

(x_2) і $t_P(x_3)$, а також ефекту взаємодії p_H і $Q_n(x_1x_2)$ на момент опору планшайби насоса M_C .

3. Виявлено, що зі збільшенням тиску на виході насоса p_H і подачі Q_n момент опору планшайби насоса M_C зменшується, так як коефіцієнти b_1 і b_2 вийшли від'ємними. При цьому більший вплив в діапазоні вибраних рівнів варіювання факторів здійснює подача насоса Q_n ($b_2 > b_1$). При збільшенні температури робочої рідини t_P момент опору планшайби насоса M_C зменшується, але вплив цього фактору менш значний, чим вплив тиску на виході насоса p_H і подачі Q_n , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

4. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

Література

1. Прокофьев В. Н. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / Под ред. В. Н. Прокофьева. – М.: Машиностроение, 1969. – 496с.
2. Буренников Ю. А. Удосконалення схем регуляторів подачі насосів гідросистем, чутливих до навантаження, та їх статичні характеристики / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник ВПІ. – 2004. – № 5. – С.88-92
3. Буренников Ю. А. Експериментальний стенд для дослідження характеристик гідроприводу з насосом змінної продуктивності / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Промислова гідраліка і пневматика – 2007. – № 4 (18). – С. 79-82
4. Буренников Ю. А. Динаміка системи керування регульованим насосом з автоматичним регулятором подачі / Ю. А. Буренников, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»). – Луцьк, 2009. – Випуск 25, частина II. – С.26-30
5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М.: Наука, 1976. – 280с.

Надійшла 9.11.2009 р.

УДК 621.891

В.П. СВИДЕРСЬКИЙ, Л.П. МЕЛЬНИЧУК, В.С. НАРАЄВСЬКИЙ
Хмельницький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАТЯЖНОГО БАШМАКА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ – 21011

Виконано аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільчого механізму автомобіля ВАЗ – 21011. Обґрунтовано вибір матеріалу для заміни базового матеріалу башмака газорозподільчого механізму. Виконані лабораторні дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів башмака газорозподільчого механізму показали доцільність застосування в якості башмака матеріалу графелон-20.

The analysis of operation and kinds of wearing of the gas-distributing gear VAZ-21011 shoe is determined. Selection of the material for replacing of the basis material of the gas-distributing gear shoe is grounded. The laboratory investigations of the wear of the antifriction materials of the gas-distributing gear shoe show the necessity of application the material Graphelon-20 as a shoe.

Ключові слова: газорозподільчий механізм, зносостійкість, графелон-20.

Вступ

Двигун внутрішнього згорання складається із трьох систем і двох механізмів: кривошипно-шатунний механізм, механізм газорозподілу, система мащення, система охолодження, система живлення й система запалювання.

Розподільний вал – чавунний, встановлений на п'яти опорних шийках та обертається в алюмінієвому литому корпусі в підшипниках ковзання, встановлений на головці циліндрів [1]. До передньої частини розподільчого валу кріпиться ведуча зірочка. Від осьових переміщень вал утримується опорним фланцем, що розміщений у проточці передньої опорної шийки розподільчого валу. Привід розподільного валу здійснюється від ведучої зірочки 5 (рис. 1) колінчастого валу дворядним втулково-роликівим ланцюгом 2. Цим же ланцюгом приводиться в рух зірочка 4 вала приводу масляного насоса. Ланцюговий привід має напівавтоматичний натяжник 8 із башмаком 7 та заспокоювачем 3 ланцюга з гумовими накладками.

У нижній частині блоку циліндрів встановлений обмежувальний палець 6, який запобігає спаданню ланцюга в картер при знятій зірочці 1 розподільчого валу. Натяжник складається з корпусу 2 (рис. 2), стержня 3 з двома пружинами, плунжера 7 та ковпачкової гайки 1 з зажимним сухарем 9, який фіксується в гайці з стопорним кільцем 4. Пружина 8 діє на стержень через шайбу 6. Плунжер утримується від випадання

з корпусу стопорним кільцем 4.

