

З М І С Т

СКОРОЧЕННЯ.....	5
ПЕРЕДМОВА	6
Глава 1. Автомобільні трансмісії	7
1.1. Загальні поняття про трансмісію	8
1.2. Вимоги до трансмісій автомобілів та їх класифікація.....	9
1.3. Характеристики основних видів трансмісій і критерії їх вибору при проектуванні.....	11
1.4. Принципи проектування трансмісій.....	22
Глава 2. Механічні трансмісії з ручним керуванням.....	25
2.1. Агрегати і механізми трансмісії та їх призначення	26
2.2. Розподіл передатних відношень поміж елементами трансмісії	28
2.3. Зчеплення.....	35
2.3.1. Основні вимоги до конструкцій зчеплень та їх класифікація	35
2.3.2. Класифікація, загальний устрій і особливості роботи дискових фрикційних зчеплень.....	46
2.3.3. Основні елементи конструкцій дискових фрикційних зчеплень	63
2.3.4. Привід дискових фрикційних зчеплень із механічними муфтами виключення	75
2.3.5. Основи розрахунку сухих дискових фрикційних зчеплень	89
2.4. Механічні коробки перемикання передач	99
2.4.1. Двовалові, тривалові і багатовалові МКПП	101
2.4.2. Роздавальні коробки	121
2.4.3. Способи і механізми перемикання передач у коробках передач і роздавальних коробках.....	128
2.4.4. Механізми управління перемиканням передач.....	145
2.4.5. Система мащення коробок передач.....	160
2.5. Карданні передачі	161
2.5.1. Асинхронні карданні шарніри	164
2.5.2. Синхронні карданні шарніри	174
2.6. Головна передача і диференціал.....	186
2.6.1. Головна передача	186
2.6.2. Диференціал	194
2.7. Привідні вали ведучих коліс	223
Глава 3. Автоматичні і напівавтоматичні механічні трансмісії.....	227
3.1. Автоматичні ступінчасті трансмісії	228
3.1.1. Гідротрансформатор	228
3.1.2. Автоматичні ступінчасті коробки передач.....	241
3.2. Автоматичні безступінчасті трансмісії	304
3.3. Напівавтоматичні трансмісії	317

Глава 4. Електричні, електромеханічні та гідрооб'ємні трансмісії	327
4.1. Електричні трансмісії електромобілів	328
4.1.1. Загальні поняття про електричні трансмісії та їх склад.....	328
4.1.2. Електротрансмісії зі змінними передатними відношеннями.....	335
4.1.3. Електротрансмісії з мотор-колесами.....	344
4.2. Електромеханічні трансмісії гібридних автомобілів.....	349
4.3. Гідрооб'ємні трансмісії	363
Список використаної літератури і джерел.....	378

СКОРОЧЕННЯ

АБ – акумуляторна батарея;
АБКП - автоматична безступінчаста коробка передач;
АКП (АКПП) – автоматична коробка передач (автоматична коробка перемикання передач);
АМСТ – автоматична механічна ступінчаста трансмісія;
АТ – автомобільний транспорт;
АТЗ – автотранспортний засіб;
ГД – гідродвигун;
ГМТ – гідромеханічна трансмісія;
ГН – гідронасос;
ГОМТ – гідрооб’ємно-механічна трансмісія;
ГОТ (ГСТ) – гідрооб’ємна (гідростатична) трансмісія;
ГП – головна передача;
ГТ – гідротрансформатор;
Д – диференціал;
ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
ЕБУ – електронний блок управління;
ЕГ – електрогенератор;
ЕД – електричний двигун (електродвигун);
ЕМТ – електромеханічна трансмісія;
ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
ЕРС – електрорушійна сила;
ЕТ – електрична трансмісія;
ЗХ – задній хід;
КВ – колінчастий вал;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
КП (КПП) – коробка передач (коробка перемикання передач);
МБТ – механічна безступінчаста трансмісія;
МВХ – муфта вільного ходу;
МКПП – механічна коробка переключення передач з ручним керуванням;
МСТ – механічна ступінчаста трансмісія;
ПЕ – паливний елемент;
ПМ – планетарний механізм;
РК – роздавальна коробка;
РКПП – роботизована коробка перемикання передач;
РП – розподільник потужності;
ШРКШ – шарнір рівних кутових швидкостей;

ABS – Antiblockiersystem (антиблокувальна система);
BEV - Battery Electric Vehicle (акумуляторний електромобіль);
CVT - Continuously Variable Transmission (безперервно змінювана, або безступінчаста, трансмісія);
DCT - Dual Clutch Transmission (роботизована трансмісія з подвійним зчепленням);
DSG - Direct Shift Gearbox (роботизована коробка передач прямого перемикання);
EDS - Elektronische Differenzialsperre (система електронного блокування диференціала);
EV - Electric Vehicle (електричний автомобіль, електромобіль);
FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle (електромобіль з паливними елементами);
HEV - Hybrid Electric Vehicle (гібридний електромобіль);
PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle (гібридний електромобіль, що підзаряджається).

ПЕРЕДМОВА

Практично всі машини або обладнання, які призначені для утворення і використання корисної механічної роботи, складаються з двох основних агрегатів: *виробника* механічної енергії і її *споживача*. Але, в переважній їх більшості, параметри і характеристики механічної енергії, що виробляється агрегатом-виробником, не співпадають з тими, які потрібні агрегату-споживачу. У цьому разі між агрегатом-виробником і агрегатом-споживачем встановлюють механізм або декілька механізмів, що призначені для перетворення параметрів механічної роботи, яка виробляється першим, на параметри, які потрібні другому. Такі механізми або їх сукупність і називають *трансмisiєю*. Це також стосується і всіх автотранспортних машин, в яких трансмісія встановлюється між силовим агрегатом (двигуном), що виробляє механічну енергію, і ведучими колесами, як агрегатами-споживачами цієї енергії. В автотранспортних засобах трансмісія є однією із складових частин їх будови, яка відіграє першорядну роль в їх тягово-швидкісних характеристиках і в значній мірі впливає на їх економічність.

У посібнику представлено всі існуючі на сьогоднішній день види трансмісій, переважно, колісних автотранспортних засобів, або автомобілів, а саме: *механічні з ручним керуванням, механічні автоматичні ступінчасті і безступінчасті, механічні автоматизовані, електричні, гідравлічні і їх комбінації*. Розглянуто будову цих трансмісій, будову і принципи роботи їх механізмів і агрегатів, наведено базові розрахунки їх основних показників.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», а також, може бути корисним для учнів середніх професійно-технічних навчальних закладів за цим напрямком, для фахівців у галузі автомобілебудування і всіх, хто цікавиться устроєм, будовою і принципами функціонування автомобілів.

АВТОМОБІЛЬНІ ТРАНСМІСІЇ



1.1. Загальні поняття про трансмісію

У перекладі з латинської мови слово «*transmissio*» означає «*перехід, передача*».

Будь-яка машина, що призначена для виконання механічної роботи, складається з двох основних механізмів: *двигуна*, який виробляє енергію, і *рушії*, який споживає енергію двигуна і безпосередньо виконує корисну роботу машини.

В автомобільному транспорті (АТ), як в одному з класів таких машин, використовують виключно (за винятком електромобілів) поршневі двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), а рушіями є колеса. Але частота обертання колінчастого вала автомобільного двигуна внутрішнього згоряння і його крутний момент не співпадають із частотою обертання коліс автомобіля і з крутним моментом, який потрібен їм для штовхання автомобіля. Так, наприклад, двигуни легкових автомобілів мають діапазон частоти обертання, в середньому, 700...6500 об/хв. і максимальні крутні моменти від 100 Нм до 300...400 Нм. У той же час колеса автомобіля обертаються з частотою від 0 до 1800...2000 об/хв., а для забезпечення руху автомобіля повинні розвивати крутні моменти до 4500...5200 Нм. З цього прикладу видно, що автомобільний ДВЗ має дуже низький крутний момент M_d , який, в більшості випадків, недостатній, щоб зрушити автомобіль з місця, але спроможний розвинути при цьому великі оберти n_d . Колеса ж автомобіля, навпаки, повинні розвивати значно більші крутні моменти M_k за меншими, ніж двигун, обертами n_k . Таким чином, між автомобільним двигуном і колесами повинен бути проміжний механізм, який не тільки б передавав енергію від двигуна до коліс, але при цьому й змінював його крутний момент і частоту обертання. Як звісно, функцію такого проміжного механізму може виконувати звичайний зубчастий редуктор, тому що потужність двигуна N_d , за умов відсутності її втрат в редукторі, завжди повинна дорівнювати потужності N_k коліс, яку вони потребують для руху автомобіля. Тобто маємо

$$N_d = N_k \quad \text{або} \quad M_d n_d = M_k n_k, \quad \text{або} \quad \frac{n_d}{n_k} = \frac{M_k}{M_d} = i, \quad (1.1)$$

де i – передатне відношення редуктора.

Слід зазначити, що в багатьох підручниках та в інших джерелах з автомобільних трансмісій помилково використовують термін *передатне число «и»*, яке, на відміну від передатного відношення « i », є відношенням геометричних розмірів D або, для зубчастої передачі, числа зубів z веденої шестерні і ведучої, тобто $u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{D_2}{D_1}$, і використовується, як правило, для характеристики тільки однієї пари деталей передачі (зубчастих коліс). Передатне число може бути тільки додатним, а передатне відношення може бути і від'ємним, наприклад, у планетарних передачах. Крім того, в багатоступінчастих передачах (трансмісіях) кінематичне передатне відношення відрізняється від передатного числа на величину механічних втрат в трансмісії, тобто на величину коефіцієнта її корисної дії.

У більшості машин, зокрема в автомобілях, між двигуном і рушієм для передачі потужності, крім редуктора присутні інші допоміжні механізми, агрегати або деталі для виконання тих чи інших функцій (наприклад, диференціали, вали, шарніри, з'єднувальні муфти, тощо), сукупність яких і носить назву *трансмісія* (рис. 1.1). У деяких джерелах, особливо технічно-популярного напрямку, автори під трансмісією розуміють тільки механізм перетворення обертів і крутного моменту двигуна, тобто коробку передач. Таке поняття трансмісії не є досить повним і коректним, оскільки усі механізми і агрегати, які розташовані між двигуном автомобіля і його колесами, незалежно від їх основних функцій, беруть участь у передачі потужності від двигуна до коліс.

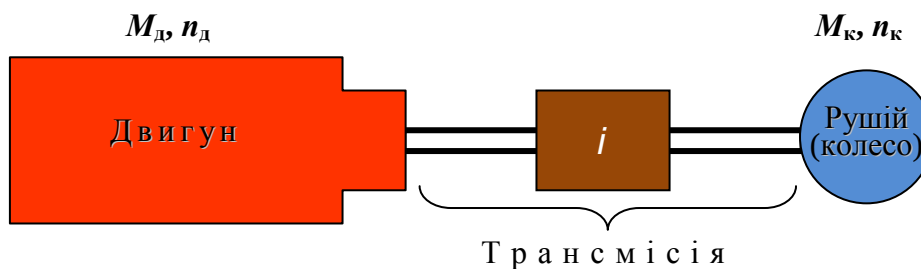


Рисунок 1.1 – Схема передачі потужності від двигуна до рушій

Склад трансмісії тієї чи іншої машини залежить від її призначення, а отже від вимог до неї і до механізмів і агрегатів, що входять до складу трансмісії. У зв'язку з цим розглянемо основні вимоги до трансмісій автомобільного транспорту і їх види.

1.2. Вимоги до трансмісій автомобілів і їх класифікація

Вимоги

Основні вимоги до автомобільних трансмісій випливають із специфічних умов роботи автомобільного транспорту і можуть бути визначені наступним чином:

- з'єднувати або роз'єднувати колеса з двигуном;
- забезпечувати зміну крутного моменту і обертів коліс у широкому діапазоні, в тому числі зміну напрямку обертання коліс для забезпечення заднього ходу автомобіля;
- розподіляти потужність двигуна на два або більше ведучих коліс;
- мати можливість змінювати частоту обертання і крутний момент на окремих колесах;
- дозволяти зміну положення коліс відносно двигуна.

Перша вимога виходить з того, що автомобіль повинен мати можливість, коли це потрібно, знаходитися в нерухомому стані з двигуном, що працює.

На відміну від двигунів деяких інших транспортних засобів таких, наприклад, як судових, авіаційних, тепловозних, тощо, де двигуни працюють у досить вузькому діапазоні режимів за обертами і крутними моментами, автомобільні двигуни повинні працювати в широкому діапазоні цих показників. Це пов'язане з тим, що автомобілі повинні рухатися з різними швидкостями, із зупинками, прискореннями, в різних дорожніх умовах, включаючи бездоріжжя, і мати можливість рухатися заднім ходом. Таку можливість передачі крутних моментів і обертів у широкому діапазоні від двигуна до коліс повинна забезпечувати трансмісія автомобіля. Крім того, під час роботи в цих умовах вона повинна забезпечувати максимальну економічну ефективність роботи автомобільного двигуна, що є головною вимогою до них.

Оскільки ведучих коліс автомобіль має не менше двох, трансмісія повинна розподіляти потужність двигуна на всі ці колеса.

Автомобіль рухається не тільки за прямою лінією, але здійснює повороти, рухається по нерівній дорозі. При цьому для забезпечення стійкості руху автомобіля різні його колеса повинні обертатися з різними кутовими швидкостями, з чого витікає четверта вимога до автомобільних трансмісій.

Остання вимога до трансмісії автомобілів пов'язана з тим, що для забезпечення плавності руху автомобіля по нерівній дорозі його колеса підвішуються до кузова рухливо за допомогою ресор і амортизаторів. Тому трансмісія повинна мати механізм, який до-

зволяє передавати потужність від двигуна до коліс в умовах зміни відносного положення коліс і двигуна в вертикальній площині.

Класифікація

Усі перелічені вище вимоги можуть забезпечуватись різними видами трансмісій, які можна класифікувати за різними ознаками.

За основними ознаками трансмісії автомобілів, або автотранспортних засобів (АТЗ) класифікують **за типом** або **конструкцією основного їх агрегату** - коробки перемикання передач, - що призначений для перетворення крутного моменту і обертів двигуна, а саме:

1. За **характером зміни передатного відношення**:
 - а. *ступінчасті*;
 - б. *безступінчасті*;
 - с. *комбіновані*.
2. За **способом перетворення крутного моменту і обертів двигуна**:
 - а. *механічні*;
 - б. *гідравлічні*;
 - с. *електричні*;
 - д. *комбіновані, або гібридні (гідромеханічні та електромеханічні)*.
3. За **способом керування**:
 - а. *з ручним керуванням*;
 - *з безпосереднім керуванням*;
 - *з керуванням через сервопривід*;
 - б. *напівавтоматичні (преселекторні)*;
 - с. *автоматичні*.

Взаємозв'язок між цими основними видами трансмісій можна представити у вигляді блок-схеми, зображених на рис. 1.2.

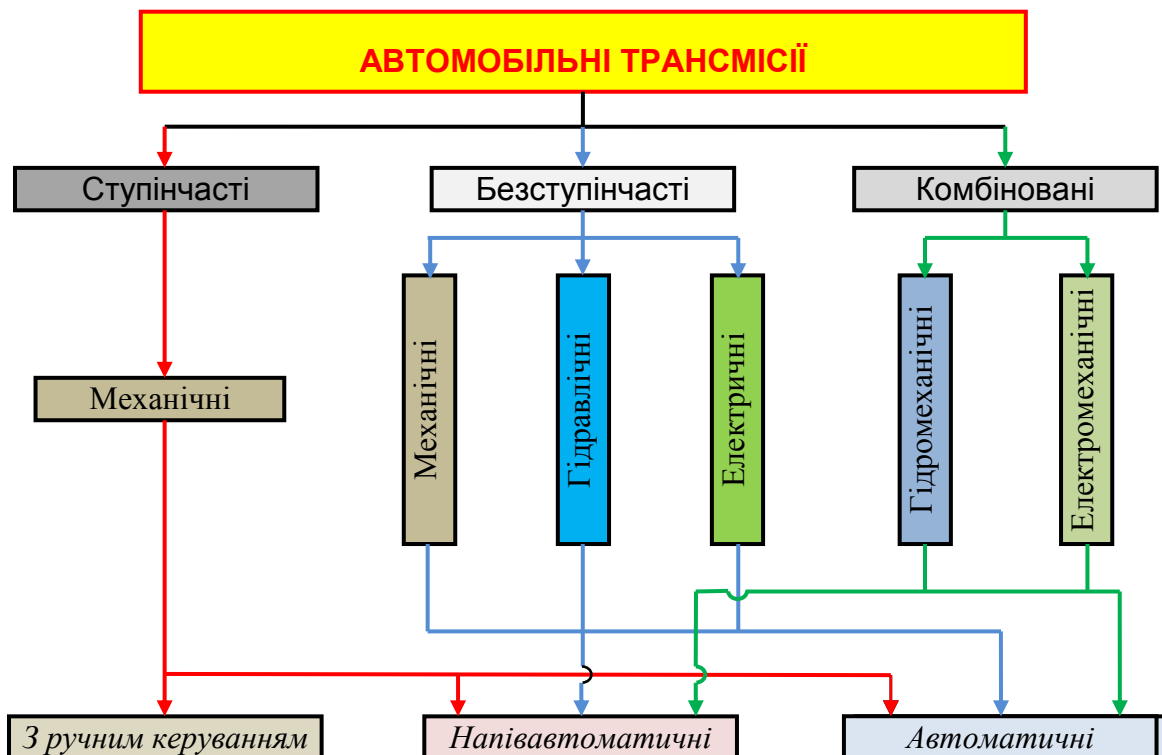


Рисунок 1.2 – Схема класифікації автомобільних трансмісій за основними ознаками

Кожна з наведених видів трансмісій, у свою чергу, має класифікацію за тими чи іншими ознаками, наприклад, у залежності від її складу, схеми, типу агрегатів і механізмів, що входять до її складу, тощо. Такі класифікації, як і їх схеми, розглянуті нижче у відповідних главах підручника, що присвячені вивченню конкретних видів трансмісій.

Ще однією важливою ознакою, за якою можна класифікувати всі наведені вище трансмісії, є **розташування ведучих коліс автомобіля**, на які трансмісія передає крутний момент від двигуна. За цією ознакою на автомобілях використовують три види трансмісій:

- **задньопривідні**, в яких крутний момент від двигуна передається до задніх коліс;
- **передньопривідні**, в яких крутний момент від двигуна передається до передніх коліс;
- **повнопривідні**, в яких ведучими є і задні і передні колеса, або усі колеса, якщо їх більше ніж чотири, наприклад, у великотоннажних вантажних і подібних до них АТЗ.

Для **повнопривідних** трансмісій автомобілів із чотирма колесами, або з двома ведучими мостами, як правило, застосовують терміни **AWD** (All Wheel Drive), **4WD** (Four Wheel Drive) або **4x4**, які, за суттю, означають одне й теж. Однак термін **AWD**, за звичаєм, використовують для повнопривідної трансмісії, в якій повний привід або діє постійно, або підключається автоматично, а термін **4WD** – для трансмісії, в якій повний привід підключається або виключається вручну і, як правило, має додатковий механізм трансмісії (демультиплікатор), що знижує передачі трансмісії для підвищення крутного моменту на колесах. Повнопривідні трансмісії **4WD** частіше використовують для автомобілів із підвищеною прохідністю. Крім того, трансмісії **AWD** у деяких автомобілях можуть мати назву **Full-time 4wd**, **Permanent 4wd** або **Permanently-engaged 4wd**, а трансмісії з термінологією **4WD** – **Part-time 4wd**.

1.3. Характеристики основних видів трансмісій і критерії їх вибору при проектуванні

Вихідними даними для проектування трансмісії, як правило, є технічне завдання замовника, або розробника автомобіля, в якому викладаються вимоги, наприклад, до тягових, динамічних, економічних, експлуатаційних характеристик автомобіля і таке інше. Також найважливішими вихідними даними для проектування трансмісій і розрахунку їх агрегатів є технічні характеристики двигуна, з яким повинні працювати трансмісії. Керуючись цими даними, розробник трансмісії повинен вибрати вид, або тип трансмісії, що задовольняє вимогам технічного завдання. Для цього треба знати основні характеристики різних видів автомобільних трансмісій, їх переваги, недоліки і галузі застосування.

На такі показники руху автомобіля, як стійкість, керованість, повертаємість, схильність до заносу, передусім, впливає місце розташування ведучих коліс або вибір задньопривідної, передньопривідної або повнопривідної трансмісії.

Задньо-, передньо- та повнопривідні трансмісії

Задньопривідна трансмісія (рис. 1.3) передає енергію двигуна на задні колеса, переважно, в автомобілях з чотирма колесами, або з двома мостами, і є першою, яка була застосована на початку ХХ століття на серійних автомобілях. Зараз використовується на переважній більшості легкових і вантажних автомобілів, в автобусах і в інших подібних до них АТЗ як з двигунами, що розташовані попереду (в більшості легкових автомобілів), так і позаду. На вантажних автомобілях та автобусах, переважно, застосовуються схеми **передньомоторні** зі зміщенням у бік відносно вісі АТЗ двигуном та трансмісією (на рис. 1.3 не показана), **центральномоторні** (рис. 1.3, в) та **задньомоторні** (рис. 1.3, з). Зад-