

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДВОМАСОВОГО МАХОВИКА НА АВТОМОБІЛІ

© Літвін Р. Г., 2016

Проаналізовано останні публікації та дослідження, пов’язані з ефективністю використання двомасового маховика на автомобілях, зображено будову двомасового маховика з планетарними шестернями, види двомасових маховиків, проаналізовано їх переваги та недоліки з метою постановки завдань для подальших досліджень.

Ключові слова: автомобілі, двомасовий маховик.

The article analyzes the recent publications and research related to effective use dual mass flywheel cars, shown structure dual mass flywheel of planetary gears, species dual mass flywheel, analyzed their advantages and disadvantages, to setting targets for further research.

Key words: cars, dual mass flywheel.

Вступ. Маховик належить відразу до кількох систем двигуна і виконує у них такі функції:

- зниження нерівномірності обертання колінчастого вала;
- передача крутного моменту від двигуна до коробки передач;
- передача крутного моменту від стартера на колінчастий вал двигуна.

Згладжування пульсацій крутного моменту відбувається за рахунок періодичного накопичення та віддачі маховиком кінетичної енергії. Енергія накопичується під час робочого ходу поршня і витрачається за інших тактів двигуна, в т.ч. на виведення поршнів з мертвих точок. Чим більше циліндрів у двигуні, тим робочий хід поршня у кожному з них займає більше часу, і як наслідок, крутний момент такого двигуна рівномірніший, а маса маховика може бути зменшена.

Маховик кріпиться у торці колінчастого вала біля заднього корінного підшипника. Це, як правило, найпотужніший підшипник в двигуні, оскільки він повинен витримувати вагу маховика і навантаження, пов’язані з його роботою.

Розрізняють такі види конструкцій маховика: суцільний, двомасовий, полегшений [10].

Мета роботи – проаналізувати останні дослідження та публікації, що розглядають двомасові маховики автомобіля.

Постановка проблеми – двомасовий маховик – це два з’єднані між собою диски, між якими знаходиться пружинно-демпферний механізм. Пружина приймає на себе усі вібрації і позбавляє трансмісію небажаних крутних коливань. При цьому через активну роботу двомасового маховика швидше зношується пружинно-демпферний механізм, внаслідок чого його основний елемент – дугова пружина – виходить з ладу. Це і є основний недолік демпферного маховика, який не застосовують у сучасних двигунах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [1–11] проаналізовано: конструкцію двомасового маховика, можливі шляхи зменшення вартості, переваги та недоліки, пружинно-демпферний механізм, моделювання, проектування та розрахунок систем двомасового маховика за допомогою сучасних програмних комплексів, альтернативи двомасовому маховику.

Виділення раніше невіршених частин загальної проблеми. В [1–11] недостатньо приділено уваги пружинно-демпферному механізму двомасового маховика, зокрема дугової пружині, як елементу, який найчастіше виходить з ладу під час експлуатації.

Виклад основного матеріалу. В [1] наведено просту вібраційну модель для імітації коливань. У системі (двигун-трансмсія-автомобіль) пружина С3 – це жорсткість трансмісії, пружина С2 розташована між двигуном та коробкою передач, що являє собою характеристику демпфера крутильних коливань. Графічно зображено коливання диска зчеплення. Як бачимо з графіка, резонанс знаходиться на рівні близько 1700 об/хв, показана сучасна конструкція двомасового маховика з усіма його компонентами. Ідеалізована характеристика демпфера показує низьку жорсткість пружини і високу демпфувальну здатність для малих амплітуд коливань. Жорсткість пружини і демпфувальні характеристики мають вирішальне значення під час визначення експлуатаційної продуктивності двомасового маховика. Шум у трансмісії виникає під час високих частот коливання 20–400 Гц. Проаналізовано функції та характеристики дугової пружини.

У [2] вивчаються дугові пружини двомасового маховика. Основною метою досліджень є підвищення довговічності дугової пружини та усунення шуму шестерень коробки передач. Побудована тривимірна модель дугової пружини проаналізована з використанням комбінації пружин різної жорсткості, за допомогою аналізу втомлюваності з використанням універсальної програмної системи скінченно-елементного аналізу ANSYS.

Періодичні цикли займання чотиритактного двигуна призводять до виникнення коливань крутного моменту, які стимулюють виникнення крутильних коливань, які, своєю чергою, передаються далі на трансмісію. В результаті цього рівень шуму та вібрацій, таких як шум шестерень, кузова, зміна вібрацій від навантаження, призводять до погіршення комфорту водіння. У [3], щоб ізолювати трансмісію від вібрацій, потрібно проектувати механізм збільшення інерції та оптимізований маховик, який використовується у цьому механізмі. Двомасовий маховик складається з основного і додаткового маховиків та двох пружин.

У [4] проведено експериментальне дослідження двомасового та звичайного маховика на двотактних бензинових двигунах. Детально обґрунтована початкова динамічна модель двомасового маховика, яка включає дві дугові пружини та дві маси. Експериментальна модель порівнюється зі звичайним маховиком. Аналізуються дослідження крутного моменту двигуна під час використання двомасового маховика. З цією метою був поставлений експеримент, а отримані результати свідчать про те, що двомасовий маховик в 1,3 рази ефективніший від звичайного маховика.

У [5] розглядається конструкція та застосування двомасового маховика. Наведена детальна динамічна модель двомасового маховика, яка включає дві дугові пружини та характеристику їх тертя. Результати моделювання порівнюються з реальними вимірами для перевірки достовірності моделі. Наведено результати спостереження за крутним моментом двигуна.

Нові вимоги до витрати палива та викидів CO₂, змушують автовиробників розробляти двигуни, що працюють на нижчих обертах. Низька швидкість обертів може призвести до певних проблем, зокрема таких, як крутильні коливання, підвищуються вібрації двигуна, виникають труднощі, пов'язані з підтримкою тиску наддуву, високі навантаження на підшипники. Динамічні характеристики системи були оптимізовані, щоб уникнути надмірних відхилень і вібрацій двигуна. Жорсткість і демпфувальні характеристики кріплення передбачаються лінійними і система вважається з одним ступенем вільності. Крім того, динамічні характеристики маховика і вхідного вала були змінені, щоб запобігти надмірним вібраціям і шуму шестерень у трансмісії. Проведено порівняння звичайного маховика з двомасовим [6].

Очевидність і постійність шуму трансмісії задньопривідних невеликих вантажівок призвели до термінової необхідності впровадження конструктивних рішень щодо виправлення становища. Було висловлено припущення, що використання двомасового маховика може привести до зменшення шуму попри те, що його основна мета протистояти вібраціям трансмісії за рахунок зменшення вхідного крутного імпульсу. У [7] експериментально досліджується вплив двомасового маховика на рівень шуму трансмісії. Вимірювання рівня шуму показало невелике його зниження у результаті використання двомасового маховика. Ефект також виділяється кількістю основних

частот від роботи двомасового маховика. Тривалість глухого звуку змінюється, коли використовується у роботі один традиційний суцільномасивний маховик.

У наш час маховики складні за своєю конструкцією, в них енергія накопичується механічно і передається на інтегрований двигун-генератор. Сьогодні маховики використовуються у багатьох галузях промисловості в усьому світі. Маховики використовуються для зберігання кінетичної енергії та можуть передавати високу вихідну потужність за високих частот обертання, як одна з новітніх технологій зберігання енергії доступних сьогодні на різних етапах розвитку, особливо у технологічно розвинених галузях. Більшість дослідницьких зусиль витрачається на покращення можливості зберігання енергії маховиками для забезпечення передачі великої потужності. Робота [8] ґрунтується виключно на дослідженні двомасового маховика з метою покращення можливості зберігання енергії для забезпечення передачі високої потужності на одиницю маси порівняно зі звичайним маховиком. Двомасовий маховик також має невелику масу у зв'язку з використанням композитних матеріалів. Тут під час моделювання використовуються дві пружини двомасової системи для збільшення інерції системи і зменшення маси існуючого маховика або збільшення вихідної потужності, використовуючи існуючу масу маховика.

В [9] описано історію створення та застосування двомасових маховиків, розвиток виробництва двомасових маховиків для німецьких автомобільних компаній, проведено аналіз віброізоляційної системи, проаналізовано вплив амплітуди нерегулярності крутного і пускового моменту під час старту, наведено графік залежності крутного моменту між первинною та вторинною масами маховика після швидкого зачеплення (ідеальна та реальна характеристична крива), обґрунтовано можливі шляхи зменшення вартості двомасового маховика, розглянуто двомасовий маховик з сухим демпфером та альтернативні можливості для ліквідації крутильних коливань у трансмісії.

На рис. 1 зображено будову двомасового маховика з планетарними шестернями німецької фірми Sachs.

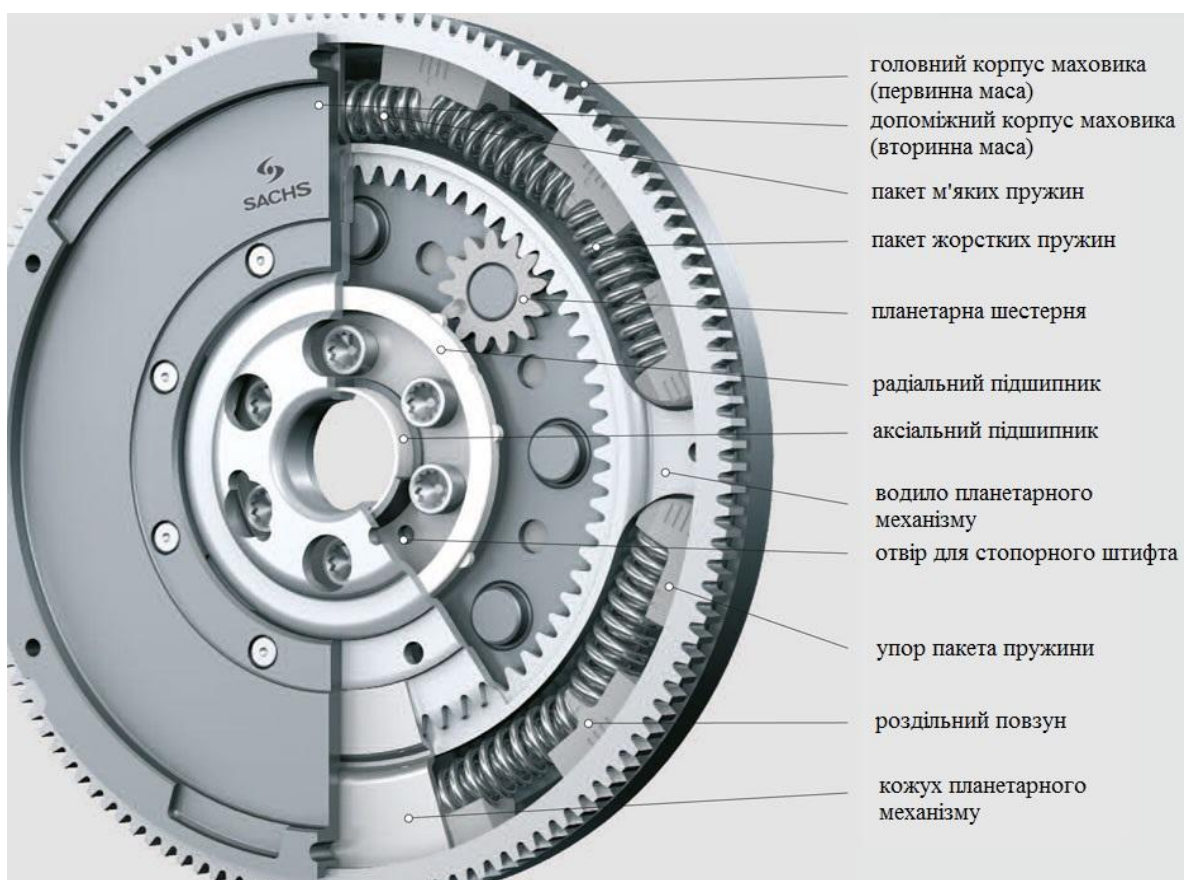


Рис. 1. Будова двомасового маховика Sachs з планетарними шестернями

Класифікацію двомасових маховиків німецької фірми Sachs залежно від типу двигуна, на який він встановлюється, показано на рис. 2 [11]. На основі цієї класифікації проаналізовано переваги та недоліки двомасових маховиків (рис. 3).

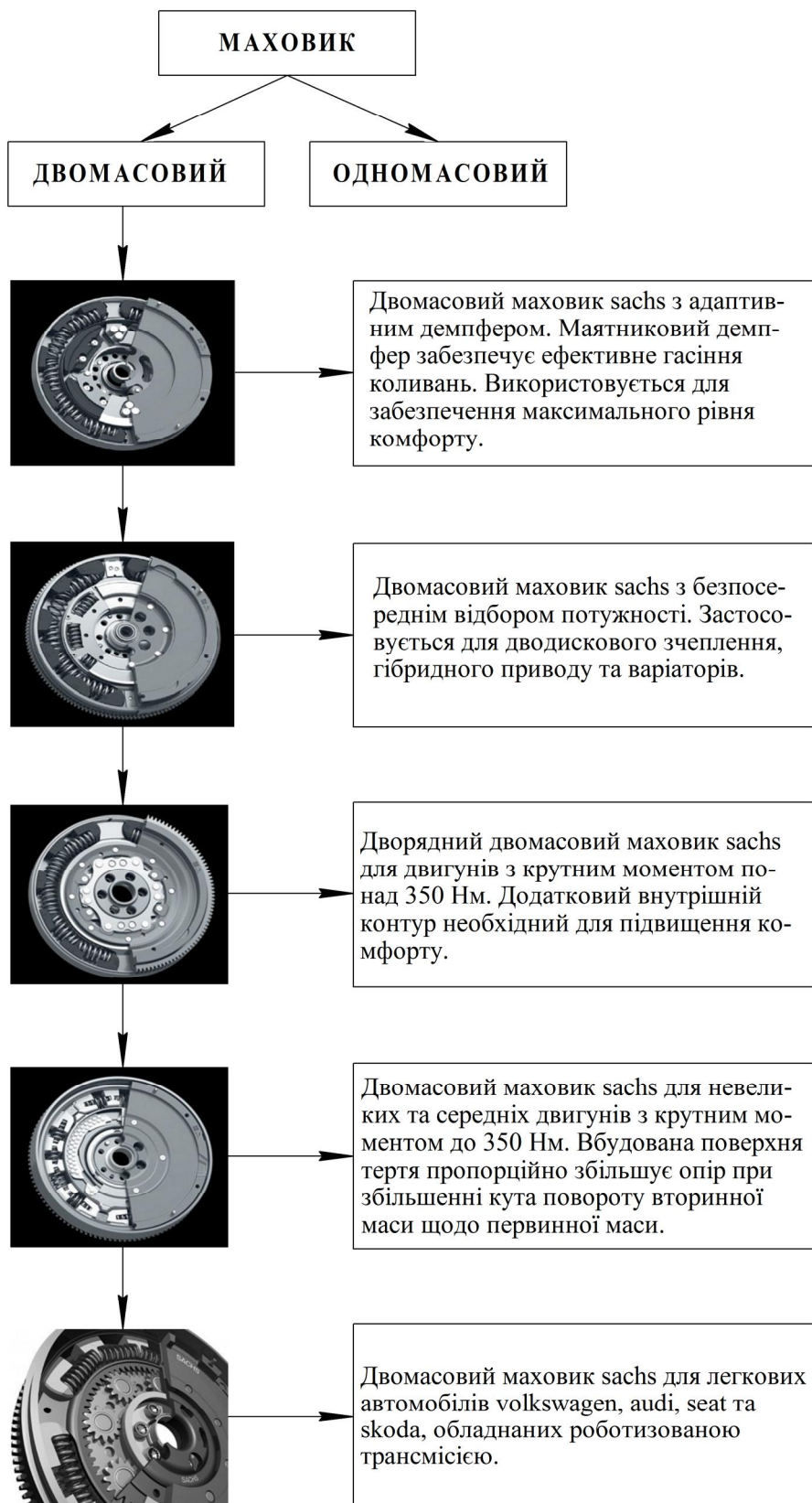


Рис. 2. Види двомасових маховиків Sachs

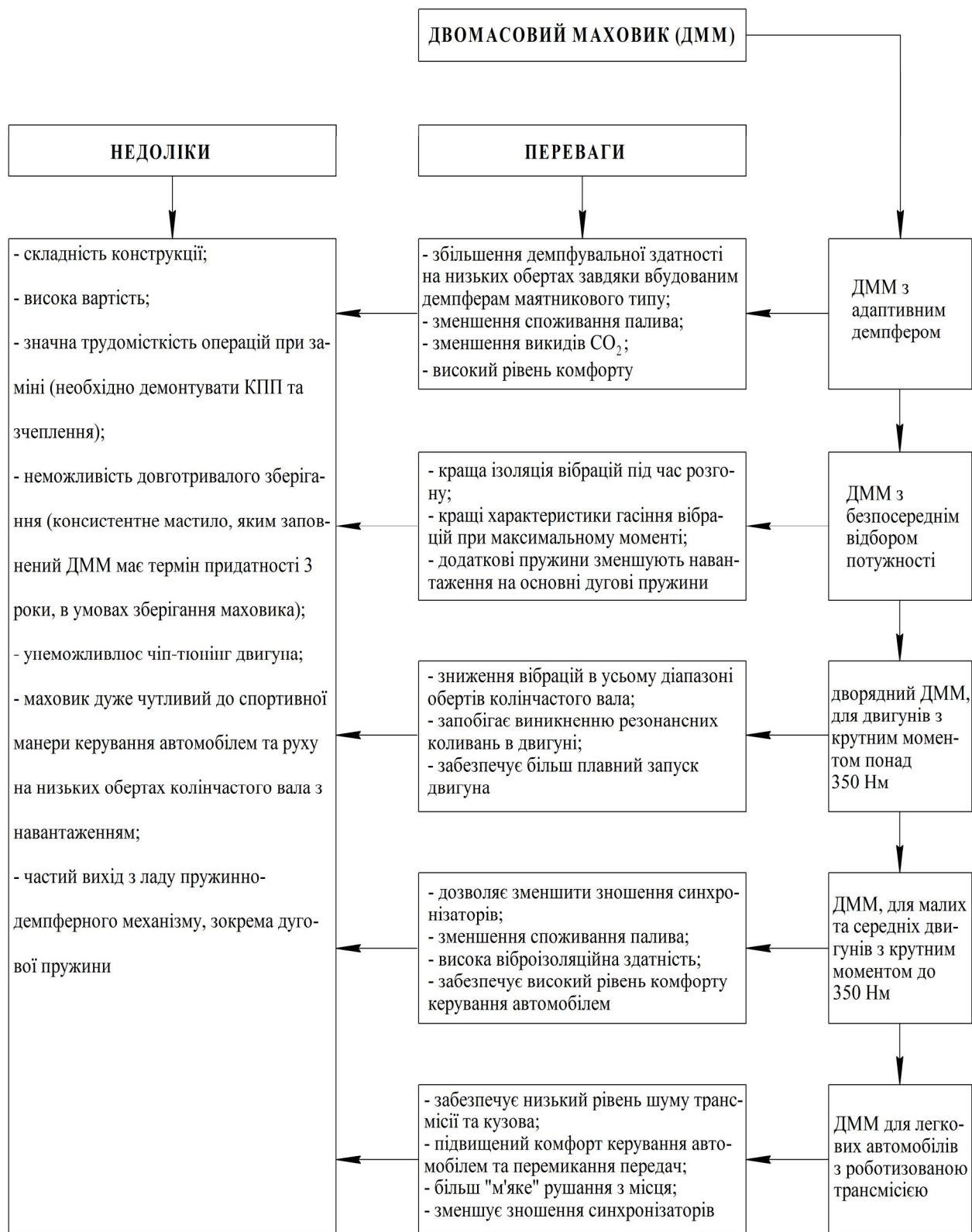


Рис. 3. Переваги та недоліки двомасових маховиків Sachs

Висновки. Отже, двомасовий маховик поглинає вібрації, що виникають під час обертання колінчастого вала, знижує рівень шумів, зменшує зношення синхронізаторів, а також захищає трансмісію від перевантаження, дає змогу рушати автомобілю плавніше, не пропускає ударні навантаження, пов'язані з неправильним увімкненням передач, агресивною манерою водіння тощо, тобто сьогодні це забезпечує найкращу віброізоляцію, яка не може бути забезпечена жодною іншою

системою. Проте двомасовий маховик має вагомi недолiки, зокрема: частий вихiд з ладу дуговоi пружини, високу вартiсть, необхіднiсть впровадження “сухого” демпфера, тому актуальним є проведення досліджень, спрямованих на підвищення ресурсу двомасового маховика, розширення діапазону робочих частот з метою покращення експлуатаційних властивостей трансмісії.

1. http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/symposia_1/downloads_11/1_dual_mass_flywheel_1.pdf.
2. *International Journal of Engineering & Technology Research* Volume-2, Issue-1, January-February, 2014, “Design and Analysis of Arc Springs used in Dual Mass Flywheel”, Govinda A., Dr. Annamalai, K M-Tech CAD-CAM, SMBS, VIT University, Chennai, India Professor, SMBS, VIT University, Chennai, India, p. 35–41.
3. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 4, Issue 3. – March 2015, “Design and Development of Dual Mass Flywheel System”, Sameer More, Pravin Medankar, Prof. Mahesh Nagargoje, U.G. Student, Department of Mechanical Engineering, Dr. D. Y. Patil Institute of Engineering and Technology, Pune, Maharashtra, India, U.G. Student, Department of Mechanical Engineering, Dr. D. Y. Patil Institute of Engineering and Technology, Pune, Maharashtra, India, Assistant Professor, Dr. D. Y. Patil Institute of Engineering and Technology, Pune, Maharashtra, India, pp. 964–969.
4. *International Journal of Engineering Research and General Science* Volume 3, Issue 2, Part 2, March-April, 2015, “An Experimental Study of Dual Mass Flywheel on Conventional Flywheel on Two stroke petrol engine”. N. N. Suryawanshi, Prof. D. P. Bhaskar, M.E. Design, S.R.E.S Kopargaon, pp. 666–670.
5. American Control Conference Hyatt Regency Riverfront, St. Louis, MO, USA, June 10–12, 2009, “Modeling and torque estimation of an automotive Dual Mass Flywheel”, Ulf Schaper, Oliver Sawodny, Tobias Mahl and Uti Blessing, pp. 1207–1212.
6. Master’s Thesis in the Solid and Fluid Mechanics, PAYAM BIGHAL, Department of Applied Mechanics, Division of Dynamics, Chalmers University of Technology, Sweden 2012, “High Efficiency Heavy Duty Truck Engine”, pp. 29–34.
7. THEODOSSIADES, S. ... et al., March 2006. “Effect of a dual - mass flywheel on the impact-induced noise in vehicular powertrain systems”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 220 (6), pp. 747–761.
8. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, Volume 4, Issue 7, July 2015, “Design and Development of Dual Mass Flywheel for Improving Energy Storage Capability”, D. G. Dighole, Prof. R.S. Shelke, Prof. Dr. S.N. Shelke, pp. 2359–2364.
9. http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/symposia_1/downloads_11/4_dmfw_1.pdf
10. <http://systemsauto.ru/engine/flywheel.html>.
11. <http://autoexpert.com.ua/stati/avtokomponenty/9003-dvuxmassovyyj-maxovvik-est-li-alternativa.html>.