

О.О. ОСТРОВЕРХ

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МУФТ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ФТОРОПЛАСТУ

В роботі проведено температурне дослідження фрикційних дисків, по типу кільце та пелюстки, що виконані з металоазбесту. Для проведення дослідження застосовано програму SolidWorks із програмним модулем COSMOSWorks Designer. При виконанні розрахунків створені спрощені моделі накладок, побудовано сітки кінцевих елементів, виконано тепловий розрахунок з застосуванням теплового потоку. Далі проведемо аналогічне дослідження лише з нанесеним фторопластового покриттям на поверхню натискного диска та маховика зчеплення. Застосування фторопласту дозволяє зменшити теплове навантаження на відповідні поверхні при товщині покриття 0,1 міліметр мінімум на 10%.

Ключові слова: муфта зчеплення, фрикційна накладка, температура, епіюра, модель, дослідження.

A. OSTROVERKH

INCREASING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF CLUTCHES OF VEHICLES WHEN USING FLUOROPLAST

In the work, a temperature study of friction discs, of the ring and petal type, made of metal asbestos, was carried out. The SolidWorks program with the COSMOSWorks Designer software module was used to conduct the research. When performing the calculations, simplified models of overlays were created, grids of finite elements were constructed, thermal calculation was performed using heat flow. Next, we will conduct a similar study only with a fluoroplastic coating applied to the surface of the pressure disc and the clutch flywheel. The use of fluoroplastic allows to reduce the heat load on the corresponding surfaces with a coating thickness of 0.1 millimeter by at least 10%.

Key words: clutch, friction pad, temperature, epiura, model, research..

Вступ. Як відомо муфти зчеплення автомобілів та тракторів забезпечують передачу крутного моменту від двигуна до трансмісії. Одним із ключових складових муфти зчеплення є накладки дисків зчеплення. Основне завдання даного механізму є передача крутного моменту від силової установки до коробки передач.

Виходячи з конструкції автомобіля або трактора та конструкції їх коробок передач, фрикційні накладки можуть бути виготовлені з різних матеріалів [3].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. На фрикційні накладки дисків зчеплення припадає відповідальна робота з входження до зіткнення з деталями зчеплення, що труться, і забезпечення плавної передачі крутного моменту. В цей момент на накладку діють різноспрямовані навантаження, і виникає висока температура на поверхні виробу, що природно призводить з часом до вигорання та зношування. До основних причин зношування накладок відноситься: природне експлуатаційне зношування; ривки при торканні транспорту (особливо завантаженого) та грубе водіння; неправильно відрегульована педаль зчеплення.

Враховуючи всілякі умови експлуатації техніки, фрикційні накладки дисків зчеплення через вигорання та знос необхідно регулярно замінювати.

Визначити час заміни можна за характерним запахом під час перемикання передач, позаштатним відпрацюванням механізму зчеплення та появою сторонніх шумів у коробці передач. Фрикційні накладки зчеплення розраховані працювати при температурах до 350 °С. Це необхідна умова, особливо у вантажівках та тракторній техніці, оскільки зчеплення розраховане на силу тертя, то в момент роботи дисків температура досягає критичних показників [3, 4].

Ефективність роботи зчеплення в останній момент максимальних навантажень та її експлуатаційний ресурс великою мірою залежить від матеріалу дисків. Цю функцію виконують накладки дисків зчеплення, виготовлених із різних матеріалів. У більшості

випадків, матеріалом служить композитна суміш волокон скла, металу та скріплювальних добавок. Полімерний композиційний матеріал формують у прес-формі з примусовим підігрівом. Еліпсоподібні накладки виробляють з просоченої нитки з металевим дротом і подальшим вулканізації в спеціальних пресах. Дуже поширений матеріал - органічна композиція фрикційна. Накладки з даного матеріалу ідеально підходять для невеликих навантажень, за жорстких умов необхідно вибирати дорожчі та надійніші. Для сімейного пересування заявлений ресурс деякими автовиробниками на накладки досягає 120 тис. км і більше, за жорстких умов, накладка може вийти з ладу після 10 тис. км пробігу, а в середньому знос диска відбувається в районі 90 тис. км.

Мета та постановка задачі. Метою роботи є підвищення експлуатаційних характеристик муфт зчеплення при використанні фторопласту [1]. Елементом дослідження обрано фрикційний диск муфти зчеплення автомобіля.

В ході проведення досліджень запропоновано розглянути два типи накладок типу кільце та пелюстки, які в момент включення стикаються з фторопластовим (тефлоновим) покриттям, що нанесене на металеву поверхню натискного диска та маховика зчеплення.

Для проведення дослідження застосовано програму SolidWorks із програмним модулем COSMOSWorks Designer [2]. Тип дослідження: температурне нагрівання фрикційного диска [5-8], в якості матеріалу застосована азбестова накладка.

Розглянемо накладку типу кільце. Для виконання розрахунку була створена спрощена модель накладки та побудована сітка кінцевих елементів рис. 1. Якість сітки: всього вузлів 40823, елементів 22505, максимальний та мінімальний розмір елемента 3мм та 2,68мм.

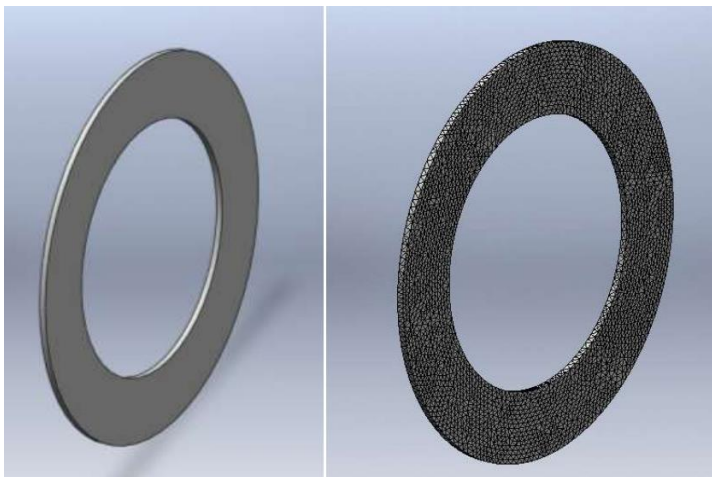


Рис. 1 – Модель та сітка кінцевих елементів накладки

Далі був виконаний тепловий розрахунок з застосуванням теплового потоку до однієї з поверхонь диска, який дорівнює половині максимальної потужності двигуна, що розвивається, дорівнює 60 кВт.

Після чого збудовано епюри температури рис. 2 які показують температурний розподіл на поверхні накладок.

На рис. 2 зліва показано поверхню, до якої було докладено зусилля 60кВт, на ній виникає максимальна температура 274°C, зі зворотного боку температура знаходиться в діапазоні 196-240°C.

Також збудовано епюру градієнта результативної температури рис. 3, яка показує зміну показання температури на одиницю відстані, середнє значення якої дорівнює 130°C/см.

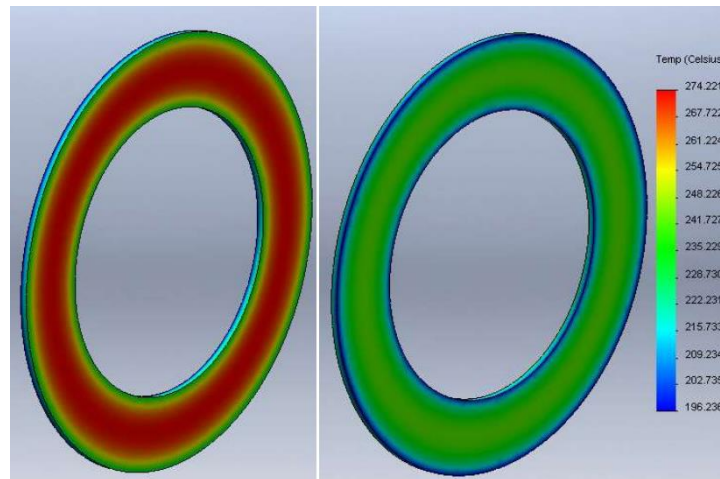


Рис. 2 – Епюра температури на поверхні накладки

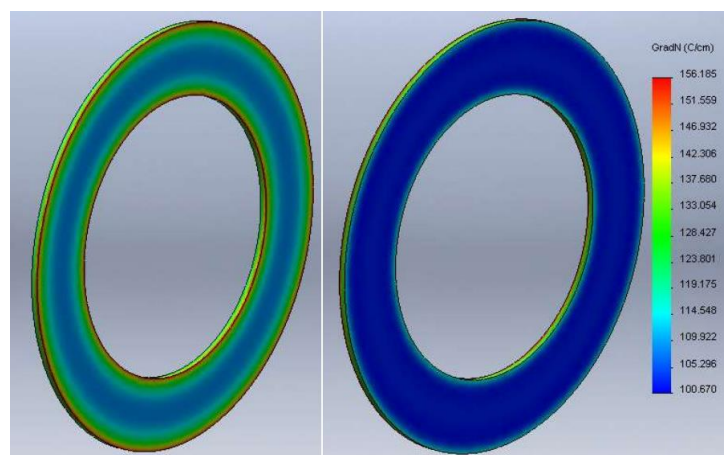


Рис. 3 – Епюра градієнта результативної температури накладки

На зображенні рис.3 зліва показано максимальне значення, яке виникає на зовнішніх кромках, що дорівнює $156^{\circ}\text{C}/\text{см}$, з правого боку накладки на внутрішніх кромках мінімальне значення $100^{\circ}\text{C}/\text{см}$.

