦП виконується по сигналу готовності перетворювача. Для апаратного запуску АЦП через різні проміжки часу використаний таймер, що входить до складу універсального програмованого комплексу, який дозволяє відтворювати умови тертя періодично або довготривало – працюючих механізмів.

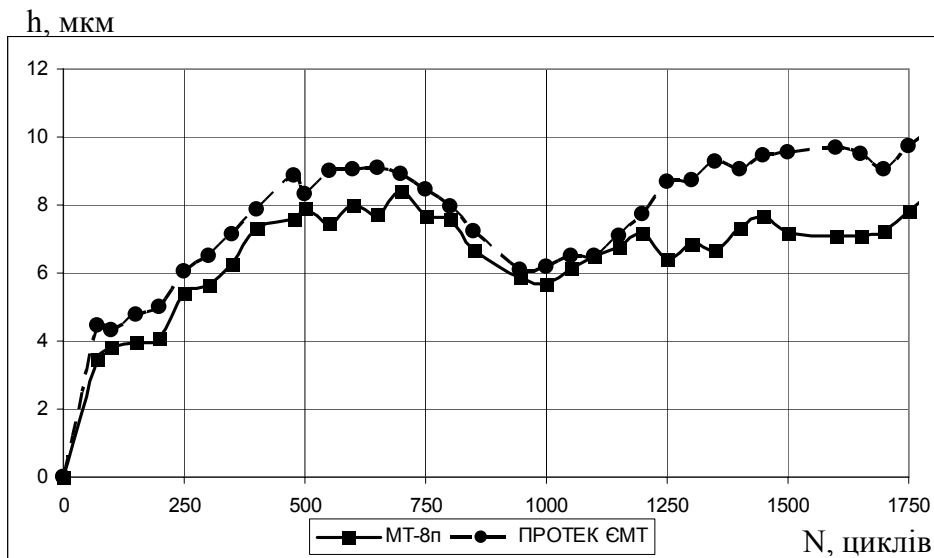


Рисунок 1 – Формування товщини мастильного шару (h) оливи PROTOK EMT-8 та MT-8п залежно від напрацювання (N)

В процесі дослідження пускових змащувальних властивостей оливи було встановлено суттєву відмінність формування товщини мастильного шару оливи PROTOK EMT-8 у порівнянні з оливою MT-8п (товарні зразки) в заданих умовах експерименту.

На перших циклах напрацювання – до 100 – досліджувані оливи мають майже однакову несучу здатність, з N = 60 і до N = 1200 даний показник оливи PROTOK EMT-8 перевищує у 1,1 рази аналогічний показник для оливи MT-8п, а після 1225 циклів напрацювання і до закінчення експерименту змащувальна здатність оливи PROTOK EMT-8 підвищується, товщина мастильного шару в контакті в 60% циклів перевищує на 2,1 мкм товщину мастильної плівки, зафіксовану для MT-8п (рис. 1).

Нами вимірювалась товщина мастильного шару на зупинці, що відповідає негідродинамічній складовій товщини мастильного шару.

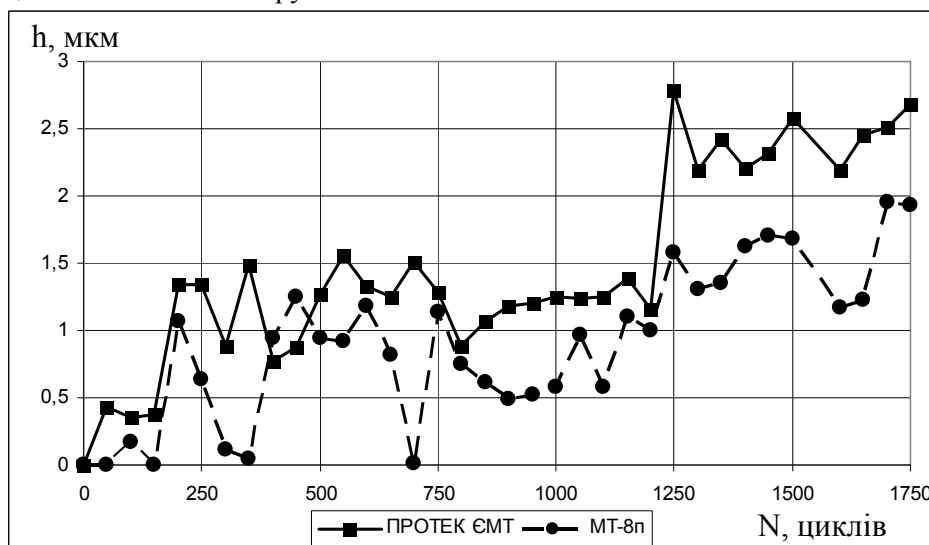


Рисунок 2 – Кінетика формування негідродинамічної складової товщини мастильного шару досліджуваними оливами