Після відкручування гайки 1 стержень 3 звільняється, пружина 5 та 8 тиснуть на плунжер 7, а він – на башмак, таким чином, ланцюг натягується. Після затягування гайки 1 стержень зажимається цангами сухаря 9, та при роботі двигуна на плунжер 7 діє тільки пружина 5. Вона відтягує плунжер від головки стержня 3, і в зазор між ними затікає мастило, що грає роль амортизатора при ударах ланцюга. Завдяки гарантованому зазору 0,2 – 0,5 мм між стержнем 3 та плунжером 7 при сильних ударах ланцюга вступає в дію пружина 8. Для розрізнення башмаків натяжника ланцюга зроблена мітка на торцевій поверхні кронштейна.

Для правильного взаємного розташування зірочок, тобто для встановлення фаз газорозподілу існують верхні і нижні установчі мітки. Верхні розміщені на зірочці розподільчого валу й корпусі підшипників. Нижні мітки – на зірочці колінчастого валу й блоці циліндрів. Дворядний втулково-роликівий ланцюг у двигуні автомобіля ВАЗ призначений для приведення в дію механізму газорозподілу.

Натяжний башмак ланцюга газорозподільного механізму автомобіля ВАЗ виготовлений у вигляді колодки зі сталі Ст. 10, на яку вулканізовано гумову накладку. Гумова накладка натяжного башмака – це СКН – бутадієнітрильний каучук – продукт сумісної полімеризації бутадієна з нітрилом акрилової кислоти. Залежно від складу каучук випускають наступних марок: СКН – 18, СКН – 26, СКН – 40. Наявність

у молекулах каучука групи CN надає йому полярні властивості. Чим вища полярність каучука, тим вищі його механічні і хімічні властивості, і тим нижча морозостійкість (наприклад, для СКН – 18 від – 50 до – 60°C, для СКН – 40 від – 26 до – 28°C). Для натяжника застосовується каучук СКН – 40. Вулканізують СКН за допомогою сірки. Гуми на основі СКН можуть працювати в середовищі бензину, палива, масел в інтервалі температур від – 30 до 130°C.

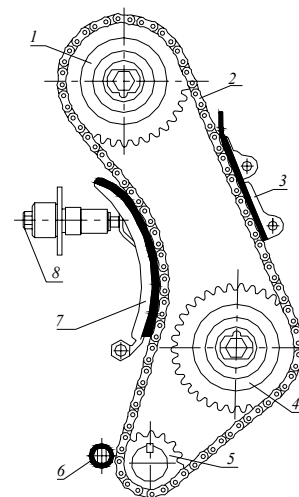


Рис. 1. Ланцюговий привід автомобіля ВАЗ – 21011: 1 – зірочка, 2 – ланцюг, 3 – заспокоювач, 4 – зірочка валу привода масляного насоса, 5 – ведуча зірочка, 6 – обмежувальний палець, 7 – башмак, 8 – натяжник

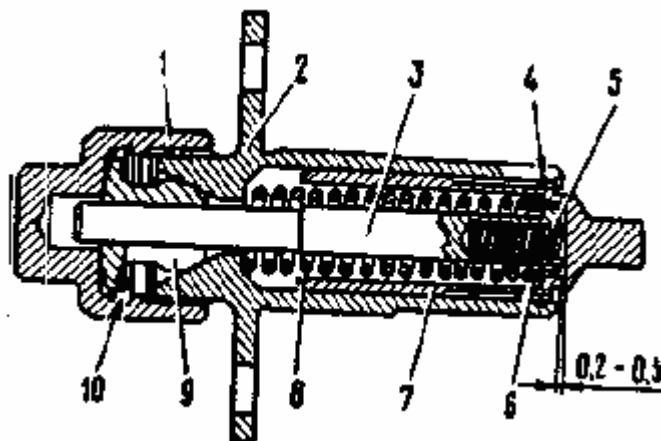


Рис. 2. Натяжник ланцюга: 1 – ковпачкова гайка, 2 – корпус, 3 – стержень, 4 – стопорне кільце, 5, 8 – пружини, 6 – шайба, 7 – плунжер, 9 – сухар, 10 – ущільнення

