

АНОТАЦІЯ

Літвін Р.Г. Покращання експлуатаційних властивостей трансмісії автомобіля застосуванням двомасового маховика. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» (27 «Транспорт»). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2020.

Дисертаційна робота присвячена покращанню експлуатаційних властивостей трансмісії автомобіля оснащеної двомасовим маховиком (ДММ) за рахунок підвищення ресурсу пружно-демпфувальних елементів ДММ.

У вступі обґрунтована актуальність дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною тематикою кафедри, визначено мету і задачі дослідження. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувача. Наведено відомості про опублікування результатів дослідження та їх апробацію.

У першому розділі «Сучасний стан і тенденції розвитку двомасових маховиків та аналіз результатів досліджень їхнього впливу на експлуатаційні властивості автомобілів» проведено огляд літературних джерел, розглянуто види автомобільних маховиків, проаналізовано конструктивні особливості ДММ, а також моделі та методи аналізу коливальних процесів у трансмісіях автомобілів з ДММ і електромеханічній трансмісії з гібридною силовою установкою. Встановлено, що використання ДММ у приводі автомобіля дозволяє зменшити динамічні навантаження на елементи трансмісії на всіх режимах руху, проте він є слабкою ланкою приводу автомобіля і при виході з ладу значно погіршує експлуатаційні властивості трансмісії. З'ясовано, що одним з можливих шляхів покращання експлуатаційних властивостей трансмісії автомобіля оснащеного ДММ є підвищення ресурсу його пружно-демпфувальної системи.

У другому розділі «Аналіз конструкцій і причин виходу з ладу двомасових маховиків» проведено аналіз переваг та недоліків ДММ Sachs,

проаналізовано види несправностей ДММ та причини їх виникнення, зібрано статистичні дані пробігів автомобілів до настання несправностей ДММ. З'ясовано, що, в переважній більшості випадків, основною причиною втрати працездатності ДММ є механічні пошкодження, зокрема втомне руйнування пружин у результаті сприйняття ними постійних циклічних навантажень і, як наслідок, втоми металу пружин з часом експлуатації.

У третьому розділі «Математичне моделювання коливальних процесів у приводі автомобіля з ДММ» розроблено математичні й симуляційні моделі приводу автомобіля з ДММ, проведено дослідження коливальних процесів у трансмісії автомобіля з ДММ під час роботи двигуна на холостому ході та рушанні автомобіля з місця, виконано симулювання коливальних процесів у приводі автомобіля з ДММ обладнаного пружинами різної жорсткості. З метою підвищення ресурсу пружно-демпфувальної системи ДММ запропоновано конструкцію адаптивного ДММ, структурну схему системи керування і алгоритм керування адаптивним ДММ. Досліджено динаміку приводу гібридного автомобіля з комбінованою силовою установкою і ДММ у період рушання з місця. Для зменшення динамічного навантаження на ланки електромеханічної частини трансмісії в період спільної роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і електричного двигуна рекомендовано оснастити її пружно-еластичною муфтою з підвищеним коефіцієнтом розсіювання енергії.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження пружної характеристики ДММ та коливальних процесів у приводі автомобіля при роботі ДВЗ на холостому ході» описано дві експериментальні установки – для визначення пружної характеристики ДММ та дослідження коливальних процесів у приводі автомобіля при роботі ДВЗ на холостому ході, проведено визначення пружної характеристики ДММ Sachs з двома одинарними циліндричними пружинами. На створеній установці експериментально досліджено коливальні процеси у приводі автомобіля при роботі ДВЗ на холостому ході. Проведено перевірку відтворюваності експериментальних досліджень та здійснено порівняльний аналіз результатів симулювання і

експериментальних досліджень на предмет адекватності результатів роботи симуляційної моделі.

Наукова новизна отриманих результатів: запропоновано класифікацію причин виходу з ладу ДММ і встановлено їхній вплив на експлуатаційні властивості трансмісії автомобіля; на основі узагальнених динамічних моделей приводу автомобіля розроблені математичні й симуляційні моделі у середовищі MatLab Simulink коливальних процесів у трансмісії, оснащених ДММ, з урахуванням пружно-дисипативних властивостей і зміни структури приводу на режимах холостого ходу, рушання з місця та розгону автомобіля; досліджено вплив конструктивних параметрів трансмісії і ДММ на навантаженість їхніх ланок на режимах холостого ходу, рушання з місця та розгону автомобіля; встановлено, що головною причиною руйнування пружно-дисипативної системи ДММ, а отже, і втрати працездатності трансмісії, є втомне руйнування пружних ланок ДММ, викликане їх циклічним навантаженням; розроблено динамічну, математичну й симуляційну моделі у середовищі MatLab Simulink приводу гібридного автомобіля з комбінованою силовою установкою і ДММ у період розгону з урахуванням пружно-дисипативних властивостей елементів трансмісії та паралельної роботи електричного двигуна і ДВЗ; запропоновані конструктивні зміни й адаптивний алгоритм керування ДММ на різних режимах руху автомобіля з метою підвищення ресурсу пружних елементів ДММ і, як наслідок, покращання експлуатаційних властивостей трансмісії автомобіля.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розроблені симуляційних моделей для аналізу коливальних процесів у приводі автомобіля з метою узгодження параметрів ДММ та інших елементів трансмісії; структури системи керування і алгоритму роботи адаптивного ДММ на різних режимах роботи приводу і руху автомобіля з метою зменшення ймовірності втомного руйнування пружних ланок маховика; конструкції адаптивного ДММ, який забезпечує блокування відносного повертання первинної і вторинної мас ДММ на режимах руху автомобіля з ustalеною швидкістю, що істотно зменшує

кількість циклів навантаження пружно-демпфувальної системи, а отже, підвищує ресурс ДММ.

Ключові слова: двомасовий маховик, привід автомобіля, динамічна модель, трансмісія, динамічне навантаження, математична модель, експлуатаційні властивості, крутний момент, коливальний процес, симуляційна модель.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому періодичному виданні іншої держави

1. Киндрацкий Б.И. Динамика привода автомобиля с комбинированной силовой установкой в период разгона / Б.И. Киндрацкий, Р.Г. Литвин // Европейский журнал технических и естественных наук. – Вена, 2020. – № 4. – С. 50-55, <https://doi.org/10.29013/EJTNS-20-4-50-55>.

Статті у фахових виданнях України

2. Кіндрацький Б.І. Класифікація несправностей двомасових маховиків у приводах автомобілів та причини їх виникнення / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Науково-технічний збірник «Вісник Національного транспортного університету», серія «Технічні науки». – Київ, 2018. – 3(42). – С. 46-53.

3. Кіндрацький Б.І. Коливальні процеси у трансмісії автомобіля з двомасним маховиком під час роботи двигуна на холостому ході / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Журнал Одеського нац. політех. ун-ту «Підйомно-транспортна техніка». – Одеса, 2018. – 1(57). – С. 45-54.

4. Kindratskyu B. Oscillation Processes in a Transmission with a Dual-Mass Flywheel while Moving a Car from Rest / B. Kindratskyu, R. Litvin // Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. – Lviv, 2019. – Vol. 5, No. 1, P. 93-104, <https://doi.org/10.23939/ujmems2019.01.093>.

5. Кіндрацький Б.І. Перехідні процеси в електромеханічній трансмісії з пружно-еластичною муфтою / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Комунальне

господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура: науково-технічний збірник. – Харків, 2020. – 1(154). – С. 44-49, DOI 10.33042/2522-1809-2020-1-154-44-49.

6. Літвін Р.Г. Аналіз ефективності використання двомасового маховика на автомобілі / Р.Г. Літвін // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Динаміка, міцність та проектування машин і приладів: збірник наукових праць. – Львів, 2016. – № 838. – С. 180-185.