Також побудовано епюру результативного теплового потоку рис. 4 яка є абсолютною величиною, що дорівнює кількості теплоти, що проходить через ізотермічну поверхню одиничної площі (одиниця виміру $\text{Вт}/\text{м}^2$).

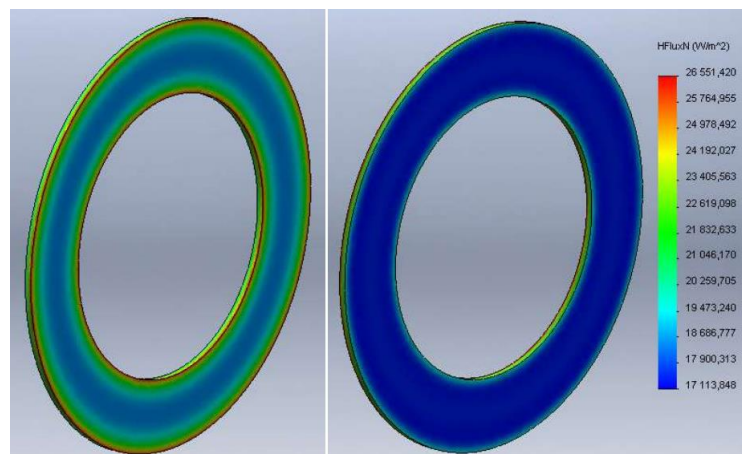


Рис. 4 – Епюра результативного теплового потоку

Максимальні значення яких також виникають на зовнішніх кромках накладки, що дорівнює 26551 Вт/м^2 , мінімальні у внутрішніх кромках, дорівнює 17113 Вт/м^2 .

Далі проведемо аналогічне дослідження лише з нанесеним тефлоновим покриттям на поверхню натискного диска та маховика зчеплення. Яке дозволяє зменшити теплове навантаження на ці поверхні при товщині тефлонового покриття $0,1 \text{ мм}$ мінімум на 10% .

Епюра температури показує зниження максимальної температури до 247°C рис. 5.

