

ОГЛЯД І АНАЛІЗ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ З АВТОМАТИЗОВАНИМ КЕРУВАННЯМ

Піддубна Надія Вікторівна, ст. гр. АА-41,

mustangovichford@gmail.com

Вже більше ста років на автомобільному транспорті застосовуються коробки передач. Їх впровадження дозволило вирішити багато питань таких як: зміна напрямку руху (вперед або назад) транспортного засобу, збільшення потужності на ведучих колесах та зміну швидкості руху автомобіля. Найбільш поширеною на сьогодні є механічна коробка передач, керування якою здійснюється за допомогою важелів або тросиків (механічний привід керування). Альтернативним типом коробок є автоматизована коробка передач, керування якою здійснюється автоматичними пристроями (електромеханічний привід або електрогідравлічний привід). Такий підхід дозволяє не тільки покращити якість керування коробкою передач, а й удосконалити ергономічні показники транспортного засобу під час його експлуатації.

Не менш важливим фактором під час використання автоматизованої коробки передач є підвищення довговічності елементів трансмісії автомобіля за рахунок вибору раціональних режимів ввімкнення зчеплення під час перемикання передач. Також автоматизована коробка передач не рідко стає вибором водіїв жіночої статі.

Аналіз науково-технічної літератури [1, 2] показав, що автоматизовані коробки передач можна поділити на 4 різновиди, в залежності від їх конструктивних особливостей, а саме:

- коробка передач двох- або трьохвальна;
- коробка передач з планетарним механізмом;
- коробка передач з клино-ремінною передачею або тороїдна;
- коробка передач з синхронізаторами та двома первинними валами.

Усі вони представляють собою механічну систему, керування якою може здійснюватися автоматизованою системою. Зовнішній вигляд представлених коробок передач зображено на рисунку 1.

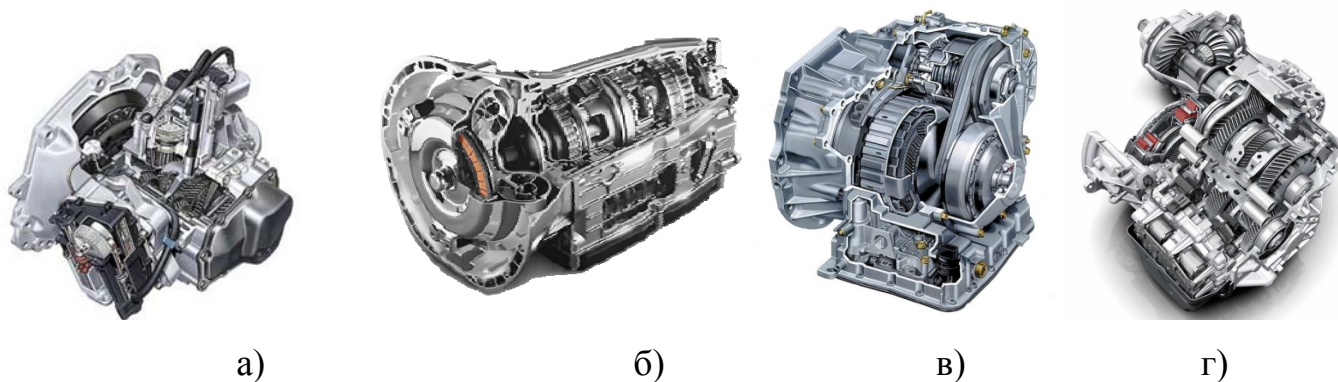


Рисунок 1 – Види автоматизованих коробок передач
 а) КП двох- або трьохвальна; б) КП з планетарним механізмом;
 в) КП з клиноремінною передачею; г) КП з синхронізаторами та двома первинними валами.

Робота будь-якої автоматизованої коробки передач, по-перше, спрямована на забезпечення вибору найбільш раціонального крутного моменту на ведучих колесах транспортного засобу в залежності від опору дорожнього руху. Автоматика, відштовхуючись від умов руху, визначає з якою швидкістю краще рухатись, що дозволяє водієві менше відволікатись від дороги та забезпечити менший знос деталей та агрегату в цілому, завдяки плавному переключенню передач та відсутності втручання водія. Узагальнена структурна схема керування автоматизованою коробкою представлена на рисунку 2.

Важливим елементом коробки передач є важіль керування за допомогою якого водій надає інформацію про те, який режим руху необхідний в даний момент часу, що дає змогу блоку керування в сукупності з інформацією отриманою з датчиків вказаних на схемі (рис. 2) обрати передачу та оптимальну швидкість руху автомобіля. В залежності від виду керування коробкою передач режими можуть мати деякі відмінності. Всього на сьогодні існує 2 види автоматизованого керування: повністю автоматизоване (автоматичне) та неповністю автоматизоване (напівавтоматичне) (рис. 3). Їх головна відмінність полягає в тому, що на відміну від автоматичного керування, де водій задає лише режим руху, при напівавтоматичному – водій окрім цього має можливість самостійно обирати діапазон зміни передач.

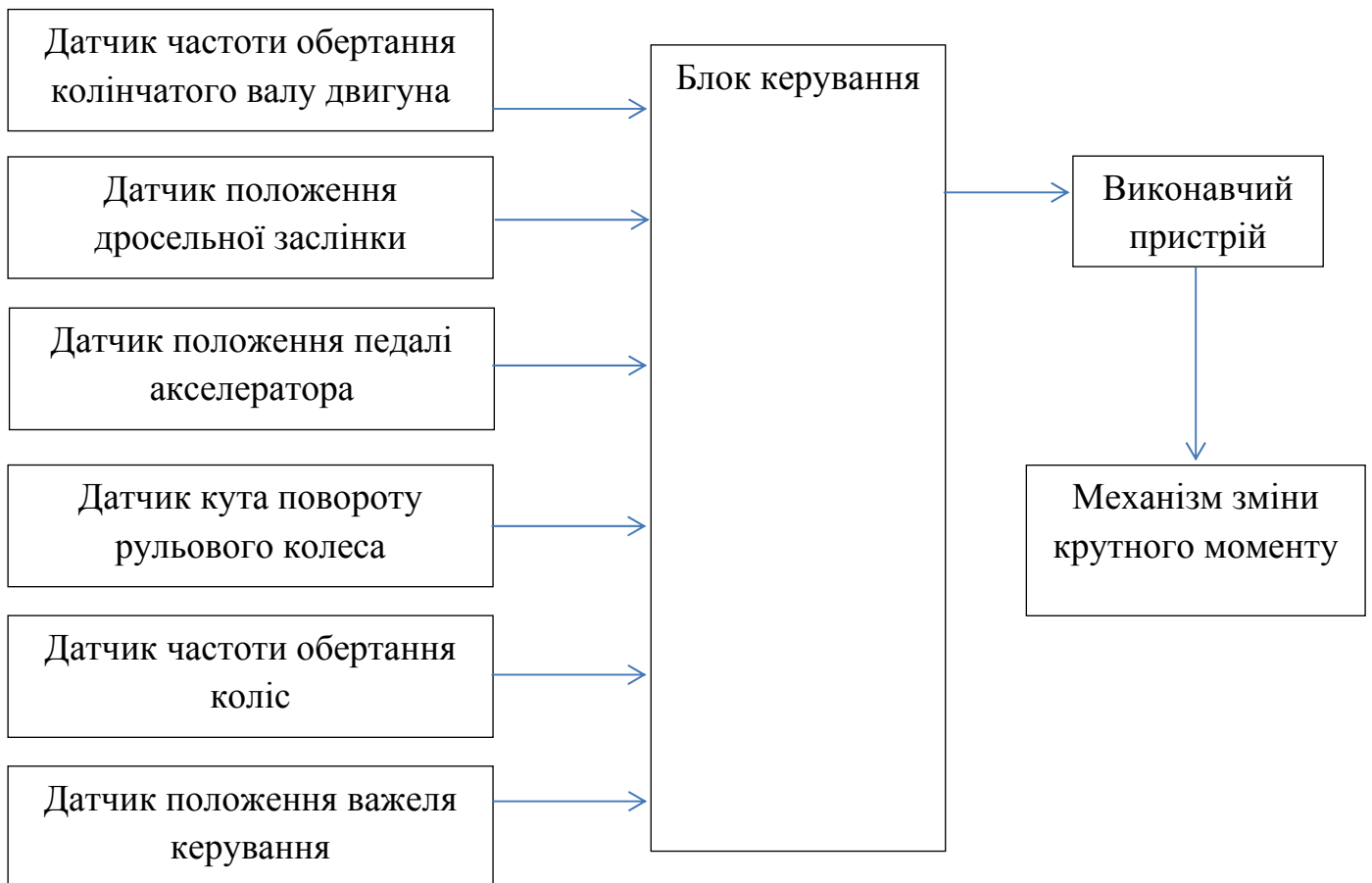


Рисунок 2 – Схема керування автоматизованою коробкою передач



а)



б)

Рисунок 3 – Види керування коробкою передач:
а) автоматичне керування; б) напівавтоматичне керування.

Режим руху обирається в залежності від умов та маневрів, що потрібно здійснити водієві. Кожен з режимів руху, який обирає водій, призначений для виконання заданих функцій. Проаналізувавши науково-технічну літературу [1, 2], можна виділити особливості кожного з них. Автоматичне керування представлене наступними режимами:

P – використовується при початку та закінченні руху відповідно для запуску чи зупинки автомобіля;

R – слугує для руху заднім ходом;

N – слугує для руху на нейтральній передачі;

D – є основним режимом, що забезпечує рух вперед. Цей режим, в залежності від виробника, може доповнюватися діапазонами: 4, 3, 2, 1 або L, які дозволяють обмежити діапазон передач руху автомобіля. Наприклад, діапазон 3 дозволяє рух на 1, 2 і 3 передачах, а діапазон L – тільки на першій.

Що стосується напівавтоматичного керування, система має 2 режими, які виконують ту ж саму функцію, що й в автоматичному керуванні – R та N. Також має ще 2 основних режими руху:

A – автоматичний режим, який дозволяє рухатись на будь-якому діапазоні передач, що мається, обираючи оптимальний;

M – ручний режим, дозволяє водієві самому обирати передачу як на механічній коробці передач.

Окрім цього, останнім часом автоматизовані системи керування можуть включати допоміжні режими керування, якими водій має змогу скористатися у разі необхідності покращення ефективності роботи та безпеки руху транспортного засобу. Всі допоміжні режими виконуються у вигляді кнопок-перемикачів, їх зовнішній вигляд зображений на рисунку 4.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд кнопок-перемикачів

Кожен із приведених режимів виконує свою функцію і працює незалежно від іншого, але безпосередньо впливає на керування:

- економічний режим («Есо» або «Е») – дозволяє забезпечити в процесі руху зниження витрати палива, автомобіль при цьому рухається плавно та спокійно;

- спортивний режим («POWER», «SPORT») – забезпечує використання максимальної потужності двигуна та використовується зазвичай для більш швидкого руху;
- режим Overdrive (O/D) – використовується для можливості включення підвищувальної передачі, зазвичай при економічному та розміреному русі на автомагістралях;
- режим Kickdown – забезпечує переключення на понижуючу передачу, що дозволяє транспортному засобу набути прискорення з метою здійснення обгону чи випередження;
- зимовий режим (Winter, Hold, Snow) – використовується для покращення керування в зимових умовах (на льоду, засніженій дорозі) забезпечуючи запобігання буксуванню ведучих коліс автомобіля при русі з місця;
- аварійний режим – дозволяє автомобілю рухатися лише на одній передачі у разі виявлення блоком керування несправностей коробки передач, дозволяючи дістатися до станції технічного обслуговування.

Однією з перших та найпоширеніших представників автоматизованих коробок передач є коробка передач двох- або 5-ступільна. Така коробка представляє собою механічну коробку передач з автоматизованим керуванням зчеплення та механізму перемикачів передач. Зазвичай на представлених коробках передач використовується фрикційне зчеплення сухого або мокрого типу. Система керування електронна з гідравлічним або електричним приводом. В якості виконавчих механізмів в таких коробках виступає електродвигун (для електричного приводу) або електромагнітний клапан гідроциліндру (для гідравлічного приводу) [3, 4].

Останнім часом набула популярності коробка передач з планетарним механізмом. Вона має деякі відмінності компоновки для передньо- та задньопривідних автомобілів: при передньопривідній компоновці в корпусі разом з механізмом перемикачів передач розташовується головна передача та диференціал, на відміну від задньопривідної компоновки при якій головна передача

з диференціалом розташовується в картері заднього моста автомобіля. Проте, не зважаючи на розміщення агрегатів в залежності від компоновки, конструкція та принцип роботи планетарної передачі зберігаються незмінними. Представлена на рисунку 5.

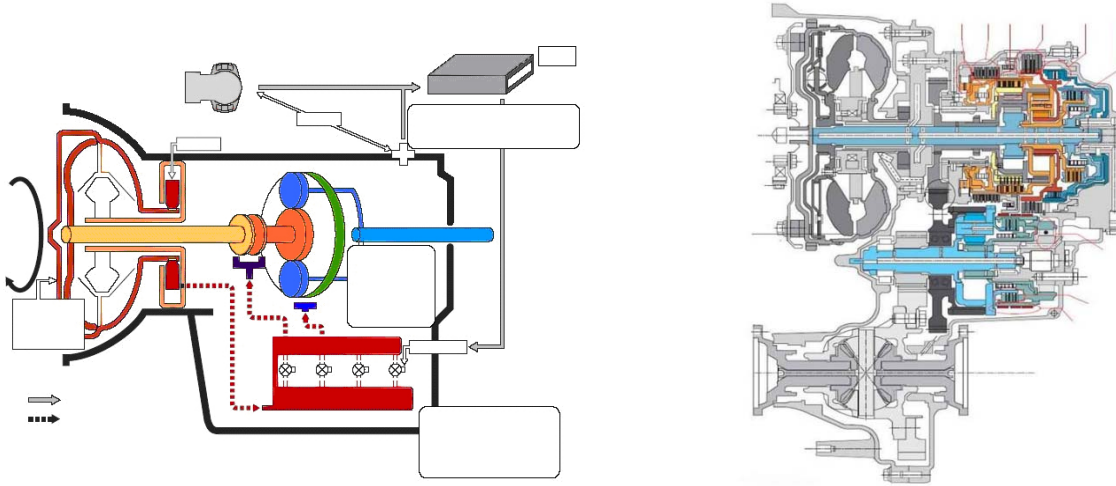


Рисунок 5 – Планетарні коробки передач

Схема конструкції та роботи планетарної коробки передач включає в себе наступні механізми:

- гідротрансформатор – пристрій, що замінює та виконує функції зчеплення, керування яким не потребує безпосередньої участі водія;
- планетарний ряд – являє собою вузол що відповідає блоку шестерен в механічній коробці передач та слугує для зміни передавальних відношень при перемиканні передач. Планетарний ряд складається з сукупності декількох послідовних планетарних передач кожна з яких включає в себе сонячну шестерню, сателіти, коронну шестерню та водило;
- гальмівна стрічка з переднім та заднім бторсіоном – сукупність компонентів, за допомогою яких здійснюється зміна передавальних відношень;
- система керування – пристрій, який шляхом аналізу інформації з датчиків, забезпечує керування.

Принцип роботи системи планетарної коробки передач полягає в зміні передатних відношень завдяки гальмуванню та блокуванню одного чи двох елементів планетарної передачі в залежності від обраного режиму руху. При

блокуванні коронної шестерні відбувається збільшення передавального відношення, при блокуванні сонячної шестерні – зменшення, а при блокуванні водила відбувається зміна напрямку руху.

Система керування коробок передач з планетарними механізмом буває двох типів: гідравлічна та електронна. На сьогодні гідравлічна система вважається застарілою тому зустрічається все рідше. На зміну гідравлічному керуванню прийшла електронна. Електронна система керування на основі сигналів з датчиків приводить в дію виконавчі пристрої які представлені електромагнітними клапанами та електромагнітом блокування важеля керування, за їх допомогою виконується зміна передатного відношення. Реалізація відбувається за допомогою гідравлічному приводу завдяки регулюванню положення клапанів здійснюється блокування необхідних частин планетарного механізму, фрикційних муфт та гальмівної стрічки та гідротрансформатора. Електромагнітом забезпечується блокування важеля керування [5].

Серед усіх типів коробок передач з автоматизованим керуванням найбільш виділяються коробка з клиноремінною передачею та тороїдна завдяки вмінню змінювати передатне відношення безступінчато забезпечуючи тим самим плавність перемикання (рис. 6).

Конструкція представлених коробок передач включає в себе такі елементи:

- механізм, що забезпечує розмикання коробки передач від двигуна тобто являється нейтральною передачею;
- варіаторна передача;
- механізм, що забезпечує рух заднім ходом;
- система керування.

Функцію розмикання коробки з двигуном можуть виконувати різні види зчеплення: відцентрове автоматичне зчеплення; електромагнітне або мокре багатодискове з електронним керуванням; гідротрансформатор. Для руху заднім ходом зазвичай використовується редуктор. В ролі варіаторної передачі для коробок передач з клиноремінною передачею та тороїдної коробки використовуються відповідно клиноремінна та тороїдна передачі.

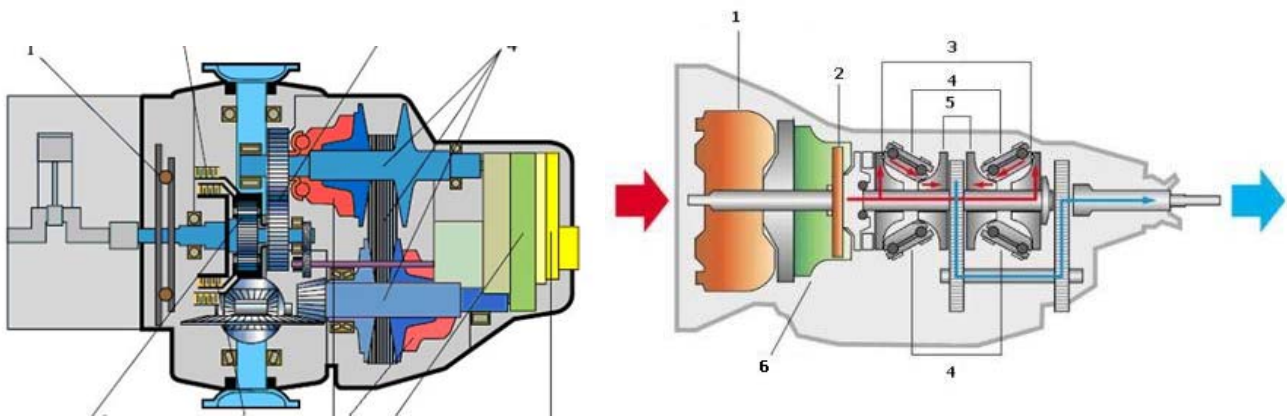


Рисунок 6 – Коробки передач клиноремінні та тороїдні

Конструкція клиноремінної передачі включає в себе два шківів, з'єднаних клиновидним ременем. Шківів, один з яких являється ведучим, а інший відомим, мають форму конічних дисків, що можуть змінювати відстань між собою забезпечуючи тим самим зміну діаметра шківів. Ремінь, з'єднуючий два шківів, складається з сукупності сталевих пластин, що з'єднуються фасонними частинами.

Зміна крутного моменту в такій коробці відбувається в залежності від режимів роботи двигуна. При пуску двигуна діаметр ведучого шківів мінімальний, а відомого максимальний. При зростанні обертів двигуна відбувається збільшення ведучого та зменшення відомого шківів, що приводить до зменшення передатного відношення тобто підвищення передачі. При досягненні в момент розгону оптимальних параметрів роботи двигуна та реалізації потужності і крутного моменту зміна крутного моменту припиняється – клиноремінна передача підтримує сталу швидкість руху.

Керування коробкою передач з клиноремінною передачею здійснюється електронною системою керування, яка за допомогою регулювання гідравлічного приводу змінює режим руху транспортного засобу. Ця система приймає сигнали з датчиків та інших систем оброблює отриману інформацію в блоці керування на основі чого дає команди про зміну тиску робочої рідини гідроприводу у відповідних частинах коробки передач за допомогою електромагнітних клапанів та крокового електродвигуна. Для керування муфтою планетарного редуктора необхідний тиск робочої рідини дорівнює 1,5 МПа, блокувальної муфти гідротрансформатора (зчеплення) до 1 МПа, а для керування шківівми - до 6 МПа.

За допомогою керуючого клапану ведучого шківів клиноремінної передачі та крокового електродвигуна здійснюється розподіл тиску між ведучим та відомим шківів. В процесі керування шківів можна виділити 3 режими: збільшення, зменшення та утримання заданого передатного відношення [6, 7].

Тороїдна коробка передач відрізняється від коробки з клиноремінною передачею лише самим видом варіаторної передачі. Представлений механізм включає в себе диски замість шківів та ролики, які з'єднують диски передаючи крутний момент. Зміна передатного відношення здійснюється безпосередньо завдяки зміні положення та радіусу обкатки роликів. Керування здійснюється також електричною системою з гідравлічним приводом, який регулює кут повороту роликів та їх силу притискання до дисків.

Більш новою є розробка коробки передач з синхронізаторами та двома первинними валами. Конструкція такої коробки нагадує механічну, з наступними відмінностями (рис. 7): вона має два первинних вала, частина одного з яких знаходиться всередині іншого; керування здійснюється автоматизованою системою. Розподіл передач на первинних валах виконується таким чином: на першому валу розташовані шестерні непарних передач та заднього ходу, на другому – парних передач. Принцип роботи представленої коробки наступний. Завдяки особливості конструкції зчеплення такого виду передачі автоматизованих коробок має подвійну конструкцію, що дозволяє забезпечити перемикання передач без розриву потоку потужності.

Робота такої коробки реалізується за допомогою електронної системи керування яка забезпечує одночасне вимикання обраної раніше та вмикання наступної передачі. Перемикання передач відбувається за допомогою синхронізаторів та вилок перемикання але на відміну від механічних коробок передач керування здійснюється гідравлічним приводом. Штоки рухаються в гідроциліндрі по кулькам.

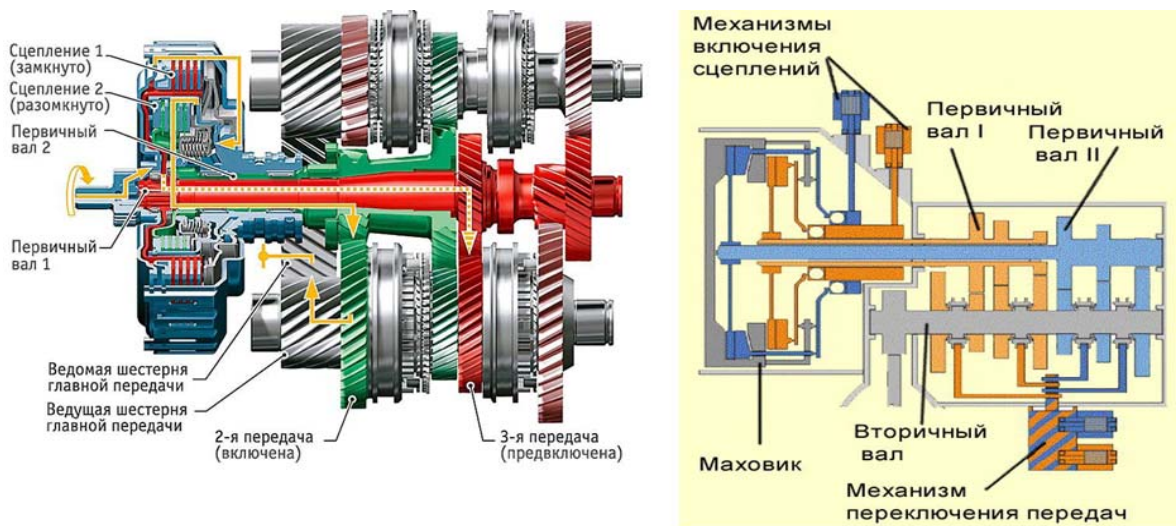


Рисунок 7 – Коробка передач з двома валами

Електронний блок керування отримує сигнали про необхідність зміни передачі та подає команду на збільшення тиску масла в правому чи лівому гідроциліндрі необхідної вилки, шток під дією тиску масла зміщується у відповідну сторону переміщуючи разом з собою вилку включення передачі. Після включення масло йде на злив і тиск в гідроциліндрі повертається до звичного йому тиску. Муфта синхронізатора утримується в заданому положенні при включеній передачі за рахунок зчеплення з шестернею передачі та фіксатора, що діє на шток вилки, також фіксатор утримує вилку в нейтральному положенні коли вона не включає передачу. Окрім цього кожна вилка має постійний магніт який дає інформацію про точне положення вилок включення передач [8, 9].

Висновки

В результаті проведеного аналізу були зроблені наступні висновки:

виробники сучасних коробок передач прагнуть знижувати масово-габаритні параметри коробок передач та відсторонити водія як об'єкта керування при виборі режимів руху транспортного засобу;

в окремих випадках з метою збереження споживачів (потенційних водіїв) виробники коробок передач зберігають функцію ручного керування в кобці передач.

Література

1. C. Ruiz-Carcel, E. Hernani-Ros, P. Chandra, Y. Cao, D. Mba, Application of linear prediction, self-adaptive noise cancellation, and spectral kurtosis in identifying natural damage of rolling element bearing in a gearbox Proceedings of the 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012), Springer (2015), pp. 505-513.
2. J. Antoni, R. Randall Differential diagnosis of gear and bearing faults Trans-Am Soc Mech Eng J Vib Acoust, 124 (2) (2002), pp. 165-171.
3. Xie, S.; Hu, X.; Lang, K.; Qi, S.; Liu, T. Powering Mode-Integrated Energy Management Strategy for a Plug-In Hybrid Electric Truck with an Automatic Mechanical Transmission Based on Pontryagin's Minimum Principle. Sustainability 2018, 10, 3758.
4. Aleksandr BLOKHIN, Arcadiy NEDYALKOV, Lev BARAKHTANOV, Aleksandr TARATORKIN, Abram KROPP MULTISTAGE MECHANICAL TRANSMISSIONS WITH AUTOMATIC CONTROL FOR ADVANCED TRUCKS AND BUSES , Acta mechanica et automatica, vol.11 no.4 (2017) Стр.: 260-266. DOI 10.1515/ama-2017-0040.
5. Linghao Zhou, Fang Duan, Michael Corsar, Faris Elasha, David Mba, A study on helicopter main gearbox planetary bearing fault diagnosis, Applied Acoustics, Volume 147, 2019, Pages 4-14, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.004>.
6. Hofman, T, Steinbuch, M, Druten, RV. Design of CVT-based hybrid passenger cars. IEEE T Veh Technol 2009; 58: 572–587.
7. Ji, J, Park, J, Kwon, O. An energy management strategy for a CVT based parallel hybrid electric vehicle. In: Proceedings of the vehicle power and propulsion conference, Seoul, South Korea, 9–12 October 2012, pp.380–382. New York: IEEE.
8. Di Nicola F, Sorniotti A, Holdstock T, et al. Optimization of a multiple-speed transmission for downsizing the motor of a fully electric vehicle. SAE Int J Alt Power 2012; 1: 134–143.
9. Morozov A, Humphries K, Zou T, et al. Design and optimization of a drivetrain with two-speed transmission for electric delivery step van. In: Proceedings of the IEEE international electric vehicle conference (IEVC), Florence, 17–19 December 2014. New York: IEEE.

Науковий консультант Леонтьєв Д.М., к.т.н., доцент кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула