

УДК 531.717

© Ю. М. Гузенко, к.т.н., доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ПЛІВОК ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

У статті розглядається удосконалення пристрою для визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач, який містить послідовно з'єднані з двома роликівими зразками амперметр, реостат, акумуляторну батарею і вимикач, а також жорстку струмопровідну пластину і паралельно з'єднаний із зразками вольтметр. Суть його удосконалення вирішується використанням трипозиційного перемикача, з'єданого своєю центральною клемою рухомої перемикачки з жорсткою струмопровідною пластину, а крайніми клемми по обидві сторони середньої нейтральної клемми з окремими зразками. Це спрощує конструкцію пристрою завдяки виключенню використання двох додаткових вольтметрів.

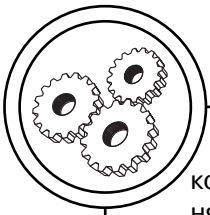
Ключові слова: пристрій; товщина; змащувальна плівка; випробування матеріалів; зубчаста передача; роликівий зразок; вольтметр; жорстка струмопровідна пластина; трипозиційний перемикач; кутова швидкість; падіння електричної напруги; мастильний матеріал.

Постановка проблеми

Переважно для визначення товщини змащувальних плівок в локальному контакті тертя використовують метод вимірювання між роликівими зразками величини падіння електричної напруги при пропусканні через них постійного струму в режимі нормального тліючого розряду [1]. Для реалізації вказаного методу широко використовується пристрій, який містить послідовно з'єднані з роликівими зразками амперметр, реостат, акумуля-

торну батарею й вимикач, а також паралельно з'єднаний із зразками вольтметр [2].

Використання такого методу й пристрою для його реалізації дозволяє при випробуваннях матеріалів зубчастих передач послідовно вимірювати падіння електричної напруги в режимі нормального тліючого розряду до подачі між роликівими зразками мастильного матеріалу, наприклад, нафтового масла, а потім в початковий момент та через певні проміжки часу після його подачі між рухомими зразками [3]. При



коченні з відносним проковзуванням зразків в початковий момент подачі між ними мастильного матеріалу утворюється масляна плівка, а через 50–60 хв. на їх робочих поверхнях утворюються самогенеруючі органічні плівки (СОП) максимальної товщини.

В результаті, товщину масляної плівки визначають за різницею падіння електричної напруги, виміряних послідовно до подачі та в початковий момент подачі мастильного матеріалу в зону контакту роликів зразків, а загальну товщину масляної плівки й СОП на робочих поверхнях зразків визначають за різницею падіння електричної напруги в початковий момент подачі між ними мастильного матеріалу та через 50–60 хв. після його подачі між зразками. Проте відсутність можливості визначення товщини СОП на робочій поверхні кожного зразка звужує можливості оцінки використання нафтових масел в умовах роботи зубчастих передач.

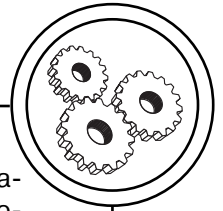
Аналіз попередніх досліджень

Попередні випробування матеріалів зубчастих передач проводилися при використанні модернізованої машини тертя СМЦ-2 [4] та модернізованого пристрою для визначення товщини масляної плівки, загальної товщини СОП, а також їх товщини на робочій поверхні кожного роликівого зразка, який крім послідовно з'єднаних з його роликівими зразками амперметра, реостата, акумуляторної батареї й вимикача, а також паралельно з'єднаного із зразками одного основного вольтметра допоміжно містить

ще два такі ж вольтметри й жорстку струмопровідну пластину [5]. Обидва допоміжні вольтметри одними своїми кінцями з'єднані між собою й жорсткою струмопровідною пластиною, а другими кінцями з'єднані з окремими зразками.

Випробування здійснювалися відповідно з роботою [6] при використанні роликівих зразків однакового діаметра, змащуванні їх маслом «Індустріальне 45», нагріванні масла у ванні під нижнім зразком, пропусканні через зразки постійного струму 1,5 А й визначенні товщини змащувальних плівок за величиною падіння електричної напруги в мілівольтах, а потім в мікрометрах. Разом з цим, випробування здійснювалися при ступінчастій зміні швидкості ковзання роликівих зразків.

Проведені експериментальні дослідження показали, що при відсутності між роликівими зразками жорсткої струмопровідної пластини та ступінчастій зміні їх швидкості ковзання від нуля до 0,628 м/с товщина масляної плівки поступово зменшується, а загальна товщина СОП на робочих поверхнях при зміні їх швидкості ковзання від нуля до 0,314 м/с збільшується й при зміні до 0,628 м/с також поступово зменшується. При встановленні між нерухомими зразками жорсткої струмопровідної пластини, утворена на робочій поверхні випереджаючого роликівого зразка товщина СОП поступово збільшується у всьому діапазоні швидкостей ковзання, а утворена товщина СОП на робочій поверхні відстаючого роликівого зразка при зміні швидкості ковзання від



нуля до 0,157 м/с збільшується, стабілізується й після досягнення швидкості ковзання 0,314 м/с зменшується.

Таким чином, при відсутності між робочими поверхнями роликів зразків жорсткої струмопровідної пластини можна здійснювати визначення товщини масляної плівки та загальної товщини СОП на робочих поверхнях зразків, а при встановленні між зразками жорсткої струмопровідної пластини можна здійснювати визначення товщини СОП на робочій поверхні кожного зразка. Проте використання в зазначеному пристрої для визначення товщини змащувальних плівок крім одного основного вольтметра ще двох додаткових вольтметрів ускладнює його конструкцію.

Мета роботи

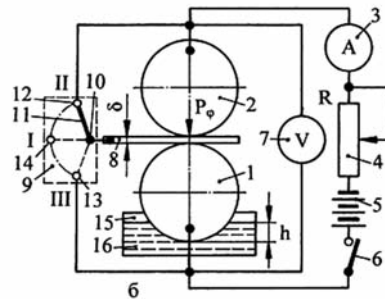
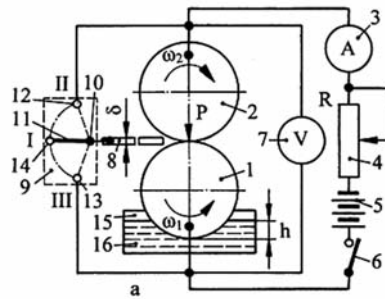
Спрощення конструкції пристрою для визначення товщини змащувальних плівок шляхом виключення використання в ньому крім одного основного вольтметра ще двох додаткових вольтметрів.

Результати проведених досліджень

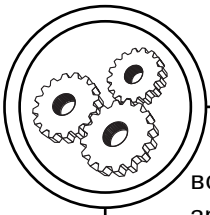
Досягнення в даній роботі поставленої мети здійснено удосконаленням пристрою (рис., а і б), який крім двох роликів зразків 1, 2, амперметра 3, реостата 4, акумуляторної батареї 5, вимикача 6, вольтметра 7 й жорсткої струмопровідної пластини 8 товщиною δ допоміжно містить трипозиційний перемикач 9. Такий перемикач 9 своєю центральною клемою 10, зв'язаною з його рухомою перемичкою 11, з'єднаний із струмопровідною

пластиною 8, а крайніми клемми 12, 13 по обидві сторони середньої нейтральної клемми 14, з'єднаний окремо з кожним роликівим зразком 1, 2 [7, 8].

Для змащування роликів зразків 1, 2 однакового діаметра під нижнім зразком 1 встановлюється ванна 15 з мастильним матеріалом 16. Однакова інтенсивність подачі мастильного матеріалу 16 між роликівими зразками 1, 2 забезпечується окунанням в нього нижнього зразка 1 на однакову глибину h , оскільки обертається з однакою кутю-



Принципова електрична схема пристрою для визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач: а — в умовах обертального руху роликів зразків; б — в умовах нерухомих зразків із встановленою між ними жорсткою струмопровідною пластиною



вою швидкістю ω_1 , а верхній зразок 2 із ступінчасто змінною кутовою швидкістю ω_2 .

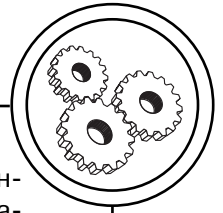
Спочатку трипозиційний перемикач 9 пристрою (рис., а) своєю рухомою перемичкою 11 встановлюють між його центральною клемою 10 й середньою нейтральною клемою 14 (положення I). Потім роликіві зразки 1, 2 при відсутності між ними струмопровідної пластини 8 приводять в обертальні рухи із своїми кутовими швидкостями ω_1 й ω_2 , а потім після їх навантаження радіальною силою P пропускають постійний струм та в режимі нормального тліючого розряду вольтметром 7 послідовно вимірюють падіння електричної напруги до подачі мастильного матеріалу 16 в зону контакту зразків 1, 2, в початковий момент подачі мастильного матеріалу 16 в зону їх контакту при утворенні між ними масляної плівки, а також через 50–60 хв. після подачі мастильного матеріалу 16 в зону контакту рухомих роликіві зразків 1, 2 при утворенні на своїх робочих поверхнях граничних змащувальних плівок у вигляді СОП максимальної товщини [9].

Загальну товщину масляної та утворених граничних плівок визначають за різницею падіння електричної напруги, виміряних до й через 50–60 хв. після подачі мастильного матеріалу 16 в контакт рухомих роликіві зразків 1, 2. Окремо товщину масляної плівки визначають за різницею падіння електричної напруги, виміряних до й в початковий момент подачі мастильного матеріалу 16 між поверхнями обох зразків 1, 2, а загальну товщину граничних

плівок, утворених на робочих поверхнях, визначають за різницею падіння електричної напруги, виміряних в початковий момент та через 50–60 хв. після подачі мастильного матеріалу 16 в контакт рухомих зразків 1, 2.

Після зупинки роликіві зразків 1, 2 та при попередньому положенні трипозиційного перемикача 9 між утвореними СОП на їх робочих поверхнях встановлюють струмопровідну пластину 8 (рис., б). Потім в такому їх стані через них пропускають постійний струм та в режимі нормального тліючого розряду плавно збільшують радіальну стискуючу силу P_ϕ , а по вольтметру 7 встановлюють падіння електричної напруги, яка за величиною є однаковою з її величиною при визначенні загальної товщини СОП після випробування на робочих поверхнях обох зразків 1, 2.

Не змінюючи такого положення роликіві зразків 1, 2, й встановленої між ними струмопровідної пластини 8 трипозиційний перемикач 9 пристрою встановлюють рухомою перемичкою 11 між своєю центральною клемою 10, з'єднаною із струмопровідною пластиною 8, й однією із його крайніх клем 12, яка з'єднана з верхнім зразком 2 (положення II). При такому встановленні трипозиційного перемикача 9 забезпечується коротке замикання верхнього зразка 2 між вольтметром 7 й струмопровідною пластиною 8, що дозволяє вольтметром 7 при пропусканні постійного струму в режимі нормального тліючого розряду вимірювати падіння електричної напруги між жорсткою струмопровідною пластиною



8 та нижнім зразком 1, за яким визначають товщину СОП на його робочій поверхні.

Зразу після вимірювання цього падіння електричної напруги й такому ж попередньому положенні роликів зразків 1, 2 та струмопровідної пластини 8 трипозиційний перемикач 9 пристрою встановлюють рухомою перемичкою 11 між своєю центральною клемою 10, з'єднаною з пластиною 8, й другою крайньою клемою 13, яка з'єднана з нижнім зразком 1 (положення III). В результаті такого встановлення трипозиційного перемикача 9 забезпечується коротке замикання нижнього зразка 1 між вольтметром 7 й пластиною 8, що дозволяє тим же вольтметром 7 при пропусканні постійного струму в режимі нормального тліючого розряду вимірювати падіння електричної напруги між пластиною 8 та верхнім зразком 2, за яким визначають товщину СОП на його робочій поверхні.

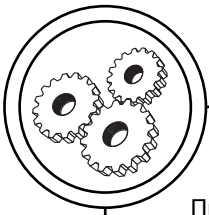
В результаті такого виконання й використання пристрою забезпечується можливість вольтметром 7 визначати загальну товщину масляної та граничних змащувальних плівок, окремо товщину масляної плівки, загальну товщину граничних змащувальних плівок у вигляді СОП на робочих поверхнях обох роликів зразків 1, 2, а також товщину цих СОП на робочих поверхнях окремих зразків 1 і 2, які утворилися в процесі випробування матеріалів закритих зубчастих передач [10].

Висновки

Удосконалений пристрій для визначення товщини різних змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач забезпечує можливість спрощення його конструкції. Це досягається завдяки використанню для вимірювання падіння електричної напруги тільки одного основного вольтметра й трипозиційного перемикача замість двох додаткових таких же вольтметрів.

Список використаної літератури

1. Райко М. В. Смазка зубчатых передач / М. В. Райко. Киев: Техника, 1970. 196 с.
2. Рещиков В. Ф. Трение и износ тяжело нагруженных передач / В. Ф. Рещиков. М.: Машиностроение, 1975. 245 с.
3. Райко М. В. Исследование смазочного действия нефтяных масел в условиях работы зубчатых передач: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.04 / М. В. Райко. Киев: КИИГА, 1974. 369 с.
4. Гузенко Ю. М. Розширення діапазонів відносних проковзувань роликів зразків на машині тертя СМЦ-2 для випробування матеріалів зубчастих передач / Ю. М. Гузенко, І. Т. Магеровський, Д. Ю. Розумний // Тези доповідей XIV Міжнародної наук.-техн. конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». Севастополь: СНТУ, 2013, ч 2. С. 54–55.
5. Патент на изобретение № 2055344 Российская Федерация. МПК6 G 01 N 3/56. Способ определения толщины граничных смазочных пленок при испытаниях материалов зубчатых передач / Ю. М. Гузенко. Заявл. 07.09.1990. Опубл. 27.02.1996. Бюл. № 6. 4 с.
6. Гузенко Ю. М. До питання визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач друкарської техніки / Ю. М. Гузенко // Технологія і техніка друкарства. 2017. № 4(58). С. 60–68. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(58\).2017.132651](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(58).2017.132651).



7. Патент на винахід № 42234 Україна. МПК7 G 01 N 3/56; F 16 H 57/00. Пристрій для визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач / Ю. М. Гузенко; НТУУ «КПІ». Заявл. 29.11.2000; Опубл. 15.10.2001. Бюл. № 9, 2001. 6 с.

8. Гузенко Ю. М. Удосконалений пристрій для визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач / Ю. М. Гузенко, В. І. Туровський, С. Ю. Перелай // Тези доповідей XIV Міжнародної наук.-техн. конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». Севастополь: СНТУ, 2013, ч. 2. С. 56–58.

9. Гузенко Ю. М. Удосконалений метод визначення товщини змащувальних плівок при триботехнічних випробуваннях матеріалів зубчастих передач / Ю. М. Гузенко, О. П. Красавін, М. І. Кваша // Тези доповідей XII Всеукраїнської молодіжної наук.-техн. конференції «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї-наука-виробництво». Київ: НТУУ «КПІ», 2012. С. 21–23.

10. Друкарське устаткування: Підручник / Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, О. В. Босак. Львів: УАД, 2005. 468 с.

References

1. Rayko, M. V. (1970). *Smazka zubchatykh peredach*. Kiev: Tehnika [in Russian].

2. Reshchikov, V. F. (1975). *Trenie i iznos tjazhelonagruzhennykh peredach*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

3. Rayko, M. V. (1974). *Issledovanie smazochnogo deystviya neftyanykh masel v usloviyakh raboty zubchatykh peredach*. Kiev: KIIGA [in Russian].

4. Huzenko, Yu. M. & Maherovskiy, I. T. & Rozumnyi, D. Yu (2013). Rozshyrennia diapazoniv vidnosnykh prokovzuvan rolykovykh zrazkiv na mashyni tertia SMTs-2 dlia vyprobuvanniakh materialiv zubchastykh peredach. *Journal of Tezy dopovidei XIV Mizhnarodnoi nauk.-tekhn. konferentsii 'Prohresyva tekhnika, tekhnolohiia ta inzhenerna osvita'*, 54–55. Sevastopol: SNTU [in Ukrainian].

5. Guzenko, Yu. M. *Sposob opredelenija tolshchiny granichnykh smazochnykh plenok pri ispytaniyakh materialov zubchatykh peredach* // Patent № 2055344. Russian Federation. G 01 N 3/56. Publish 27.02.1996 [in Russian].

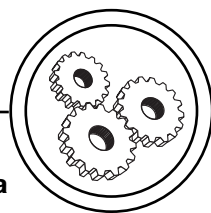
6. Huzenko, Yu. M. (2017). Do pytannia vyznachennia tovshchyny zماشчуvalnykh plivok pry vyprobuvanniakh materialiv zubchastykh peredach drukarskoi tekhniki. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva*, 4(58), 60–68. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(58\).2017.132651](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(58).2017.132651) [in Ukrainian].

7. Huzenko, Yu. M. *Prystrii dlia vyznachennia tovshchyny zماشчуvalnykh plivok pry vyprobuvanniakh materialiv zubchastykh peredach* // Patent № 42234. Ukraine. G 01 N 3/56; F 16 H 57/00. Publish 15.10.2001 [in Ukrainian].

8. Huzenko, Yu. M. & Turovskyi, V. I. & Perelai, S. Yu. (2013). Udokonalenyi prystrii dlia vyznachennia tovshchyny zماشчуvalnykh plivok pry vyprobuvanniakh materialiv zubchastykh peredach. *Journal of Tezy dopovidei XIV Mizhnarodnoi nauk.-tekhn. konferentsii 'Prohresyva tekhnika, tekhnolohiia ta inzhenerna osvita'*, part 2, 56–58. Sevastopol: SNTU [in Ukrainian].

9. Huzenko, Yu. M. & Krasavin, O. P. & Kvasha, M. I. (2012). Udokonalenyi metod vyznachennia tovshchyny zماشчуvalnykh plivok pry trybotekhnichnykh vyprobuvanniakh materialiv zubchastykh peredach. *Journal of Tezy dopovidei XII Vseukrainskoi molodizhnoi nauk.-tekhn. konferentsii 'Mashynobuduvannia Ukrainy ochyma molodykh: prohresyvni idey-nauka-vyrobnnytstvo'*, 21–23. Kyiv: NTUU 'KPI' [in Ukrainian].

10. Chekhman, Ia. I. & Senkus, V. T. & Didych, V. P. & Bosak, O. V. (2005). *Drukarske ustatkuvannia*. Lviv: UAD [in Ukrainian].



В статье рассматривается усовершенствование устройства для определения толщины смазочных пленок при испытаниях материалов зубчатых передач, которое содержит последовательно соединенные с двумя роликовыми образцами амперметр, реостат, аккумуляторную батарею и выключатель, а также жесткую токопроводящую пластину и параллельно соединенный с образцами вольтметр. Суть его усовершенствования решается использованием трехпозиционного переключателя, соединенного своей центральной клеммой подвижной перемычки с жесткой токопроводящей пластиной, а крайними клеммами по обе стороны средней нейтральной клеммы с отдельными образцами. Это упрощает конструкцию устройства благодаря исключению использования двух дополнительных вольтметров.

Ключевые слова: устройство; толщина; смазочная пленка; испытание материалов; зубчатая передача; роликовый образец; вольтметр; жесткая токопроводящая пластина; трехпозиционный переключатель; угловая скорость; падение электрического напряжения; смазочный материал.

The article discusses the improvement of the device for determining the thickness of lubricating films during materials testing gear, which contains sequentially connected to the two roller samples ammeter, rheostat, battery and switch, as well as the hard conductive plate and connected in parallel with the voltmeter samples. The essence of it improvements solved using the three-position switch connected to its center terminal of the movable jumper with a rigid conductive plate, and the extreme terminals on both sides of the middle neutral terminal with separate samples. This simplifies the design of the device by eliminating the use of two additional voltmeters.

Keywords: device; thickness; lubricant film; testing the materials; gear transmission; roller sample; voltmeter; rigid conductive plate; three-way switch; angular velocity; drop of electric voltage; lubricant.

Рецензент — Л. Ф. Головки, д.т.н.,
професор, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 23.10.18