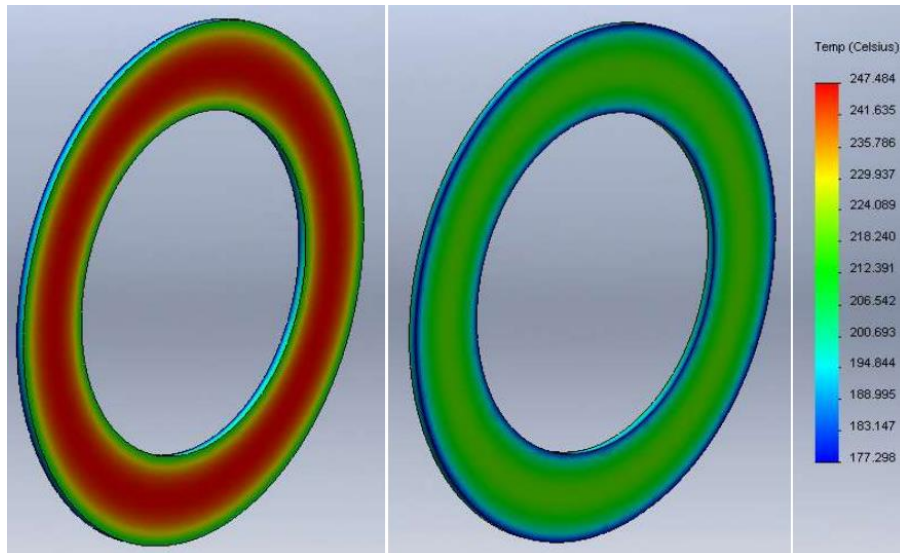


Рис. 5 – Епюра температури накладки з тефлоновим покриттям

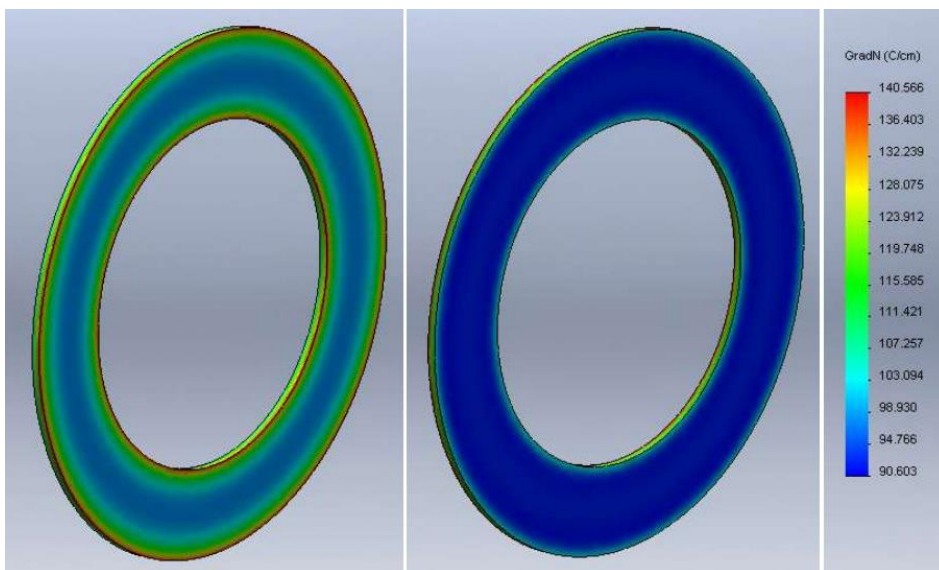


Рис. 6 – Епюра градієнта результативної температури накладки з тефлоновим покриттям

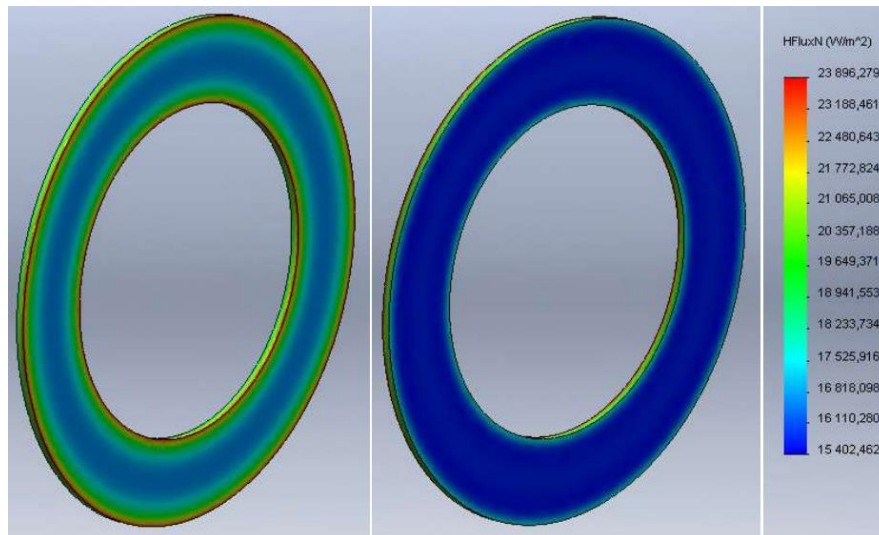


Рис. 7 – Епюра результативного теплового потоку накладки з тефлоновим покриттям

Побудовано епюри градієнта результативної температури рис. 6. Які також відображають зниження показників до $140^{\circ}\text{C}/\text{см}$.

Епюра результативного теплового потоку рис. 7, також вказує на зменшення максимального значення до, $23896\text{Вт}/\text{м}^2$, та мінімальне значення нижче на 11%, рівне $15402\text{Вт}/\text{м}^2$.

Аналогічний розрахунок був проведений для накладки типу пелюсток, з урахуванням їх кількості на диску, що дорівнює восьми. Прикладена відповідно потужність становить 7,5 кВт. Створено модель та виконано сітку кінцевих елементів рис. 8, всього вузлів створено 4144, всього елементів 2278, якість сітки на достатньому рівні.

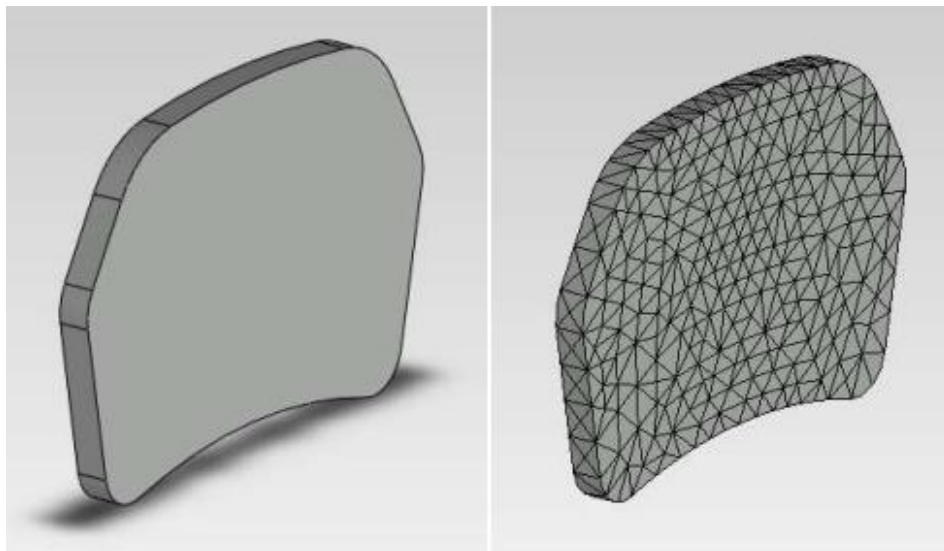


Рис. 8 – Модель та сітка кінцевих елементів накладки пелюсткового диска

Далі виконано тепловий розрахунок з впливом теплового потоку з одного боку накладки, який дорівнює 7,5 кВт, і послідуочної побудови епюри температури рис. 9.

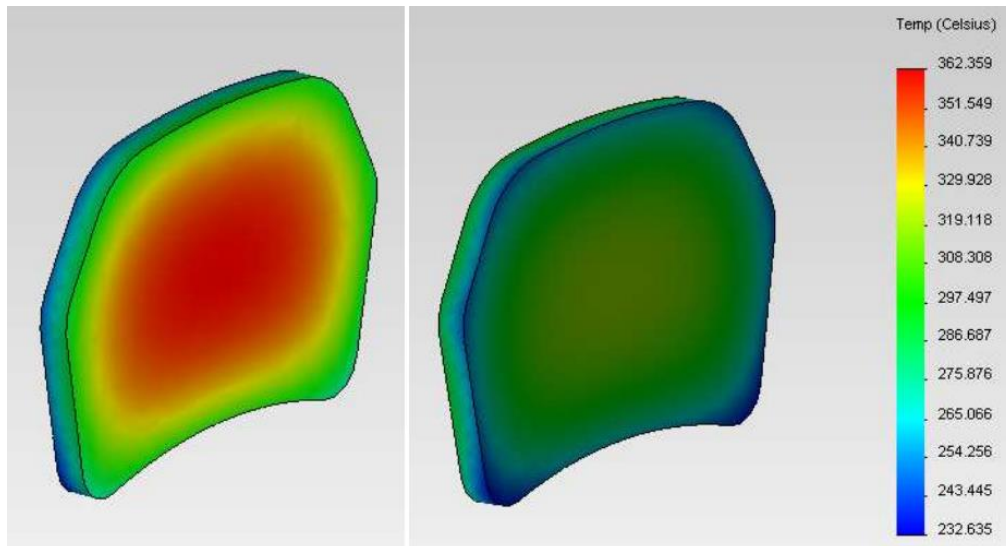


Рис. 9 – Епюра температури на поверхні накладки пелюсткового диску

Як показано на епюрі, максимальна температура вище на 88°C у порівнянні з суцільною накладною і становить 362°C .

Також побудовано епюру градієнта результативної температури рис. 10, значення якої вище ніж у накладки типу кільце $212^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ (проти $156^{\circ}\text{C}/\text{cm}$).

Максимальне значення виникає на зовнішній кромці, з боку докладеної сили, і мінімальні в центрі накладки, і з обох боків з зворотного боку від докладання сили.

Виконано розрахунок та побудовано епюру результативного теплового потоку рис. 11, яка має майже на третину більше максимальне значення $36064 \text{ Вт}/\text{м}^2$ що виникає тільки на зовнішніх кромках, мінімальне дорівнює $22114 \text{ Вт}/\text{м}^2$ відображено у центрі накладки.

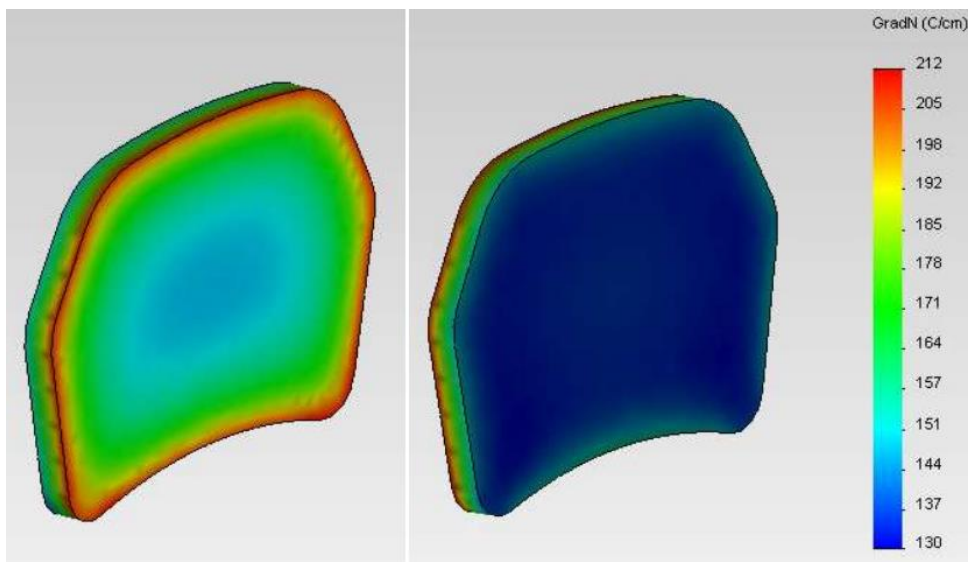


Рис. 10 – Епюра градієнта результативної температури накладки пелюсткового диску

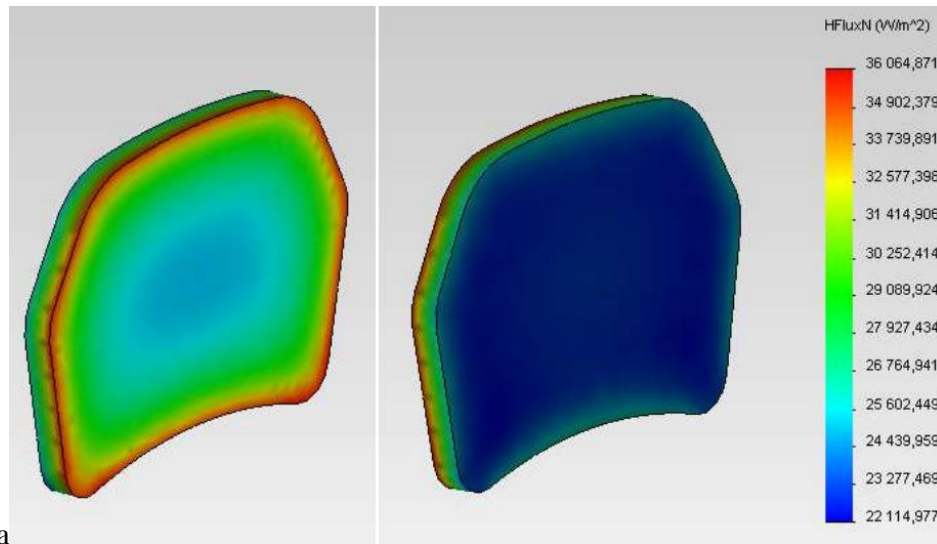


Рис. 11 – Епюра результативного теплового потоку накладки пелюсткового диска

Далі виконано ідентичний розрахунок з нанесеним тефлоновим покриттям на поверхню натискного диска та маховика зчеплення та побудови відповідних епюр рис. 12-14. З яких слідує, що також вдалося отримати зниження теплового навантаження на пелюстковій накладці, але цього мало для того, щоб тефлонове покриття знаходилося у своєму робочому діапазоні температур.

Побудована епюра градієнта результативної температури показує незначне зниження показників $191^{\circ}\text{C}/\text{см}$ (проти $212^{\circ}\text{C}/\text{см}$).

Аналогічний результат отримано на епюрі градієнта результативної температури накладки пелюсткового диска з покриттям із незначною зміною $32458 \text{ Вт}/\text{м}^2$ (проти $36064 \text{ Вт}/\text{м}^2$).