Встановлено, що у оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 товщина адсорбційних граничних шарів до 350 циклів напрацювання складає 1,5 мкм, а при послідуєчій наробітці вона зменшується до 0,1 мкм, поступово зростає до 700-800 циклів до значення 1,5 мкм, а з 800 циклу спостерігається стабільне зростання негідродинамічної складової мастильного шару, що пояснюється наявністю у складі оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 присадки з вмістом сірки і фосфору, дія якої обумовлена утворенням на металевих поверхнях різних за хімічним складом захисних плівок (рис.2).

При змащуванні контактних поверхонь оливою МТ-8п в початковий період наробітки, який складає 150 циклів, спостерігається частковий зрив змащувального шару на зупинці – до 80% циклів. Другий етап суттєвого зниження граничних адсорбційних шарів відповідав 270-350 циклам напрацювання – в 60% спостерігається металевий контакт поверхонь при страгуванні. При послідуєчому напрацюванні, починаючи з 1100 циклу спостерігається зростання товщини мастильного шару на зупинці до 1,5 – 1,8 мкм, і цей показник суттєво не змінюється до кінця експерименту.

При змащуванні контактних поверхонь оливою ПРОТЕК ЄМТ-8, на відміну від оливи МТ-8п, з перших циклів напрацювання встановлена ефективна адаптація граничних шарів до динамічних умов навантаження, товщина мастильного шару на зупинці становить 1-1,5 мкм до 1200 циклів наробітки, товщина мастильного шару на зупинці складає 2,2-2,7 мкм, що в 1,8 разів перевищує аналогічний показник для оливи МТ-8п.

Висновок. Таким чином, розглянуті нами відмінності кінетики формування загальної товщини мастильного шару можна пояснити різною динамікою утворення граничних шарів на контактних поверхнях при змащуванні їх оливами ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8п. Нова фаза, яка утворюється при застосуванні оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 екранує матеріал від механічної та фізико-хімічної деструкції, що забезпечує надійну змащувальну дію на заключному етапі припрацювання, при цьому адсорбція компонентів присадки буде супроводжуватися витісненням з поверхневого шару інших компонентів, при чому конкуренція між компонентами за місця в поверхневому шарі призводить до того, що поверхневий шар збагачується тим компонентом, який адсорбується переважно за даних умов.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кульгавый Э.А. Триботехнические характеристики и их применение // Проблемы трибологии.- 2003. – №3. – С.51–61
2. Ковальський Б.И., Шрам В.Г., Петров О.Н., Сокольников А.Н. Механізм формування захитного смазочного слоя. – Т.: Машиностроение. Известия Тульського державного університета. – 2014, №3. С. 26 – 32.
3. Кеба И.В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Транспорт. – 1968. – С.248.
4. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения / С.Б. Айнбиндер // Трение и износ. –1983.– том.4, № 1. –С.5–11
5. Petrokovets M.I. Thermal Inetability of Frition Pairs / M.I. Petrokovets, P.N. Bgodanovich, D.V. Tkachuk // Problemy exspoatacil. – 1998. – № 3. – P. 189–198.
6. Крагельский И.В. Основы расчета на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
7. Войтов В.А. Технологии триботехнического восстановления, обзор и анализ перспектив. // Проблемы трибологии. – 2005. – № 2 – с.86 – 94.

REFERENCES

1. Kulgavy E.A. Tribological characteristics and their application // Problems tribologii.- 2003. - №3. – P..51-61 (Rus)
2. Kovalsky B.I, Shram V.G, Petrov O.N, Sokolnikov A.N. Mehanizm forming a protective layer of lubricant. - T .: Mechanical engineering. News of the Tula State University. - 2014, №3. S. 26 - 32. (Rus)
3. Keba I.V. Diagnosis of aircraft gas turbine engines. - M .: Transport. - 1968. - P.248. (Rus)
4. Ainbinder AB On the mechanism of boundary friction / SB Ainbinder // Friction and wear. -1983.- Tom.4, № 1. -S.5-11 (Rus)
5. Petrokovets M.I. Thermal Inetability of Frition Pairs / M.I. Petrokovets, P.N. Bgodanovich, D.V. Tkachuk // Problemy exspoatacil. – 1998. – № 3. – P. 189–198. (Eng)
6. Kragelsky I.V. Fundamentals of calculating the friction and wear. - M .: Engineering, 1977. - 526 p. (Rus)

7. Voitov VA Technology tribological recovery, review and analysis of the prospects. // Problems of Tribology. - 2005. - № 2 - p.86 - 94. (Rus)

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Дослідження ефективності мащення та закономірностей формування негідродинамічної складової товщини мастильного шару в контакті / М.Ф.Дмитриченко, О.М.Білякович, О.А. Міланенко, Ю.О.Туриця, О.В. Руденко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

У статті представлені результати досліджень, які виконували на роликах, виготовлених зі сталі 40Х, максимальне контактне навантаження по Герцу становило 550 МПа. Мастильні матеріали – універсальні моторно-трансмісійні оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8п.

Об'єкт дослідження – кінетика зміни товщини змащувального шару в триботехнічному контакті.

Метою роботи було дослідження особливостей формування мастильного шару оливами однакового експлуатаційного призначення, але відмінного фізико-хімічного складу .

Метод дослідження – експериментальне визначення негідродинамічної складової товщини мастильного шару.

Встановлено, що у оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 товщина адсорбційних граничних шарів до 350 циклів напрацювання складає 1,5 мкм, а при послідуєчій наробітці вона зменшується до 0,1 мкм, поступово зростає до 700-800 циклів до значення 1,5 мкм, а з 800 циклу спостерігається стабільне зростання негідродинамічної складової мастильного шару, що пояснюється наявністю у складі оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 присадки з вмістом сірки і фосфору, дія якої обумовлена утворенням на металевих поверхнях різних за хімічним складом захисних плівок.

Визначено, що при змащуванні контактних поверхонь оливою МТ-8п в початковий період наробітки, який складає 150 циклів, спостерігається частковий зрив змащувального шару на зупинці – до 80% циклів. Другий етап суттєвого зниження граничних адсорбційних шарів відповідає 270-350 циклам напрацювання – в 60% спостерігається металевий контакт поверхонь при страгуванні. При послідуєчому напрацюванні, починаючи з 1100 циклу спостерігається зростання товщини мастильного шару на зупинці до 1,5 – 1,8 мкм, і цей показник суттєво не змінюється до кінця експерименту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УНІВЕРСАЛЬНА МОТОРНО-ТРАНСМІСІЙНА ОЛИВА, ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ СКЛАД, АДСОРБЦІЙНИЙ ГРАНИЧНИЙ ШАР, КОНТАКТНА ПОВЕРХНЯ.

ABSTRACT

Dmitrichenko N.F., Bilyakovich O.N., Milanenko A.A., Turitsa Yu.A., Rudenko O.V. Investigation of the effectiveness of lubrication and laws of formation of hydrodynamic component of the lubricating film thickness in contact. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

The article presents the results of research that was carried out on rollers made of steel 40X, the maximum contact load at hertz was 550 MPa. Lubricants - universal motor and gear oils Protek EMT-8 and MT-8p.

The object of study - the kinetics of changing the thickness of the lubricating layer in tribological contact. The aim was to study the features of formation of lubricating oil layer of the same operational purpose, but excellent physical and chemical composition.

Method of research - experimental determination of the non-hydrodynamic component of the lubricating film thickness.

It is found that the oil Protek EMT-8 adsorption boundary layer thickness to 350 cycles of use is 1.5 microns and in the subsequent operating time decreases to 0.1 microns, gradually increases to 700-800 cycles to a value of 1.5 microns, and 800 loop stable growth component of non-hydrodynamic lubricating layer, which is explained by the presence in the oil PROTEK EMT-8 additives containing sulfur and phosphorus, the effect of which is due to the formation on the metal surfaces of different chemical composition of protective layers.

It was determined that the lubrication of the contact surfaces with oil MT-8p in the initial period of use, which is 150 cycles, there has been a partial failure of the lubricating layer at the bus stop - up to 80% of cycles. The second phase of a significant reduction of limit adsorption layers replied 270-350 cycles of use - 60% was observed in the metallic contact surfaces breakaway. In the subsequent operating time, starting with

the 1100 cycle, an increase in the thickness of the lubricant layer on the stop up to 1.5 - 1.8 micron, and this figure does not change until the end of experiment.

KEYWORDS: UNIVERSAL MOTOR AND TRANSMISSION OILS, PHYSICAL AND CHEMICAL, ADSORPTION BOUNDARY LAYERS, THE CONTACT SURFACE.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Исследование эффективности смазки и закономерностей формирования негидродинамической составляющей толщины смазочного слоя в контакте / Н.Ф.Дмитриченко, О.Н.Білякович, А.А.Миланенко, Ю.А.Турица, О.В. Руденко / Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье представлены результаты исследований, которые выполняли на роликах, изготовленных из стали 40Х, максимальная контактная нагрузка по Герцу составляла 550 МПа. Смазочные материалы – универсальные моторно-трансмиссионные масла ПРОТЕК ЕМТ-8 и МТ-8п.

Объект исследования – кинетика изменения толщины смазочного слоя в триботехническом контакте.

Целью работы было исследование особенностей формирования смазочного слоя маслами одинакового эксплуатационного назначения, но разного физико-химического состава.

Метод исследования – экспериментальное определение негидродинамической составляющей толщины смазочного слоя.

Установлено, что у масла ПРОТЕК ЕМТ-8 толщина адсорбционных граничных слоев до 350 циклов наработки составляет 1,5 мкм, а при последующей наработке она уменьшается до 0,1 мкм, постепенно возрастает до 700-800 циклов до значения 1,5 мкм, а с 800 цикла наблюдается стабильный рост негидродинамической составляющей смазочного слоя, что объясняется наличием в составе масла ПРОТЕК ЕМТ-8 присадки с содержанием серы и фосфора, действие которой обусловлено образованием на металлических поверхностях различных по химическому составу защитных пленок.

Определено, что при смазке контактных поверхностей маслом МТ-8п в начальный период наработки, который составляет 150 циклов, наблюдается частичный срыв смазочного слоя на остановке – до 80% циклов. Второй этап существенного снижения предельных адсорбционных слоев отвечал 270-350 циклам наработки – в 60% наблюдается металлический контакт поверхностей при страгивании. При последующей наработке, начиная с 1100 цикла наблюдается рост толщины смазочного слоя на остановке до 1,5 - 1,8 мкм, и этот показатель существенно не меняется до конца эксперимента.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УНИВЕРСАЛЬНОЕ МОТОРНОЕ-ТРАНСМИССИОННОЕ МАСЛО, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, АДСОРБЦИОННЫЕ ГРАНИЧНЫЕ СЛОИ, КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ.

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 318.

Білякович Олег Миколайович, кандидат технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Україна, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

Міланенко Олександр Анатолійович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: milanmasla@gmail.com, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.11.

Турица Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.11.

Руденко Олег Володимирович, асистент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: legikua@gmail.com, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.11.

AUTHOR:

Dmytrychenko Nykolay F., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. (044)2808203, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 318.

Bilyakovych Oleg N., associate professor, National Aviation University, associate professor department of technologies of air-ports, e-mail: oleg65@voliacable.com, tel. (044)4067694, Ukraine, 03680, Kyiv, b. Cosmonaut of Komarova, 1, of. 1.409.

Milanenko Aleksandr A., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: milanmasla@gmail.com, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 11.

Turytsia Yuliya A., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: yuliya_tur@ukr.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 11.

Rudenko Oleg Vladimirovich, assistant, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: legikua@gmail.com, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 11.

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 318.

Биликович Олег Николаевич, кандидат технических наук, профессор, Национальный авиационный университет, профессор кафедры «Технологий аэропортов», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Украина, 03680, м. Киев, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

Миланенко Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: milanmasla@gmail.com, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.11.

Турица Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.11.

Руденко Олег Владимирович, ассистент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материаловедение», e-mail: legikua@gmail.com, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.11.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Тамаргазін О.А., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри технологій аеропортів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gutarevich Y.F. Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of motors and heating, Kyiv, Ukraine.

Tamargazin O.A., Ph.D., Engineering (Dr.), National Aviation University, professor department of technologies of airports, Kyiv, Ukraine.