

УДК 621.548  
UDC 621.548

### КЛАСИФІКАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВОМАСОВИХ МАХОВИКІВ У ПРИВОДАХ АВТОМОБІЛІВ ТА ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

Кіндрацький Б.І., доктор технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, me@in.lviv.ua, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Літвін Р.Г., Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

### THE CLASSIFICATION OF MALFUNCTION OF DUAL MASS FLYWHEEL IN AUTOMOTIVE VEHICLES DRIVES AND CAUSES OF THEIR APPEARANCE

Kindratskyi B.I., Doctor of Technical Science, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, me@in.lviv.ua, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Litvin R.H., Postgraduate student, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

### КЛАСИФІКАЦІЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВОМАССОВЫХ МАХОВИКОВ В ПРИВОДАХ АВТОМОБИЛЕЙ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Киндрацкий Б.И., доктор технических наук, Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Литвин Р.Г., Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

Постановка проблеми. Виробники автомобілів у боротьбі за екологічність та економічність транспортних засобів, намагаються розширити діапазон крутного моменту двигуна з можливістю роботи на низьких обертах. Відповідно такі двигуни генерують великі крутильні коливання, для поглинання яких був сконструйований двомасовий маховик (ДММ), оскільки традиційний демпфер у вигляді пружин, розташованих у веденому диску зчеплення з таким завданням справитися вже не міг. Так, автомобільна промисловість західної Європи у 1996 р. випускала лише 10% автомобілів з механічною коробкою перемикачів передач (МКПП) обладнаних ДММ, сьогодні близько 85% всіх випущених європейських легкових автомобілів з МКПП обладнані ДММ, ця динаміка значною мірою показує перспективність застосування ДММ на автомобілях.

Завдяки ефективній роботі ДММ, на трансмісію автомобіля передаються значно менші крутильні коливання, що, у свою чергу, підвищує довговічність її компонентів. Також при використанні ДММ в автомобілі перемикачів передач стає комфортнішим.

Проте ДММ, як і будь-який інший пристрій, здатний виходити з ладу, тому аналіз несправностей ДММ, причин їх виникнення та збір статистичних даних про пробіги до поломки дасть можливість виявити найпоширеніші з них і розробити рекомендації щодо підвищення терміну експлуатації ДММ.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Праці [1-4] присвячені вивченню геометрії ДММ, моделюванню в середовищі MatLab, створенню експериментальних установок, дослідженню крутильних коливань генерованих двигуном та пошуку шляхів їх зменшення, розрахунку основних елементів ДММ.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Однак у наведених працях недостатньо приділено уваги несправностям ДММ та факторам які впливають на їх виникнення. Тому, аналіз несправностей ДММ, збір пробігів та характерних симптомів виникнення несправностей на автомобільних форумах та станції технічного обслуговування (СТОА) є актуальною задачею, оскільки дасть можливість з'ясувати, які основні несправності ДММ, в результаті чого вони виникають та в подальшому проводити дослідження щодо їх усунення.

Мета та завдання досліджень. Аналіз несправностей ДММ, збір статистичних даних пробігів до настання несправностей ДММ у приводах автомобілів, порівняння зібраних даних з заявленими виробниками, надання рекомендацій щодо запобігання виникненню типових несправностей.

Виклад основного матеріалу. Двомасовий маховик, складається з первинної та вторинної мас, які з'єднані між собою з допомогою пружинно-демпферної системи, упорного та радіального підшипників з можливістю відносного повертання первинної та вторинної мас на 60 – 75°, залежно

від виду ДММ. Всередині первинної маси розміщені дугові пружини в кількості від 32 до 54 штук, а радіус їх встановлення складає від 120 мм [6]. Пружини розділені між собою пластиковими сепараторами для зменшення тертя між пружинами та пружин об корпус ДММ. Пружини та сепаратори, які розміщені в первинній масі ДММ, заповнені консистентним мастилом та закриті ущільнювальною кришкою. У процесі роботи приводу автомобіля ДММ сприймає навантаження, яке змінюється у широких межах як за величиною, так і за частотою. Тому пробіг ДММ, порівняно з одномасним маховиком, є обмеженим та істотно залежить від багатьох факторів.

З метою виявлення реального пробігу ДММ, аналізу причин виникнення і класифікації несправностей ДММ були зібрані статистичні дані (табл. 1) з автомобільних форумів [12, 13, 16] і СТОА «Негабарит-Сервіс», м. Ковель (дані пробігів, марок, моделей автомобілів, типів встановлених двигунів та характерних симптомів, якими супроводжувалося виникнення несправності).

Таблиця 1 – Статистика пробігів автомобілів до настання несправності ДММ

Table 1 – Statistics of car mileage before the onset malfunction of DMF

№	Автомобіль			Пробіг до настання несправності, тис. км	Симптоми
	Марка	Модель	Тип двигуна та КПП		
1	2	3	4	5	6
1	Ford	Focus	Дизельний, МКПП	224	Сторонні звуки на холостих обертах
2	VW	B5	Дизельний, МКПП	70	Стук на холостих обертах двигуна. Скрегіт при різкому наборі швидкості
3	Hyundai	ix35	Дизельний, МКПП	86, 67	Сторонні звуки при збільшенні обертів двигуна
4	Ford	Mondeo	Дизельний, МКПП	60	Стук при роботі двигуна на холостому ході, при рушанні скрегіт, при водінні стук та вібрація
5	Skoda	Octavia	Дизельний, МКПП	71	Скрегіт, при витиснутій педалі зчеплення до половини. При повністю витиснутій педалі зчеплення скрегіт відсутній
6	Volvo	S60	Бензиновий, МКПП	231,7	Сторонні звуки на холостих обертах двигуна і в процесі водіння
7	Skoda	Octavia	Бензиновий, МКПП	176	Значна вібрація на холостих обертах та при прискоренні, незначна складність при перемиканні передач
8	Nissan	X-Trail	Дизель, МКПП	256	Вібрації в районі зчеплення, які збільшувалися при експлуатації автомобіля
9	BMW	5 series	Бензиновий, МКПП	281	Ривки при перемиканні передач, шум при натисканні педалі зчеплення
10	Fiat	Linea	Бензиновий, МКПП	80,5	Сторонній звук при роботі двигуна, стуки на холостих обертах, при натисканні на педаль зчеплення стуки зникають
12	VW	Jetta	Дизельний, МКПП	75	Вібрація на холостих обертах, при збільшенні обертів двигуна вібрація зникає, металевий стук, вібрація при натисканні на педаль зчеплення
13	Audi	TT	Бензиновий, МКПП	164,9	Шуми та стуки зі сторони ДММ
14	Ford	Kuga	Дизельний, МКПП	90	Скрегіт, який при натисканні педалі зчеплення зникає
15	VW	Caravelle GP	Дизельний, DSG	154,4	Ривки автомобіля при рушанні, значний шум зі сторони КПП при непрогрітому двигуні, при прогріванні зникає, вібрація на холостих обертах
16	Peugeot	407	Дизельний,	266,2	Сильний стук на холостих обертах,

У результаті проведеного авторами аналізу несправностей ДММ, останні були згруповані за характерними ознаками і поділені на три групи (рис. 1).

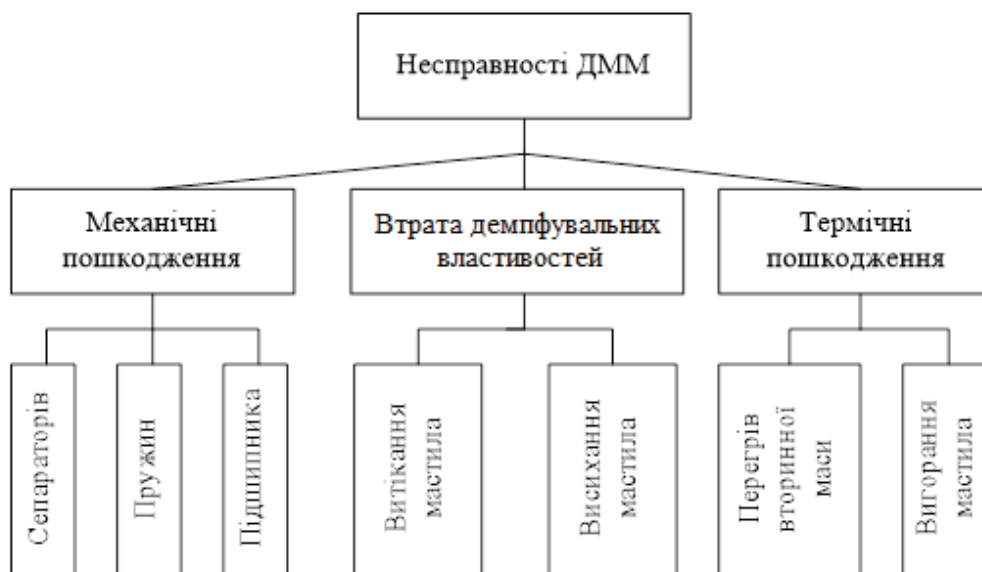


Рисунок 1 – Класифікація несправностей ДММ

Figure 1 – Classification of DMF malfunctions

Причинами виникнення механічних пошкоджень – руйнування сепараторів (рис. 2) та пружин (рис. 3) є перевищення максимального відносного кута закручування первинної і вторинної мас ДММ, коли він працює на гранично високих або непередбачених конструкцією режимах (спортивна манера керування автомобілем, часте гальмування двигуном, чіп-тюнінг двигуна, запуску та глушінні двигуна без витиснутої педалі зчеплення, різкому відпусканні педалі зчеплення при рушанні, а також втому матеріалу пружин при циклічному їх навантаженні: тривалій роботі на холостому ході, постійному керуванні транспортним засобом на низьких обертах, близьких до холостих, використанні системи «старт-стоп», буксируванні автомобіля на гнучкому зчепі, тривалому буксуванні автомобіля.

Заклинювання підшипника ДММ може виникнути у результаті недостатнього його мащення (висихання мастила), що призводить до руйнування ДММ, термічних впливів, його зношення або пошкодження.



Рисунок 2 – Руйнування сепараторів [12]

Figure 2 – Destruction of separators



Рисунок 3 – Руйнування пружин всередині ДММ [6]  
Figure 3 – Destruction of the springs inside the DMF

При механічних пошкодженнях ДММ, його робота супроводжується сильним шумом, скреготом, тріском, відчутні значні вібрації, стуки, що іноді унеможливує рух транспортного засобу [5 – 8, 11 – 14].

*Втрата демпфувальних властивостей ДММ* виникає у результаті його роботи в умовах підвищеного теплового навантаження, витікання мастила, зберіганні маховика понад 3 роки. При втраті демпфувальних властивостей робота ДММ також супроводжується шумом, відчутні значні вібрації, стук [7 – 9,14].

*Термічні пошкодження* – вигорання мастила в ДММ виникає через тривалу дію підвищеного температурного навантаження у результаті неправильної експлуатації (наприклад, тривале пробуксовування зчеплення). При впливі на ДММ теплових навантажень, його фрикційна поверхня з часом забарвлюється у відповідний колір, що при огляді дає змогу оцінити, яких саме теплових навантажень зазнавав ДММ (незначне, середнє, високе чи надмірно високе) [10,15].

Перелічені несправності зменшують ресурс роботи ДММ, часто істотно, порівняно з ресурсом, закладеним при його проектуванні, і це призводить до необхідності його заміни при виникненні поломки. Конструкція ДММ нерозбірна і жоден з виробників не передбачає і не рекомендує виконувати його ремонт чи відновлення, тому при настанні однієї з несправностей ДММ підлягає заміні. Оскільки ресурс деталей зчеплення складає близько 180 – 200 тис. км, з розрахунку типового європейського річного пробігу 15 тис. км [5,6], то ідеальним варіантом була б заміна ДММ разом із заміною зчеплення. Як видно з даних, наведених у табл. 1, мінімальний пробіг ДММ до настання поломки і виходу з ладу в понад три рази менший від максимального пробігу зчеплення до заміни.

Для запобігання виникненню перерахованих вище механічних пошкоджень і збільшення ресурсу ДММ слід намагатися керувати автомобілем на вищих обертах ніж холості, не виконувати різких стартів та зупинок автомобіля, не проводити чіп-тюнінг двигуна, запускати та глушити двигун тільки з витиснутою педалью зчеплення, уникати тривалої роботи двигуна (особливо дизельного) на холостих обертах.

Висновки. 1. Проаналізовано основні несправності ДММ, зібрано статистичні дані про пробіги автомобілів до настання несправностей ДММ.

2. З’ясовано що основними несправностями ДММ є руйнування пружин та сепараторів у результаті сприймання ними циклічних навантажень.

3. Надано рекомендації, яких потрібно дотримуватися для зменшення ймовірності виходу з ладу ДММ і підвищення терміну їх експлуатації.

Перспективи подальшого дослідження. Аналіз несправностей ДММ дозволив виокремити основні з них, і в подальшому доцільно зосередити дослідження на аналізі втомної міцності пружних елементів та шляхів її підвищення.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dighole D.G. Design and Development of Dual Mass Flywheel for Improving Energy Storage Capability / D.G. Dighole, Prof. R.S. Shelke, Prof. Dr. S.N. Shelke // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 7, July 2015, pp. 2359-2364.
2. Berbyuk V. Dual Mass Flywheel for Torsional Vibrations Damping. Parametric study for application in heavy vehicle / Supervisor: V. Berbyuk, H. Johansson, L. Wramner. Examiner: V. Berbyuk // Master's Thesis 2016:22, Department of Applied Mechanics, Chalmers university of technology, Gothenburg, Sweden 2016, 86 pages.
3. Shelke R.S. A Review paper on Dual Mass Flywheel system / Prof. R.S. Shelke, D.G. Dighole // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 1, January 2016, Department of Mechanical Engineering, Sir Visvesvaraya Institute of Technology, Nashik, Maharashtra, India, Savitribai Phule Pune University, pp. 326-331.
4. Baran P. Comparison of dynamic properties of dual mass flywheel / P. Baran, R. Grega // Diagnostyka, vol. 16, no. 1, 2015, *Olsztyn, Poland*, pp. 29-33.
5. «Одна правда о двухмассовом маховике». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ua.motofocus.eu/news/20518,odna-pravda-o-dvuhmassovom-mahovike>
6. Автокомпоненты «Двухмассовые маховики: перезагрузка». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.armtek.ru/downloads/Dvuhmassoviy-mahovik.pdf>
7. Информация по обслуживанию skoda auto, 1-я часть «Двухмассовый маховик, устройство, рабочая проверка, описание отказа, техническое описание продукции». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda\\_dvuhmassovy\\_mahovik\\_rus.pdf](http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda_dvuhmassovy_mahovik_rus.pdf)
8. «Признаки неисправности двухмассового маховика». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smagresta.ru/pages/malfunction-flywheel>
9. «Двухмассовый маховик симптомы поломки DMF». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozapuske.ru/mahovik/dvuhmassovuj-mahovik-simptomy-polomki-dmf.html#i>
10. СТО Ковш «Одна правда о двухмассовом маховике». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://kovsh.com/library/ice/crank\\_mechanism/flywheel/dmf/jdna\\_pravda\\_o\\_dvuhmfccovux-mahov](https://kovsh.com/library/ice/crank_mechanism/flywheel/dmf/jdna_pravda_o_dvuhmfccovux-mahov)
11. 11 Автомобильный портал «Двухмассовый маховик: конструкция, ресурс, причины поломки». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://5koleso.ru/articles/garazh/dvuhmassovyy-mahovik-konstrukciya-resurs-prichiny-polomki>
12. Драйв 2 «Сообщество машин и людей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/>
13. Партбокс «Двухмассовый маховик (ZMS) Причины выхода з строя». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://partbox.com.ua/dvuhmassovyy-mahovik>.
14. «Гид покупателя по выбору маховика». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka\\_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyboru-mahovika](http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyboru-mahovika)
15. «Двухмассовый маховик Технологические решения Диагностика неисправностей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/29086626-Dvuhmassovyy-mahovik-tehnologicheskie-resheniya-diagnostika-neispravnostey.html>
16. Международный автомобильный клуб «S-Max Galaxy». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.s-maxclub.ru/forum/index.php?showtopic=4086>

## REFERENCES

1. Dighole D.G. Design and Development of Dual Mass Flywheel for Improving Energy Storage Capability / D.G. Dighole, Prof. R.S. Shelke, Prof. Dr. S.N. Shelke // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 7, July 2015, pp. 2359-2364 [in English].
2. Berbyuk V. Dual Mass Flywheel for Torsional Vibrations Damping. Parametric study for application in heavy vehicle / Supervisor: V. Berbyuk, H. Johansson, L. Wramner. Examiner: V. Berbyuk // Master's Thesis 2016:22, Department of Applied Mechanics, Chalmers university of technology, Gothenburg, Sweden 2016, 86 pages [in English].
3. Shelke R.S. A Review paper on Dual Mass Flywheel system / Prof. R.S. Shelke, D.G. Dighole //

- International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 1, January 2016, Department of Mechanical Engineering, Sir Visvesvaraya Institute of Technology, Nashik, Maharashtra, India, Savitribai Phule Pune University, pp. 326-331 [in English].
4. Baran P. Comparison of dynamic properties of dual mass flywheel / P. Baran, R. Grega // Diagnostyka, vol. 16, no. 1, 2015, Olsztyn, Poland, pp. 29-33 [in English].
  5. «Oдна pravda o dvuhmassovom mahovike» [«One truth about a dual mass flywheel»]. (n.d.). ua.motofocus.eu Retrieved from <http://ua.motofocus.eu/news/20518,odna-pravda-o-dvuhmassovom-mahovike> [in Russian].
  6. Avtokomponentyi «Dvuhmassovyye mahoviki: perezagruzka» [«Dual mass flywheels: reboot»]. (n.d.). www.armtek.ru Retrieved from <http://www.armtek.ru/downloads/Dvuhmassoviy-mahovik.pdf> [in Russian].
  7. Informatsiya po obsluzhivaniyu skoda auto, 1-ya chast «Dvuhmassovyyiy mahovik, ustroystvo, rabochaya proverka, opisanie otkaza, tehicheskoe opisanie produktsii» [Skoda auto service information, part 1 «Dual mass flywheel, device, work check, refusal description, technical description of the product»]. (n.d.). www.ddrservice.info Retrieved from [http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda\\_dvuhmassovy\\_mahovik\\_rus.pdf](http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda_dvuhmassovy_mahovik_rus.pdf) [in Russian].
  8. «Priznaki neispravnosti dvuhmassovogo mahovika» [«Symptoms of a dual mass flywheel malfunction»]. (n.d.). smagresta.ru Retrieved from <https://smagresta.ru/pages/malfunction-flywheel> [in Russian].
  9. «Dvuhmassovyyiy mahovik simptomyi polomki DMF» [«Dual mass flywheel breakdown symptoms DMF»]. (n.d.). ozapuske.ru Retrieved from <http://ozapuske.ru/mahovik/dvuhmassovyyj-maxovik-simptomyi-polomki-dmf.html#i> [in Russian].
  10. STO Kovsh «Oдна pravda o dvuhmassovom mahovike» [Service station Kovsh «One truth about the dual mass flywheel»]. (n.d.). kovsh.com Retrieved from [https://kovsh.com/library/ice/crank\\_mechanism/flywheel/dmf/jdna\\_pravda\\_o\\_dvuhmassovyyj-maxovik](https://kovsh.com/library/ice/crank_mechanism/flywheel/dmf/jdna_pravda_o_dvuhmassovyyj-maxovik) [in Russian].
  11. Avtomobilnyiy portal «Dvuhmassovyyiy mahovik: konstruktsiya, resurs, prichinyi polomki» [Automotive Portal «Dual mass flywheel: design, resource, causes of breakage»]. (n.d.). 5koleso.ru Retrieved from <http://5koleso.ru/articles/garazh/dvuhmassovyy-mahovik-konstrukciya-resurs-prichinyi-polomki> [in Russian].
  12. Drayv 2 «Soobshchestvo mashin i lyudey» [Drive 2 «The Community of Cars and People»]. (n.d.). www.drive2.ru Retrieved from <https://www.drive2.ru/> [in Russian].
  13. Partboks «Dvuhmassovyyiy mahovik (ZMS) Prichinyi vyihoda z stroya» [«Partbox Dual mass flywheel (ZMS) Reasons for malfunction»]. (n.d.). partbox.com Retrieved from <https://partbox.com.ua/dvuhmassovyy-mahovik>. [in Russian].
  14. «Gid pokupatelya po vyboru mahovika» [«Buyer's guide for choosing a flywheel»]. (n.d.). dok.dbroker.com.ua Retrieved from [http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka\\_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyboru-mahovika](http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyboru-mahovika) [in Russian].
  15. «Dvuhmassovyyiy mahovik Tehnologicheskie resheniya Diagnostika neispravnostey» [«Dual mass flywheel Technological solutions Malfunction diagnosis»]. (n.d.). docplayer.ru Retrieved from <http://docplayer.ru/29086626-Dvuhmassovyy-mahovik-tehnologicheskie-resheniya-diagnostika-neispravnostey.html> [in Russian].
  16. Mezhdunarodnyiy avtomobilnyiy klub «S-Max Galaxy» [International Automobile Club «S-Max Galaxy»]. (n.d.). www.s-maxclub.ru Retrieved from <http://www.s-maxclub.ru/forum/index.php?showtopic=4086> [in Russian].

#### РЕФЕРАТ

Кіндрацький Б.І. Класифікація несправностей двомасових маховиків у приводах автомобілів та причини їх виникнення. / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті на основі статистичних даних, зібраних на автомобільних форумах і станції технічного обслуговування автомобілів, проаналізовано основні несправності двомасових маховиків (ДММ) та причини, які призводять до їх виникнення. Запропоновано класифікацію несправностей ДММ і надано рекомендації щодо запобігання їх виникненню.

Об'єкт досліджень – навантажувальна здатність елементів ДММ у приводах автомобілів.

Мета досліджень – структурувати основні несправності ДММ та причини їх виникнення і розробити рекомендації щодо підвищення терміну експлуатації ДММ.

Методи дослідження – статистичний аналіз.

На основі зібраних статистичних даних щодо несправностей ДММ та причин їх виникнення встановлено, що середній пробіг до настання несправності ДММ коливається в широких межах – від 60 до 200 тис. км. Найчастіше ДММ виходять з ладу через механічні пошкодження пружних елементів і сепараторів у результаті дії на них циклічних навантажень зі сторони двигуна внутрішнього згорання та змінного крутного моменту в приводі автомобіля, який залежить від стилю та манери керування транспортним засобом. Розроблена класифікація пошкоджень ДММ і встановлені симптоми їх прояву на відповідних режимах руху автомобіля, надані рекомендації з підвищення терміну експлуатації ДММ.

Результати статті можуть бути використані при удосконаленні конструкцій ДММ та режимів їх експлуатації з метою підвищення ресурсу.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДВОМАСОВИЙ МАХОВИК, СЕПАРАТОР, ПРУЖИНА, МАСТИЛО, ВТОМНА МІЦНІСТЬ, ПОШКОДЖЕННЯ.

#### ABSTRACT

Kindratskyy B.I., Litvin R.H. The classification of malfunction of dual mass flywheel in automotive vehicles drives and causes of their appearance. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

In the article, based on the statistics collected in the automobile forums and the station of technical maintenance of cars we analyzed the main malfunctions of dual mass flywheels (DMF) and the reasons that lead to their occurrence. The classification of DMF defects is proposed and recommendations for prevention of their occurrence are given.

The object of study – loading capacity of DMF elements in car drives.

Objective – to structure the main malfunction of DMF and the reasons for their occurrence and to develop recommendations for increasing the lifetime of DMF.

Research Methods – statistical analysis.

Based on the collected statistical data on the malfunctions of DMF and the causes of their occurrence, it was found that the average mileage before the failure of the DMF varies widely from 60 to 200 thousand km. Most often, the DMF fails due to mechanical damage to the elastic elements and separators as a result of the cyclic loads on the side of the internal combustion engine and the alternating torque in the car's drive, which depends on the style and manner of driving of the vehicle. The classification of damage to DMF has been developed and the symptoms of their manifestation have been established in the corresponding modes of the car, recommendations have been given on increasing the lifetime of DMF.

The results of the article can be used to improve the design of DMF and the modes of their operation in order to increase the resource.

**KEYWORDS:** DUAL MASS FLYWHEELS, SEPARATOR, SPRING, LUBRICANT, FATIGUE STRENGTH, DAMAGE.

#### РЕФЕРАТ

Киндрацкий Б.И. Классификация неисправностей двухмассовых маховиков в приводах автомобилей и причины их возникновения. / Б.И. Киндрацкий, Р.Г. Литвин // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье на основе статистических данных, собранных на автомобильных форумах и станции технического обслуживания автомобилей, проанализированы основные неисправности двухмассовых маховиков (ДММ) и причины, которые приводят к их возникновению. Предложена классификация неисправностей ДММ и даны рекомендации по предотвращению их возникновения.

Объект исследования – нагрузочная способность элементов ДММ в приводах автомобилей.

Цель исследования – структурировать основные неисправности ДММ и причины их возникновения, разработать рекомендации по повышению срока эксплуатации ДММ.

Методы исследования – статистический анализ.

На основе собранных статистических данных по неисправностям ДММ и причин их возникновения установлено, что средний пробег до наступления неисправности ДММ колеблется в широких пределах – от 60 до 200 тыс. км. Чаще всего ДММ выходят из строя из-за механических повреждений упругих элементов и сепараторов в результате воздействия на них циклических нагрузок со стороны двигателя внутреннего сгорания и переменного крутящего момента в приводе автомобиля, который зависит от стиля и манеры управления транспортным средством. Разработана классификация повреждений ДММ и установлены симптомы их проявления на соответствующих режимах движения автомобиля, даны рекомендации по повышению срока эксплуатации ДММ.

Результаты статьи могут быть использованы при совершенствовании конструкций ДММ и режимов их эксплуатации с целью повышения ресурса.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ДВУХМАССОВЫЙ МАХОВИК, СЕПАРАТОРЫ, ПРУЖИНА, МАСЛО, УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ, ПОВРЕЖДЕНИЯ.

**АВТОРИ:**

Кіндрацький Б.І., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри «Експлуатація та ремонту автомобільної техніки», e-mail: me@in.lviv.ua, тел. 380322582171, Україна, 79013, Львів, вул. С. Бандери 32, 6-й навчальний корпус, кім. 110, orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Літвін Р.Г., аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», кафедра «Експлуатації та ремонту автомобільної техніки», e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Україна, 79013, Львів, вул. С. Бандери 32, 6-й навчальний корпус, кім. 113, orcid.org/0000-0002-4418-5970.

**AUTHORS:**

Kindratskyu B.I., Doctor of Technical Science, professor, Lviv Polytechnic National University, Head of Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, e-mail: me@in.lviv.ua, tel. +380322582171, Ukraine, 79013, Lviv, S. Bandera str. 32, 6th educational building, room 110, orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Litvin R.H., Postgraduate student, Lviv Polytechnic National University, Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Ukraine, 79013, Lviv, S. Bandera str. 32, 6th educational building, room 113, tel. orcid.org/0000-0002-4418-5970.

**АВТОРЫ:**

Киндрацкий Б.И., доктор технических наук, профессор, Национальный университет «Львовская политехника», заведующий кафедрой «Эксплуатация и ремонта автомобильной техники», e-mail: me@in.lviv.ua, +380322582171, Украина, 79013, Львов, ул. С. Бандеры 32, 6-й учебный корпус, ком. 110, тел. orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Литвин Р.Г., аспирант, Национальный университет «Львовская политехника», кафедра «Эксплуатация и ремонта автомобильной техники», e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Украина, 79013, Львов, ул. С. Бандеры 32, 6-й учебный корпус, ком. 113, orcid.org/0000-0002-4418-5970.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Гудз Г.С., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, Львів, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Hudz H.S., Doctor of Technical Science, professor, Lviv Polytechnic National University, professor of Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, Lviv, Ukraine.

Sakhno V.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Automobile Department, Kyiv, Ukraine