

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Автоматична коробка передач (також автоматична трансмісія, АКП) це різновид коробки передач автомобілів, що забезпечує автоматичний (без прямої участі водія) вибір відповідним поточним умовам руху передаточного числа, залежно від великої кількості факторів [1].

Сучасні коробки передач (КПП) орієнтовані на паливну ефективність, комфорт та швидкість перемикавання. Провідні позиції займають автоматичні КП (як ZF 8HP), роботизовані з двома зчепленнями (DSG) та варіатори (CVT), що забезпечують плавний рух. Класична «механіка» зберігає популярність завдяки надійності, а роботи з двома зчепленнями пропонують найшвидші перемикавання (долі секунди).

Основні типи сучасних трансмісій:

- Класичний автомат (АКПП / Гідротрансформатор): Найпоширеніший тип, що забезпечує високий комфорт, плавність ходу та адаптується до стилю водіння. Прикладом ефективності є 8-ступінчасті коробки ZF.

- Роботизована коробка (РКПП / DSG/DCT): Поєднує механічну основу з двома зчепленнями (парні/непарні передачі), що забезпечує перемикавання без розриву потоку тяги. Вона швидша за автоматичні, але може бути менш довговічною.

- Варіатор (CVT): Безступінчаста трансмісія, що забезпечує ідеальну плавність прискорення без перемикань, сприяючи економічній витраті палива. Ідеальний для міського циклу.

- Механічна коробка передач (МКПП): Залишається вибором для ентузіастів, забезпечуючи максимальний контроль над автомобілем, високий ККД та надійність.

- Преселективна коробка передач - друге покоління роботизованих коробок передач. Найбільш відомий представник цього виду – Volkswagen DSG (розробник Borg-Warner), вона ж встановлюється на Audi S-tronic, а також Getrag Porsche PDK, Mitsubishi SST, DCG, PSG, Ford Dualshift [2].

- TipTronic – напівавтоматичний режим роботи АКП, уперше реалізований компанією Porsche. Термін «типтронік» часто застосовується для назви всіх аналогічних конструкцій інших виробників, хоча воно і є торговельною маркою Porsche (інші виробники називають аналогічні конструкції інакше). У цьому режимі вибір передачі здійснюється водієм вручну підштовхуванням важеля селектора в напрямках «+» й «-» — перехід на наступні передачі нагору й униз. Ознака TipTronic-подібних АКП – H-подібний виріз для переміщення важеля селектора а також символи + й -.

- *Секвентальна КП* – механічна КП з гідравлічним механізмом перемикавання передач і електронним керуванням зчепленням. Педаль зчеплення відсутня - водію необхідно лише пересувати важіль КП вперед або назад (таку техніку застосовують спортсмени), причому робити це можливо незалежно від

положення педалі акселератора. Якщо на будь-якій передачі підняти оберти двигуна до спрацьовування обмежувача то автоматичне перемикання передач вгору не відбувається – так само, як у випадку з механічною КП. Якщо ж повністю зупинити автомобіль, а потім знов натиснути на педаль акселератора, то автоматично увімкнеться перша передача, це зроблено лише для того, щоб не заставляти водія зайвий раз пересувати важіль.

- *Steptronic* – назва типу АКП із можливістю ручного перемикання передач, розробленого й застосовуваного BMW (безпосередньо випускаються фірмою ZF).

У КП *Steptronic* важіль пересувається вперед та назад по двох паралельних секторах. У правому секторі *Steptronic*, на відміну від простий АКП не має позицій «1» «2» й «3» обмежуюче перемикання. Там розташовані чотири положення P (parking, стоянка), R (задній хід), N (нейтраль) і D (drive, рух). У цьому секторі також є положення «M/S» (Manual/Sport) це положення активує «спортивний» режим перемикання АКП. У цьому режимі АКП буде втримувати передачу до досягнення максимальних обертів двигуна й тільки після досягнення підвищить передачу.

Як тільки важіль КП виявляється в положенні M/S, він «перетворюється» у джойстик. Якщо штовхнути його догори, то включиться вища передача, а сам джойстик повернеться у вихідне серединне положення; якщо штовхнути вниз - включиться понижена передача. Таким чином, суть системи *Steptronic* у швидкому перемиканні передач, порівняно зі звичайною МКП.