Опубліковані праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. Кіндрацький Б.І. Адаптивний двомасовий маховик з мехатронною системою керування / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем»: Збірник тез I Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції – Рівне: НУВГП, 21-23 травня 2019 року. – С. 147-148.

8. Кіндрацький Б.І. Види несправностей двомасових маховиків та причини їх виникнення у привідних системах автомобілів / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Тези доповідей III всеукраїнської науково-практичної конференції «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні». – Львів, 22-23 лютого 2018 року. – С. 59-60.

9. Кіндрацький Б.І. Вплив двомасового маховика на коливні процеси у трансмісії автомобіля / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін, І.В. Когут // Тези доповідей LXXXII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – Київ: НТУ, 11-13 травня 2016 року. – С. 36-36.

10. Кіндрацький Б.І. Вплив розгону автомобіля на навантаженість пружних ланок двомасового маховика та коливні процеси у трансмісії / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Тези доповідей LXXXV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, присвячена 75-річчю з дня заснування університету. – Том 2. – Київ: НТУ, 15-17 травня 2019 року. – С. 62-62.

11. Кіндрацький Б.І. Вплив частоти обертання колінчастого вала двигуна внутрішнього згорання на коливальні процеси у трансмісії автомобіля з двомасним маховиком / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Тези доповідей XVII Міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 140-річчю випуску інженерів-механіків у Львівській політехніці «Вібрації в техніці та технологіях». – Львів, 11-12 жовтня 2018 року. – С. 138-140.

12. Кіндрацький Б.І. Математична модель трансмісії автомобіля з двомасним маховиком / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // XIII міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Матеріали симпозіуму: КІНПАТРИ ЛТД. – Львів, 18-19 травня 2017 року. – С. 104-105.

13. Кіндрацький Б.І. Моделювання коливних процесів у трансмісії автомобіля з двомасним маховиком / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Наукові праці міжнародної науково-практичної та науково-методичної конференції присвяченої 85-річчю кафедри автомобілів, та 100-річчю з Дня народження професора А.Б. Гредескула «Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців». – Харків: ХНАДУ, 20-21 жовтня 2016. – С. 247-247.

14. Кіндрацький Б.І. Симуляційна модель електромеханічної трансмісії з двомасним маховиком у період розгону за інерційного навантаження / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін, Д.І. Біганич // XIV міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Матеріали симпозіуму: КІНПАТРИ ЛТД. – Львів, 23-24 травня 2019 року. – С. 77-78.

15. Кіндрацький Б.І. Симуляційна модель трансмісії автомобіля з двомасним маховиком / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Тези доповідей LXXIII наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – Київ: НТУ, 17-19 травня 2017 року. – С. 52-52.

16. Літвін Р.Г. Види та характеристика двомасових маховиків у трансмісії автомобіля / Р.Г. Літвін // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і

експлуатації машинобудівних конструкцій». – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 27-28 жовтня 2016 року. – С. 107-108.

17. Літвін Р.Г. Експериментальне визначення пружної характеристики двомасового маховика / Р.Г. Літвін // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій». – Львів: КІНПАТРІ ЛТД, 25-26 жовтня 2018 року. – С. 129-131.

18. Літвін Р.Г. Експериментальне дослідження ефективності роботи двомасового маховика / Р.Г. Літвін // «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем»: Збірник тез II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції – Рівне: НУВГП, 25-27 березня 2020 року. – С. 130-131.

Патенти

19. Адаптивний двомасовий маховик: патент на корисну модель № 133320 U Україна, МПК (2006.01) F16F 15/30 Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін; заявник та патентовласник Національний університет «Львівська політехніка». – № u 2018 11632; Заявлено 26.11.2018; Опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6 – 5 с.

20. Двомасовий маховик: патент на корисну модель № 128874 U Україна, МПК (2006.01) F16F 15/30 Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін; заявник та патентовласник Національний університет «Львівська політехніка». – № u 2018 04170; Заявлено 16.04.2018; Опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19 – 5 с.