Ланцюг автомобіля ВАЗ дворядний і складається з таких частин: валиків, втулок, роликів, пластин зовнішніх та внутрішніх. Валики виготовляють зі сталі 40X. Зі збільшенням вмісту вуглецю зростає міцність, але знижується пластичність і в'язкість. Прокаленість хромистої сталі 40X невелика. Хромисті сталі схильні до відпускнуї ламкості, тому після високого відпуску охолодження повинно бути швидким, для малих деталей – в маслі і для великих – в воді. Втулки і ролики виготовляють із сталі 45. Прокаленість сталі невелика; критичний діаметр після загартування в воді не перевищує 10 – 12 мм (95 % мартенситу). Зовнішні й внутрішні пластинки ланцюга виготовляють із сталі 65Г. Ця сталь має підвищену міцність та зносостійкість й пружні властивості; застосовують її після загартування й відпуску, нормалізації й відпуску й поверхневого загартування для деталей, які працюють в умовах тертя при наявності високих статичних вібраційних навантажень.

Мета досліджень.

Виконати аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільного механізму автомобіля ВАЗ – 21011. Обґрунтувати вибір матеріалу для заміни базового матеріалу башмака газорозподільного механізму. Виконати лабораторні дослідження зносостійкості антифрикційних матеріалів башмака газорозподільного механізму: каучука і графелону-20.

Основний розділ.

1.1 Види відмов деталей та вузла в цілому

У даному вузлі тертя найчастіше трапляються такі відмови, як розрив ланцюга приводу газорозподільного механізму, через надмірно великі навантаження, обрив заспокоювача та натяжного башмака в результаті ослаблення ланцюга та надмірного його биття по ньому, велике зношування зірочок приводу газорозподільного механізму, ланцюга, заспокоювача, та натяжного башмака.

Основний ресурс роботи газорозподільного механізму становить 60000 кілометрів пробігу автомобіля. А отже, оскільки ланцюг і натяжний башмак ланцюга працюють у системі газорозподільного механізму і є невід'ємними частинами, тобто головними частинами в газорозподільному механізмі, то їх ресурс теж становить 60000 кілометрів [1].

1.2 Аналіз умов роботи і видів зношування башмака

Розрахунковий максимальний контактний тиск в спряженні башмак-ланцюг складає 11.2 МПа. Шлях тертя визначили з виразу:

$$s = s_l \cdot \kappa_n; \quad (1)$$

де s_l – шлях, який пройшов ланцюг по башмаку за одну годину; κ_n – коефіцієнт перекриття;

$$s_l = l_{\sigma} \cdot n_y; \quad (2)$$

l_{σ} – довжина башмака; n_y - кількість циклів за одну годину; $s_l = 30.6 \text{ км}$

$$\kappa_n = \frac{a_k \cdot 8}{s_{\sigma}}, \quad (3)$$

a_k – площа контакту, s_{σ} - площа башмака.

$\kappa_n = 0,094$; $s_l = 30.6 \text{ км}$

У даному вузлі тертя, тобто між ланцюгом і натяжним башмаком має місце абразивний і втомлювальний знос [2]. Ці зношування виникають завдяки дії граничного тертя.

Абразивне зношування характеризується процесами безпосередньої взаємодії контактуючих поверхонь тертя з абразивними частинками. Результатом абразивного зношування є інтенсивне руйнування робочих поверхонь деталей машин.

У результаті взаємодії абразивних частинок процес руйнування може відбуватись:

- а) шляхом мікрорізання;
- б) шляхом багаторазового пластичного деформування поверхневих шарів;
- в) шляхом ударно-механічного деформування.

Абразивне зношування викликає ґрунт, руда, вугілля й порода, зола, пил, які попали на поверхню тертя, металева стружка, окисні плівки, які закріплені на поверхні тертя чи зруйновані, нагар, і продукти зношування, особливо викришені частинки твердих структурних складових.

Абразивні частинки можуть мати різну форму і бути по-різному розміщені відносно спряженої поверхні. Здатність абразивного зерна втискуватись в поверхню залежить не тільки від співвідносності їх твердостей, але й від геометричної форми зерна.

При допущенні, що середовище неагресивне до поверхні деталі, слід розрізнити два випадки взаємодії абразивних частин із матеріалом.

1. Удар прямий, кут атаки $\alpha = 90^\circ$. Залежно від маси частинок, швидкості їх падіння, властивостей абразиву й фізико-механічних властивостей матеріалу деталі виникають пружна деформація, пластична деформація, крихке руйнування, перенаклеп з відокремленням матеріалу у вигляді луски.

2. Косий удар, $0 < \alpha < 90^\circ$. При кутах атаки не більше кута тертя на характер пошкодження поверхні значно впливає дотична складова імпульсу й опір матеріалу дії дотичних сил на поверхню. У гуми швидкість зношування зменшується при збільшенні кута атаки до кута тертя, а потім стає постійною; у інших матеріалів залежно від співвідношення твердостей абразиву й матеріалу зношуваної поверхні швидкість зношування може постійно зростати і досягти максимальної величини при деякому куті атаки, а потім спадати.

В одних випадках зносостійкість гуми в декілька разів вища, ніж загартованої сталі, в інших випадках (при нулевому куті атаки) зносостійкість гуми нижча, ніж сталі, у зв'язку з фрикційною природою втомлюваного пошкодження поверхні. Щоб зменшити дію абразивного зношування, потрібно вчасно замінювати мастило й фільтруючий елемент.

Втомлювальний знос представляє собою вид механічного зношування в результаті втомлювального руйнування при багаторазовому повторному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару. Цей процес має прихований латентний період, внаслідок якого здійснюється накопичення пошкоджень всередині матеріалу. До особливостей пластичної деформації поверхневих шарів при терті відносяться локалізація деформацій у найтонших поверхневих шарах, фізико-хімічна, структурна й термічна активність поверхневого шару при терті. Протікання пластичної деформації в поверхневому шарі має дві стадії. На першій стадії наявність великої кількості невідосконалень роблять легшим рух дислокацій. Взаємодія дислокацій при подальшій деформації приведе до їх самогальмування й сприяє виходу полос ковзання на поверхню, підвищуючи цим самим напруження течії. Внаслідок порушення структури кристалістичної решітки в результаті механічних, термічних і хімічних факторів у матеріалі виникають внутрішні напруження. Наявність у поверхневому шарі розтягуючих напружень знижує його зносостійкість. У

процесах пластичного деформування при терті приймають участь також сторонні тверді тіла, які потрапляють у зону контакту із зовнішнього середовища й з мастильним матеріалом. Дія сторонніх тіл у зоні контакту на процеси зношування неоднозначна й залежить від розмірів і форми частинок, їх механічних властивостей, співвідношення твердості частинок і спряжених поверхонь. Ці частинки можуть приймати участь в деформуванні поверхневого шару, руйнуватись і дробитись на більш мілкі фрагменти під дією сил в контакті, можуть пошкоджувати м'які поверхні, різати і пластично деформувати, швидко змінюючи характер пластичного деформування поверхневих шарів. При визначеній геометрії й закріпленні частинки в одному з тіл вона може працювати як різець, і зрізати зі спряженої поверхні стружку. Утворення стружки є одним із видів пластичного деформування матеріалу і виникає шляхом зсуву ділянок матеріалу по лініях ковзання. Матеріал стружки може виноситись із зони контакту у вигляді продуктів зносу чи брати участь у подальшому деформаційному процесі поверхневого шару. Винесення частинок із зони контакту можливе шляхом переміщення третього тіла до границі контакту, винесення з мастильним матеріалом, зняття частинок при повторній взаємодії деталей. Час існування частинок у контакті й винесення із зони контакту залежить від геометрії вузла тертя, коефіцієнту взаємного перекриття, кінематики відносного руху деталей, наявності мастильного матеріалу, порожнин для осадження продуктів зносу.

На деформування пружно-деформаційного стану фрикційного контакту здійснюють великий вплив фактори силового впливу, обумовлені динамікою роботи вузлів і деталей, кінематикою спряження й формою деталей. Велику роль відіграють вібраційні й ударні навантаження. У вузлі тертя спряжені деталі знаходяться в неоднакових умовах. Шлях тертя точок поверхонь контакту спряжених деталей неоднаковий. Напружено-деформаційний стан залежить від форми й співвідношення твердостей поверхонь.

При встановленому режимі зношування вид поверхонь тертя й інтенсивність зношування залежать від властивостей фрикційного контакту й режимів роботи. При зміні режимів і умов роботи змінюються товщини поверхневого і приповерхневого шарів, також змінюється склад і властивості поверхневого шару.

Зміна масштабів і характеру фрикційного руйнування, зміна структурного стану речовини поверхневих шарів проходить скачкоподібно, що проявляється на ході кривої зношування. Ця зміна виникає при певній комбінації режимних параметрів: навантаження, температури й швидкості.

Втомлювальне зношування виникає в результаті багаторазового пластичного й пружного відтиснення матеріалу. Цей процес має прихований латентний період, внаслідок якого виникає накопичення пошкоджень всередині металу, оскільки тверді тіла, в тому числі метали, неоднорідні, тріщини втоми виникають на недосконалостях структури кристалу. У результаті повторюваних дій на поверхню тертя втомливі тріщини збільшуються по числу і глибині. Достатньо $10^6 - 10^7$ циклів для руйнування матеріалу навіть при малих напруженнях.

При терті полімерів пружні деформації викликають утворення втомливих тріщин, які розміщуються в поперечному напрямку по відношенню до швидкості ковзання. Ці тріщини ведуть до руйнування фрикційного вузла.

Для ударно-втомливого зношування характерне поступове формування рельєфу й повільне збільшення зношування. Поверхня зношування не має явно визначеного рельєфу у вигляді рисок і лунок, і в результаті співудару зразків високої твердості згладжуються початкові нерівності і технологічна шорсткість на поверхні.

1.3 Порівняння фізико-механічних властивостей матеріалів “графелон-20” і “каучук СКН-40”

На автомобілях ВАЗ у газорозподільчому механізмі найчастіше виходить із ладу натяжний башмак ланцюга ГРМ. Натяжний башмак ланцюга складається з металевої колодки, на яку наклеєно гумову накладку, яка дуже швидко зношується під дією на неї ланцюга. Щоб забезпечити довговічність роботи башмака, і в цілому всього газорозподільчого механізму потрібно здійснити заміну матеріалу заспокоювача.

Пропонується використати матеріал графелон-20, на основі ароматичного поліаміду [3], який стійкий до ударів і зношування під дією тертя, а також стійкий до високих температур: 180-320 °С. Порівняння фізико-механічних властивостей матеріалів графелон-20 і каучука СКН-40 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості матеріалів графелон-20 і каучука СКН-40

Найменування	Графелон-20	Каучук СКН- 40
Характеристики матеріалу		
Модуль пружності при стиску, МПа	4 – 5	2 – 2.5
Температура крихкості, °С	-80	-45
Відносне видовження при розриві, %	6.6	4.5
Руйнуючі напруження при розтягу, МПа	80 – 90	60 – 70

Аналіз фізико-механічних характеристик досліджуваних матеріалів показав, що матеріал графелон-20 переважає каучук СКН-40.

1.4 Методика та результати лабораторних випробувань

За основу лабораторних випробувань був обраний метод випробувань на зношування за схемою “перехресних циліндрів”.

Контактування відбувається за наступних умов [4]:

- 1) розглядається контакт двох перехресних циліндрів, проекції осей яких перетинаються під кутом 90° , радіуси циліндрів r_1 і r_2 у загальному випадку різні: $r_1 \neq r_2$;
- 2) циліндри притискаються один до одного постійним навантаженням Q ;
- 3) циліндр 1 – обертовий, не зношується, циліндр 2 – не обертовий, зношується;
- 4) під час дослідження утворюється еліптична площадка контакту, розміри якої a і b періодично вимірюються; у результаті іспиту стають відомими експериментальні функції $a(s)$ і $b(s)$, де s – шлях тертя;
- 5) знос $u_w(s)$ необертового циліндра відбувається за моделлю сталого зносу. При $r_1 = r_2$ результат умови контактування куль.

Випробування проводились за наступних умов:

частота обертання робочого валу $n = 900$ об/хв; діаметр робочого валу $d_g = 16$ мм; діаметр випробовуваного зразка $d_{1z} = 10$ мм, загальне навантаження на контакт $Q = 0,1$ кг.

Під час випробувань через визначений проміжок часу вимірювалися розміри осей еліптичної плями контакту, що позначаються $2a$ і $2b$.

Еквівалентний радіус кола визначали по співвідношенню $a = (a^* b)^{0.5}$.

Результати випробувань на знос зразків з матеріалів графелон-20 і качука СКН-40 наведені на рис. 3.

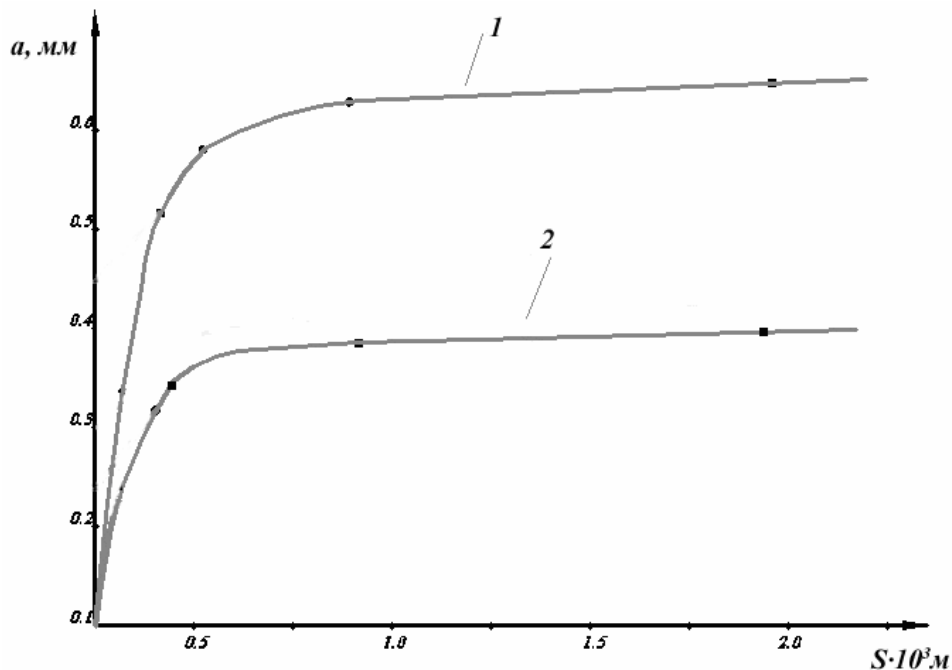


Рис. 3. Залежність розміру площадки контакту (a) від шляху тертя (S): 1 – каучук СКН-40, 2 – графелон-20

Аналіз отриманих результатів показав, що накладки башмака, виготовлені з матеріалу графелон-20 за зносостійкістю переважають накладки з матеріалу каучук СКН-40 в 1,74 разів.

Висновки

1. Виконано аналіз роботи і видів зношування башмака газорозподільчого механізму автомобіля ВАЗ – 21011.
2. Обґрунтовано вибір матеріалів для заміни базового матеріалу башмака газорозподільчого механізму.
3. Результати лабораторних досліджень показали, що в якості накладок башмака газорозподільчого механізму доцільно застосовувати матеріал графелон-20.

Література

1. Карагодін В. И., Митрохін Н. Н. Ремонт автомобілей і двигателів: Учеб. для студ. проф. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр.
2. Автомобілі “Жигулі” моделей ВАЗ – 2101, – 2102, – 21011, – 21013: Устройство и ремонт/ В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. В. Новокшенов, К. Б. Пятков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
3. Сиренко А. Г. Антифрикционные карбопластики. – К.: Техника, 1985. – 195 с.
4. Кузьменко А. Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навч. посібник для студ. вищих навч. закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.

Надійшла 17.11.2009 р.