Гідромеханічні коробки передач

Звичайно автоматична гідромеханічна КП для легкових автомобілів складається з (рис. 1) гідротрансформатора, планетарного редуктора зі ступеневим перемиканням і фрикційними пристроями з гідроприводом (гальмові стрічки й муфти) [3].

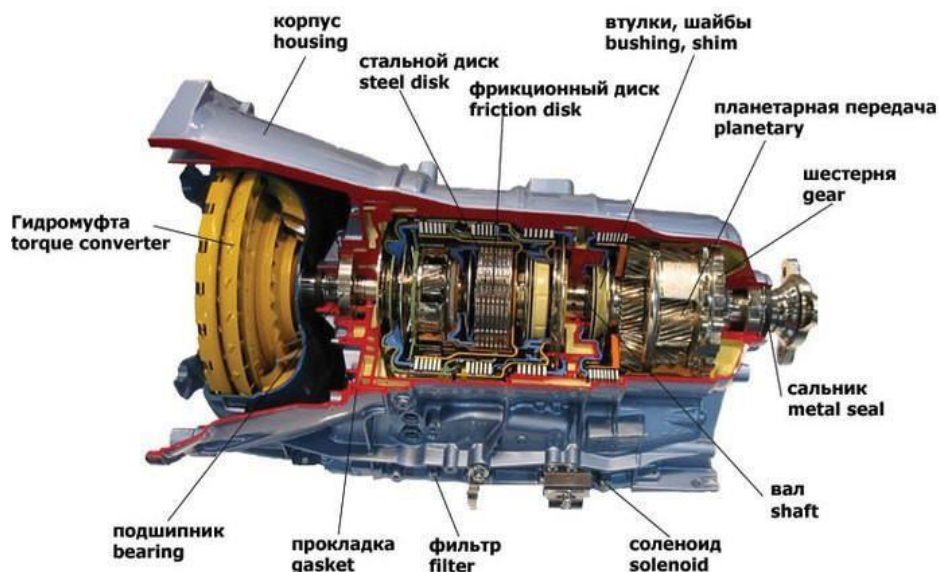


Рис. 1. Загальна будова автоматичної гідромеханічної коробки передач

Усередині коробки встановлюється також гідронасос для керуючого тиску, що подається на гідроприводи фрикціонів. Для автоматичного перемикачів швидкостей АКП дообладнана блоком електромагнітних клапанів, що встановлюється під планетарним редуктором й управляється електричними сигналами від електронного блоку керування (ЭБУ-АКП).

Вхідними сигналами для ЭБУ-АКП, за сукупністю яких формується послідовність маніпуляцій (перемикачів) у блоці електромагнітних клапанів, можуть бути наступні сигнали:

- ✓ частота обертання колінчастого валу ДВЗ (від ДКВ);
- ✓ частота обертання вторинного (вихідного) валу АКП або швидкість руху автомобіля (від КД);
- ✓ положення дросельної заслінки й швидкість її переміщення (від ДПДЗ);
- ✓ навантаження ДВЗ (від ДНД);
- ✓ температура ДВС (від ДТД);
- ✓ температура масла в АКП;
- ✓ положення важеля АКП (від МОП);
- ✓ положення перемикача програм (якщо такий є);
- ✓ положення перемикача режиму "Kickdown" (від ДТТ).

Оскільки всі перераховані сигнали керування являють собою неелектричні параметри, то вони перетворюються в електричні (аналогові або цифрові) сигнали за допомогою зазначених датчиків для АКП [3]. Якщо автомобіль обладнаний електронними системами керування двигуном (ЕСУД) і гідравлічними гальмами (ЕСУГ), то частина керуючих сигналів для АКП береться із цих систем. Наприклад, від системи ABS використовуються сигнали колісних датчиків (КД), по яких обчислюються середня швидкість руху автомобіля або частота обертання вторинного валу АКП. Від системи керування двигуном до АКП надходять сигнали про частоту обертання й про навантаження ДВС, а також сигнал про положення й швидкість переміщення дросельної заслінки.

Будова та принцип дії гідротрансформатора

На відміну від звичайної механічної коробки передач автоматична КП із гідротрансформатором не має постійного передаточного числа в кожному з положень перемикача швидкостей, чим забезпечується безступінчаста передача крутного моменту від двигуна до ведучих коліс при троганні автомобіля з місця й при розгоні [4].