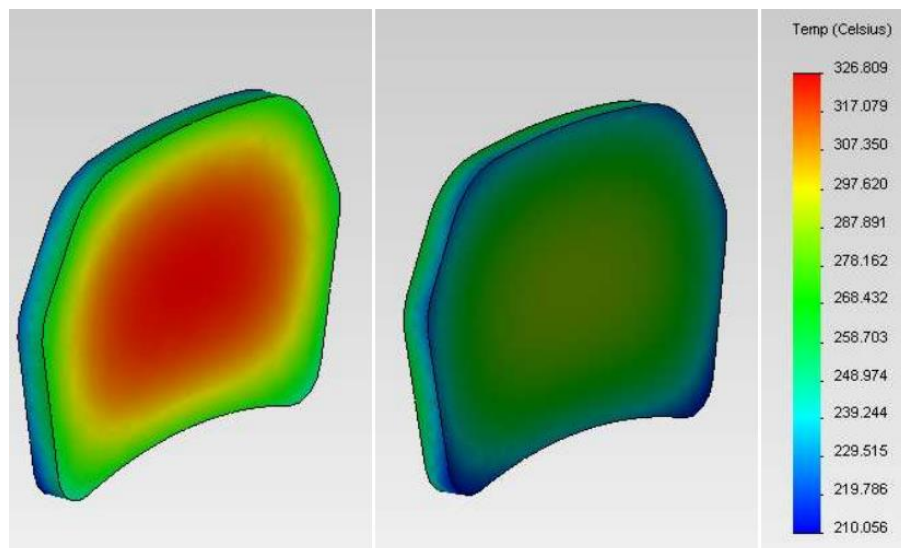


Рис. 12 – Епюра температури на поверхні накладки пелюсткового диска з покриттям

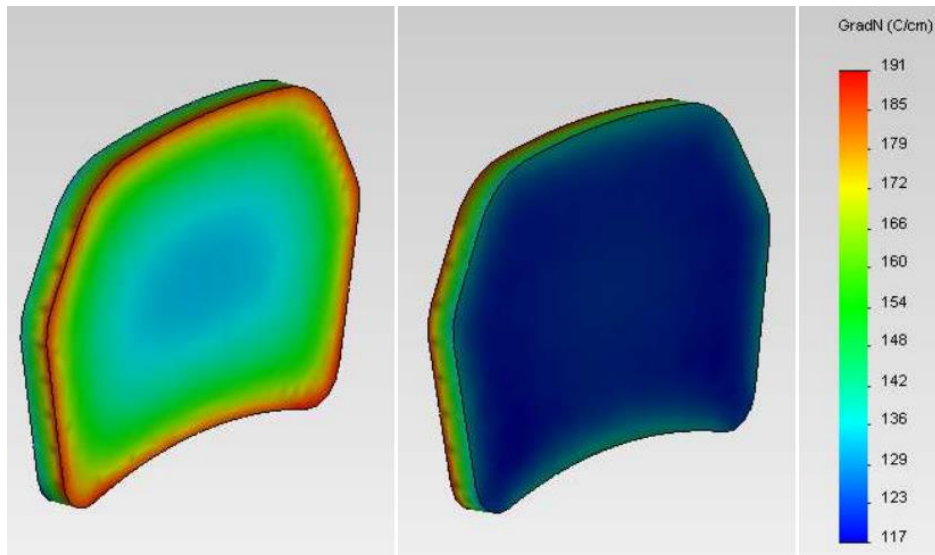


Рис. 13 – Епюра градієнта результативної температури накладки пелюсткового диску з покриттям

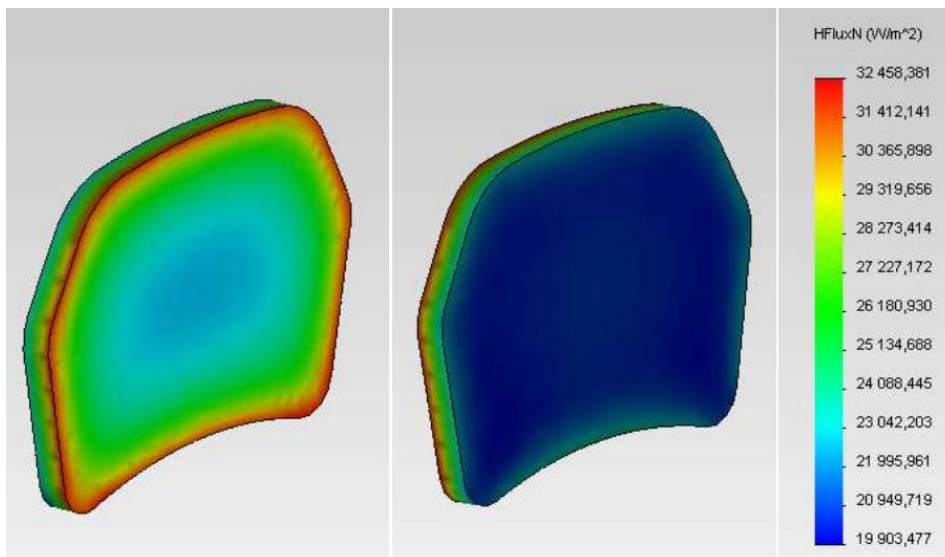


Рис. 14 – Епюра температури на поверхні накладки пелюсткового диску з покриттям

Висновки. В результаті проведеного дослідження слідує, що нанесення фторопласту або тефлонового покриття дозволяє знизити теплове навантаження фрикційної накладки у формі кільця зі значень 274-196°C, до 247-177°C. Що дозволить досягти необхідного ресурсу муфти зчеплення в 120 тис. км. Тефлонове покриття при цьому буде знаходитися у своєму робочому діапазоні температур 210-250°C.

При проведенні дослідження муфти зчеплення із застосуванням накладок пелюсткового типу визначено зниження теплового навантаження з 362-232°C до 326-210°C. Це дозволяє при плановій заміні диска муфти зчеплення на 90 тис. км зменшити вартість самого диска в порівнянні з аналогічним диском з накладкою типу кільце без покриття. Так як диск з пелюстковими накладками буде дешевшим. При цьому з нанесеним тефлоновим покриттям диск з пелюстковими накладками виходить за робочий температурний діапазон тефлонового покриття, і є не доцільним через його швидке зношування при досягненні максимальних температур в 326°C.

Список літератури:

1. Вікіпедія. Вільна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>
2. SolidWorks: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solidworks.com/ru>
3. Кисликон В.Ф. Будова й експлуатація автомобіля / В.Ф.Кисликон, В.В.Лушчик. - К.: Либідь, 2005.
4. Івашченко М.В. Будова й експлуатація вантажних автомобілів / М.В.Івашченко. - Чернігів: ТСОУ, 2001
5. Островерх О. О. Розробка трьохвальної коробки передач легкового автомобіля з поперечним розташуванням двигуна [Електронний ресурс] / О. О. Островерх // Priority directions of science and technology development : abstr. of the 6th Intern. sci. and practical conf., February 20-22, 2021 / М. L. Komarytskyu. – Electronic text data. – Kyiv, 2021. – P. 256-260. – URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53265>.
6. Статичне дослідження елементів самоблокувального диференціалу підвищеного тертя з метою збільшення його надійності і експлуатаційних характеристик / О. О. Островерх [та ін.] // *Збірник наукових праць Нац. ун-ту кораблебудування ім. адмірала Макарова* / ред. кол.: С. І. Сербін. – Миколаїв : Гельветика, 2021. – № 1 (484). – С. 24-30.
7. Островерх О. О. Дослідження застосування аксіально-поршневих компресорів в автомобільних системах кондиціонування / О. О. Островерх // *Вчені записки Тавр. нац. ун-ту ім. В. І. Вернадського. Сер.* : Технічні науки. – 2020. – Т. 31 (70), № 3, ч. 2. – С. 109-118.
8. Островерх О. О. Статичне дослідження елементів трьохвальної коробки передач легкового автомобіля з поперечним розташуванням двигуна / О. О. Островерх // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер.* : *Автомобіле- та тракторобудування* : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 1. – С. 35-44.

References (transliterated):

1. Wikipedia. Free encyclopedia [Electronic resource]. - Access mode: <https://uk.wikipedia.org/>
2. SolidWorks: official site [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.solidworks.com>
3. Kislikon V.F. Budova and car operation / V.F.Kislikon, V.V.Lushchik. - K.: Libid, 2005.
4. Ivashchenko M.V. Budova and exploitation of vintage cars / M.V.Ivashchenko. - Chernigiv: TSOU, 2001
5. Ostroverkh O. O. Development of a three-way transmission of a passenger car with transverse gearing of the engine [Electronic resource] / O. O. Ostroverkh // Priority directions of science and technology development: abstr. of the 6th Intern. sci. and practical conf., February 20-22, 2021 / M. L. Komarytskyu. – Electronic text data. - Kyiv, 2021. - P. 256-260. – URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53265>.
6. Static follow-up of the elements of the self-blocking differential of the advanced third with a method of increasing its superiority and operational characteristics / O. O. Ostroverkh [that in.] // *Collection of science practices Nat. un-tu shipbuilding im. Admiral Makarov* / ed. Col.: S. I. Serbian. - Mykolaiv: Helvetica, 2021. - No. 1 (484). - P. 24-30.
7. Ostroverkh O. O. Research of application of axial-piston compressors in automobile conditioning systems / O. O. Ostroverkh // *Scientific notes of Tavr. nat. University named after VI Vernadsky. Ser.* : *Technical sciences.* - 2020. - Vol. 31 (70), № 3, Part 2. - P. 109-118.
8. Ostroverkh O. O. Static research of elements of a three-shaft transmission of a car with a transverse location of the engine / O. O. Ostroverkh // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser.* : *Automobile and tractor construction: coll. Science. pr.* - Kharkiv: NTU "KhPI", 2020. - № 1. - P. 35-44.

Надійшла (received) 02.12.2022 р.

Відомості про авторів / About the Authors

Островерх Олександр Олександрович (Ostroverkh Alexander) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри автомобіле- і тракторобудування; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8334-0286>; e-mail: ostrov.sasha@gmail.com