Пояснюється це тим, що передаточне число АКП, поки в ній не заблокований гідротрансформатор, може змінюватися під впливом перерозподілу крутного моменту між трьома робочими колесами гідротрансформатора.

Корпус гідротрансформатора обертається разом з насосним колесом. Турбіна з корпусом не зв'язана (за винятком періоду блокування ГТ) – вона з'єднана з валом коробки. Реактор при цьому закріплений через обгінну муфту – вона не дає йому повертатися під напором потоку, коли різниця у швидкості обертання насосного й турбінного коліс велика, але дозволяє обертатися разом

з ними в одному напрямку, коли автомобіль рухається з постійною швидкістю й проковзування ГТ мінімально. Так вдається підняти ККД коробки. По такій траєкторії циркулює масло в ГТ. Відкидає зовнішнім контуром насосного колеса воно попадає на лопатки турбіни, перенаправляється до центра, розвертається до насосного колеса, обгинає лопатки реактора й повертається до центра насоса, щоб повторити шлях. Перше робоче колесо з'єднане жорстко з колінчастим валом ДВЗ і називається *насосним*. Своїми лопатками насосне колесо нагнітає трансмісійне масло під відцентровим тиском (що залежить від частоти обертання ДВЗ) на лопатки другого (*турбінного*) колеса, що приводить в обертання вторинний (вихідний) вал АКП, з яким турбінне колесо зв'язане жорстко. Третє робоче колесо встановлене на муфті вільного ходу між насосним і турбінним колесами. Це колесо називається *реактором*. Лопатки реактора приймають потік масла від турбінного колеса й змінюють напрямок потоку таким чином, що він (потік) повторно направляється на лопатки турбінного колеса. Турбіна одержує додатковий момент обертання, що підсумується з моментом, отриманим турбінним колесом від насосного колеса. Таким чином, сумарний крутний момент на виході гідротрансформатора може бути більше, ніж на його вході, і визначається частотою обертання турбінного колеса.

Якщо швидкість руху автомобіля знижується під впливом збільшення навантаження (підйом у гору), то частота обертання турбінного колеса падає, а крутний момент збільшується. При збільшенні швидкості автомобіля (при розгоні на прямій ділянці дороги) частота обертання турбіни збільшується, що приводить до зменшення крутного моменту в гідротрансформаторі, отже, тягова сила на ведучих колесах зменшується.

При деякій частоті обертання вторинного (вихідного) валу АКП реактор починає провертатися відносно муфти вільного ходу і гідротрансформатор втрачає властивості перетворювача крутного моменту. При цьому швидкості обертання первинного й вторинного валів АКП стають майже однаковими. Діапазон зміни крутного моменту за допомогою гідротрансформатора обмежений збільшенням в 2,5...3 рази. Цього досить для забезпечення нормальної роботи АКП в одному з фіксованих положень перемикача швидкостей. Але цього недостатньо для усталеної роботи двигуна на всіх можливих режимах руху автомобіля. Тому автоматична КП містить у своєму складі багатоступінчасту механічну коробку з перемиканням швидкостей за допомогою електромагнітних клапанів.

Самі клапани управляються сигналами від ЕБУ-АКП.

Будова та принцип дії механічної частини АКП

Гідротрансформатор не може перетворювати швидкість обертання й переданий крутний момент у потрібних межах. Та й забезпечити рух заднім ходом йому не під силу. Тому до нього приєднують набір з окремих планетарних передач із різним передаточним коефіцієнтом – фактично одноступінчастих КП в одному корпусі рис. 3. Планетарна передача являє собою механічну систему, що складається з декількох шестерень - сателітів,

що обертаються навколо центральної шестерні. Сателіти фіксуються разом за допомогою водила. Зовнішня кільцева шестерня має внутрішнє зачеплення із планетарними шестернями. Сателіти, закріплені на водилові, обертаються навколо центральної шестерні, як планети навколо Сонця (звідси й назва - планетарна передача), зовнішня шестерня - навколо сателітів. Різні передаточні відношення досягаються шляхом фіксації різних деталей відносно один одного.

Роботизована коробка передач DSG

Роботизована коробка передач DSG (Direct Shift Gearbox) - це коробка передач прямого перемикування. У цей час вона є самою сучасною автоматизованою коробкою, установлюваною на масові моделі легкових автомобілів [5].

У механічній коробці передач, потік потужності від двигуна до коліс при перемикуванні швидкостей переривається. Це викликає поштовх перемикування передачі або переривання крутного моменту. У випадках неправильного, або несвоечасного включення передачі, автомобіль може помітно посмикуватися.

Коробка DSG (рис. 2) працює по іншому, вона поєднує в одному корпусі дві механічні коробки передач, одну для парних швидкостей, а іншу для непарних, і кожна з яких оснащена своїм зчепленням. Це необхідно для того, щоб включати дві передачі одночасно.

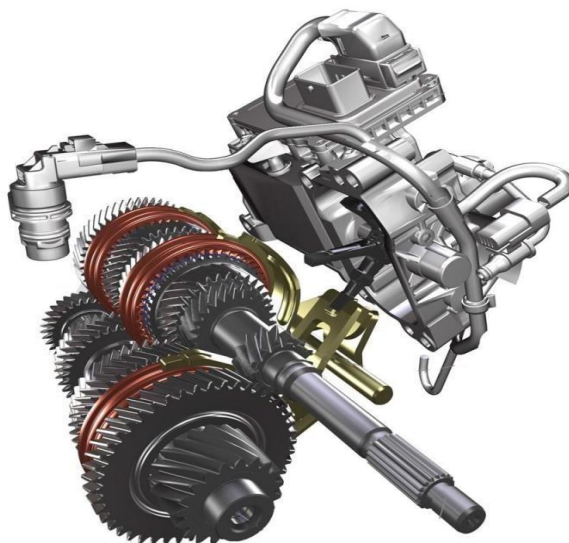


Рисунок 2. Конструкція роботизованої механічної коробки передач

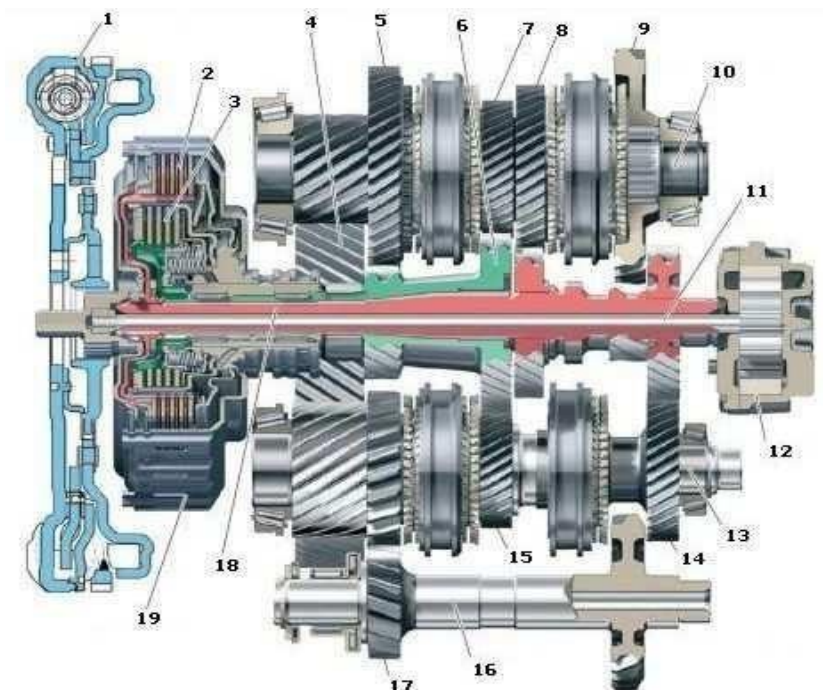
Поки автомобіль розганяється на парній швидкості, шестерні наступної, непарної, уже перебувають у зачепленні. Коли оберти двигуна досягають точки включення наступної передачі, зчеплення парної передачі розмикається, а непарної одночасно замикається, при цьому передача тяги між коробками відбувається без розриву потоку потужності, а зміна швидкості виходить швидкої й майже непомітною. І все це при мінімальних втратах енергії

- будучи похідною від звичайної “механіки” коробка успадковує і високу ефективність передачі потужності. Управляється все це автоматикою, тому в системі відсутня педаль зчеплення, і ручка керування КП така, як в

автоматичних гідромеханічних коробках.

Коробка DSG управляється електронікою, і при наборі швидкості комп'ютер майже миттєво перемикає передачі, заощаджуючи паливо, зберігаючи динаміку й згладжуючи ривки, тому що відразу після включення, наприклад, четвертої передачі він готовий включити п'яту. А якщо водій у процесі розгону вирішив пригальмувати, то системі керування потрібно набагато більше часу для відключення більше високої передачі й підготовки до включенні більше низької передачі. На це йде вже не 100 мс, а до напівсекунди.

Не завжди вдається забезпечити й низькі втрати енергії. Проблема в тому, що сухі зчеплення (такі ж, як й у ручних коробок) в DSG трансмісіях можуть перегріватися, тому в моделях, розрахованих на потужні мотори, замість них застосовуються пакети фрикціонів, що працюють у маслі. Вони краще тримають навантаження, але через більше проковзування й гідродинамічні втрати ефективність передачі потужності знижується до 96%, у той час як ручні коробки і їх роботизовані версії досягають величини в 98-99%. Втім, це, звичайно, краще звичайного "автомата" з його 91-94%. Розробники заявляють, що коробка DSG заощаджує до 10% палива.



1 – двомасовий маховик; 2 – перша фрикційна муфта; 3 – друга фрикційна муфта; 4 – ведена шестерня головної передачі; 5 – ведена шестерня 2 передачі; 6 – первинний вал другого ряду; 7 – ведена шестерня 4 передачі; 8 – ведена шестерня 3 передачі; 9 – ведена шестерня 1 передачі; 10 – вторинний вал 1; 11 – вал масляного насоса; 12 – масляний насос; 13 – вторинний вал 2; 14 – ведена шестерня 5 передачі; 15 – ведена шестерня 6 передачі; 16 – вісь шестерні заднього ходу; 17 – шестерня заднього ходу; 18 – первинний вал першого ряду; 19 – здвоєне зчеплення

Рисунок 3. Загальна будова коробки передач DSG

Незаперечним мінусом є вартість коробки й величезні проблеми з ремонтпридатністю. У зв'язку із чим, виникає необхідність правильного обслуговування КПП і своєчасною заміною масла.

Ключовими трендами сучасних автоматичних передач є наступні напрямки:

- Від 6-8 до 10-ступінчастих автоматів, що дозволяє тримати двигун в оптимальному діапазоні обертів.
- Гібридизація: Вбудовування електродвигунів у коробку передач.
- Електронне керування: Перемикання здійснюється електронікою, часто без фізичного зв'язку між селектором та трансмісією.

1. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції. Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2007. 288 с.

2. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems: automotive technology: vehicle maintenance and repair. Elsevier Ltd, 2011. Pp. 512.

3. Подригало М.А., Коряк О.О. Динаміка автомобіля з автоматичною безступінчастою коробкою передач. Вісник ХНАДУ.2020. № 90. С. 73–79. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.73.

4. Кисликов В.Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підруч.. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.

5. Механічна коробка передач. Роботизована КПП: веб-сайт. URL: <https://avtoad.com.ua/base/mehanicna-korobka-peredac-robotizovana-kpp> (дата звернення: 17.02.2026).

Науковий керівник Лукашов І.В., асистент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Єнютін Юрій, ст. гр. АА-41-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГОЛОВНОЇ ПЕРЕДАЧІ

Головна передача призначена для збільшення підведеного до неї крутного моменту, перетвореного в коробці передач та передачі його до коліс через диференціал і напіввісі, розташовані, як правило, під прямим кутом до подовжньої осі автомобіля.

Зубчасті колеса головної передачі працюють у більше важких умовах, ніж зубчасті колеса коробки передач, тому що вони завжди перебувають під навантаженням при русі автомобіля. При розгоні автомобіля на нижчій передачі головна пара працює на малій частоті обертання, проте, на неї діють значні сили, що висуває підвищені вимоги до її міцності [1].

З усіх агрегатів автомобіля головна передача є найбільш навантаженою, так як являється кінцевим елементом трансмісії і тому до неї висувають наступні вимоги: