

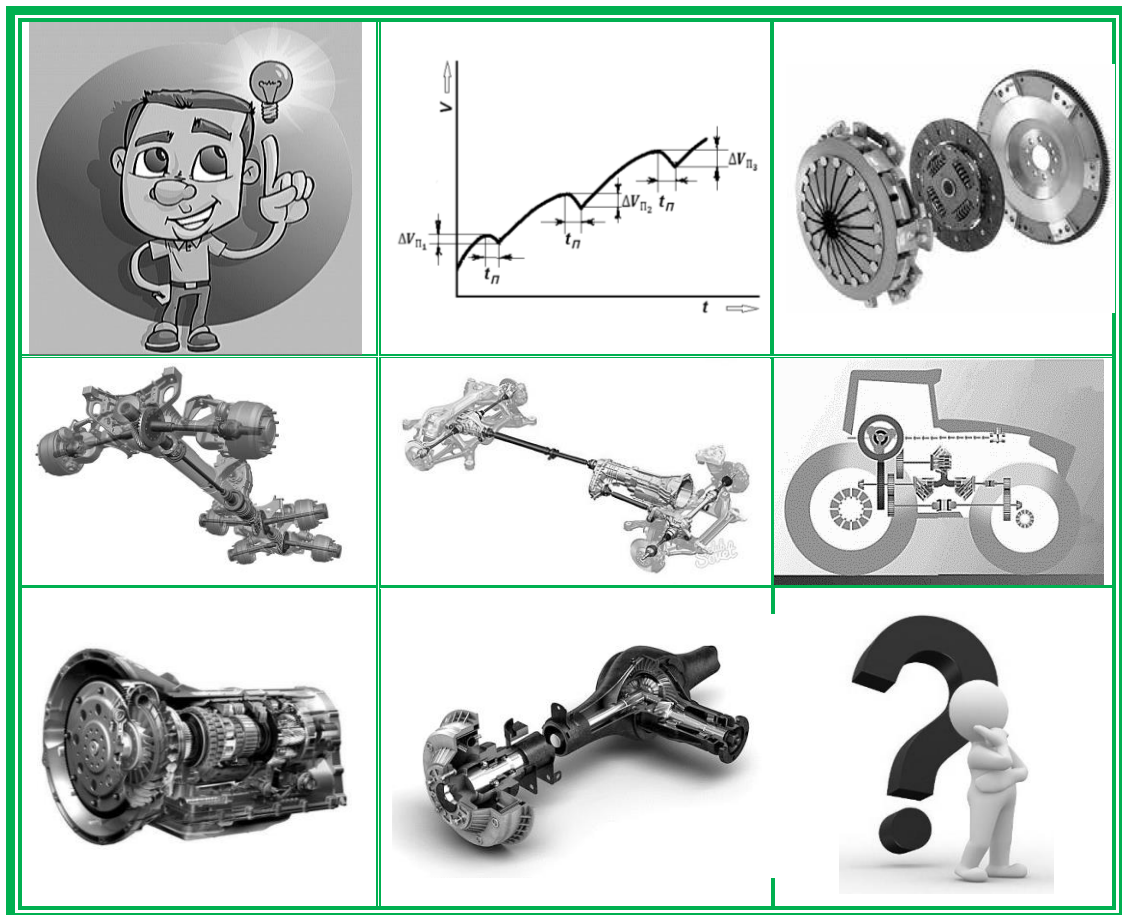


НАВЧАЛЬНІ
ВИДАННЯ

Шкарівський Г.В.

ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Навчальний посібник





**НАВЧАЛЬНІ
ВИДАННЯ**

ШКАРІВСЬКИЙ Г.В.



ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Навчальний посібник



Київ
2021

УДК 631.372
ББК 40.74
Ш 66

Рекомендовано до друку Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України - протокол № 3 від 27 жовтня 2021 р.

Рецензенти:

Головач І.В. - доктор технічних наук, професор (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Барановський В.М. - доктор технічних наук, професор (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Мироненко В.Г. - доктор технічних наук, професор (Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»)

Ш 66 Шкарівський Г.В.

Трансмісії мобільних машин: [навчальний посібник] / Г.В. Шкарівський. – К.: ФОП Ямчинський О.В, 2021. – 438 с.

ISBN 978-617-8049-25-6.....

Навчальний посібник присвячений детальному вивченню загальної конструкції і основ функціонування трансмісій мобільних машин. Наведено основні відомості про загальні схеми трансмісій мобільних машин, особливості конструкції, принцип дії, основні несправності агрегатів трансмісій, методи їх усунення і основні операції технічного обслуговування. Розроблено і викладено тести для контролю знань студентів, що є невід'ємною частиною вивчення відповідного розділу дисципліни «Трактори і автомобілі» яка викладається для студентів інженерних факультетів вищих навчальних закладів спеціальності 208 – «Агроінженерія», ОС – бакалавр.

Рекомендується вченим, аспірантам, докторантам, студентам та інженерним працівникам.

УДК 631.372
ББК 40.74

ISBN 978-617-8049-25-6..... © Шкарівський Г.В., 2021
© НУБіП України, 2021

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Шкарівський Григорій Васильович



Кандидат технічних наук, доцент кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів Національного університету біоресурсів і природокористування. Викладає дисципліни «Трактори і автомобілі», «Транспортні засоби». Наукові інтереси пов'язані з дослідженням умов агрегування та режимів роботи мобільних енергетичних засобів сільськогосподарського призначення при використанні їх у складі сільськогосподарських машинно-тракторних агрегатів. Автор понад 230 наукових та навчально-методичних праць, серед яких 4 монографії (3 у співавторстві), 3 навчальних посібники, 1 авторське свідоцтво та 5 патентів на винаходи. Електронна адреса: grishkar@i.ua

ЗМІСТ

Передмова.....	9
1 Загальні методичні рекомендації щодо викладання та вивчення конструкції мобільних машин	12
1.1 Рекомендації загального характеру	12
1.2 Окремі рекомендації щодо виконання лабораторних робіт.....	15
2 Трансмисії мобільних машин.....	16
2.1 Загальні відомості про трансмісії мобільних машин ..	16
2.2 Класифікація трансмісій	19
2.3 Принципові схеми трансмісій мобільних машин.....	22
2.4 Елементи теорії трансмісій.....	31
2.5 Особливості конструкцій трансмісій сучасних мобільних машин сільськогосподарського призначення від провідних виробників світу.....	36
2.5.1 Тракторна техніка	36
2.5.1.1 Мобільні машини виробництва John Deere	36
2.5.1.2 Мобільні машини виробництва Fendt	48
2.5.1.3 Основні напрями вдосконалення трансмісій інших відомих виробників	60
2.5.2 Автомобільна техніка	67
2.5.2.1 Короткий аналіз конструкцій автомобільних трансмісій	68
2.5.2.2 Короткий аналіз конструкцій трансмісій повноприводних автомобілів	75

2.6	Трансмісії мобільних машин з використанням електричних приводів.....	89
2.6.1	Електричні трансмісії серійних машин.....	89
2.6.2	Окремі перспективні розробки електричних трансмісій.....	96
2.7	Основні напрями розвитку конструкції трансмісій мобільних машин.....	101
2.8	Запитання для самоконтролю.....	103
3	Зчеплення мобільних машин	104
3.1	Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу	104
3.2	Призначення, вимоги та класифікація зчеплень	105
3.3	Принципові схеми зчеплень з силовим замиканням ...	117
3.3.1	Принципові схеми зчеплень виокремлених за числом ведених дисків...	117
3.3.2	Принципові схеми зчеплень виокремлених за передачею крутного моменту до споживачів	122
3.3.3	Принципова схема не постійно замкнутого зчеплення виокремленого за типом нажимного пристрою	127
3.3.4	Принципова схема гідропідтискної муфти	130
3.4	Принципові схеми зчеплень з гідравлічним зв'язком між ведучими і веденими елементами	133
3.4.1	Гідромуфта.....	133
3.4.2	Гідротрансформатор.....	138

3.5	Основні несправності та операції технічного обслуговування зчеплень	145
3.5.1	Основні несправності фрикційних зчеплень.....	146
3.5.2	Основні операції технічного обслуговування фрикційних зчеплень	150
3.6	Запитання для самоконтролю	154
4	Коробки передач і роздавальні коробки. Проміжні з'єднання і карданні передачі	156
4.1	Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу	156
4.2	Призначення, вимоги та класифікація коробок передач та роздавальних коробок	158
4.3	Передачі тракторів і автомобілів	160
4.4	Загальна будова, принципові схеми і принцип дії коробок передач.....	162
4.4.1	Механічні коробки передач	162
4.4.1.1	Особливості конструкцій окремих агрегатів механічних коробок передач	172
4.4.2	Автоматичні коробки передач	198
4.4.3	Роботизовані коробки передач	209
4.4.4	Варіативні (безступінчасті) коробки передач	218
4.5	Роздавальні та додаткові коробки передач	227
4.5.1	Роздавальні коробки передач	227
4.5.2	Додаткові коробки передач	245
4.6	Проміжні з'єднання і карданні передачі	255

4.6.1	Проміжні з'єднання.....	256
4.6.2	Карданні передачі.....	265
4.7	Основні несправності та операції технічного обслуговування коробок передач, проміжних з'єднань і карданних передач.....	276
4.8	Запитання для самоконтролю.....	281
5	Ведучі мости мобільних машин	284
5.1	Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу	284
5.2	Призначення, вимоги та класифікація ведучих мостів	286
5.3	Будова і принцип дії ведучих мостів мобільних машин.....	292
5.3.1	Будова і дія ведучих мостів колісних машин	294
5.3.1.1	Корпус ведучого моста.....	295
5.3.1.2	Головна передача	299
5.3.1.3	Диференціал	319
5.3.1.4	Напіввісі	346
5.3.1.5	Кінцеві передачі	348
5.3.2	Будова і дія ведучих мостів гусеничних машин.....	350
5.4	Основні несправності та операції технічного обслуговування ведучих мостів мобільних машин....	366
5.5	Запитання для самоконтролю.....	368
6	Тестові запитання для контролю знань.....	372
6.1	Контрольні запитання для швидкого опитування.....	372

6.1.1	Трансмісії мобільних машин	373
6.1.2	Зчеплення	378
6.1.3	Коробки передач, карданні передачі та проміжні з'єднання.....	383
6.1.4	Ведучі мости мобільних машин	393
6.2	Запитання для підсумкового контролю знань.....	403
6.2.1	Трансмісії мобільних машин	403
6.2.2	Зчеплення.....	406
6.2.3	Коробки передач, карданні передачі, проміжні з'єднання.....	408
6.2.4	Ведучі мости мобільних машин.....	411
6.2.5	Приклади побудови структури правильних відповідей на підсумкові запитання.....	413
6.2.6	Приклад заповнення бланку відповідей на білет.....	416
	Список використаних джерел.....	417

***Тот, кто обращаясь к старому,
способен открывать новое,
достоин быть учителем.***

Конфуций

ПЕРЕДМОВА

В сучасному сільськогосподарському виробництві, як і в інших галузях економіки широкого використання набули мобільні машини, зокрема мобільні енергетичні засоби (МЕЗ) та автомобілі, які забезпечують переміщення та привід робочих органів машин і знарядь, переміщення вантажів, пасажирів тощо. Останнє дозволяє створювати на базі таких МЕЗ машинно-тракторні агрегати які, в свою чергу, забезпечують виконання тієї чи іншої технологічної операції.

В загальному випадку мобільний енергетичний засіб (трактор, автомобіль) включає наступні складальні одиниці: двигун; трансмісія; ходова частина; системи керування; робоче, допоміжне і додаткове обладнання. Ефективна взаємодія названих складальних одиниць в одній машині базується на їх глибокій теоретичній та конструкторській проробці і, в кінцевому випадку, визначає показники ефективності застосування цієї машини. І, якраз, показники ефективності застосування стимулюють більш детальне вивчення окремих елементів конструкції машини, які є найбільш впливовими при аналізі і досягненні її ефективності. Основа реалізації мобільності машини полягає в наданні їй поступального руху. Останнє досягається перетворенням механічної енергії, створеної двигуном і відданої ним у вигляді обертального руху, у поступальний рух з заданими тягово-швидкісними характеристиками. Такі складні перетворення механічної енергії двигуна якраз і покликана здійснювати трансмісія мобільної машини.

Викладене дало поштовх до написання навчального посібника «Трансмісії мобільних машин» для студентів вищих навчальних закладів, які отримують освіту за спеціальністю 208 «Агроінженерія».

Сьогодення розвитку мобільних машин пов'язане з широким застосуванням їх в складі машинно-тракторних агрегатів різного призначення і конструкції, автопоїздів тощо. Основними визначальними аспектами в оцінюванні здатності забезпечення мобільними машинами вимог, які висуваються до них сучасними технологіями є динамічні та економічні характеристики енергетичної установки, якою обладнано мобільний енергетичний засіб, динамічні та тягові показники мобільних енергетичних засобів як мобільних машин, показники безпеки праці при виконанні технологічних операцій та характеристики використання потенційних можливостей мобільних енергетичних засобів в процесі виконання діючих та новітніх технологій агрегатами на їх базі. Сучасні мобільні машини виконані так, що можуть забезпечувати названі вимоги шляхом використання трансформуючих, керуючих і коригуючих пристроїв різної складності, основа роботи яких базується на використанні параметрів, які, здебільшого представляються механічними та електричними величинами, що і визначає складність конструкції машини та необхідність забезпечення високого рівня її експлуатації та технічного обслуговування. Останнє неможливо забезпечити без належного рівня знань з конструкції у спеціалістів експлуатаційної, обслуговуючої та ремонтної ланок.

Від вибору типу і конструкції елементів трансмісії істотно залежать основні експлуатаційні та економічні показники роботи як двигуна, так і машини створеної з його використанням.

В посібнику на доступному для сприйняття рівні різними категоріями споживачів викладено основи конструкції трансмісій сучасних мобільних

машин, які сьогодні експлуатуються в підприємствах різних спрямувань та форм власності, включаючи і сільськогосподарські.

Зокрема, посібник включає: трактовку основних понять, які пояснюють дію агрегатів трансмісій; класифікацію; загальну будову і принцип дії агрегатів трансмісії мобільної машини; особливості експлуатації, основні несправності, їх ознаки, причини та методику діагностування; основні етапи технічного обслуговування вузлів і агрегатів трансмісій; основні напрями розвитку конструкцій вузлів і агрегатів названих складових мобільної машини.

Особливістю даного посібника є наявність запитань для здійснення контролю засвоєння знань з розглянутого матеріалу. В посібнику наведено запитання двох видів, а саме:

- для проведення швидкого контролю знань запропоновані одновибіркові тестові запитання, відповідь на які вимагає від студента прийняття рішення на зразок «так», або «ні». Такі запитання корисні для перевірки готовності студента до лабораторної роботи, поточного опитування в процесі її виконання та, в окремих випадках, для захисту роботи;

- для підсумкового контролю знань запропоновані запитання змішаного типу, які дозволяють перевірити засвоєння вивченого матеріалу опираючись як на пам'ять, так і на логіку мислення студента, розуміння ним концептуальних схем, залежностей тощо.

Матеріал викладений в посібнику сформований з використанням загальновідомих літературних джерел, перелік яких наведено в кінці посібника та апробованих, в достатній мірі, особистих напрацювань автора.

Видання є посібником з дисципліни «Трактори і автомобілі», де передбачено вивчення розділу «Конструкція тракторів і автомобілів».



1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКЛАДАННЯ ТА ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

1.1. Рекомендації загального характеру

Вивчення конструкції тракторів і автомобілів має здійснюватись в спеціалізованих лабораторіях з максимальним використанням наглядних засобів навчання. Основна увага при цьому надається обґрунтуванню конструкційних рішень, основним регулювальним параметрам.

Майбутнім фахівцям у галузі механізації сільськогосподарського виробництва має бути властивий широкий технічний кругозір, розуміння принципів дії механізмів і систем машин, вміння ефективно використовувати, обслуговувати та ремонтувати різноманітну сільськогосподарську техніку.

Вивчення студентами факультетів технічного спрямування вищих аграрних закладів освіти 3 ... 4 рівнів акредитації основи мобільних енергетичних засобів – тракторів і автомобілів розпочинається з конструкції.

Успішність вивчення дисципліни «Трактори і автомобілі» істотно залежить від організації навчальної роботи - сумісної діяльності викладача і студентів. Визначальними аспектами цього процесу є певні вимоги, а саме:

- *чіткість мети заняття;*
- *ретельна підготовка викладача та обладнання;*
- *організація самостійної роботи студентів;*
- *оптимальний темп заняття;*
- *дотримання на заняттях творчої роботи і безпеки праці*

Як методи навчання, застосовують головним чином лекційні заняття, пояснення, розповідь, бесіду, роботу з книгою, демонстрацію об'єктів, що вивчаються, наглядні засоби (деталі, моделі, плакати, тощо), фільми. Метод навчання визначається метою та змістом заняття, наявністю відповідного обладнання та наглядних засобів і значною мірою залежить від педагогічної майстерності викладача.

До усного подання навчального матеріалу ставляться певні вимоги:

- *достовірність змісту;*
- *логічна послідовність і, систематичність викладу;*
- *чіткість постановки питань та переконливість у їх поясненні;*
- *висока культура мови викладача;*
- *зв'язок нового матеріалу з життєвим досвідом студентів і їх знаннями з загальноосвітніми дисциплінами.*

Підтриманню уваги та активізації розумової діяльності студентів протягом тривалого часу сприяє поєднання усного викладення навчального матеріалу з демонстрацією наглядних засобів, занотовування в зошитах визначень, формул, схем, графіків, таблиць.

Демонстрація наглядних засобів і показ прийомів виконання дій досягає мети за умови:

- *студенти мають знати, що вони спостерігають і з якою ціллю;*

- засоби мають добре бачитися;
- надто дрібні деталі доцільно роздати студентам перед їх демонстрацією;
- не застосовувати великої кількості наглядних засобів;
- показ наглядних засобів і прийомів мають супроводжуватися розповіддю чи поясненням, звертаючи увагу на найбільш важливе;
- об'єкти що демонструються, мають показуватися лише тоді коли в цьому виникає потреба.

Опанувати конструкцію машини, агрегату, системи чи механізму доцільно в такій послідовності:

- призначення механізму, системи тощо;
- будова, з аналізом наявних і прогнозованих конструкційних рішень;
- регулювання й технічне обслуговування;
- можливі несправності та способи їх усунення.

У будові механізмів і систем різноманітних тракторів і автомобілів сільськогосподарського призначення є чимало аналогічного, отже аналіз конструктивних виконань:

по-перше, полегшить засвоєння матеріалу;

по-друге, спеціалістам такого рівня підготовки важливо знати не тільки окремі конструкції, а й загальні конструкційні шляхи та тенденції розвитку.

На лекційних заняттях розглядаються принципи, на яких ґрунтуються відповідні процеси та загальна будова механізмів для їх реалізації, узагальнюється вибір певних конструкційних рішень (студентам рекомендується занотовувати ключеві положення). Окрім наведених нижче засобів, доцільно застосовувати фільми та відеокліпи.

На лабораторних заняттях студенти ланками в складі 4 ... 5 осіб вивчають, під керівництвом викладача, конструктивне виконання, дію, регулювання та технічне обслуговування основних агрегатів і вузлів, користуючись розрізами, деталями, плакатами, моделями, навчальною літературою тощо.

1.2. Окремі рекомендації щодо виконання лабораторних робіт

Вивчення матеріалу на лабораторно-практичних заняттях розпочинається з нагадування призначення ТiA, їх ролі в сільському господарстві, історичних етапів розвитку конструкцій тракторів як вітчизняного, так і закордонного виробництва, системи класифікації тракторів.

Подальший розгляд матеріалу концентрується на вивченні загальної будови та конструкції вузлів і агрегатів трансмісій різних типів.

З цією метою початковий етап розгляду матеріалу доцільно розпочати з обґрунтування необхідності зміни крутного моменту і його збільшення в процесі передачі до ходової частини машини та познайомити студентів з загальною будовою трансмісій. Далі, користуючись схемою, доцільно ознайомитись із складальними одиницями трансмісій різних типів. Особливої уваги заслуговують складальні одиниці, від яких залежать експлуатаційні показники машин. Необхідно визначити також терміни: коефіцієнт корисної дії трансмісії та передавальне число (повторення лекційного матеріалу). Закінчується вивчення матеріалу даного етапу ознайомленням з основними напрямками вдосконалення трансмісій та їх вузлів і агрегатів.



2. ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

2.1. Загальні відомості про трансмісії мобільних машин

Визначальна особливість мобільної машини – це її здатність переміщуватися в просторі. По відношенню до мобільних машин сільськогосподарського призначення їх здатність до переміщення оцінюється, головним чином, можливістю здійснення поступального руху вздовж заданої траєкторії на опорній площині, якою, зазвичай, слугує поле, дорога, що і обумовлює сферу функціонування машини. Сфера ж функціонування машини накладає на останню певні вимоги, які обумовлюють конструкцію машини загалом.

Якщо уважно проаналізувати призначення, загальну будову і принцип дії вузлів і агрегатів мобільної машини, то можна стверджувати, що вже сам двигун внутрішнього згоряння повністю може забезпечити визначальну особливість мобільної машини, тобто поступальний рух. Адже поршень двигуна внутрішнього згоряння стандартної конструкції здійснює поступальний рух під час такту робочого ходу, що конструктивно може бути трансформовано в поступальний рух самої машини, на якій встановлений цей двигун. Однак, таке технічне рішення веде до значних економічних втрат, що пояснюється необхідністю нарощування розмірів циліндра для

проходження заданого шляху, а кожна наступна порція палива повинна бути збільшена для створення необхідного тиску на поршень. Тому поступальний рух поршня в циліндрі двигуна внутрішнього згоряння трансформований, завдяки кривошипно-шатунному механізму, у обертальний. Таким чином, механічна енергія з двигуна внутрішнього згоряння знімається у вигляді обертального руху. Останнє визначає необхідність подальшого перетворення обертального руху у поступальний, що успішно може бути здійснено з допомогою колеса.

Однак, якщо встановити на колінчастому валу двигуна внутрішнього згоряння колесо з середнім розміром діаметра для сучасних тракторів рівним 1500 ... 1700 мм, то при частоті обертання колінчастого валу, рівній 1900 ... 2000 хв⁻¹ (частоти характерні для сучасних двигунів) така конструкція забезпечить швидкість руху мобільної машини на рівні 500 ... 600 км/год. В той час як для виконання технологічних операцій в полі потрібні швидкості на рівні 5 ... 15 км/год.

Крім того, запас крутного моменту для сучасних двигунів, у більшості випадків, не перевищує 15 ... 20 %. Цей факт вказує на значні обмеження двигунів в забезпеченні тягових зусиль, які необхідні для виконання основних технологічних операцій.

Названими причинами і викликана необхідність застосування комплексу складальних одиниць мобільного енергетичного засобу, які називаються трансмісією.

Таким чином, призначення трансмісії може бути сформульоване складним визначенням, яке приведене нижче.

Трансмісія – це комплекс складальних одиниць (вузлів і агрегатів) призначених для:

- плавного рушання машини з місця;

- зміни швидкості та крутного моменту за величиною і напрямком;
- забезпечення тривалої зупинки машини без вимикання двигуна;
- виконання, або покращення повороту;
- передачі крутного моменту до активних робочих органів агрегованих технологічних машин;
- приводу допоміжного і додаткового обладнання.

Кожен з елементів даного визначення характеризує вузол, агрегат, або групу агрегатів, які покликані виконувати певну функцію у загальній схемі трансмісії. Так, зокрема: плавне рушання з місця забезпечує зчеплення; зміну швидкості та крутного моменту – коробка передач, виконання, або покращення повороту – ведучий міст тощо. Нижче, в окремих підрозділах, будуть розглянуті всі складові трансмісії з їх призначенням, вимогами, класифікацією, будовою та принципом дії.

Для кращого розуміння конструкції трансмісій необхідним є ознайомлення з основними вимогами до трансмісій.

Варто зазначити, що до трансмісії висувається дуже багато різнотипних вимог, які необхідні для створення якісної конструкції, однак, виходячи з завдань даного навчального видання та кола користувачів ним, варто зупинитися на найбільш загальних вимогах, які дозволять дати пояснення доцільності реалізації тих чи інших рішень.

Основні вимоги до трансмісій:

- трансмісія повинна мати високий коефіцієнт корисної дії (к.к.д.);
- трансмісія повинна мати високу надійність вузлів і агрегатів;

- габаритні розміри трансмісії не повинні бути визначальними для загальної конструкції енергозасобу;
- масові показники вузлів і агрегатів трансмісії повинні бути співрозмірними з показниками потужності.

Приведені вимоги дають тільки загальне уявлення про проблеми, які потрібно вирішувати при проектуванні і створенні трансмісій для мобільних машин. Розширення вимог і обмежень, які необхідно враховувати при створенні конкретних зразків трансмісій привело до створення багатьох різновидів трансмісій, які можуть бути представлені їх класифікацією.

2.2. Класифікація трансмісій

Виходячи з технічних завдань, які розробляються і затверджуються перед створенням мобільної машини розробляються технічні завдання і на трансмісії. З метою досягнення заданих, в технічному завданні, параметрів використовують різновиди трансмісій, які приведені на рис. 2.1.

На рис. 2.1 приведено класифікацію трансмісій лише за двома ознаками, а саме: - за способом передавання крутного моменту (ступінчасті, безступінчасті та комбіновані); - за принципом роботи (механічні, електричні, гідравлічні та комбіновані).

Ступінчаста трансмісія передбачає дискретну зміну швидкості та крутного моменту шляхом вмикання передачі фіксованим передавальним числом. Для переходу на іншу швидкість руху і на інші тягові показники, які визначаються значенням крутного моменту необхідно увімкнути іншу передачу, яка вже характеризується іншим

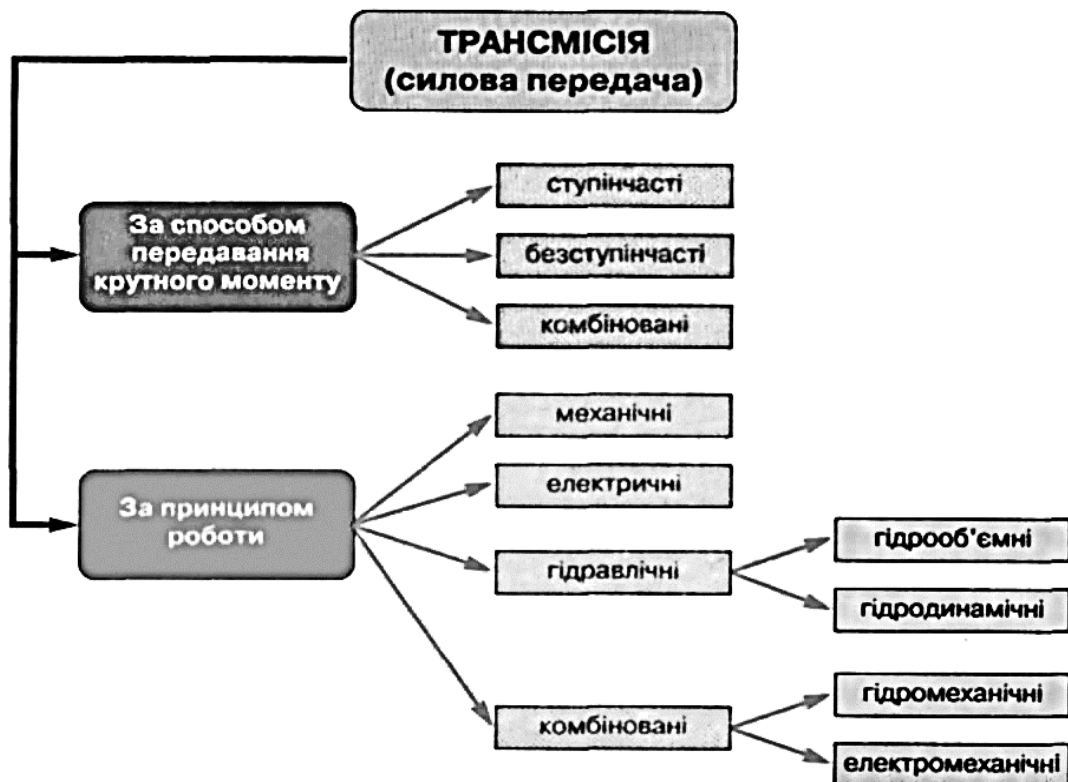


Рис. 2.1. Класифікація трансмісій

передавальним числом. Кожна окрема передача характеризується своїм передавальним числом, яке і утворює відповідну ступінь зміни передавального числа, а звідси і назва – ступінчаста трансмісія. Конструктивна реалізація ступінчастої трансмісії здійснюється шляхом використання шестеренних, ланцюгових, пасових передач тощо.

Безступінчаста трансмісія передбачає аналогову зміну швидкості та крутного моменту. Передавальне число не має фіксованих ступенів і може змінюватися в широких межах та набирати будь-яких значень. Конструктивна реалізація безступінчастої трансмісії здійснюється шляхом використання гідравлічних, фрикційних, клино-пасових з варіатором передач тощо.

Комбінована трансмісія передбачає поєднання ступінчастого перемикування діапазонів передач з безступінчастим регулюванням в

середині діапазону. Прикладом таких трансмісій є трансмісія збиральних самохідних машин, де передбачено кілька діапазонів передач з фіксованими передавальними числами, а в середині діапазону передавальні числа змінюються безступінчасто з допомогою гідравлічної передачі. Таке технічне рішення спрощує конструкцію і дозволяє отримати високі значення коефіцієнта корисної дії на всіх режимах роботи.

Класифікація «за принципом роботи» дає уяву про конструктивне виконання трансмісій.

Механічна трансмісія – сукупність механічних пристроїв, які дозволяють з'єднати джерело механічної енергії з виконавчими механізмами машин (ведучими колесами, зірочками тощо) та перетворити, за необхідності, власне механічну енергію, отриману від її джерела. Така трансмісія використовується переважно для створення ступінчастих конструкцій, однак, достатньо широкого використання механіка знайшла і при створенні безступінчастих трансмісій. Зокрема, це трансмісії, в основі яких лежить фрикційна передача та варіатор.

Електрична трансмісія – сукупність електричних пристроїв, які дозволяють з'єднати джерело механічної енергії з виконавчими механізмами машин (ведучими колесами, зірочками тощо) та перетворити, за необхідності, власне механічну енергію, отриману від її джерела. Така трансмісія використовується переважно для створення безступінчастих конструкцій.

Гідравлічна трансмісія – це трансмісія, в основі якої лежить гідравлічна передача. Така трансмісія являє собою сукупність гідравлічних пристроїв, що дозволяють з'єднати джерело механічної енергії (двигун) з виконавчими механізмами машини (колесами мобільної машини, шпинделем верстата тощо) та перетворити, за

необхідності, власне механічну енергію, отриману від її джерела. Як і електрична трансмісія, вона використовується для створення, переважно, безступінчастих конструкцій. В свою чергу гідравлічна трансмісія може обладнуватись гідрооб'ємною, або гідростатичною передачами.

Гідростатична передача (гідроб'ємна передача) – гідравлічна передача, основними елементами якої є об'ємний гідронасос та гідродвигун, у яких механічна енергія передається за рахунок статичного напору рідини.

Гідродинамічна передача – гідравлічна передача, яка складається з лопатевих коліс із загальною робочою порожниною, в якій потужність передається за рахунок зміни моменту кількості руху робочої рідини.

За принципом дії *комбіновані трансмісії* поєднують в своїй конструкції гідравліку з механікою, електрику з механікою тощо.

Принципові схеми трансмісій сучасних колісних і гусеничних машин представлені нижче.

2.3. Принципові схеми трансмісій мобільних машин

Загальна будова трансмісій істотно залежить від типу мобільної машини і її призначення. Нижче приведені найпростіші принципові структурні кінематичні схеми трансмісій мобільних машин, які найбільш широко використовуються в сільськогосподарському виробництві. На цих схемах більш прості вузли і агрегати трансмісії представлені умовними елементами, які віддалено нагадують їх реальний загальний вигляд, принцип дії тощо, а більш складні вузли і

агрегати показані у вигляді квадратів, прямокутників тощо, які не пов'язані з якоюсь конкретною конструкцією.

На рис. 2.2 представлена принципова структурна кінематична схема колісного трактора класичного компоновання [22].

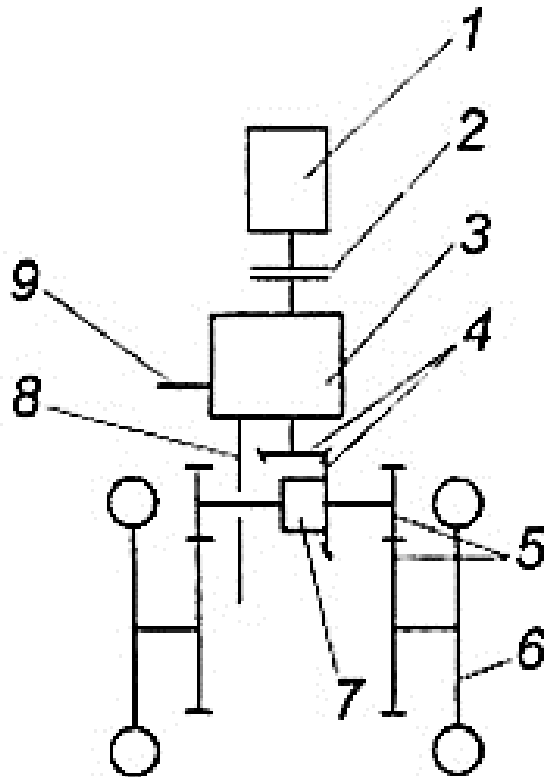


Рис. 2.2. Принципова структурна кінематична схема трансмісії колісного трактора класичного компоновання [22]:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – головна передача; 5 – кінцева передача; 6 – ведучі колеса; 7 – диференціал; 8 – задній вал відбору потужності; 9 – бічний вал відбору потужності

Як видно з рис. 2.2 основними агрегатами трансмісії колісного трактора класичного компоновання, які забезпечують його поступальний рух є зчеплення 2, коробка передач 3, агрегати ведучого мосту (головна передача 4, диференціал 7) та кінцева передача 5.

Крім того, конструкція трансмісії, розглянутої на рис. 2.2 передбачає і агрегати для передачі потужності загредатованим машинам – вали відбору потужності 8 та 9.

Така схема трансмісії характерна для неповнопривідних колісних тракторів, де передача крутного моменту здійснюється лише на один ведучий міст.

Повнопривідні конструкції мобільних машин передбачають появу ще одного, або кількох ведучих мостів залежно від колісної формули машини. За таких умов принципова схема трансмісії ускладнюється за рахунок появи додаткових ведучих мостів та роздавальної коробки, через яку підводиться крутний момент до цих додаткових мостів.

На рис. 2.3 представлена принципова структурна кінематична схема колісного повнопривідного трактора класичного компоновання [76].

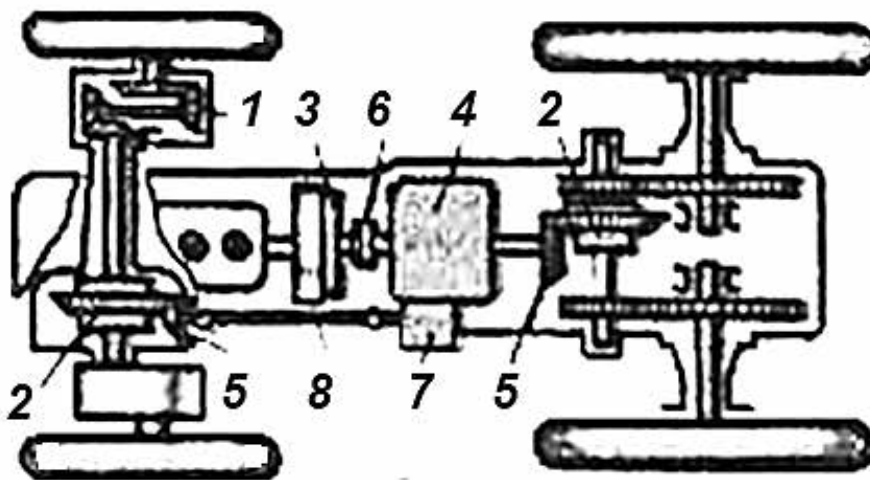


Рис. 2.3. Принципова структурна кінематична схема трансмісії колісного повнопривідного трактора класичного компоновання [76]:

1 – кінцева передача; 2 – диференціал; 3 – зчеплення; 4 – коробка передач; 5 – головна передача; 6 – проміжне з'єднання; 7 – роздавальна коробка; 8 – карданна передача

На рис. 2.4 представлена структурна кінематична схема трансмісії гусеничного трактора.

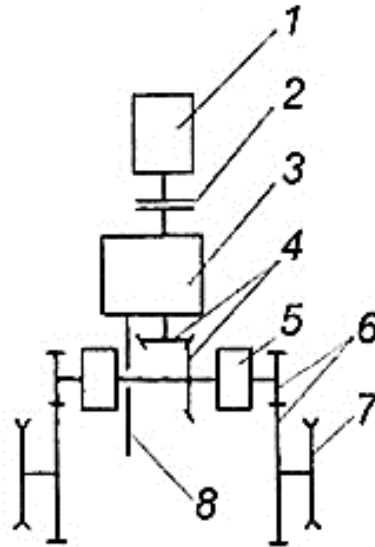


Рис. 2.4. Принципова структурна кінематична схема трансмісії гусеничного трактора [22]:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – головна передача; 5 – механізми повороту; 6 – кінцева передача; 7 – ведуча зірочка; 8 – задній вал відбору потужності

Як видно з рис. 2.4 основними агрегатами трансмісії гусеничної мобільної машини, які забезпечують її поступальний рух є зчеплення 2, коробка передач 3, агрегати ведучого мосту (головна передача 4, механізми повороту 5) та кінцева передача 6.

Крім того, конструкція трансмісії приведеної на рис. 2.4 передбачає наявність технічних засобів для передачі потужності до загрегованих машин – вал відбору потужності 8.

На даному етапі доцільно проаналізувати і порівняти конструкції трансмісій колісної та гусеничної машин. Не вдаючись до конкретизації

конструкцій трансмісій, представлених на рис. 2.2 та 2.4 та можливого використання конкретних технічних рішень для їх реалізації вже на цьому етапі розгляду можна виділити основну відмінність трансмісій колісної та гусеничної машин. Ця відмінність полягає в конструкції ведучих мостів. Зокрема, в конструкції ведучого моста колісної машини передбачено диференціал, який дозволяє колесам лівого і правого борту обертатися з різними частотами, що важливо при виконанні повороту, коли колеса різних бортів проходять різні відстані. В конструкції ж ведучого моста гусеничної машини диференціал відсутній, але там встановлені механізми повороту які дозволяють відключити від передачі крутного моменту гусеничну стрічку, в бік якої здійснюється поворот і, тим само, забезпечити здійснення повороту.

Конструкція трансмісії гусеничної машини може відрізнятись від трансмісії колісної машини і більш суттєво. На рис. 2.5 редставлено принципову схему трансмісії гусеничної машини з розділенням потоку потужності перед коробкою передач [22].

Трансмісії автомобілів відрізняються від трансмісій тракторів з тієї причини, що автомобіль повинен мати місце для установалення вантажної платформи, або іншого технологічного обладнання, яке, як правило має істотні габаритні розміри. Для конструктивного забезпечення розташування такого обладнання агрегати трансмісії розташовують на значних відстанях – рис 2.6. Передачу крутного моменту між агрегатами трансмісії втомобіля забезпечують з допомогою комплектів карданни передач 4 і 5.

На сучасному етапі розвитку мобільних машин широкого застосування почали отримувати езступінчасті і комбіновані трансмісії. На сільськогосподарській техніці широко використовуються гідравлічні та гідромеханічні трансмісії, які, при достатньо високих

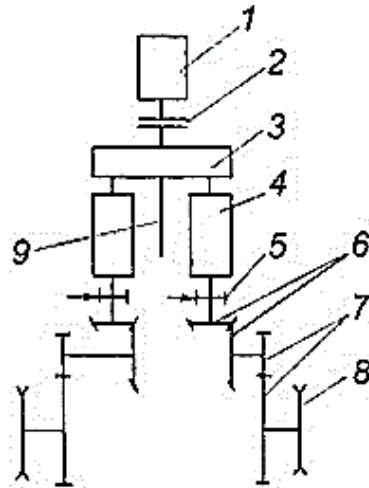


Рис. 2.5. Принципова структурна кінематична схема трансмісії гусеничного трактора з розділенням потоку потужності перед коробкою передач [22]:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – роздавальна коробка; 4 – коробки передач; 5 – гальма; 6 – головна передача; 7 – кінцева передача; 8 – ведуча зірочка; 9 – задній вал відборку потужності

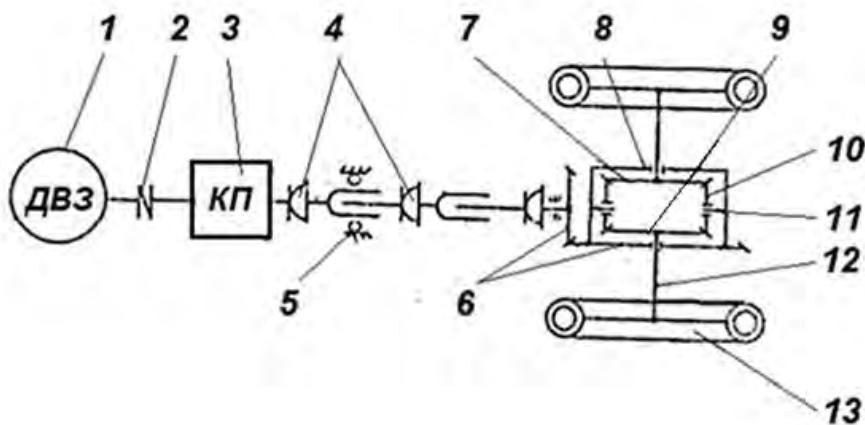


Рис. 2.6. Принципова структурна кінематична схема трансмісії вантажного автомобіля [57]:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – карданні передачі з телескопічними компенсуючими з'єднаннями; 5 – проміжна опора; 6 – зубчасті колеса головної передачі; 7, 9 – зубчасті колеса піввісей; 8 – корпус диференціала; 10 – сателіт; 11 – хрестовина; 12 – напіввісь; 13 – ведуче колесо

значеннях коефіцієнта корисної дії (трансмiсія Vario виробництва Fendt – на рівні 0,75), дозволяють оптимально завантажити двигун нергозасобу.

На рис. 2.7 представлена принципова кінематична схема гідрооб'ємної трансмісії колісного трактора з гідрооб'ємною передачею на ведучі колеса [22].

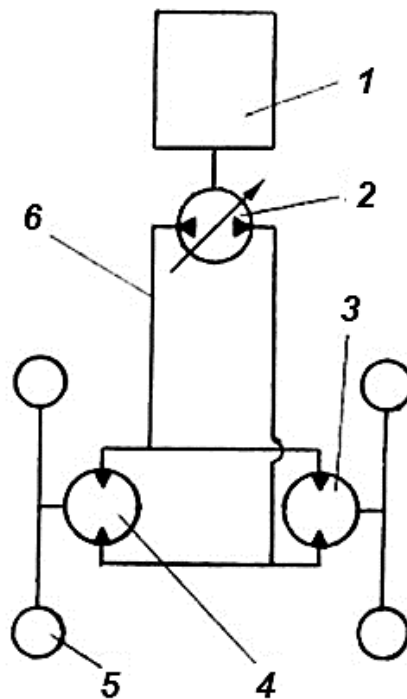


Рис. 2.7. Принципова конструктивна кінематична схема гідрооб'ємної трансмісії з гідромоторами в колесах [22]:

1 – двигун; 2 – регульований гідромотор; 3,4 - високомоментні гідромотори в ведучих колесах; 5 – ведуче колесо; 6 – оливопровід

Гідравлічна трансмісія на базі лише гідравлічної передачі має, порівняно, не високі значення коефіцієнта корисної дії. Тому в конструкціях сучасних мобільних машин використовують комбіновані гідромеханічні трансмісії [48, 73].

На рис. 2.8 представлена принципова схема комбінованої гідромеханічної трансмісії.

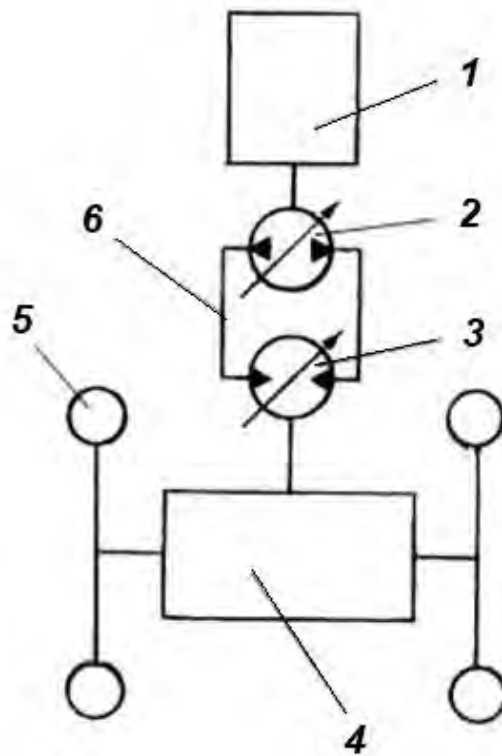


Рис. 2.8. Принципова конструктивна кінематична схема комбінованої гідромеханічної трансмісії з гідروоб'ємною передачею [22]:

1 – двигун; 2 – регульований гідронасос; 3 – регульований гідромотор; 4 – механічна трансмісія; 5 – ведуче колесо; 6 – оливопровід;

Такі трансмісії передбачають кілька діапазонів передавальних чисел, які вмикаються ступінчасто в механічній трансмісії 4, а регулювання передавального числа трансмісії в середині кожного з діапазонів одатково здійснюється з допомогою гідравлічної передачі представленої на схемі рис. 2.8 регульованим гідронасосом 2, регульованим гідромотором 3 та оливопроводами 6.

Велике значення в передачі крутного моменту відіграють електроприводи. За ними майбутнє і в мобільних машинах, за умови вирішення тих проблем, які сьогодні є в цій техніці і в даному навчальному виданні не розглядаються.

Сьогодні електричні та електромеханічні трансмісії широко використовуються на мобільних машинах, які рухаються по стаціонарно прокладених маршрутах та поступово займають свою нішу і в сільськогосподарському виробництві.

На рис. 2.9 представлена принципова структурна кінематична схема електричної трансмісії потужного колісного трактора. Подібні семи реалізовані і на гусеничних тракторах типу ДЭТ-250 та кар'єрних самоскидах бренду БелАЗ тощо [22].

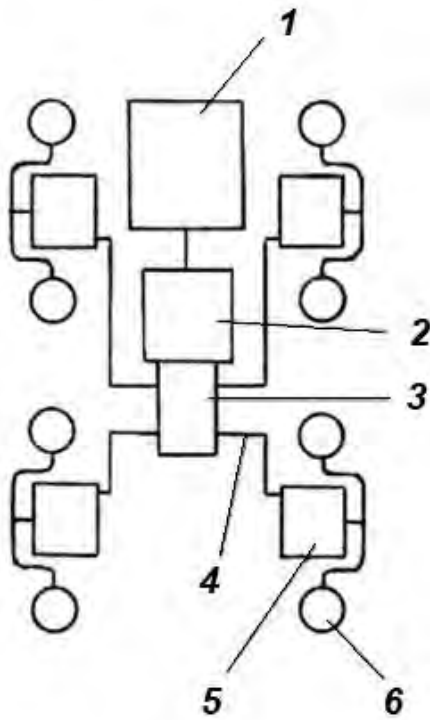


Рис. 2.9. Принципова структурна кінематична схема електричної трансмісії потужного колісного трактора [22]:

1 – двигун; 2 – електрогенератор; 3 – блок керування; 4 – електрокабель; 5 – електродвигун; 6 – ведучі колеса [22]

Принципова схема комбінованої електромеханічної трансмісії будується за тими ж принципами, що гідромеханічна і тут не приводиться.

2.4. Елементи теорії трансмісії

Основним призначенням мобільного енергетичного засобу є створення певної сили тяги на рушіях для забезпечення поступального руху. Відправною точкою в цих питаннях є процес трансформації крутного моменту, створеного на колінчастому валі ДВЗ.

В першу чергу, розмір сили тяги і потужності на рушіях залежать від потужності двигуна, проте ця потужність за вирахуванням втрат в трансмісії може бути повністю реалізована тільки у тому випадку, коли рушії мобільного енергетичного засобу мають достатнє зчеплення з ґрунтом, або дорожнім покриттям, і не руйнують його при русі, тобто мобільний енергетичний засіб повинен мати достатню так звану силу тяги за зчепленням. В цьому випадку вельми важливу роль грає міцність ґрунту, або дорожнього покриття, під якою слід розуміти взаємний зв'язок частинок, з яких він складається, і зв'язок з ним рушіїв. Якщо ці зв'язки недостатні, має місце пробуксовування рушіїв, руйнування дорожнього покриття, або ґрунту, і повна або часткова втрата можливості переміщення мобільного енергетичного засобу, а також повна або часткова втрата його сили тяги.

Рух мобільного енергетичного засобу відбувається за рахунок роботи двигуна. Крутний момент двигуна передається через трансмісію до рушіїв. Оскільки число обертів рушіїв значно менше числа обертів колінчастого вала двигуна, то крутний момент, що підводиться до рушіїв, більший крутного моменту двигуна. Назвемо крутний момент, що прикладений до рушіїв, ведучим моментом і позначимо його через M_B . Між ведучим моментом M_B та крутним моментом двигуна M_K є такий зв'язок:

$$M_B = M_K \cdot i_{TP} \cdot \eta_{TP}, \quad (2.1)$$

де $i_{\text{ТР}}$ – передаточне число трансмісії;

$\eta_{\text{ТР}}$ – механічний ККД трансмісії.

Передаточне число трансмісії визначається за формулою:

$$i_{\text{ТР}} = \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{к}}}, \quad (2.2)$$

де $n_{\text{д}}$ і $n_{\text{к}}$ – частота обертання відповідно колінчастого валу двигуна та ведучого колеса.

Значення передаточних чисел трансмісії можуть коливатися у широких межах залежно від типу мобільного енергетичного засобу та його конструктивних особливостей. Так у легкових автомобілів цей показник знаходиться в межах – 4 ... 30; у вантажних автомобілів – 6 ... 50; у тракторів – 10 ... 100.

Однак, як вказано вище, двигун працює не лише на ходову частину. Частина енергії, що продукується двигуном може відбиратися на привід активних робочих органів загрегованих машин, тобто на вал відбору потужності (ВВП). В такому випадку крутний момент розподілиться між ходовою частиною та ВВП і актуальними будуть наступні співвідношення:

$$M_{\text{к}} = M'_{\text{к}} + M''_{\text{к}} \Rightarrow \begin{cases} M_{\text{в}} = M'_{\text{к}} \cdot i_{\text{ТР}} \cdot \eta_{\text{ТР}} \\ M_{\text{ВВП}} = M''_{\text{к}} \cdot i_{\text{ВВП}} \cdot \eta_{\text{ПР ВВП}} \end{cases}, \quad (2.3)$$

де $M_{\text{в}}$, $M_{\text{ВВП}}$ - крутні моменти підведені відповідно до ведучих коліс (ведучий момент) і до валу відбору потужності (ВВП);

$M'_{\text{к}}$, $M''_{\text{к}}$ - крутний момент, який передає двигун трансмісії і ВВП відповідно;

$i_{\text{ТР}}$, $i_{\text{ВВП}}$ - передаточні числа приводу відповідно до трансмісії і ВВП;

$\eta_{\text{ТР}}$, $\eta_{\text{ПР ВВП}}$ – механічні коефіцієнти корисної дії (к. к. д.), які враховують втрати на тертя відповідно в механізмах трансмісії і приводі до ВВП.

Користуючись залежностями (2.3) передаточне число трансмісії можна визначити наступним чином:

$$i_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{тр}}}, \quad (2.4)$$

Якщо зважити на те, що трансмісією є комплекс складальних одиниць, які, в свою чергу, можуть мати свої передаточні числа, то залежність для визначення передаточного числа трансмісії можна записати у вигляді:

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{к}} \cdot i_{\text{г.п.}} \cdot i_{\text{к.п.}}, \quad (2.5)$$

де $i_{\text{к}}$ - передаточне число коробки передач;

$i_{\text{г.п.}}$ - передаточне число головної передачі;

$i_{\text{к.п.}}$ - передаточне число кінцевої передачі.

Важливою характеристикою будь-якої трансмісії є її коефіцієнт корисної дії. Виходячи з того, що коефіцієнт корисної дії є не що інше, як відношення корисної роботи, енергії чи потужності, які пішли на виконання корисної роботи, до всієї затраченої в цьому процесі роботи, енергії чи потужності, то для визначення к.к.д. трансмісії ходової частини і вала відбору потужності можна записати наступні залежності:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{к}} + N_{\text{тр}}}, \quad \eta_{\text{пр}} = \frac{N_{\text{ВВП}}}{N_{\text{ВВП}} + N_{\text{пр}}}, \quad (2.6)$$

де $N_{\text{к}}$, $N_{\text{ВВП}}$ – потужність підведена відповідно до ведучих коліс і ВВП;

$N_{\text{тр}}$, $N_{\text{пр}}$ – потужність втрачена відповідно у трансмісії і приводі ВВП.

Якщо машина працює без використання ВВП, то тоді, враховуючи відому залежність $N = M \cdot \omega$, маємо:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{к}}}{N_{\text{е}}} = \frac{M_{\text{в}} \cdot \omega_{\text{к}}}{M_{\text{к}} \cdot \omega_{\text{д}}}, \quad (2.7)$$

де, ω_d – кутова частота обертання відповідно ведучого колеса і колінчастого вала двигуна.

Розділимо чисельник і знаменник виразу (2.7) на ω_k і отримаємо наступне:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{N_k}{N_e} = \frac{M_B \cdot \omega_k / \omega_k}{M_K \cdot \omega_d / \omega_k}, \text{ або } \eta_{\text{тр}} = \frac{M_B / M_K}{\omega_d / \omega_k}, \quad (2.8)$$

де $M_B / M_K = K$ – силове передаточне число трансмісії;

$\omega_d / \omega_k = i$ – кінематичне передаточне число трансмісії.

В такому випадку правомірним є запис залежності (2.8) і всіх його похідних у вигляді:

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{K}{i}. \quad (2.9)$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії набуває значень менших одиниці ($\eta_{\text{тр}} < 1$) через втрати на тертя, нагрів, збовтування оливи тощо.

Конструкція трансмісії мобільної машини може включати механічні, гідравлічні, ао електричні передачі різних типів і конструктивного виконання, які характеризуються своїми коефіцієнтами корисної дії. В такому випадку загальний коефіцієнт корисної дії трансмісії буде визначатися як добуток к.к.д. складальних одиниць трансмісії. Зокрема розрахункові залежності для визначення $\eta_{\text{тр}}$ окремих машин приведені нижче:

- колісної машини:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{ц}}^n \cdot \eta_{\text{к}}^m; \quad (2.10)$$

- гусеничної машини:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{ц}}^n \cdot \eta_{\text{к}}^m \cdot \eta_{\text{м.г.}}, \quad (2.11)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ і $\eta_{\text{к}}$ - к. к. д. пар шестерень відповідно циліндричних і конічних;

$\eta_{\text{м.г.}}$ – к. к. д. ведучих ділянок гусениць;

n і m – кількість пар шестерень, відповідно циліндричних і конічних, які знаходяться в зачепленні.

2.5. Особливості конструкцій трансмісій сучасних мобільних машин сільськогосподарського призначення від провідних виробників світу

Мета застосування трансмісій сучасних мобільних машин не змінилася, однак змінилися конструктивні рішення для досягнення необхідних характеристик та параметрів та власне характеристики і значення параметрів, які спрямовані, в першу чергу, на підвищення економічних, технологічних, динамічних та ергономічних характеристик.

Враховуючи кооперацію між виробниками мобільних машин не тільки в технічних рішеннях, а і реальних вузлах і агрегатах, особливості конструкцій розглянемо на прикладах конструкцій провідних виробників мобільних енергетичних засобів світу.

2.5.1. Тракторна техніка

2.5.1.1. Мобільні машини виробництва John Deere

Гама тракторів виробництва John Deere включає машини різних конструкцій та компоновальних схем, трансмісії яких зорієнтовані на виконання певних технологічних задач (рис. 2.10, 2.11, 2.12, 2.13). Загальна будова трансмісій машин різної конструкції аналогічна і



Рис. 2.10. Трактор типу John Deere 9430 з шарнірною рамою



Рис. 2.11. Трактор John Deere серії 9RX з чотиригусеничним рушієм



Рис. 2.12. Гусеничний трактор John Deere серії 8RT (9RT)



Рис. 2.13. Колісний трактор класичного компонування типу John Deere -8400

включає зчеплення, коробки передач, проміжні з'єднання, карданні передачі, ведучі мости та кінцеві передачі – рис. 2.14 [87].

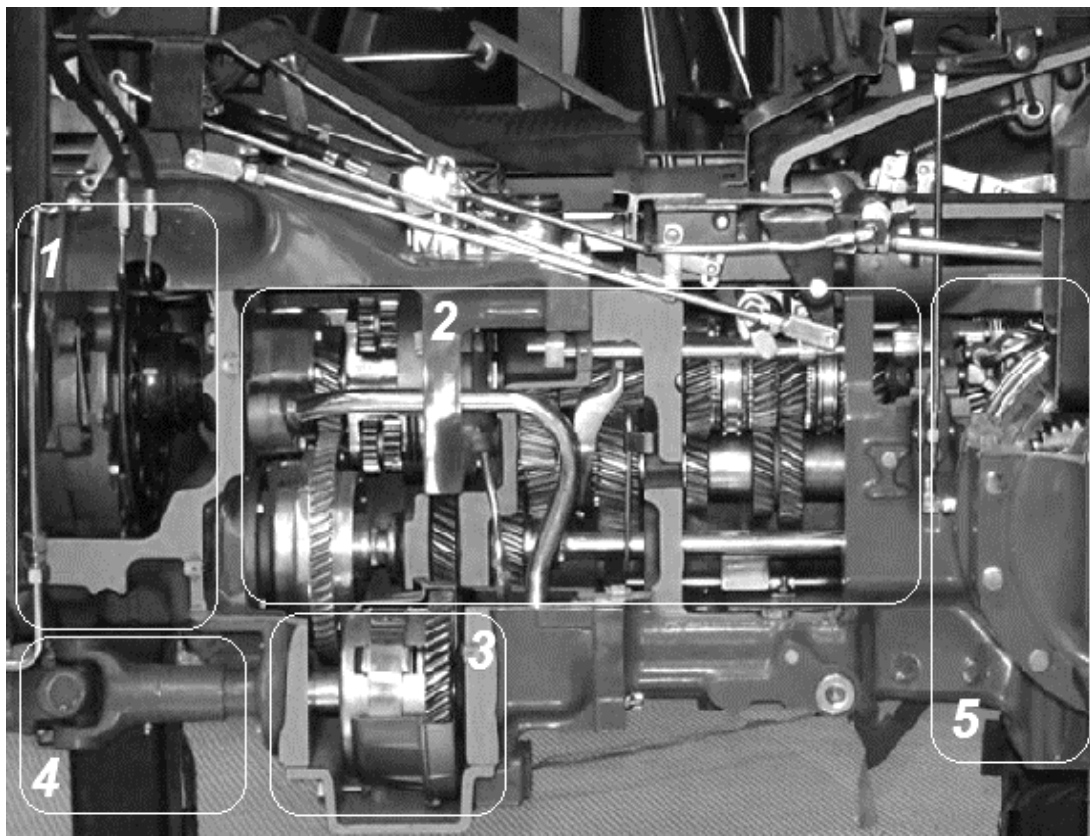
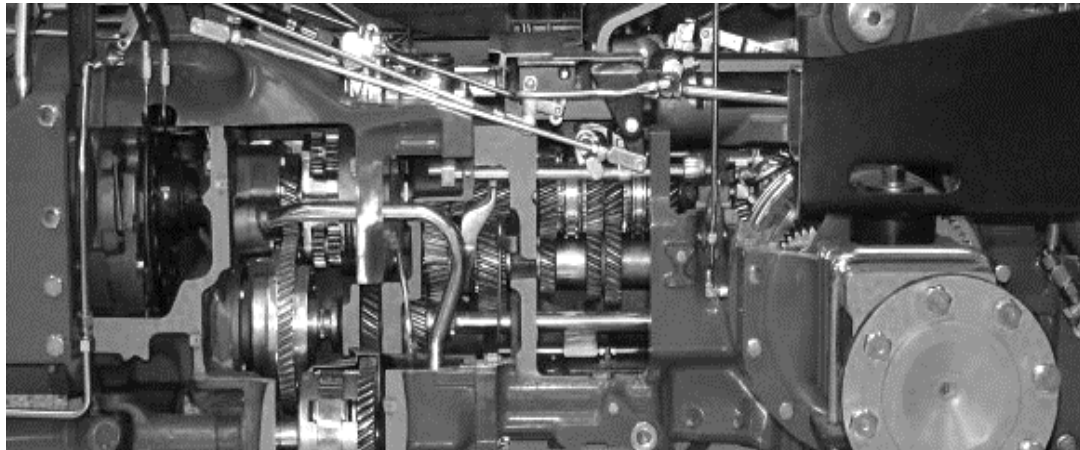


Рис. 2.14. Розріз трансмісії трактора John Deere [87]:

1 – зчеплення; 2 – коробка передач; 3 – роздавальна коробка; 4 – карданна передача; 5 – ведучий міст

На рис. 2.14 приведено приклад механічної трансмісії. Однак, трактори виробництва John Deere комплектуються різними типами трансмісій. Правильний вибір трансмісії безпосередньо впливає на продуктивність і ефективність роботи мобільної машини техніки.

Всі трансмісії компанії John Deere поєднують в собі перевірену часом конструкцію і інноваційні енергозберігаючі технології. Одними з найбільш поширених трансмісій є трансмісії PowrQuad Plus і AutoQuad Plus. Для тракторів серії 6M і 6R є два варіанти трансмісії: PowrQuad і AutoQuad.

PowrQuad Plus

Трансмісія PowrQuad Plus пропонується в реверсивній модифікації з кількістю 20 передач вперед і 20 передач назад (в літературі позначається 20/20) і забезпечує швидке перемикання передач. Всі передачі і діапазони синхронізовані. Для перемикання діапазонів швидкостей використовується єдиний важіль з функцією виключення зчеплення і вибору передач за допомогою кнопок [87].

SoftShift

Технологія SoftShift забезпечує плавне перемикання швидкостей руху під навантаженням [87].

AutoQuad Plus

Трансмісія AutoQuad Plus поєднує всі переваги трансмісії PowrQuad Plus з функцією автоматичного перемикання передач під навантаженням в межах кожного діапазону. При цьому момент перемикання передач налаштовується в залежності від області застосування [87].

EcoShift

Система EcoShift дозволяє працювати на високій швидкості при малих обертах двигуна. Це зменшує витрату палива і підвищує

комфорт. Система встановлюється переважно на трансмісію AutoQuad Plus розраховану на швидкість 40 км/год [87].

PowerShift

PowerShift (16/5) восени 2014 року замінила нова трансмісія e23, яка за своєю суттю є тією ж PowerShift з системою Efficiency Manager включає 23 передніх і 11 задніх передач [87].

Automatic PowerShift

Особливості трансмісії Automatic PowerShift (16/5) [87]:

- застосовується на важких роботах, де потрібно передати великий крутний момент на ведучі колеса;
- «Automatic PowerShift», має ідеальне поєднання передач, при виключенні «накладання» їх одна на одну, як на звичайній механіці;
- діапазон швидкостей від 2 до 42 км/год;
- кількість передач: 16 переднього ходу і 5 передач заднього ходу;
- передачі переднього ходу діляться по 4 передачі на діапазони: 1 – 4 передачі малого ходу; 2 - 8 передач робочі; 3 – 4 передачі транспортні;
- автоматичний режим управління КП «Automatic PowerShift» використовується при транспортних і польових роботах;
- оптимізація, при оптимальному налаштуванні коробки під умови роботи, дозволяє зменшити витрату палива. Налаштування передбачає перепрограмування роботи системи керування і вимагає відповідної компетентності водія або сервісного механіка;
- програмування проводиться на максимальну передачу, відповідної робочої швидкості технологічної машини, знаряддя або транспортної швидкості руху;
- при зміні навантаження на трактор або зниження обертів двигуна передачі автоматично перемикаються в межах запрограмованого діапазону [87].

AutoPowr.

Трансмісія AutoPowr - безступінчаста трансмісія, яка в повному автоматичному режимі приймає на себе більше функцій і показує на практиці кращі результати, ніж автоматичні коробки передач попередніх випусків [87].

AutoPowr поєднує в собі особливості механічної та гідростатичної передачі потужності, дозволяє оптимально поєднувати характеристики двигуна з різними режимами експлуатації трактора як на транспортних, так і на польових роботах [87].

Значна перевага AutoPowr перед Automatic PowerShift - це краща пристосованість до постійної зміни навантажень, що забезпечує підвищення середньої технічної і технологічної швидкості руху, а звідси і продуктивності тракторного агрегату в полі. Крім цього, плавна і безперервна зміна сили тяги сприяє зниженню буксування ведучих коліс, покращує прохідність і знижує динамічні навантаження на трансмісію і двигун. Трактор швидше і плавніше виходить на задану робочу швидкість під будь-якими навантаженнями в полі. Також ця трансмісія дозволяє трактору отримати високу силу тяги на невеликих швидкостях. А при перегоні техніки між полями трансмісія знижує оберти двигуна до оптимальних (1700 ... 1713 хв⁻¹), утримуючи, при цьому, максимальну швидкість 50 км/год. Це дозволяє економити паливо, та підвищує моторесурс двигуна [87].

Практичні приклади [87]:

- діапазон швидкостей від 0,05 до 42 (50) км/год - означає, що не доцільно використовувати в цій конструкції сповільнювач ходу. Мінімальна швидкість руху - 50 метрів/год

- у випадку, якщо трактор перевантажений (не може переміщувати заглиблений плуг, борону, сівалку, причіп тощо), машина

знижує оберти до необхідних і достатніх. Трактор автоматично запобігає перевантаженню.

- AutoPowr потрібно менше часу, для досягнення необхідної швидкості при необхідному тяговому зусиллі і навантаженні.

- відсутнє перемикачів передач з вимиканням зчеплення, як на PowerShift, тобто зчеплення не використовується і його ресурс продовжується;

- з'являється можливість повністю не використовувати зчеплення [87].

Налаштування системи проходить інтуїтивно. Легко і зрозуміло управляти навіть недосвідченим водіям. Функція AutoMode автоматично налаштує трансмісію так, щоб досягалась максимальна ефективність і продуктивність, а також мінімальна витрата палива.

Важлива особливість AutoPowr - причіпне обладнання зможе працювати з функцією автоматичного керування трактором [87].

Таким чином, можна виділити основні особливості трансмісії AutoPowr [87]:

- *автоматичне зниження частоти обертання колінчастого валу двигуна до 1550 ... 1750 об/хв при переїздах, що забезпечує економію палива;*

- *необмежені можливості вибору швидкості в діапазоні швидкостей від 0.05 до 42 км/год;*

- *плавне безступінчасте перемикачів швидкостей;*

- *збільшує ефективність використання потужності двигуна;*

- *вбудоване гальмо з функцією AutoClutch дозволяє зупинятися, не натискаючи педаль зчеплення;*

- *функція PowerZero дозволяє утримувати трактор на місці, незалежно від навантаження і кута нахилу опорної поверхні [87].*

Після визначення необхідної швидкості і робочого режиму, коробка передач AutoPowr буде підтримувати оптимальну частоту обертання колінчастого валу двигуна для даного виду операції навіть у разі зміни навантажень [87].

Трансмiсія e23

Трансмiсія e23 – новiтня розробка в сiмействi трансмiсiй John Deere. Трансмiсія e23 об'єднує в собі продуктивнiсть механiчної трансмiсiї i легкiсть використання трансмiсiї AutoPowr/Infinitely Variable Transmission (IVT). Точний переклад: **Infinitely Variable Transmission – безмежно змiнна передача** [11, 86].

Трансмiсія e23 – результат бiльш нiж 50-рiчного розвитку технологiї PowerShift компанiї John Deere. Завдяки безлiчi автоматичних функцiй, трансмiсія e23 iнтуїтивно зрозумiла i проста у використаннi незалежно вiд рiвня досвiдченостi оператора. Трансмiсія e23 має велику кiлькiсть опцiй для оптимiзацiї робочих характеристик i забезпечення бажаної продуктивностi вiдповiдно до конкретних робочими умовами i подальшого скорочення витрат на експлуатацiю [11].

Переваги трансмiсiї e23 [11, 86]:

- ✓ *продуктивнiсть;*
- ✓ *23 передачi з рiвномирним збiльшенням швидкостi (змiна швидкостi на 15% при кожному перемиканнi) - дозволяє вибрати оптимальну передачу для будь-якого виду робiт;*
- ✓ *автоматичне перемикання передач навіть при повному навантаженнi;*
- ✓ *вiдповiднiсть передачi умов роботи робить трансмiсію e23 бiльш унiверсальною, нiж будь-яка iнша трансмiсія PowerShift;*
- ✓ *автоматичне зчеплення - вiдсутнiсть необхідностi вимикати зчеплення для зупинки трактора;*

- ✓ надійність;
- ✓ рентабельність;
- ✓ максимальна швидкість при знижених оборотах двигуна (40 км/год при 1515 хв⁻¹, 50 км/год при 1804 хв⁻¹);
- ✓ функція *Efficiency Manager* - автоматично вибирає потрібну передачу при мінімальних обертах двигуна для підтримки заданої швидкості руху;
- ✓ функція "Eco" знижує частоту обертання двигуна до 900 об / хв, якщо дозволяє навантаження;
- ✓ продуктивність вище 3% на тракторах 8R в порівнянні з трансмісією IVT [11, 86].

Органи управління [11, 86].

Трансмісія e23 поставляється з реверсом і виконанням під праву, або ліву руку. Основні налаштування і регулювання трансмісії здійснюються за допомогою важеля перемикачання з вбудованим коліщатком. Додаткові призначені для користувача налаштування задаються за допомогою сенсорного дисплея 4100/4600 CommandCenter [11, 86].

Органи управління трансмісією e23, показані на рис. 2.15.

Принцип дії трансмісії e23 наступний. Для управління трансмісією e23 використовується така ж логіка, як і для управління трансмісією IVT. Це означає, що оператор може задавати бажану швидкість руху шляхом переміщення важеля перемикачання передач вперед або за допомогою коліщатка (більш тонко), як в трансмісії IVT. Можна зберегти дві різні швидкості для переднього і заднього ходу, після чого просто натискати кнопки 1 і 2, а трансмісія e23 буде здійснювати перемикачання. *Efficiency Manager* буде допомагати досягати бажаної швидкості руху з мінімальними експлуатаційними витратами, вибираючи найвищу передачу при мінімально можливих обертах двигуна.



Рис. 2.15. Органи управління трансмісією [5.19]

Трансмісія e23 може працювати в трьох різних режимах рис. 2.16:

- *повністю автоматичний режим;*
- *режим призначений для користувача;*
- *механічний режим*

Повністю автоматичний режим орієнтований на швидкість.

Оператор задає бажану швидкість, а Efficiency Manager перемикається на підвищену або знижену передачу для підтримки даної швидкості. Налаштування повністю автоматичного режиму встановлюються заводом виробником для забезпечення оптимальної роботи трансмісії. Оператор налаштовує швидкості F1/F2 і максимальні значення швидкості переднього і заднього ходу. Крім того, для обертів двигуна може бути заданий бажаний максимум [11, 86].

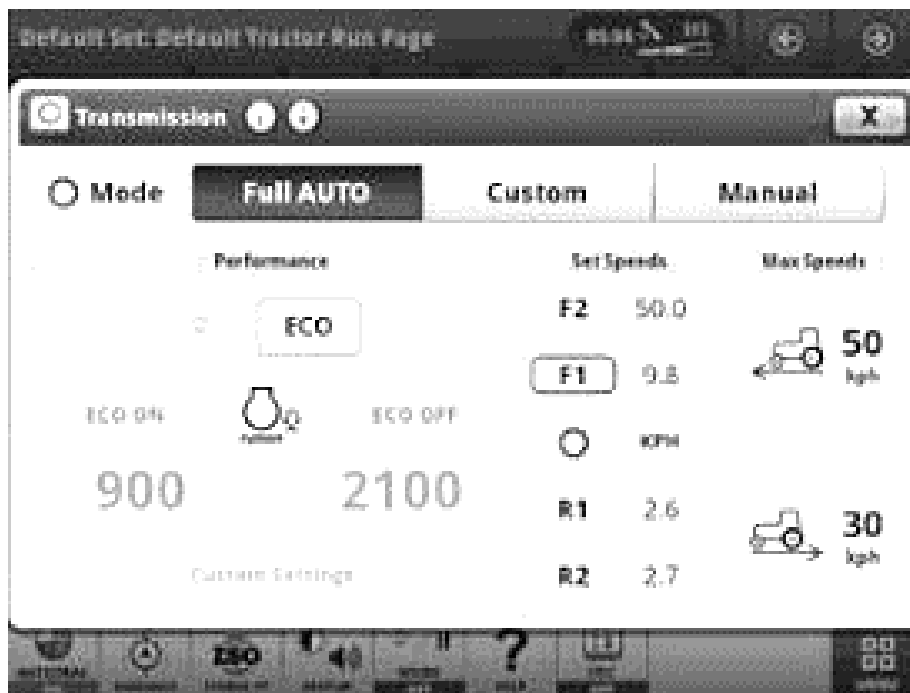


Рис. 2.16. Режими роботи трансмісії [5.19]

Режим призначений для користувача теж орієнтований на швидкість і функціонує як повністю автоматичний режим, включаючи використання функції Efficiency Manager. У призначеному для користувача режимі оператор може програмувати трансмісію відповідно до настройками необхідними для вала відбору потужності (ВВП), навішування, SCV і передбачуваного навантаження для виконання різних робіт, а також встановлювати мінімальні оберти двигуна 900 хв^{-1} . Ця функція називається «Еко» [11, 86].

Механічний режим орієнтований на передачу. У механічному режимі трансмісія e23 працює як стандартна трансмісія PowerShift, так як оператор трактора задає передачу сам. Перемикання передач в механічному режимі здійснюється шляхом штовхання важеля перемикання передач вперед або назад для переходу на підвищувальну або знижувальну передачу. Може, при необхідності використовуватися функція "Еко" [11, 86].

- Можливості і інструменти, які пропонує трансмісія e23.

Efficiency Manager (Менеджер ефективності) – автоматично забезпечує перехід на підвищену або знижену передачу і регулює оберти двигуна для підтримки швидкості, обраної оператором. Efficiency Manager завжди вибирає правильну передачу і оберти двигуна, необхідні для підтримки заданої швидкості. Під час польових робіт, які не потребують постійної швидкості двигуна, наприклад обробіток ґрунту або сівба, трансмісія e23 автоматично варіює швидкість обертання двигуна в залежності від навантаження на трактор. Ця функція управляє двигуном найкращим чином, оптимізує його роботу під задане навантаження, істотно зменшує витрату палива, знижує знос двигуна [11, 86].

Максимальна швидкість при знижених обертах двигуна. Для зміни швидкості руху використовуються тільки перші 20 передач. Передачі 21-23 служать для зниження оборотів двигуна при підтримці максимальної швидкості для економії палива. Швидкість 40 км/год досягається при 1515 хв⁻¹, а швидкість 50 км/год – при 1804 хв⁻¹ [11, 86].

Рівномірне збільшення швидкості і кількість передач. В трансмісії e23 використовується 14 передач з рівномірним збільшенням швидкості від 2,3 км/год до 16 км/год, що забезпечує оптимальну відповідність швидкості умовам роботи машин і знарядь, які агрегатуються з трактором при оптимальних обертах двигуна [11, 86].

Функція «Есо» призначена для режиму користувача і механічного режиму. Оператор може задати два різних значення мінімальних значень обертів двигуна для транспортних і польових робіт. Це дозволяє двигуну знизити оберти до мінімально можливих і при цьому підтримувати необхідну продуктивність. Мінімальні оберти двигуна можна встановити на рівні 900 хв⁻¹ [11, 86].

Трансмісія e23 пропонується в двох варіантах для всіх тракторів серій 8R/8RT [11, 86]:

- трансмісія e23 40 км/год з функцією Efficiency Manager;
- трансмісія e23 50 км/год з функцією Efficiency Manager.

Обидва варіанти трансмісії мають автоматичне зчеплення і круїзконтроль [11, 86].

2.5.1.2. Мобільні машини виробництва Fendt

Достатньо серйозним гравцем на світовому ринку мобільних енергетичних засобів є фірма Fendt (Німеччина). Машини виробництва Fendt багато років працюють в сільськогосподарському виробництві багатьох країн з незмінно високим економічним ефектом, що досягається постійним пошуком і впровадженням у виробництво нових прогресивних технічних рішень в конструкціях машин.

Фірма Fendt випускає широку гамму тракторів різного призначення в дуже широкому діапазоні потужності. До них відносяться колісні трактори з колісною схемою 4К4а серій: Farmer 200 S, Farmer 200 V/A, Farmer 300, Favorit 800, Favorit 900, Xylon 500 тощо.

Конструктивні рішення трансмісій тракторів нижчих серій багато в чому подібні з аналогічними рішеннями, які використовуються іншими виробниками і, в певній мірі, вже достатньо відомі широкому колу споживачів. Інженери Fendt істотній модернізації, на початку, піддали трансмісії для машин вищих серій. Однак, після широкої апробації ці рішення використовуються вже і в машинах більш низьких серій. Тому актуально розглянути конструкції трансмісій тракторів вищих серій.

Розглянемо деякі особливості конструкції трансмісії найбільш потужних тракторів Fendt серій Favorit 800, 900 і 1000.

На трактори серії Favorit 800 встановлюється трансмісія «Турбо-шифт» - рис. 2.17).

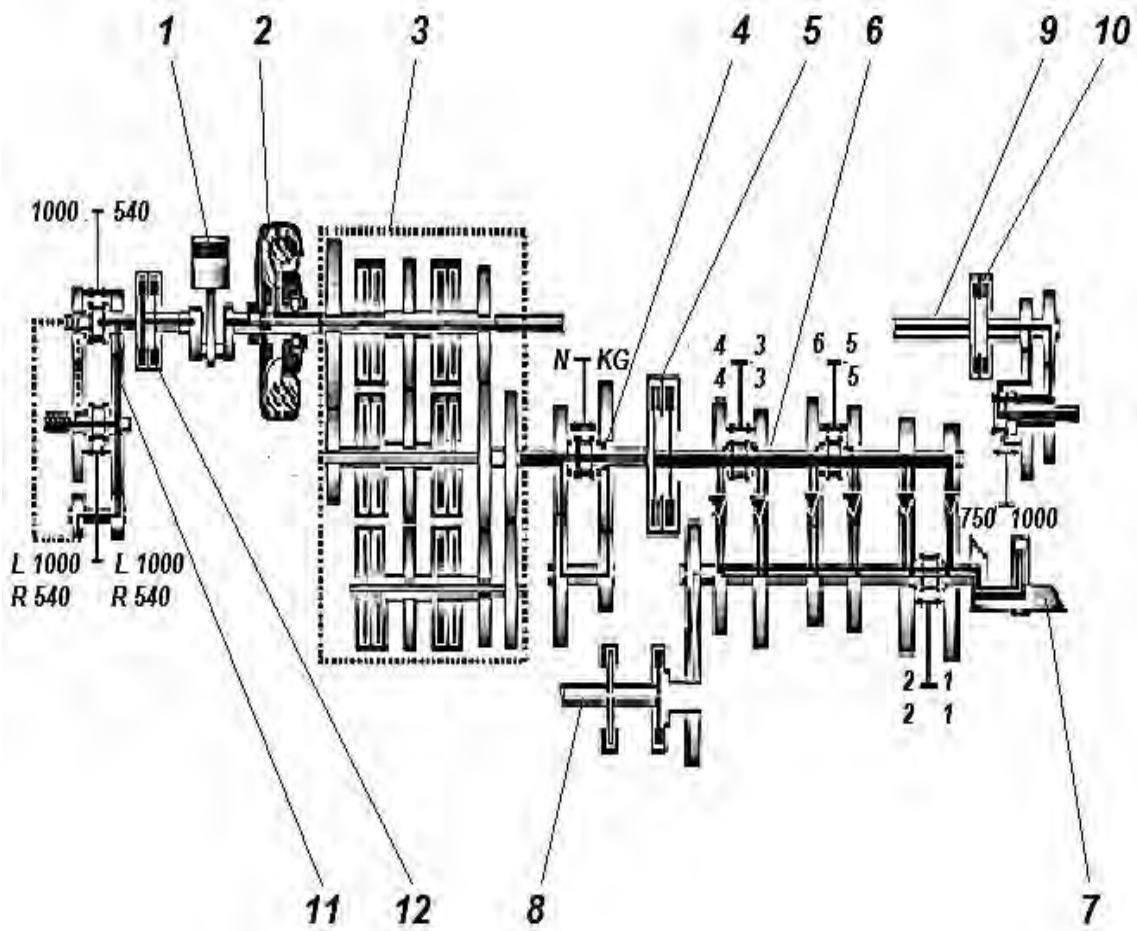


Рис. 2.17. Схема трансмісії трактора Fendt серії Favorit 800 [38]:

1 – двигун; 2 – турбомуфта (гідротрансформатор); 3 – реверсивна коробка передач з гідروідтискними муфтами; 4 – підвищуючий/понижуючий редуктор; 5 – зчеплення; 6 – 6-ти ступінчаста коробка підвищених/понижених передач; 7 – головна передача заднього ведучого моста; 8 – привід на передній ведучий міст; 9 – задній вал відбору потужності (ВВП); 10 – муфта включення заднього ВВП; 11 – передній ВВП; 12 – муфта приводу переднього ВВП

Ця трансмісія поєднує в собі сучасні технології турбомуфти 2 з перевагами коробки передач без розриву потоку потужності 3 [38]. Дана конструкція забезпечує м'яке зрушення з місця і перемикання передач. Управління здійснюється всього одним важелем. Трактори оснащуються двошвидкісними валами відбору потужності - 750 і 1000 хв⁻¹ ззаду 9 і 540 і 1000 хв⁻¹ спереду 11. Крім того, трактори мають систему автоматичного керування вмиканням і вимиканням блокування диференціала переднього ведучого моста. Автоматичне блокування диференціала включається, коли різниця швидкостей обертання передніх коліс досягає 18 % або коли кут повороту коліс менше 15°. При швидкості руху понад 15 км/год система відключається [38].

Однією з найбільш вдалих, за останні кілька десятиліть років, розробок в галузі трансмісій для сільськогосподарських тракторів є розробка і впровадження трансмісії Fendt Vario, загальний вигляд якої представлено на рис. 2.18 [103].



Рис. 2.18. Загальний вигляд трансмісії Fendt Vario [103]

У 1995 році відомий виробник сільськогосподарської техніки фірма Fendt представив перший в світі трактор з безступінчастою трансмісією – коробкою передач Vario (в літературі часто називають «варіаторна трансмісія»). Розробка фірми Fendt зробила революцію в сільськогосподарській техніці і встановила нові стандарти у виробництві коробок передач. Завдяки безступінчастій трансмісії тракторист може зосередитися на якості виконання технологічного процесу, а саме на операціях позаду трактора, перед або поруч з трактором. При виконанні будь-яких робіт трактори Fendt рухаються на оптимальній швидкості - від 20 метрів на годину до 60 кілометрів на годину [103].

Ця трансмісія являє собою поєднання надійної механічної частини зубчастої передачі, яка дозволяє передавати значні крутні моменти, з безступінчастим гідравлічним регулюванням з допоогою вбудованої гідрооб'ємної передачі. Така концепція не є абсолютно новою, але саме фірма Fendt довела дану конструкцію до рядового використання на тракторах з забезпеченням вимог, які висуваються як до стабільності тривалої передачі значного крутного моменту, так і до дотримання вимог ергономіки з боку зниження шумності гідравлічної передачі.

Розширення гами тракторів Fendt здійснено за рахунок розробки та впровадження більш потужних тракторів серії Favorit 900 Vario.

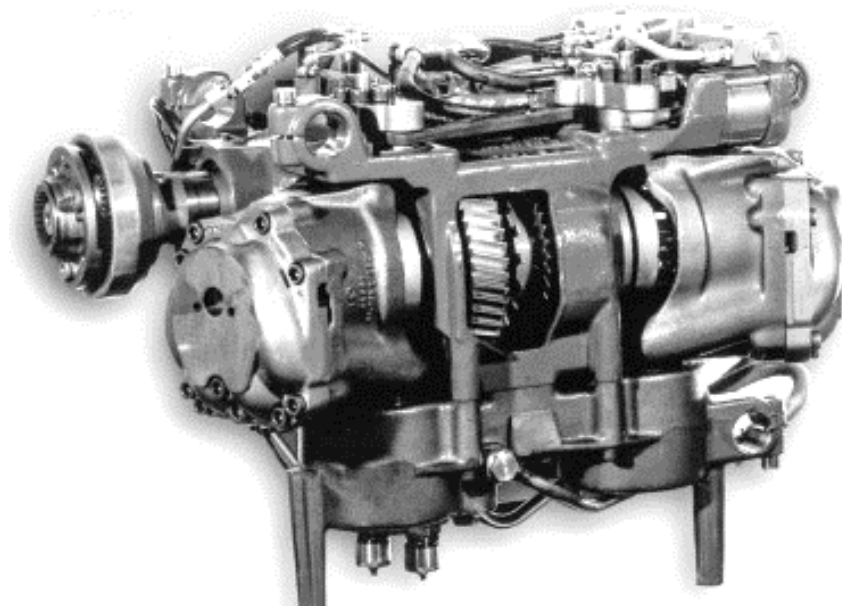
У 1995 році на тракторах типу Fendt Favorit 926 була встановлена трансмісія типу ML 200 – рис. 2.19 [103].

На рис. 2.20 представлена схема трансмісії трактора Fendt серії Favorit 900 Vario.

У цій трансмісії силовий потік, що йде від двигуна **A**, розділяється в планетарній передачі 2 на механічне **B** і гідрооб'ємне відгалуження **B**. Обидва силові потоки об'єднуються знову на підсумовуючому валу 8. Гідравлічна частина приводу складається з



a



б

Рис. 2.19. Трансмiсія ML 200 для тракторів Fendt Favorit 926:
a – трактор *типу* Fendt Favorit 926; *б* – загальний вигляд трансмісі
типу ML 200

гідронасоса *б* і гідромоторів *7* з великим кутом відхилення (45°). Положення синхронно керованих частин гідрооб'ємного приводу надає бесступінчастий вплив на швидкість руху. Механічне відгалуження починається також в планетарній передачі і проходить через механічний шестеренний привід і механізм зміни діапазону передавального числа з виходом на підсумовуючий вал [38].

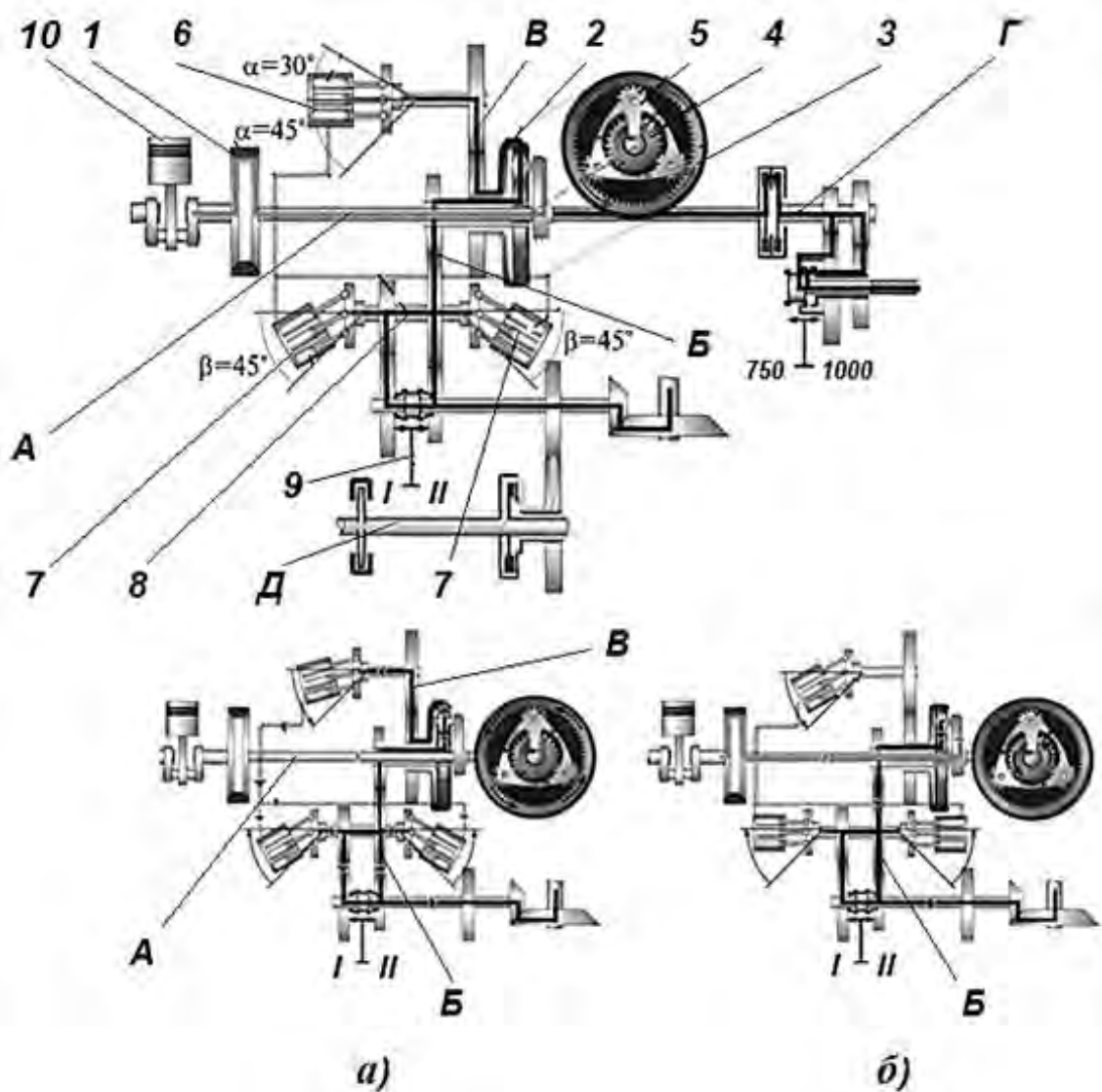


Рис. 2.20. Схема трансмісії трактора Fendt серії Favorit 900 Vario:
а – потік крутного моменту двигуна через трансмісію Vario під час виконання важкої тягової операції (оранки) при швидкості 8 км/год; *б* – потік крутного моменту двигуна через трансмісію Vario під час виконання транспортних операцій при швидкості 50 км/год; *А* – крутний момент двигуна; *Б* – механічна трансмісія; *В* – гідравлічна трансмісія; *Г* – Привід ВВП; *Д* – привід на передній ведучий міст; 1 – демпфер крутильних коливань; 2 – планетарна передача; 3 – шестерня з внутрішніми зубами; 4 – сонячна шестерня; 5 – водило планетарної передачі; 6 – гідронасос; 7 – гідромотор; 8 – підсумовуючий вал; 9 – перемикач діапазону ходу; 10 – двигун

З 2009 року практично всі трактори фірми Fendt оснащуються безступінчастими трансмісіями. У конструкції потужного трактора Fendt 1000 Vario використана остання розробка – безступінчаста трансмісія Fendt VarioDrive, яка крім всіх переваг бесступінчастого управління забезпечує постійний привід на всі колеса. Нову трансмісію відрізняють висока тяга, маневреність і низьку витрату палива – рис. 2.21 [103].



а



б

Рис. 2.21. Трансмісія Fendt VarioDrive для тракторів Fendt 1000 Vario [104]:

а – трактор типу Fendt 1000 Vario; б – загальний вигляд трансмісії типу Fendt VarioDrive

В приводі переднього ведучого моста в трансмісії Fendt VarioDrive використано «інтелектуальну» муфту, яка дозволяє керувати подачею крутного моменту на передній ведучий міст залежно від умов руху і навантажень на рушії – рис 2. 22 [104].

Створивши трансмісію VarioDrive для тракторів типу Fendt 1000 Vario інженери компанії взагалі прибрали з підлокітника управління кнопки перемикання режимів роботи приводу. Функцію вмикати і вимикати повний привід бере на себе сам трактор, точніше, його система управління приводом.

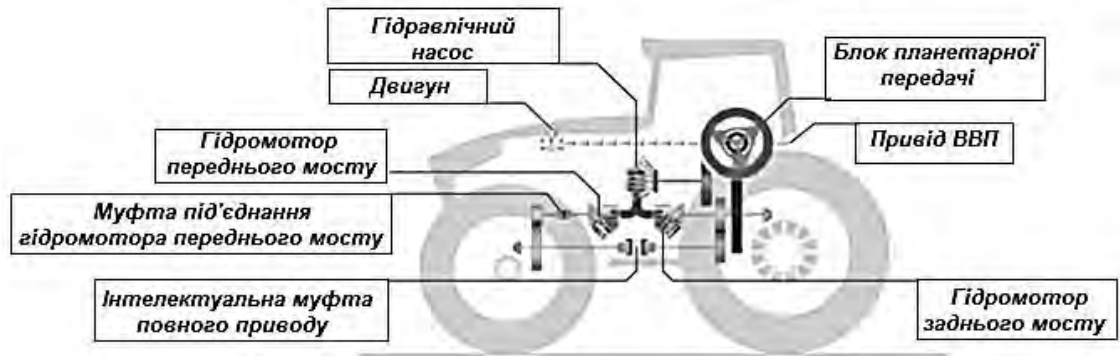


Рис. 2.22. Загальна будова трансмісії Fendt VarioDrive [104]

Потужність, яка надходить від двигуна 1, завдяки використанню планетарної передачі 2 ділиться на два потоки (рис. 2.23): механічний *A* і гідравлічний *B*. Епіциклічна шестерня в цьому механізмі трансмісії забезпечує привід аксіально-поршневого насоса 4, забезпечуючи гідравлічний потік потужності до трансмісії. Сонячна ж шестерня планетарного ряду передає механічну частину потоку потужності безпосередньо на задній ведучий міст. Аксіально-поршневий насос 4 забезпечує гідравлічним потоком оливи обидва гідромотори 5 і 6. В попередніх конструкціях трансмісій Vario крутний момент, створений обома насосами, об'єднувався на підсумовуючому валу, а потім передавалося на задній міст трактора [7].

Саме цей механізм в конструкціях трансмісій Fendt 1000 Vario і зазнав істотних змін: замість об'єднаної передачі зусилля на підсумовуючий вал в новій трансмісії обидва гідромотори працюють в автономному режимі для приводу переднього і заднього мостів відповідно. Це означає, що аксіально-поршневий насос розподіляє потужність (гідравлічний потік) між приводними гідромоторами переднього і заднього мостів за допомогою *T*-подібного колектора (див. рис. 2.23).

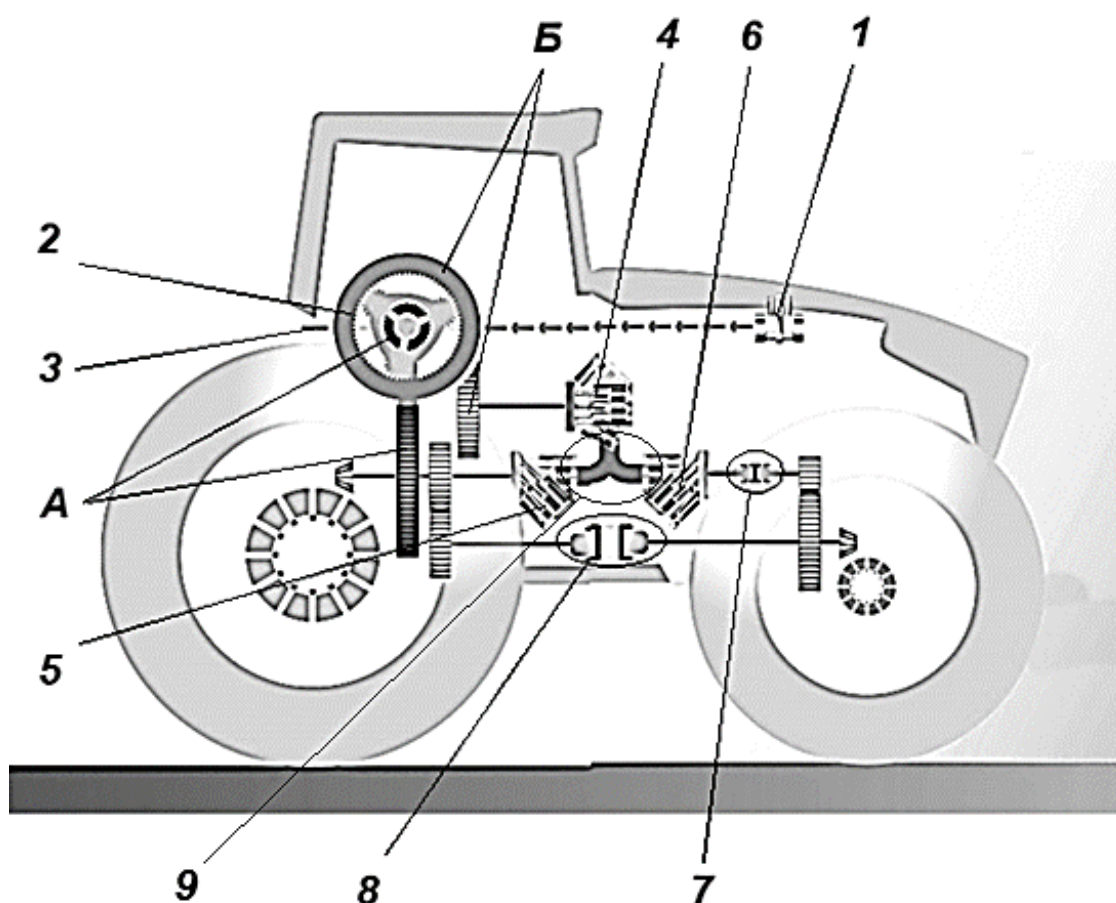


Рис. 2.23. Схема до пояснення принципу дії трансмісії

Fendt VarioDrive [7]:

A – шестерні передачі механічного потоку потужності; Б – шестерні передачі гідравлічного потоку потужності; 1 – двигун; 2 – планетарний ряд; 3 – вал відбору потужності; 4 – аксіально-поршневий насос; 5 – гідромотор приводу заднього ведучого мосту; 6 – гідромотор приводу переднього ведучого мосту; 7 – муфта між гідромотором і переднім ведучим мостом; 8 – фрикційна муфта між переднім і заднім ведучими мостами; 9 – T-подібний колектор [7]

А, як відомо ще з курсу фізики, потужність, як і рідина, шукає найбільш легкий шлях, ось чому саме ця конструкція в новому тракторі Fendt і бере на себе функцію міжосьового диференціала. Таким чином, Vario не має повного приводу в традиційному розумінні, знайомого нам

за конструкціями моделей більш ранніх років випуску. Як прийнято в традиційних двопоточних коробках передач, механічна складова потужності також переноситься на передній міст. Розглянемо це явище докладніше [7].

Конструкція з двома гідромоторами має, в порівнянні з чисто механічним приводом, значну перевагу. *По-перше*, при використанні такої трансмісії абсолютно відсутній дисбаланс. Колеса в режимі повного приводу при прямолінійному русі накатом обертаються без постійного випередження. Це знижує знос шин і забезпечує економію палива. *По-друге*, завдяки використанню такої трансмісії в тракторах Fendt автоматично використовується ще і так званий ефект pull-in Turn («втягування в поворот»). Оскільки передні колеса, перебуваючи в повороті, обертаються швидше задніх (адже вони проходять більшу відстань), весь трактор ніби втягується в поворот переднім мостом, точніше, його приводом. Це і забезпечує менший радіус повороту: передній міст «тягне» сам себе і, частково, трактор, а не «підштовхується» заднім, як це зазвичай буває при використанні традиційного приводу. Додаткова фрикційна муфта розподіляє крутний момент між мостами. Саме тому в Fendt називають таке управління «torque distribution», що, в перекладі з англійської, означає «розподіл крутного моменту». При виявленні явища пробуксовування на одному з коліс з допомогою датчика, встановленого на колесі, фрикційна муфта, розташована між переднім і заднім ведучими мостами, вимикається або вмикається, причому настільки швидко, що прослизнути те або інше колесо встигає всього лише на один ґрунтозачеп. При вмиканні такої фрикційної муфти система забезпечує традиційний повний привід, як і на всіх інших тракторах, з тією лише різницею, що оператор не чинить жодного впливу на процес вмикання, або вимикання муфти [7].

Управління та контроль приводу здійснюються за допомогою численних колісних датчиків, датчиків кута повороту і датчиків тиску встановлених в самій трансмісії Vario. На основі їхніх даних комп'ютер трактора розраховує оптимальну модель управління приводом. Наприклад, якщо муфта повного приводу при повному навантаженні в полі повністю замкнута (максимальна передача зусилля), то на разворотной смузі тиск в гідросистемі коробки передач автоматично знижується. Тоді і відбувається розмикання фрикційної муфти, і гідромотори починають забезпечувати вже згаданий pull-in-Turn – ефект. При різкому натисканні на педаль гальма муфта знову замикається повністю для забезпечення максимальної ефективності гальмування. А при досягненні швидкості близько 25 км/год аксіально-поршневий гідромотор приводу переднього моста, навпаки, встановлюється в нейтральне положення і подача оливи припиняється. У цьому випадку на передній міст вже не передається потужність, і додаткова муфта, що зв'язує передній міст і гідромотор розмикається: пробуксовування більше немає. Ну а якщо датчики колеса зафіксують пробуксовування на швидкості вище 25 км/год, що мало ймовірно, то з цим допоможе впоратися механічна муфта між заднім і переднім ведучими мостами [7].

Таким чином, трансмісія Fendt 1000 Vario розподіляє потужність на передній і задній мости автоматично, що забезпечується використанням двох аксіально-поршневих гідромоторів, по одному для кожного ведучого мосту. Додаткова фрикційна муфта забезпечує суто механічний зв'язок між переднім і заднім мостами. При цьому датчики стежать за частотою обертання коліс і тиском в гідросистемі коробки, забезпечуючи інтелектуальне управління муфтами, в якому оператор участі не приймає.

Загальний вигляд трансмісії Fendt 1000 Varіо з позначеннями окремих елементів представлено на рис. 2.24 (позначення відповідають позначенням рис. 2.23) [7].

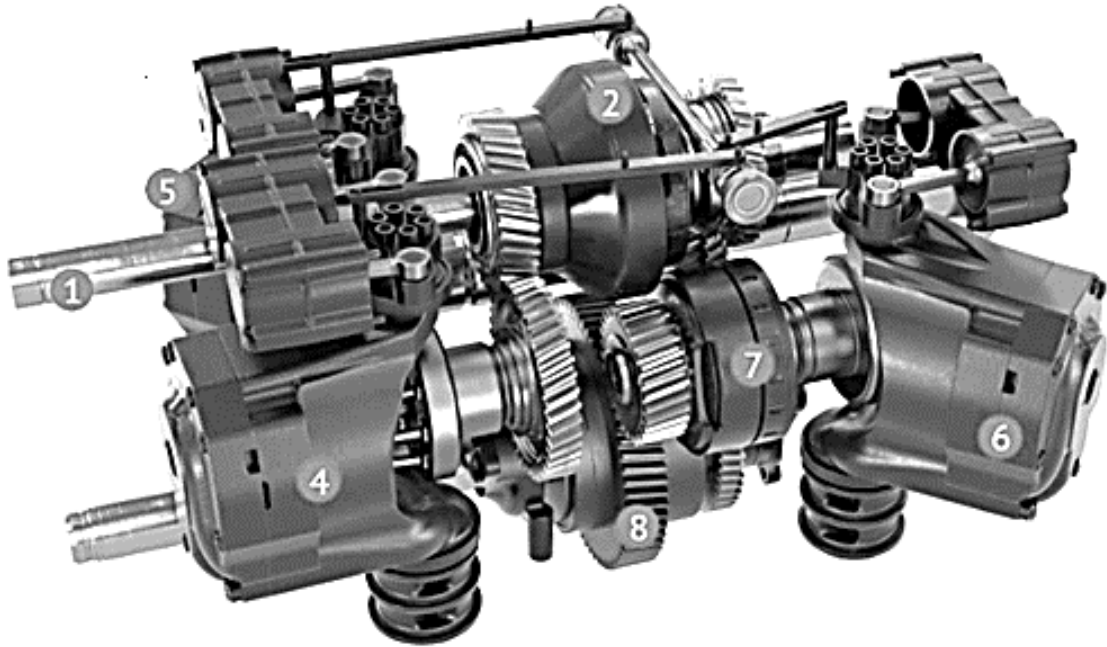


Рис. 2.24. Загальний вигляд трансмісії Fendt 1000 Varіо позначенням основних складових [7]:

1 – двигун; 2 – планетарний ряд; 4 – аксіально-поршневий насос; 5 – гідромотор приводу заднього ведучого мосту; 6 – гідромотор приводу переднього ведучого мосту; 7 – муфта між гідромотором і переднім ведучим мостом; 8 – фрикційна муфта між переднім і заднім ведучими мостами [7]

За окремими даними коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) трансмісії Fendt-Varіо на 1,5 ... 2% нижчий, ніж у трактора з механічною трансмісією. На малих швидкостях коефіцієнт корисної дії трансмісії Fendt-Varіо помітно вище, ніж у конкурентів. У конструкції трансмісії Fendt передбачено значну частку потужності передавати гідравлічним

шляхом (зміна відсотка передачі потужності гідравлічним шляхом наступна – 100 % при 0,02 км/год і 0 % – при максимальній швидкості).

Відносно високий к.к.д. досягається застосуванням спеціально сконструйованих гідромашин фірми Sauer з кутом нахилу блоку циліндрів до 45°, втрати у яких значно зменшені. На к.к.д. трансмісії FendtVario також позитивно впливає простота конструкції механічної частини передачі, в якій використовується лише один диференціал.

Гідронасос і гідромотор в трансмісії Fendt виконані регульованими. Рух назад здійснюється зворотним нахилом блоку насоса, що забезпечує швидкий реверс. При русі назад в гідрооб'ємно-механічній трансмісії виникає циркуляція паразитної потужності, що знижує к.к.д. передачі [78].

2.5.1.3. Основні напрями вдосконалення трансмісій інших відомих виробників

Відомо, що однією з найбільш вагомих умов забезпечення задовільних економічних показників енергозасобу є оптимальне завантаження двигуна на всіх режимах його роботи. Останнє можна досягти шляхом збільшення кількості передач в трансмісії, як це реалізовано в конструкціях трансмісій e23 від John Deere, Turboshift від Fendt, або використання безступінчастих трансмісій типу FendtVario. Більшість виробників працюють над створенням саме безступінчастих, або комбінованих трансмісій. Коротко охарактеризуємо окремі з них.

Фірма *Valtra* на трактори потужністю 90 – 140 кВт серій N і T встановлює трансмісію Direct (рис. 2.25), що працює за схемою “диференціал на виході” (аналогічно працюють гідрооб'ємно-

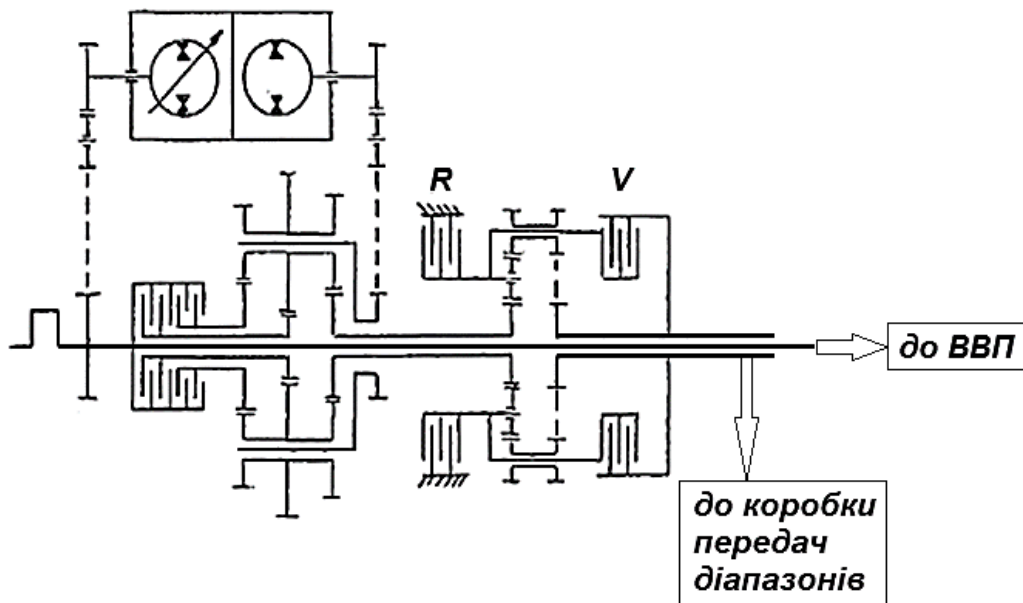


Рис. 2.25. Кінематична схема трансмісій Direct [78]:

V – прямиий хід; *R* – реверс

механічні трансмісії CNH, ZF-Essom і Steyr-S-matic). Трансмісія Direct являє собою комбіновану трансмісію, яка забезпечує безступінчасте регулювання швидкості руху в чотирьох діапазонах: I – 0 ... 9 км/год, II – 0 ... 18 км/год, III – 0 ... 30 км/год і IV – 0 ... 50 км/год.

Перемикання діапазонів швидкості руху в конструкції трансмісії Direct можна здійснювати тільки при зупинці трактора. Швидкості руху енергозасобу в середині діапазонів при русі як вперед, так і назад однакові [78].

Фірма CNH розробила нову безступінчасту трансмісію з використанням подвійного зчеплення, яка встановлюється на трактори Puma CVX фірми Case IH, T7000 Auto Command фірми New Holland, CVT фірми Steyr потужністю 123 – 165 кВт [78, 101] (рис. 2.26).

Кожне з двох встановлених зчеплень 5 має свій власний вал для передачі потужності, при цьому один вал проходить усередині іншого.

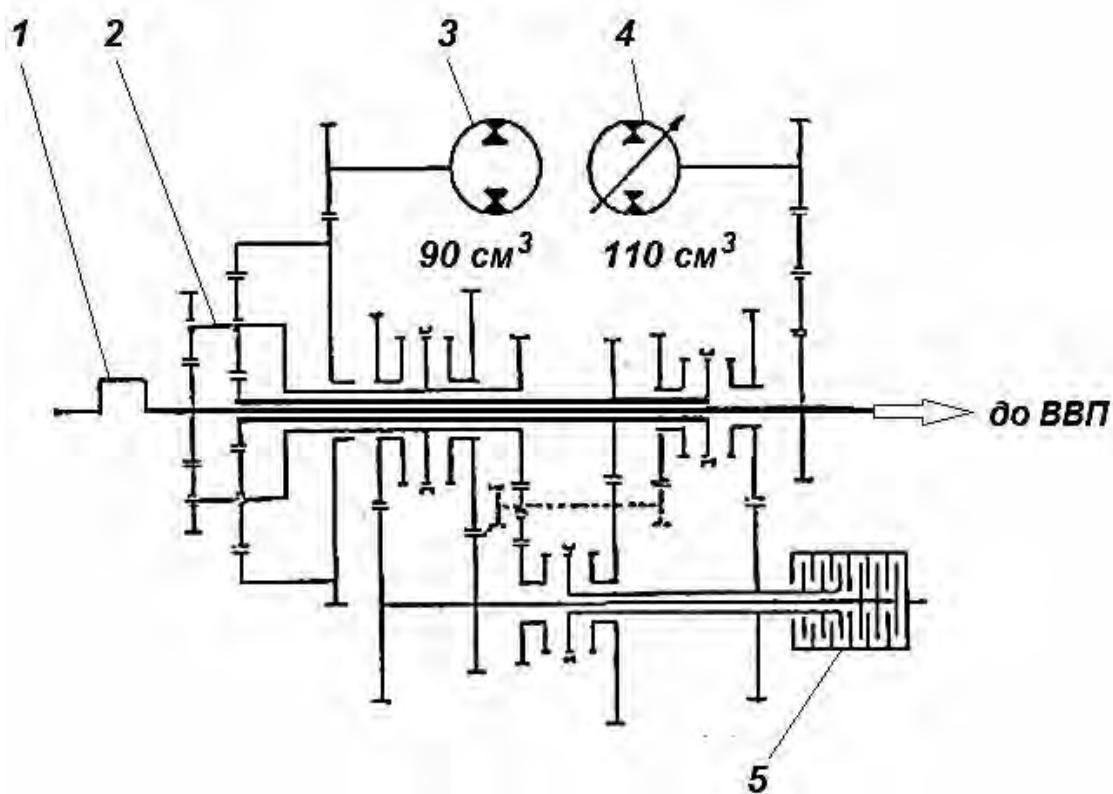


Рис. 2.26. Кінематична схема трансмісії CNH [78]:

1 – двигун; 2 – диференціал (на вході); 3 – не регульований гідромотор; 4 – регульований гідронасос; 5 – подвійне зчеплення

Потужність передається по черзі по валах, які використовуються при включенні відповідного зчеплення. Одне зі зчеплень підключає непарні передачі, інше – парні. На вільному валу коробки передач здійснюється попередній вибір наступної бажаної передачі і з'єднання відповідного зубчатого колеса з вільним валом коробки передач через синхронізатор. За допомогою одночасного включення і виключення зчеплень потужність передається через заздалегідь вибрану передачу без розриву потоку потужності. Даний вид коробки вважається найбільш досконалим через зменшення числа фрикційних багатодискових муфт і, відповідно, втрат в них. У трансмісії CNH подвійне зчеплення 5 розташоване на веденому валу (на відміну від

автомобільних коробок передач, де подвійне зчеплення розташовується на ведучому валу). Всього в коробці є чотири передачі переднього ходу, що забезпечують максимальну швидкість 50 км/год і дві передачі заднього ходу (максимальна швидкість 30 км/год). Безступінчасте регулювання швидкості забезпечується спільною роботою коробки передач і гідрооб'ємно-механічною трансмісією, що складається з диференціала 2, розташованого на вході трансмісії, і двох гідромашин: регульованого насоса 4 і нерегульованого мотора 5 (обидва виробництва Bosch-Rexroth). Трансмісія працює за схемою «диференціал на виході» в чотирьох піддіапазонах на передньому ходу і в двох піддіапазонах на задньому. Тип трансмісії і число піддіапазонів переднього ходу співпадає з трансмісією *ZF – Eссom*, проте у останньої для перемикачів використовується сім фрикційних багатодискових муфт, а у трансмісії *CNH* – тільки дві. Зменшення числа муфт знижує втрати і підвищує к.к.д. трансмісії [78].

Кінематична схема трансмісії *Eссom* фірми *ZF* наведена на рис. 2.27. Конструкція механічної частини трансмісії досить складна: містить чотири диференціали, п'ять фрикційних багатодискових муфт для перемикачів піддіапазонів і дві муфти переднього та заднього ходу. За допомогою останніх виконується швидкий реверс. Оскільки при перемикачів піддіапазонів потік потужності, яка передається, не повинен розриватися, то в точці перемикачів спочатку включається «нова», вільна від навантаження муфта, тоді як «стара» залишається включеною. У цьому стані відбувається спеціальна корекція об'єму регульованої гідромашини і потік навантаження та потужності змінюється, спричиняючи перекладання крутного моменту зі «старої» на «нову» муфту, яка щойно включена. Після виконаної корекції «стара» муфта звільняється від навантаження і може бути вимкнена [78].

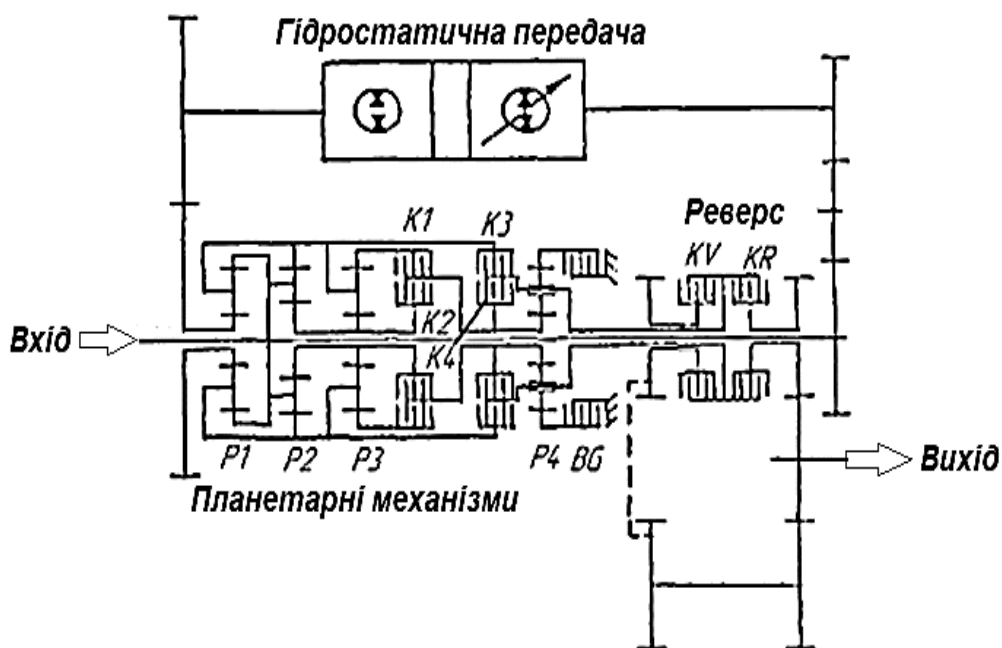


Рис. 2.27. Кінематична схема трансмісії ZF Ессом [78]

У всіх гідрооб'ємно-механічних трансмісіях, виконаних по схемі «диференціал на виході», використовується, як правило, одна регульована і одна нерегульована гідромашини. Перевага такої конструкції полягає в малій установчій потужності гідромашин завдяки використанню декількох піддіапазонів. Так, в трансмісії S-matic, Ессом і СНН установча потужність кожної гідромашини складає половину потужності двигуна. На початку кожного піддіапазону така ж потужність циркулює в замкнутому контурі передачі, викликаючи зниження її к.к.д. Оскільки в кінці піддіапазонів циркуляції потужності немає, то при перемиканні з одного піддіапазону на іншій з'являється «стрибок» к.к.д.

Трансмісія *Variable Double Clutch (VDC)* з подвійним зчепленням – двопотокова гідрооб'ємно-механічна трансмісія з чотирма механічними ступенями і гідрооб'ємною передачею (рис. 2.28 [78]).

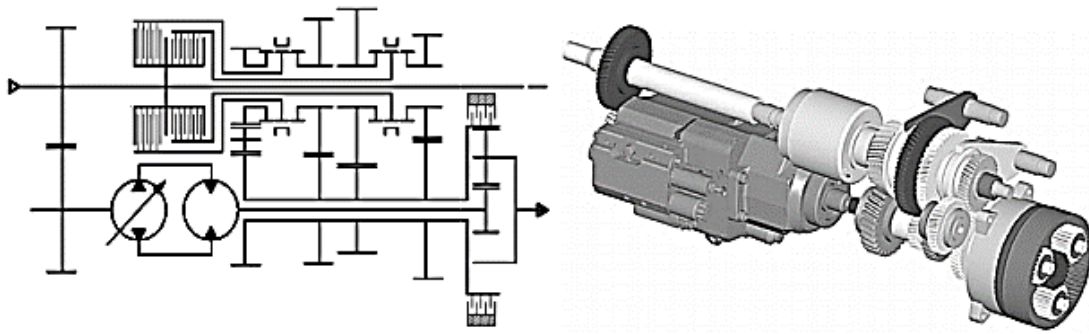


Рис. 2.28. Кінематична схема трансмісії VDC для ТЗ з двигуном потужністю 80 – 120 кВт [78].

Дані трансмісії пропонують використовувати в будівельній і спеціальній техніці [5]. За допомогою включення фрикціону на коронній шестерні планетарного ряду задіюється гідростатична гілка, і транспортний засіб може бути приведений в рух на низькій швидкості. Даний гідростатичний режим дозволяє використовувати переваги гідростатичних приводів, що забезпечують високі маневрові якості, можливість руху на низькій швидкості і реверс. Для досягнення вищих швидкостей коронній шестерні передається відповідна частота обертання через циліндричну передачу, яка підключається одним із зчеплень. Зміною частоти обертання сонячної шестерні передавальне число регулюється безступінчасто і відповідно до заданих умов в межах кожного швидкісного діапазону. Діапазон варійованого передавального числа однаковий для всіх передач. Під час процесу перемикання передачі частота обертання сонячної шестерні регулюється за допомогою зміни подачі гідронасоса таким чином, що змінна частота обертання коронної шестерні компенсується і передавальне число після перемикання передачі рівне передавальному числу до перемикання передачі. У трансмісії передавальні числа в

механічній частині вибрані таким чином, що передачі включаються послідовно, і в основних робочих режимах передається мала гідростатична потужність. У даних робочих діапазонах трансмісія має найвищий к.к.д. (до 0,92) [78].

Схеми «диференціал на вході» та «диференціал на виході» знайшли також застосування в гідрооб'ємно-механічних трансмісіях зі змінною структурою. Така структура означає, що в кожному піддіапазоні, на які розбивається весь діапазон трансмісії, може використовуватися одна з наступних схем: з диференціалом на вході; з диференціалом на виході; з декількома диференціалами. Гідрооб'ємно-механічна трансмісія змінної структури *Auto Powr* використовується на тракторі John Deere 8345 R (потужність 254 кВт, максимальна експлуатаційна маса 18 тон і швидкість 50 км/год) [2.10]. Як вже згадувалось вище, така трансмісія має чотири швидкісні піддіпазони, для створення яких використовується диференціал, в якому дві ланки – велика сонячна і коронна шестерні мають постійні зв'язки, відповідно, з двигуном і гідромашиною 2-ї ланки, а дві інших ланки – мала сонячна шестерня і водило мають змінні зв'язки з гідромашиною 1-ї ланки і виходом гідрооб'ємно-механічної трансмісії [78]. Піддіпазони перемикаються двома зубчатими синхронізованими і двома фрикційними багатодисковими муфтами.

Гідрооб'ємно-механічна трансмісія змінної структури *WSG 500* фірми MALI (дочірня фірма концерну Liebherr) призначена для тракторів та інших транспортних засобів потужністю 380 кВт і дозволяє досягати швидкості 62 км/год. У трансмісії WSG 500 застосовані регульовані аксіально-поршневі гідромашини з похилим блоком (кут нахилу до 45°, робочий об'єм до 422 см³) власного виробництва фірми. В даний час це найбільші гідромашини в подібних

трансмiсiях. Гiдрооб'ємно-механiчна трансмiсiя WSG 500 має три швидкiснi пiддiапазони, створюванi диференцiалом, в якому двi ланки, велика сонячна шестерня i водило постійно зв'язанi, вiдповiдно, з двигуном i виходом гiдрооб'ємно-механiчної трансмiсiї, а двi iнших ланки, мала сонячна i коронна шестернi мають змiннi зв'язки з гiдромашинами. Перемикання пiддiапазонiв здiйснюються чотирма фрикцiйними багатодисковими муфтами. Реверс в WSG 500 виконується за допомогою повнопотокової передачi, в якiй одна з гiдромашин є насосом, а iнша гiдромашина – мотором. При русi заднiм ходом трансмiсiя має найменший к.к.д. [78].

2.5.2. Автомобiльна технiка

Трансмiсiї мобiльних машин, якi представляють тракторну i автомобiльну технiку принципово мало чим вiдрiзняються – тi ж зубчастi передачi, подiбнi фрикцiйнi передачi, аналогiчнi гiдравлiчнi передачi тощо. Напевно, єдина принципова вiдмiннiсть трансмiсiї автомобiлiв полягає в зусиллях i частотах обертання з якими вони працюють, що, в першу чергу, виражається в габаритах агрегатiв трансмiсiї, особливо, якщо враховувати автомобiлi малої та середньої вантажопiдйомностi, легковi автомобiлi. А от для машин великої вантажопiдйомностi i ця вiдмiннiсть нiвелюється. Однак, технiчнi рiшення, використанi в трансмiсiях автомобiлiв можуть мати iстотнi вiдмiннiсть вiд технiчних рiшень, використаних в трансмiсiях тракторної технiки. Останнє пiдтверджує доцiльнiсть короткого аналізу конструкцiї автомобiльних трансмiсiї.

2.5.2.1. Короткий аналіз конструкцій автомобільних трансмісій

В автомобільній техніці використовується чотири основні різновиди трансмісій:

- ✓ *механічна;*
- ✓ *автоматична;*
- ✓ *роботизована;*
- ✓ *безступінчаста.*

Механічна трансмісія.

Такий різновид трансмісій (варто зазначити, що не тільки для мобільних машин) був створений найпершим і є актуальним і сьогодні. Основою для таких трансмісій є зубчасті (шестеренні і ланцюгові) передачі, пасові передачі, фрикційні передачі тощо. Найбільшого поширення серед механічних сучасних трансмісій набула механічна трансмісія з зубчастими передачами – рис. 2.29. Зазвичай кожна зубчаста передача включає одну пару шестарень. Кожна з шестерень встановлена на окремому валу. Таким чином зубчаста передача передбачає наявність щонайменше двох валів, один з яких ведучий, а інший – ведений. Ведучий вал безпосередньо, або через якусь іншу передачу з'єднаний з двигуном, а ведений, таким же чином – з ведучими колесами. В одній парі обидві шестерні можуть мати однакове, або різне число зубів, що і визначає передаточне число даної пари шестерень. Для забезпечення різного рівня трансформації крутного моменту і обертів в механічних трансмісіях застосовують кілька зубчастих пар, які об'єднують в одному, або кількох корпусах, які називають коробками передач. Перемикаючи важіль управління, водій задіює ту чи іншу зубчасту пару. Така конструкція трансмісії має свої переваги і недоліки.

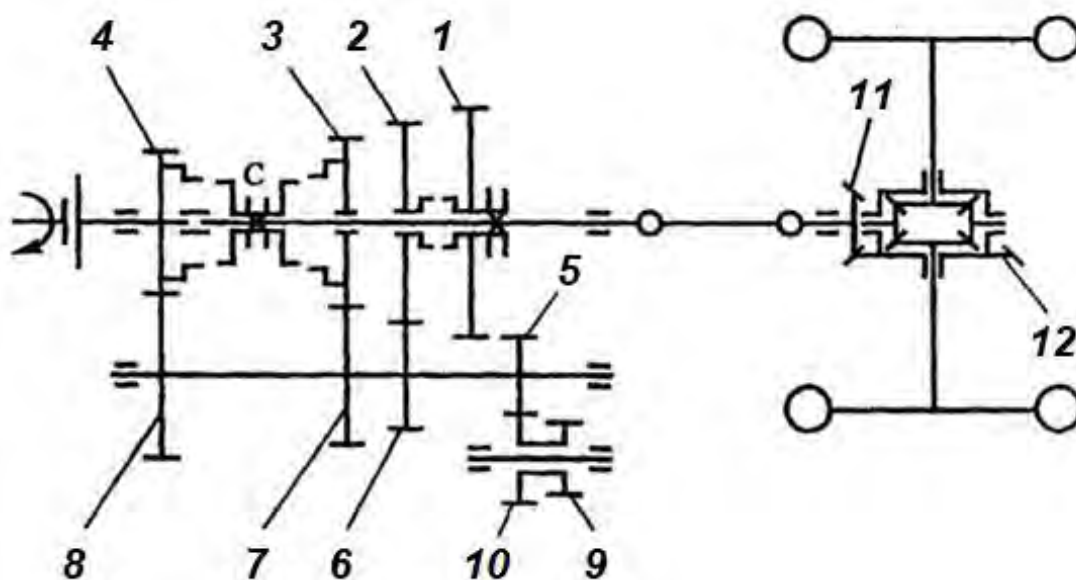


Рис. 2.29. Кінематична схема механічної трансмісії з зубчастими передачами [51]:

*1 – 10 – шестерні коробки передач; 11 – 12 шестерні ведучого мосту;
2 і 6; 3 і 7; 4 і 8 – пари циліндричних зубчастих шестерень; 11 і 12 –
пара конічних зубчастих шестерень*

Механічна трансмісія характеризується наступними основними перевагами:

- високим к.к.д.;
- ефективністю у передачі крутного моменту;
- економічністю.

Основними недоліками механічної трансмісії є:

- постійний контакт водія з важелем перемикання передач, що відволікає час і увагу;
- постійне використання зчеплення при перемиканні передач, що веде до його активного зносу.

Автоматична трансмісія.

Автоматичні трансмісії з'явилися пізніше механічних і основною причиною їх появи було бажання полегшити керування трансмісією. Керування такою трансмісією може здійснюватись з допомогою складних за конструкцією механічних, гідравлічних, електричних (електронних), або електрогідравлічних блоків – рис. 2.30.

Трансмісія, представлена на рис. 2.30 використовується на автомобілях типу Peugeot 405.

Автоматична трансмісія характеризується наступними основними перевагами:

- передача крутного моменту здійснюється без розриву при перемиканні передач;
- перемикання передач здійснюється без участі водія.

Основними недоліками автоматичної трансмісії є:

- вища вартість, порівняно з механічною;
- вищі затрати на ремонт і обслуговування;
- нижча економічність і динаміка, порівняно з механічною трансмісією.

З розвитком технологій і впровадженням сучасних технічних рішень вплив заявлених недоліків автоматичних трансмісій знижується.

Роботизована трансмісія.

Роботизована трансмісія (робот) конструктивно не відрізняється від механічної трансмісії, якщо розглядати її з точки зору передачі і трансформації крутного моменту. Принципова відмінність полягає у способі перемикання передач. Перемикання передач у роботизованій трансмісії здійснюється з допомогою системи сервоприводів з електронним керуванням. Ця трансмісія передбачає наявність двох зчеплень, одне з яких забезпечує вмикання непарних передач і формує першу коробку передач, а друге – парних і формує другу коробку передач – рис. 2.31.

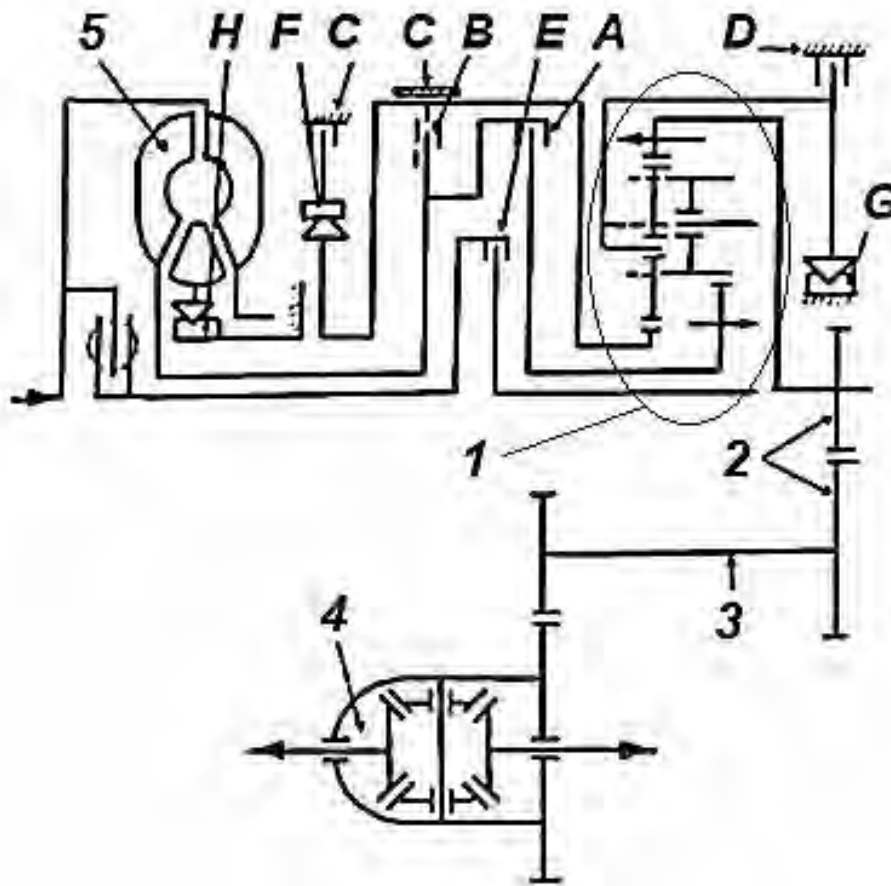


Рис. 2.30. Кінематична схема автоматичної трансмісії [62]:

A, B і E – багатодискові зчеплення; C, D – гальма; F, G і H – муфти вільного ходу; 1 – планетарний редуктор; 2 – вихід з планетарної передачі; 3 – проміжний вал; 4 – диференціал з головною передачею; 5 – гідродинамічна передача (гідротрансформатор)

Перша і друга коробки передач розташовані в одному корпусі. Сутність дії такої трансмісії полягає в наступному. При початку руху в зачеплення вводяться шестерні першої передачі, які встановлені на первинному і вторинному валах першої коробки передач і крутний момент на які передається через праве зчеплення. Автомобіль розганяється і коли настає момент вмикання другої передачі, попередньо вводяться в зачеплення шестерні другої передачі, які встановлені на первинному і вторинному валах другої коробки передач

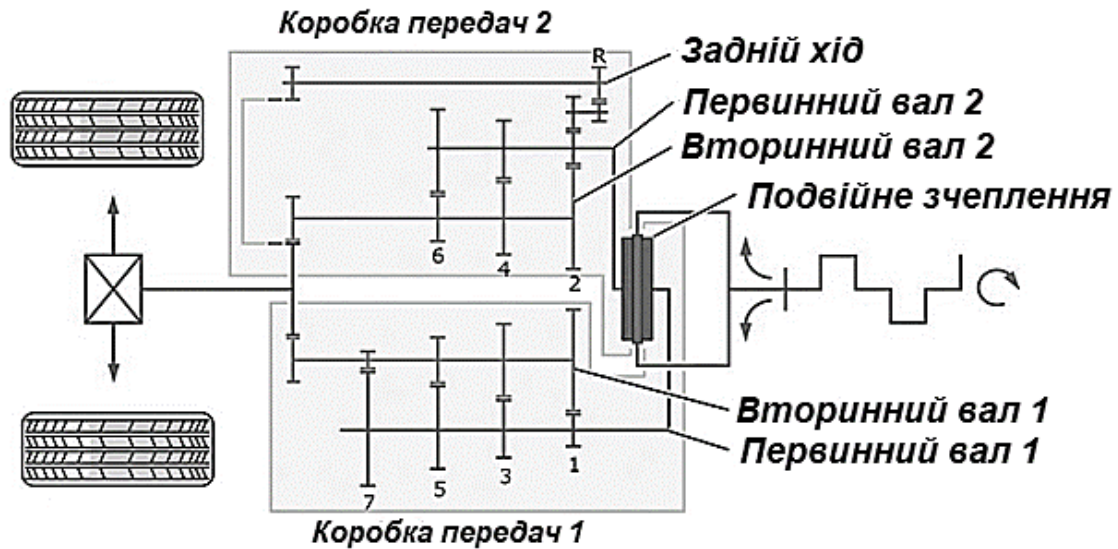


Рис. 2.31. Кінематична схема роботизованої трансмісії [21]

і до яких крутний момент підводиться через ліве зчеплення. Коли шестерні другої передачі заведені в зачеплення, праве зчеплення, через яке крутний момент від двигуна підводиться до шестерень першої передачі розмикається і в той же момент ліве зчеплення, через яке крутний момент підводиться до шестерень другої передачі – замикається і працює друга передача. Інші передачі вмикаються аналогічним чином.

За схемою, представленою на рис. 2.31 побудовані трансмісії окремих автомобілів виробництва концерну VAG.

Роботизована трансмісія характеризується наступними основними перевагами:

- перемикання передач без участі водія;
- нижча вартість порівняно з сучасними автоматичними трансмісіями.

трансмiсіями.

Основними недоліками роботизованої трансмісії є:

- нижча плавність ходу;

- більша навантаженість деталей за рахунок запізнення і ривків при перемиканні;
- не тривалий термін експлуатації до ремонту (особливо для сухих зчеплень).

Безступінчаста трансмісія.

Одним з основних варіантів безступінчастої трансмісії на автомобілі є варіатор. У такій трансмісії передач з фіксованими передавальними числами немає взагалі. Існує кілька варіантів трансмісій, в основі яких лежить варіатор, однак найбільшого поширення набула клинопасова схема – рис. 2.32. Конструктивно в такій трансмісії передбачено два шківів, діаметри робочих доріжок яких можуть змінюватись. Один, ведучий, шків з'єднується з колінчастим валом двигуна, а інший, ведений, - з ходовою частиною (або іншими агрегатами трансмісії, якщо такі передбачені конструкцією). Передача крутного моменту здійснюється спеціальним пасом або ланцюгом, який з'єднує ці два шківів. В процесі передачі крутного моменту натяг пасу підтримується постійним. Останнє дозволяє при зміні діаметра одного шківів змінювати діаметр і другого шківів в інший бік для забезпечення постійного натягу паса, або ланцюга. При цьому змінюється передавальне число такої клинопасової передачі. Варіатор дозволяє проводити такі зміни передавального числа і в одну і в іншу сторону аналогово (безступінчасто).

Безступінчаста трансмісія з варіатором характеризується наступними основними перевагами:

- плавні рушання з місця і розгін;
- швидкий розгін через відсутність втрати часу на підбір ступеней;
- низька шумність;

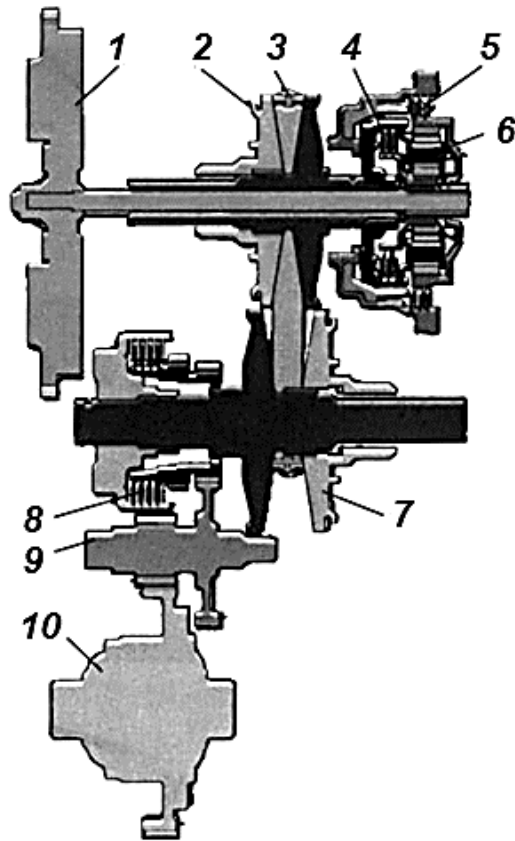


Рис. 2.32. Схема безступінчастої трансмісії з варіатором [37]:

1 – маховик; 2 – привідний шків; 3 – клиновий пас; 4 – муфта переднього ходу; 5 – муфта заднього ходу; 6 – планетарний механізм заднього ходу; 7 – ведений шків; 8 – муфта зчеплення; 9 – проміжний вал з шестернями; 10 – диференціал

- вища економічність і екологічність.

Основними недоліками безступінчастої трансмісії з варіатором трансмісії є:

- вимогливість до робочих рідин та витратних матеріалів;
- вимогливість до умов експлуатації;
- дороговизна в експлуатації та обслуговуванні;
- обмеження в часі роботи на високих обертах.

Загальні схеми конструкцій трансмісій автомобілів істотно залежать від того повноприводна машина чи ні. Із збільшенням

кількості ведучих мостів конструктивна схема трансмісії ускладнюється. Останнє спонукає до розгляду схем трансмісії повноприводних автомобілів.

2.5.2.2. Короткий аналіз конструкцій трансмісії повноприводних автомобілів

Передача крутного моменту до більшої кількості споживачів ніж один веде до істотного ускладнення принципової схеми трансмісії. Останнє змушує використовувати вузли і агрегати не традиційних конструкцій та аналогічні системи їх з'єднання для передачі крутного моменту. Проведемо короткий аналіз можливих схем повного приводу.

📖 **Постійний повний привід.** Система постійного повного приводу дозволяє постійно передавати крутний момент на всі колеса машини – рис. 2.33. В спеціалізованій літературі вона може мати назву Full Time, що, в перекладі, означає «повний час» [47].

Принцип роботи системи постійного повного приводу полягає в наступному. Крутний момент від двигуна передається через зчеплення на первинний вал коробки передач. В коробці передач крутний момент трансформується відповідно до увімкненої передачі. Далі від вторинного валу коробки передач крутний момент передається на роздавальну коробку. У роздавальній коробці крутний момент розподіляється між ведучими мостами. Далі крутний момент через карданні передачі передається на ведучі мости, трансформується додатково головними передачами і розподіляється з допомогою диференціалів між ведучими колесами лівого і правого борту. При проковзуванні коліс однієї з осей (коліс одного з ведучих мостів) виконується автоматично або примусово блокування

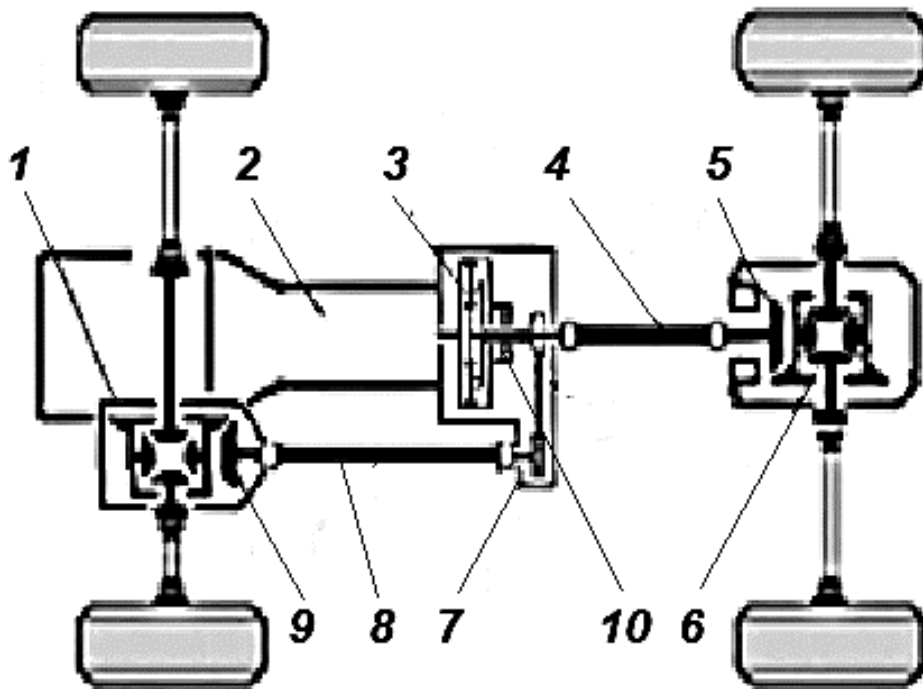


Рис. 2.33. Схема постійного повного приводу автомобіля [47]:

1 – міжколісний диференціал переднього ведучого моста; 2 – коробка передач; 3 – міжосьовий диференціал; 4 – карданна передача приводу заднього мосту; 5 – головна передача заднього ведучого мосту; 6 – міжколісний диференціал заднього ведучого мосту; 7 – роздавальна коробка передач; 8 – карданна передача приводу переднього мосту; 9 – головна передача переднього ведучого мосту; 10 – фрикційна муфта вмикання (віскомуфта) [47]

міжосьового диференціала, а при проковзуванні коліс одного ведучого моста, одне вісно одного, виконується блокування і міжколісного диференціала [47].

Роздавальна коробка призначена для розподілу крутного моменту між ведучими мостами (осями) автомобіля і його збільшення при необхідності шляхом вмикання понижуючої передачі. Роздавальна коробка може включати зубчасту шестеренну, або ланцюгову передачу для приводу переднього ведучого моста, понижуючу передачу і міжосьовий диференціал [47].

Міжосьовий диференціал є однією з основних відмінних ознак роздавальної коробки системи постійного повного приводу. Для забезпечення жорсткого повного приводу передбачається автоматичне або примусове блокування міжосьового диференціала. Автоматичне блокування міжосьового диференціала може здійснюватись віскомуфтою, диференціалом Torsen, багатодисковою фрикційною муфтою. Примусове блокування диференціала виконується водієм вручну за допомогою механічного, пневматичного, електричного або гідравлічного приводу. На деяких конструкціях роздавальної коробки передбачені функції як автоматичного, так і ручного блокування міжосьового диференціала. Для реалізації повнопривідних можливостей один або обидва диференціали мають можливість блокування. Блокування міжколісного диференціала може здійснюватись як примусово, так і автоматично описаними вище способами. На сучасних автомобілях застосовується також блокування з використанням електронних пристроїв, які можуть отримувати команди від електронного блока керування [47].

Подібні системи приводу можуть використовуватись на автомобілях як з основним заднім ведучим мостом, так і на автомобілях з основним переднім ведучим мостом.

Системи постійного приводу створені за схемою, приведеною на рис. 2.33 розрізняються здебільшого за конструкцією роздавальної коробки й карданних передач.

Порівняно значного поширення системами постійного повного приводу набули в таких відомих брендів як VAG, BMW, Mercedes та інші і реалізовані в конструкціях таких основних систем як Quattro від Audi, xDrive від BMW, 4Matic від Mercedes, 4Motion від Volkswagen тощо [47].

📖 **Повний привід, що підключається автоматично** (поширена назва –система «On demand», перекладається «на вимогу»). Система такого повного приводу дуже поширена на легкових автомобілях провідних брендів світу.

Система повного приводу такої конструкції вступає в дію тоді, коли колеса одного ведучого моста пробуксовують по відношенню до коліс іншого моста.

Прикладом системи повного привоу, який підключається автоматично може слугувати система 4Motion – рис. 2.34 [47].

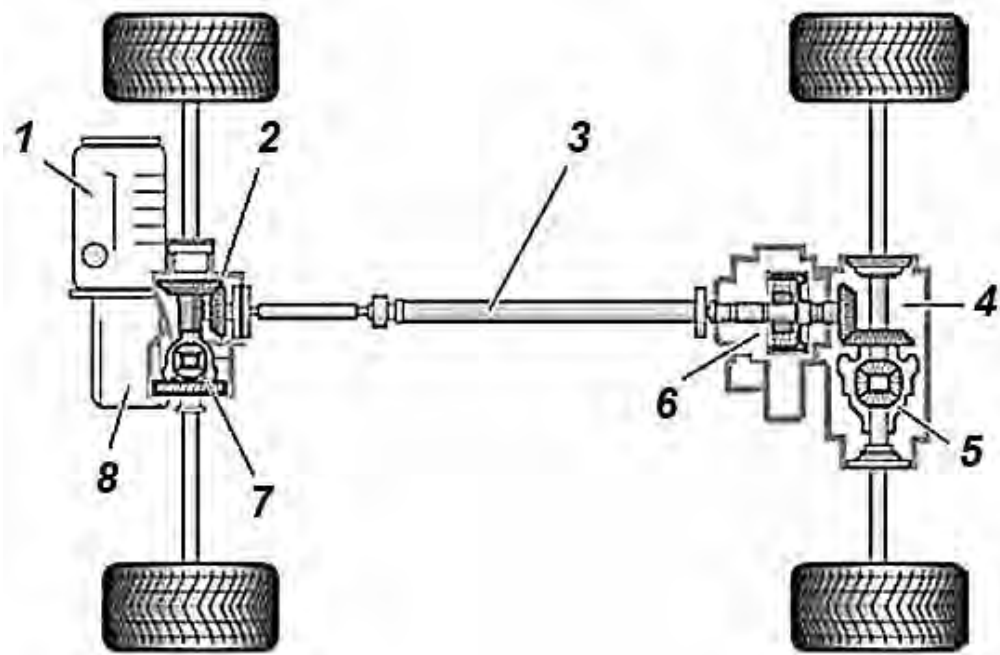


Рис. 2.34. Схема системи повного приводу з автоматичним підключенням шляхом використання фрикційної муфти з електронним керуванням [47]:

1 – двигун; 2 – роздавальна коробка; 3 – карданна передача; 4 – головна передача залнього ведучого моста; 5 – міжколісний диференціал заднього ведучого моста; 6 – муфта підключення заднього ведучого моста; 7 – міжколісний диференціал переднього ведучого моста; 8 – коробка передач

➤ *Система повного приводу 4Motion*

✓ *Система повного приводу 4Motion від VAG*

Роздавальна коробка, яка використовується в системі повного приводу з автоматичним його підключенням, зазвичай являє собою конічний шестернчастий редуктор. В такій системі, як правило, відсутні понижуючий редуктор та міжосьовий диференціал.

Для підключення заднього (чи іншого) ведучого моста використовуються, переважно, наступні пристрої:

- в'язкісна муфта (поширена назва «віскомуфта»);
- фрикційна муфта з електронним управлінням.

Зокрема, в якості фрикційної муфти, може використовуватись муфта Haldex. Така муфта широко використовується в повному приводі 4Motion автомобілів виробництва концерну VAG [47].

Особливості конструкції і принципу дії системи повного приводу з автоматичним підключенням додаткового ведучого моста шляхом використання фрикційної муфти з електронним керуванням розглянуто нижче.

Загальні аспекти принципу дії такої системи розглянемо на прикладі автомобіля з основним переднім ведучим мостом (див. рис. 2.34). За таких умов крутний момент від двигуна через зчеплення, коробку передач, головну коробку передач і диференціал передається на передню вісь автомобіля. Крім того, через роздавальну коробку передач та карданні передачі крутний момент також підводиться до ведучих елементів фрикційної муфти. Під час руху у нормальних дорожніх умовах ця фрикційна муфта крутного моменту в повному об'ємі далі на головну передачу заднього ведучого моста не передає. Це реалізується за рахунок того, що в такому положенні фрикційна муфта має мінімальне стиснення, при якому можлива передача лише до 10% крутного моменту на задній ведучий міст. При пробуксовуванні коліс

переднього ведучого моста, яке реєструють спеціальні датчики і сигнал направляють до електронного блока керування, останній дає команду на спрацювання (замикання) фрикційної муфти і забезпечує передачу крутного моменту на задній ведучий міст. Розмір крутного моменту, який передається через фрикційну муфту з таким електронним керуванням на задній ведучий міст може варіювати в певних межах, які обумовлюються ступінню пробуксовування коліс переднього ведучого моста [47].

Таким чином електронне керування фрикційною муфтою Haldex включає такі основні структурні елементи [47]:

- ✓ вхідні датчики і пристрої;
- ✓ електронний блок керування;
- ✓ виконавчі пристрої.

Сутність названих структурних елементів приведено нижче.

Вхідним датчиком системи керування є датчик температури оливи. Крім датчика температури оливи електронний блок керування використовує інформацію від блоку керування двигуном, блоку керування системи ABS, одержувану по CAN-шині.

Електронний блок керування перетворює вхідну інформацію в керуючі сигнали на виконавчий пристрій.

Виконавчим пристроєм системи керування є клапан керування, який регулює тиск стискання фрикційних дисків від 0 до 100% максимальної величини. Величина тиску стискання визначається положенням клапана. Насос і акумулятор тиску забезпечують підтримку тиску оливи в системі на рівні 3 МПа [47].

Робота системи 4Motion визначається алгоритмом роботи муфти Haldex, у якому можна виділити наступні характерні режими [47]:

- початок руху;

- початок руху із пробуксовкою;
- рух з постійною швидкістю;
- рух із пробуксовкою;
- гальмування.

При рушанні з місця і розгоні машини клапан керування закритий, диски фрикційної муфти максимально стиснуті. На колеса заднього ведучого моста передається 100 % дозволеного конструкцією і підведеного через карданні передачі крутного моменту [47].

Якщо рух починається із пробуксовуванням обох коліс переднього ведучого моста, клапан керування закривається, фрикційні диски муфти стискаються. Крутний момент знову повністю передається на задній ведучий міст. При пробуксовуванні одного з передніх коліс у роботу системи спочатку включається електронне блокування диференціала [47].

При русі з постійною швидкістю клапан відкривається, а диски стискаються залежно від умов руху. На задню вісь крутний момент передається частково (в незначних межах) [47].

Пробуксовування під час руху автомобіля визначається на підставі сигналів від блоку керування системою ABS. При цьому клапан відкривається залежно від умов руху (який міст і які колеса буксують) [47].

При гальмуванні клапан керування відкритий, фрикційна муфта повністю розімкнута (фрикційні диски вільно рухаються один відносно одного). Крутний момент на задню вісь не передається [47].

✓ ***Система повного приводу 4Matic від Mercedes-Benz.***
Трансмісію автомобілів виробництва Mercedes-Benz з системою повного приводу 4Matic обладнують автоматичною коробкою передач.

Розвиток систем повного приводу 4Matic виробництва Mercedes-Benz показано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Покоління розвитку системи повного приводу 4Matic від Mercedes-Benz [47]

Покоління, автомобілі	Характеристика приводу
1 покоління (з 1986 року) Е-клас (тип 124)	повний привід з автоматичним підключенням, механічні блокування міжосьового й заднього міжколісного диференціалів, керування приводом за допомогою двох гідравлічних муфт, при спрацьовуванні системи ABS відключення повного приводу [47]
2 покоління (з 1997 року) Е-клас (тип 210)	постійний повний привід, міжосьовий і міжколісні диференціали вільного типу, блокування міжколісних диференціалів симулюються за допомогою системи контролю тягового зусилля [47]
3 покоління (з 2002 року) С-клас (тип 203) Е-клас (тип 211) S-клас (тип 220)	постійний повний привід, міжосьовий і міжколісні диференціали вільного типу, контроль за рухом за допомогою системи курсової стійкості, яка включає систему контролю тягового зусилля [47]

Загальний вигляд трансмісії типу 4Matic від Mercedes-Benz останніх поколінь приведено на рис. 2.35.

Основою трансмісії системи повного приводу 4Matic від Mercedes-Benz є роздавальна коробка. Вона здійснює безступінчастий розподіл крутного моменту між ведучими мостами автомобіля [47].

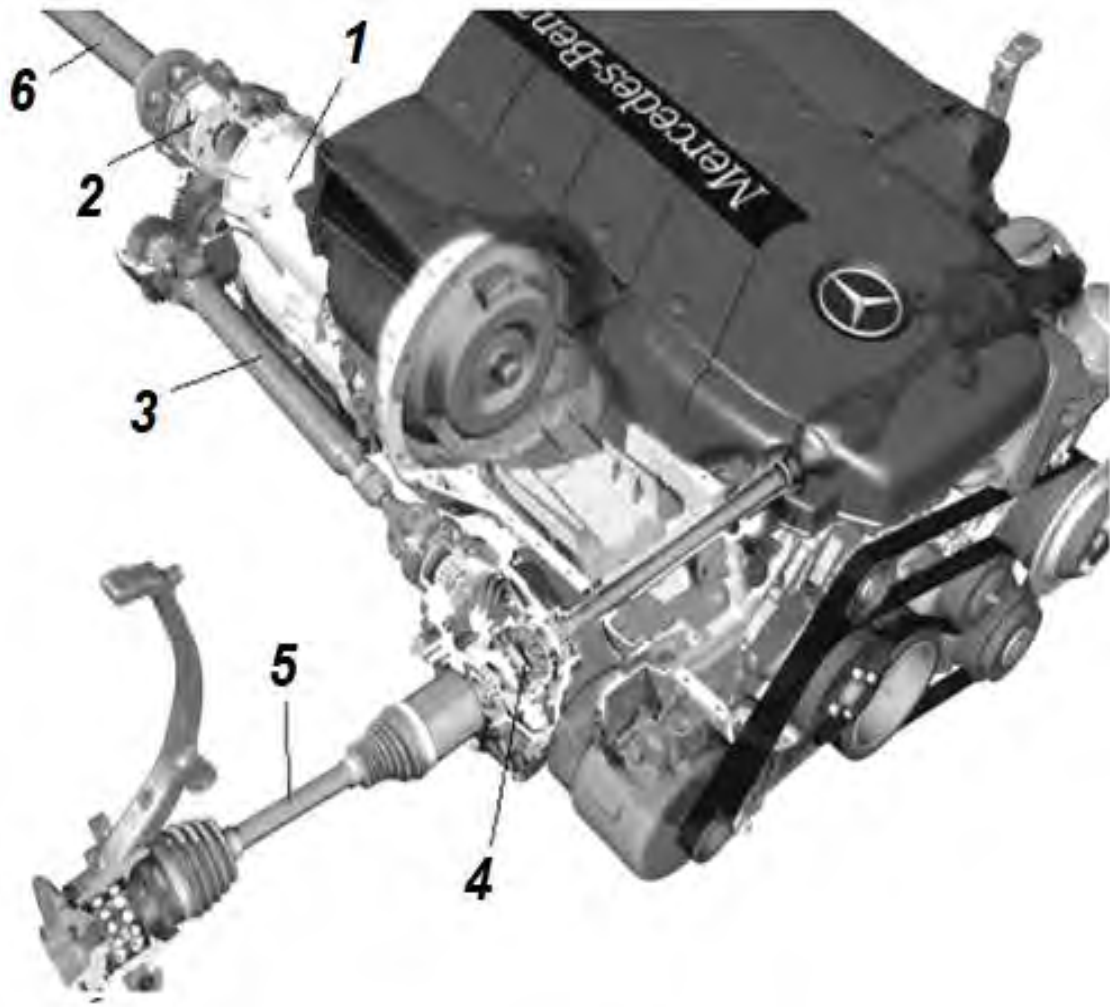


Рис. 2.35. Загальний вигляд трансмісії типу 4Matic від Mercedes-Benz [47]:

1 – автоматична коробка передач; 2 – роздавальна коробка; 3 – карданна передача приводу переднього моста; 4 – головна передача і диференціал переднього ведучого моста; 5 – привідні вали з шарнірами рівних кутових швидкостей; 6 – карданна передача приводу заднього ведучого моста

Планетарний редуктор виконує в коробці функцію несиметричного міжосьового диференціала. Передача крутного моменту відбувається таким чином, що на передній міст доводиться 40% його номінальної величини, на задній - 60% (на окремих моделях

автомобілів це співвідношення може складати 45:55). Привідний вал з'єднаний з водилом планетарного редуктора. Вал привода заднього моста має привід від сонячної шестерні більшого діаметра. Вал привода переднього моста з'єднаний із сонячною шестернею малого діаметра і, на іншому кінці, за допомогою циліндричних шестерень з'єднаний з карданною передачею переднього моста [47].

У системі 4Matic від Mercedes-Benz не передбачено блокувань міжосьового й міжколісних диференціалів. Автоматичний контроль стійкості автомобіля під час руху забезпечує система курсової стійкості ESP, до складу якої входять система контролю тягового зусилля ETS, антипробуксовочна система ASR й антиблокувальна система гальм ABS [47].

Система ETS (Electric Traction System), за конструкцією, аналогічна електронному блокуванню диференціала. При спрацюванні система симулює блокування міжколісних диференціалів шляхом пригальмовування коліс, які пробуксовують. При цьому крутний момент на колесі із кращим зчепленням збільшується, чим досягається впевнений розгін з місця, прискорення на дорогах з поганим покриттям, а це, в свою чергу, забезпечує стійке керування автомобілем у складних умовах руху [47].

➤ ***Система повного привода xDrive від BMW.***

Система xDrive забезпечує безступінчастий, безперервний і змінний розподіл крутного моменту між переднім й заднім ведучими мостами залежно від умов руху. Система повного приводу xDrive встановлювалась, або встановлюється на спортивних позашляховиках виробництва BMW (SAV, Sports Activity Vehicle) X1, X3, X5, X6 і легкових автомобілях 3-ої, 5-ої і 7-ої серій. Основні етапи розвитку системи повного приводу xDrive від BMW зформовані в чотирьох поколіннях приведені в табл. 2.2 [47].

Таблиця 2.2.

Покоління розвитку системи повного приводу xDrive від BMW [47]

Покоління	Характеристика
1 покоління, початок 1985 рік	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 37:63 (37% - на передній міст, 63% - на задній міст), блокування міжосьового диференціалу, заднього міжколісного диференціала за допомогою в'язкісної муфти (віскомуфта) [47]
2 покоління, початок 1991 рік	розподіл крутного моменту між мостами при нормальному русі в співвідношенні 36:64, блокування міжосьового диференціалу за допомогою багатодискової муфти з електромагнітним керуванням, блокування заднього міжколісного диференціала за допомогою багатодискової муфти з електрогідравлічним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між мостами (колесами) у межах від 0 до 100% [47]
3 покоління, початок 1999 рік	розподіл крутного моменту між мостами при нормальному русі в співвідношенні 38:62, міжосьовий і міжколісні диференціали вільного типу, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія із системою динамічного контролю курсової стійкості [47]
4 покоління, початок 2003 рік	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 40:60, функцію міжосьового диференціалу виконує багатодискова фрикційна муфта з електронним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між осями в межах від 0 до 100%, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія із системою динамічного контролю курсової стійкості [47]

Система повного приводу xDrive розрахована на традиційну для BMW задньопривідну компонульну схему трансмісії. Розподіл крутного моменту між осями здійснюється за допомогою роздавальної коробки – рис. 2.36 [47].

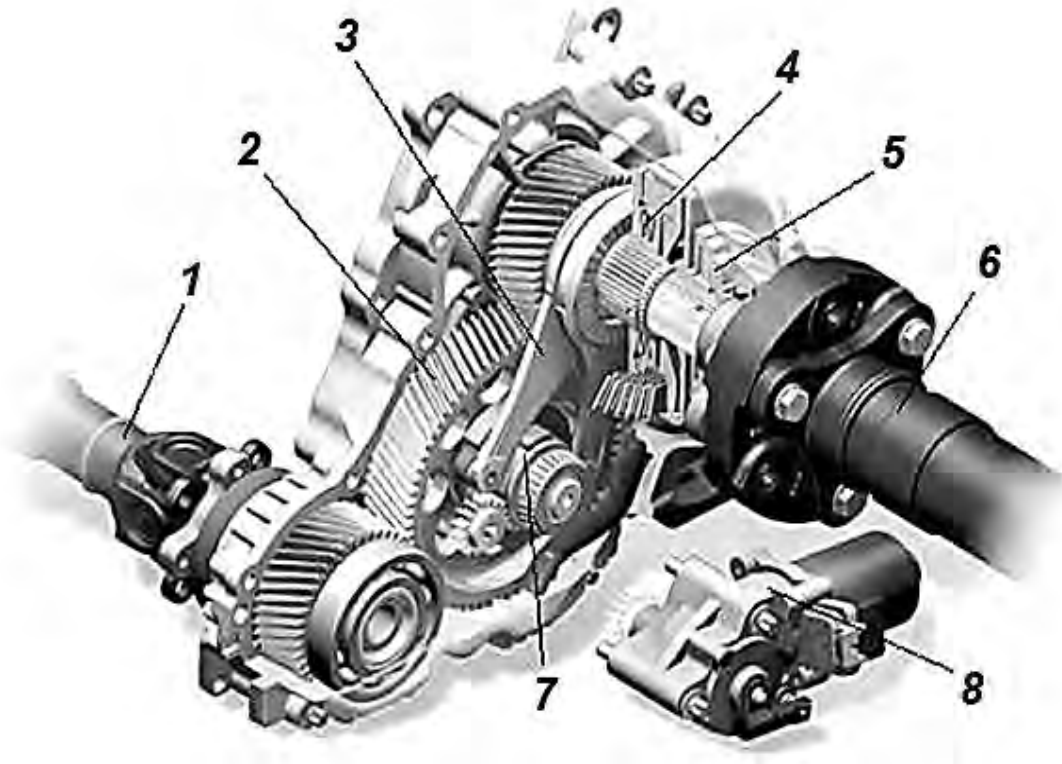


Рис. 2.36. Роздавальна коробка системи повного приводу xDrive від BMW [47]:

1 – карданна передача приводу переднього ведучого моста; 2 – зубчаста передача; 3 – важіль вмикання; 4 – фрикційна муфта; 5 – насос для оливи; 6 – карданний вал приводу заднього ведучого моста; 7 – ексцентрик; 8 – електродвигун з понижуючим редуктором

Роздавальна коробка для більшості моделей машин являє собою зубчасту передачу на привід переднього ведучого моста (основним являється задній ведучий міст). Керування приводом переднього ведучого моста здійснюється фрикційною муфтою. Для трансмісій

спортивних повноприводних автомобілів основою роздавальної коробки є ланцюгова передача [47].

Система xDrive інтегрована із системою динамічного контролю курсової стійкості DSC (Dynamic Stability Control). Крім електронного блокування диференціала система DSC поєднує систему контролю тягового зусилля DTC (Dynamic Traction Control), систему допомоги при спуску HDC (Hill Descent Control) і ін. Взаємодія систем xDrive й DSC здійснюється за допомогою системи інтегрального керування ходовою частиною ICM (Integrated Chassis Management). Система ICM також забезпечує зв'язок із системою активного рульового керування AFS (Active Front Steering) [47].

Принцип роботи будь-якої системи, включаючи і систему повного приводу типу xDrive доцільно розглядати спираючись на характерні режими роботи як машини в цілому, так і конкретної системи зокрема.

Робота системи повного приводу окреслюється кількома характерними режимами, обумовленими алгоритмами спрацьовування фрикційної муфти [47]:

- початок руху;
- проходження поворотів з надлишковим повертанням;
- проходження поворотів з недостатнім повертанням;
- рух на слизькому покритті;
- паркування [47].

На початку руху при рушанні з місця в нормальних умовах фрикційна муфта замкнута, крутний момент розподіляється між мостами у співвідношенні 40:60, чим досягається максимальна сила тяги під час розгону. Після досягнення швидкості 20км/ч розподіл крутного моменту між ведучими мостами здійснюється відповідно до умов руху [47].

Під час проходження поворотів з надлишковим повертанням (задній міст заносить до зовнішньої сторони повороту, тобто від центра повороту) диски фрикційної муфти стискаються з більшим зусиллям, в результаті чого на передній ведучий міст спрямовується крутний момент більшого розміру. Для покращення проходження поворотів з надлишковим повертанням в роботу може включатися система DSC, що стабілізує рух автомобіля шляхом пригальмовування коліс відповідних бортів машини з використанням агрегатів системи ABS [47].

При проходженні поворотів з недостатнім повертанням (передня вісь зноситься до зовнішньої сторони повороту – машина «не слухається руля») диски фрикційної муфти розтискаються, муфта розмикається, що дозволяє на задній ведучий міст спрямувати до 100% крутного моменту. За необхідності в роботу також включається система DSC [47].

Під час руху на слизькому покритті (лід, сніг, вода) пробуксовування окремих коліс запобігається за рахунок блокування фрикційної муфти і, за необхідності, електронним міжколісним блокуванням системою DSC [47].

При паркуванні фрикційна муфта повністю розмикається, автомобіль стає задньопривідним, чим досягається зниження навантажень у трансмісії й рульовому керуванні [47].

📖 **Повний привід, що підключається вручну** (поширена назва – система «Part Time», перекладається як «частковий час»). Ця система забезпечує розподіл крутного моменту між ведучими мостами 50:50 завдяки їх жорсткому зв'язку і вважається позашляховою.

Конструктивно система повного приводу, що підключається вручну аналогічна системі повного приводу, що підключається автоматично, але без міжосьового диференціала.

Проведений таким чином досить короткий огляд трансмісій мобільних машин був би далеко не повним без аналогічного аналізу

трансмiсiй мобiльних машин з електричними силовими установками i трансiсiями, якi сьогоднi займають iстотну нiшу ринку мобiльних машин. В наступному пунктi проведено такий аналiз на основi доступних друкованих та електронних джерел.

2.6. Трансмiсiї мобiльних машин з використанням електричних приводiв

Електричнi приводи в трансiсiях мобiльних машин можуть використовуватися з метою:

- ✓ створення крутного моменту безпосередньо на рушiях;
- ✓ створення крутного моменту на входi в механiчну частину трансiсiї;
- ✓ розширення споживчих якостей трансiсiї;
- ✓ керування трансiсiєю.

З точки зору питань, якi вiдповiдають метi написання даного посiбника зацiкавлення викликають першi два напрями, а саме:

- створення крутного моменту безпосередньо на рушiях;
- створення крутного моменту на входi в механiчну частину трансiсiї.

Коротко охарактеризуємо приведенi вище два напрями.

2.6.1. Електричнi трансiсiї серiйних машин

- Створення крутного моменту безпосередньо на рушiях здiйснюється шляхом використання мотор-колiс.

Мотор-колесо – агрегат, який поєднує в одному агрегаті колесо, вбудовані в нього тяговий електродвигун, силову передачу і, в деяких випадках, гальмівну систему.

Живлення мотор-колеса електричною енергією може здійснюватись за кількома варіантами, а саме:

- від генератора, який приводиться в дію двигуном внутрішнього згоряння через електромеханічну трансмісію (використовується переважно на важкій автомобільній техніці);

- від контактної мережі (використовується на троллейбусах і троллейвозах);

- від акумулятора (використовується на електромобілях і електровелосипедах, або, як додаткове джерело енергії, на автомобільній техніці з двигуном внутрішнього згоряння, такій як гібридні автомобілі, або троллейбуси).

Існує два режими роботи мотор-колеса:

- тяговий;

- генераторний.

У тяговому режимі крутний момент передається з вала якоря електродвигуна, що працює в режимі двигуна, через редуктор до внутрішнього зубчатого вінця ведучого колеса. У генераторному режимі, який використовують для електричного гальмування, електродвигун переходить в генераторний режим роботи, а електроенергія перетворюється в тепло на гальмівному реостаті (такий режим називають «реостатне гальмування»), або повертається в електричну мережу, або застосовується для зарядки акумуляторів (такий режим називають «рекуперативне гальмування») [59].

Один з різновидів мотор-колеса представлено на рис. 2.37, а загальна будова на рис. 2.38 [28].

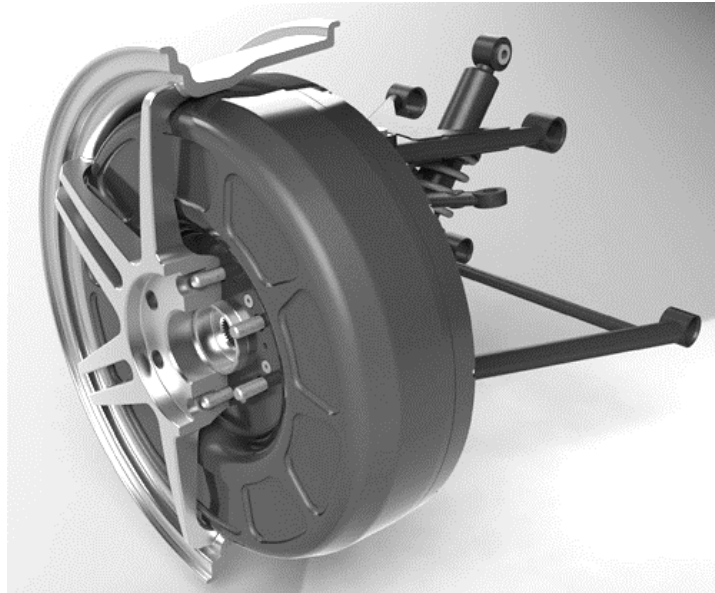


Рис. 2.37. Загальний вигляд мотор-колеса автомобіля

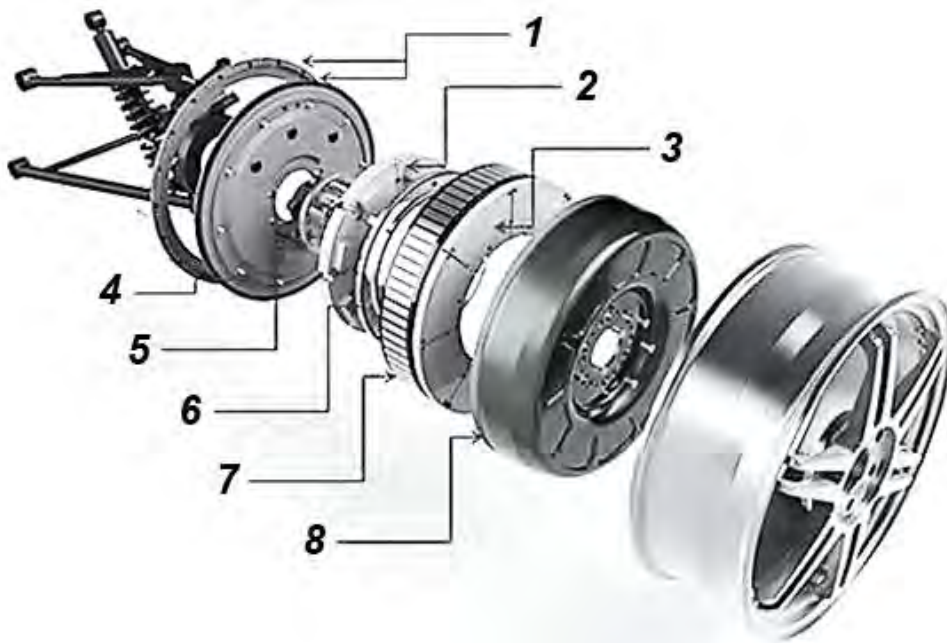


Рис. 2.38. Загальна будова електричного ступичного мотор-колеса виробництва компанії Protean Electric [28]:

1 – ущільнення; 2 – модуль конденсатора; 3 – силова електроніка; 4 – задня опорна пластина; 5 – підшипник; 6 – шинопроводи; 7 – статор; 8 – ротор

- Створення крутного моменту на вході в механічну частину трансмісії здійснюється шляхом під'єднання тягового електродвигуна до одного з валів трансмісії (як правило до вхідного вала).

Ця група в технічній реалізації найкраще представлена автомобілями з гібридними трансмісіями.

Гібриди бувають різних конфігурацій. Коротко розглянемо основні з них.

- Паралельний гібрид. Паралельні гібридні системи мають як двигун внутрішнього згоряння, так і електродвигун, які можуть приводити в рух автомобіль окремо або обидва пов'язані один з одним, забезпечуючи привід. Це найпоширеніша гібридна система в перші десятиліття 21-го сторіччя рис. 2.39 [83].

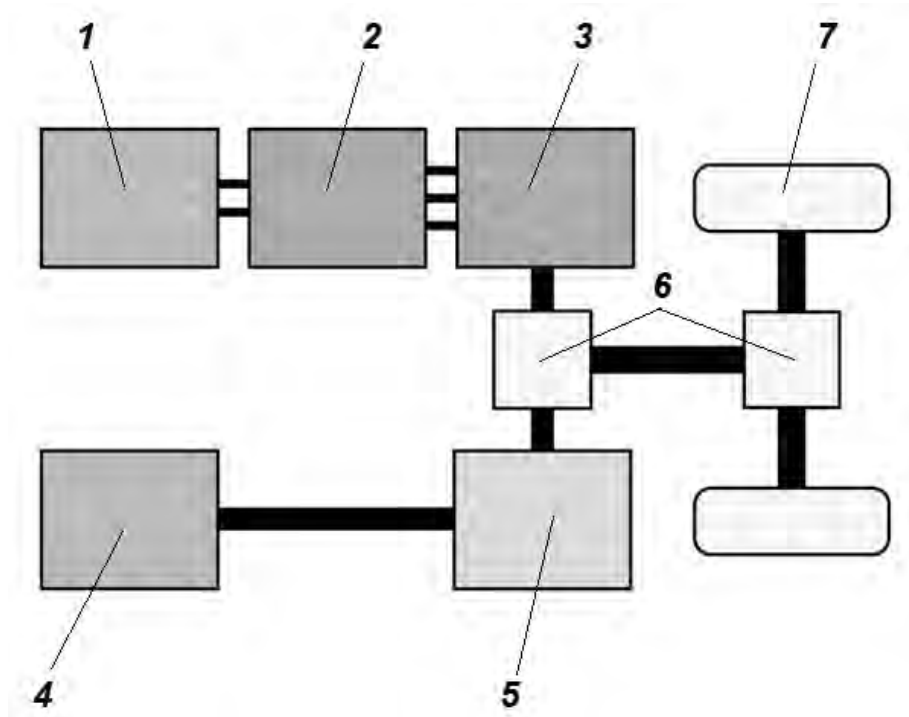


Рис. 2.39. Структурна схема паралельного гібриду електромобіля [83]:

1 – акумулятор; 2 – перетворювач; 3 – електродвигун; 4 – паливний бак; 5 – двигун внутрішнього згоряння; 6 – диференціал; 7 – ведуче колесо

Паралельні гібриди можуть бути додатково розділені на категорії за балансом між різними двигунами, що забезпечують рушійну силу: ДВЗ може бути домінуючим (в такому випадку включення електродвигуна здійснюється лише у визначених обставинах) або навпаки; в той час, коли інші можуть працювати лише від електричної системи, оскільки сучасні паралельні гібриди не можуть забезпечувати режими лише електричного приводу, або приводу від ДВЗ, їх часто класифікують як *м'які гібриди* [83].

Перші гібриди Honda Insight, Civic і Accord, що використовують ІМА, є прикладами серійних паралельних гібридів. Паралельно-гібридна вантажівка General Motors (PHT) і гібриди BAS, такі як гібриди Saturn VUE і Aura Greenline і Chevrolet Malibu, також використовують паралельну гібридну схему [83].

Гібридна серія. Гібрид серії також називають розширеним діапазоном електричних транспортних засобів (EREV). В конструкції передбачається комплектація електродвигунами на двох або чотирьох колесах. (Серійні гібриди класифікуються Каліфорнійською радою за повітряним ресурсом як електромобілі із збільшеним запасом ходу (BEVx)). Структурна схема серійно-гібридного автомобіля показана на рис. 2.40 [83].

Як видно з рис. 2.40 практично вся механічна трансмісія між ДВЗ і колесами видаляється і замінюється електричним генератором, провідниками і елементами управління та електричними тяговими двигунами, з тією перевагою, що ДВЗ більше не пов'язаний безпосередньо з ведучим мостом. З диференціалом зв'язаний вихід електричної силової частини [83].

Така схема дозволяє автомобілю з двигуном і генератором, які працюють тільки при необхідності, наприклад, коли акумулятори батареї розряджені заряджати їх.

До автомобілів цього типу відносяться: лінійка Nissan e-POWER (Note, Serena, Kicks і Qashqai), яка використовує двигун HR12DE для

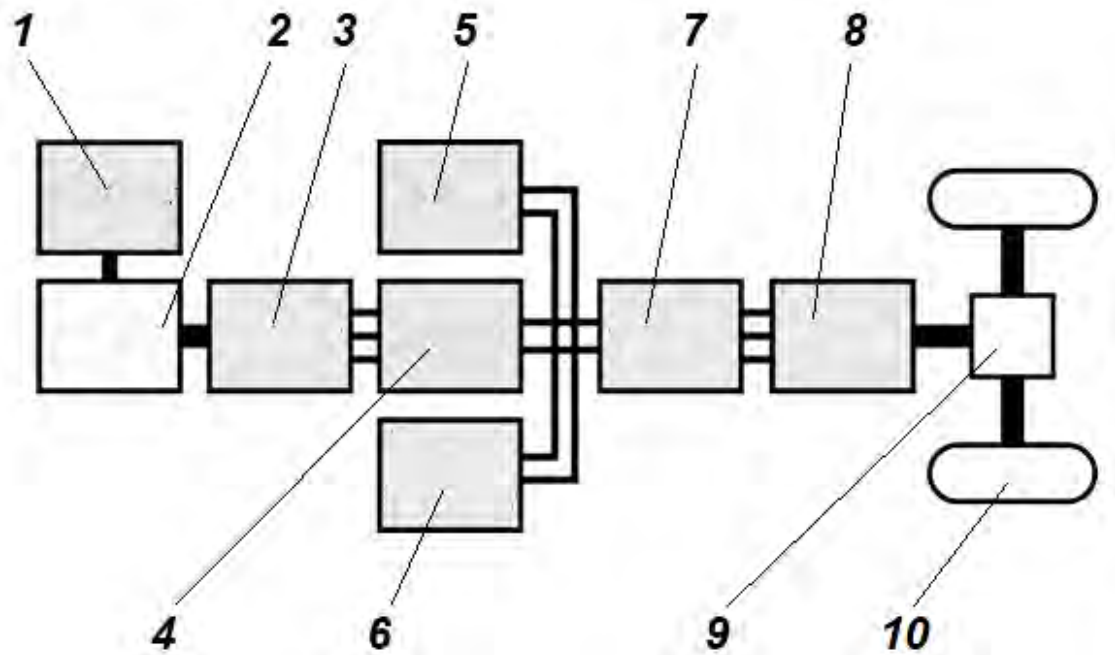


Рис. 2.40. Структурна схема серійно-гібридного автомобіля [83]:

1 – паливний бак; 2 – двигун внутрішнього згоряння; 3 – генератор; 4 – зарядний пристрій; 5 – акумулятор; 6 – маховик-накопичувач; 7 – перетворювач; 8 – електродвигун; 9 – диференціал; 10 – ведуче колесо

приводу генератора і тяговий двигун EM57; гібридні транзитні автобуси ThunderVolt; транзитні автобуси, оснащені силовими агрегатами HybriDrive від BAE Systems (раніше Lockheed Martin) тощо [83].

- Гібрид з поділом потужності або послідовно-паралельний гібрид (комбінований гібрид). Гібрид з поділом потужності або послідовно-паралельний гібрид – це паралельні гібриди, які включають в себе пристрої з поділом потужності, що забезпечують шляхи передачі потужності від ДВЗ до коліс, які можуть бути виконані механічними або електричними пристроями. Головна ідея такого гібрида полягає у розділенні потужності, яка надходить від первинного джерела і потужності, яка споживається при русі. При цьому можна забезпечити вихідний крутний момент ДВЗ

мінімальний при більш низьких оборотах, в той час, як для автомобіля з ДВЗ необхідно збільшувати потужність, щоб забезпечити прийнятні характеристики розгону. У гібриді з поділом потужності може використовуватися двигун меншого розміру, менш гнучкий і більш ефективний. Традиційний цикл Отто (більш висока питома потужність, більш високий крутний момент на низьких оборотах, більш низька паливна ефективність) часто модифікується на цикл Аткинсона або цикл Міллера (більш низька питома потужність, менший крутний момент на низьких оборотах, більш висока паливна ефективність). Структурна схема гібриду з поділом потужності приведена на рис. 2.41 [83].

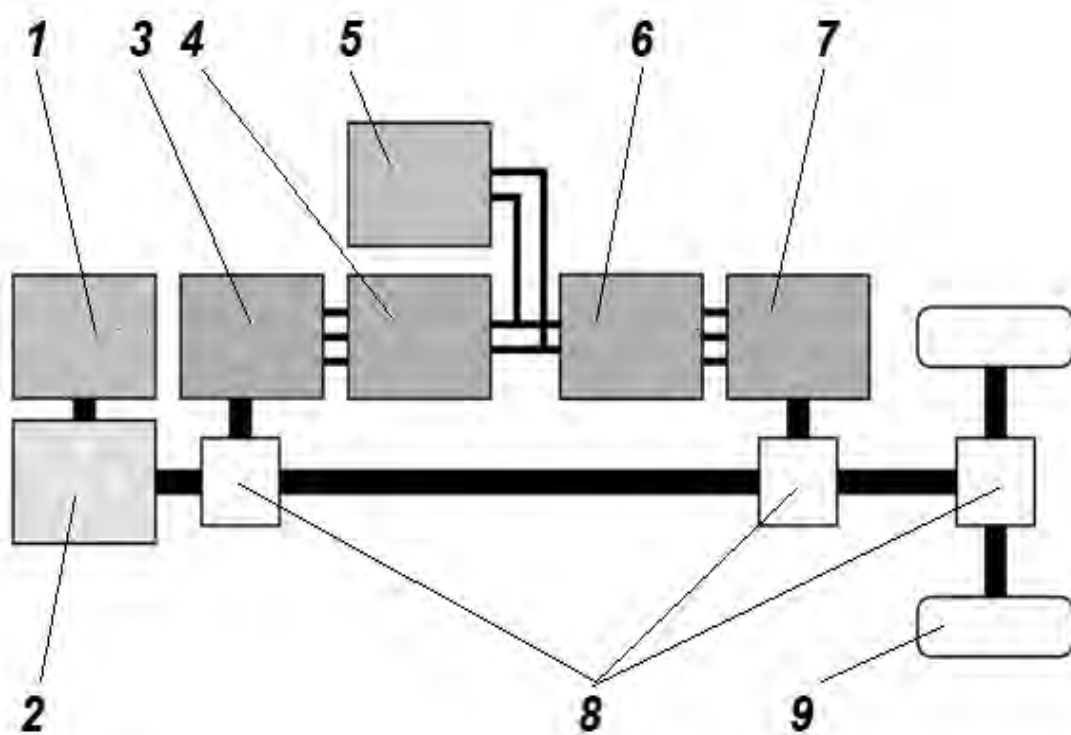


Рис. 2.41. Структурна схема гібриду з поділом потужності
(комбінований гібрид) [83]:

1 – паливний бак; 2 – двигун внутрішнього згорання; 3 – генератор; 4 – зарядний пристрій; 5 – акумуляторна батарея; 6 – перетворювач; 7 – електродвигун; 8 – диференціал; 9 – ведуче колесо [2.23]

Прикладами виконання такої схеми, з певними конструктивними особливостями можуть бути:

- друга планетарна передача з фіксованим передавальним числом, яка використовується в Lexus RX400h і Toyota Highlander Hybrid. Це дозволяє використовувати двигун з меншим крутним моментом, але з більшою потужністю (і з більш високою максимальною швидкістю обертання), тобто з більш високою питомою потужністю [83];

- планетарна передача типу Равінью (планетарна передача з 4 валами замість 3) і два зчеплення, як в Lexus GS450h. За допомогою перемикачів зчеплень передавальне число від MG2 (тягового двигуна) до валу колеса перемикається або на більш високий крутний момент, або на більш високу швидкість (до 250 км/год, або 155 миль/год) при збереженні більш високої ефективності трансмісії. Це ефективно виконується в приводах Prius HSD покоління 3 (Prius V, Prius Plug-in і Prius C) [83];

- дві додаткові планетарні передачі в поєднанні з чотирма зчепленнями для створення дворежимної гібридної конфігурації, здатної працювати в режимах повністю електричному, змішаному електричному та ДВЗ або тільки ДВЗ з чотирма фіксованими передачами. Прикладами є вантажівки General Motors, позашляховики, BMW X6 ActiveHybrid і Mercedes ML 450 гібридних [83].

2.6.2. Окремі перспективні розробки електричних трансмісій

➤ Трансмісія виробництва Lucid Motors.

Фірма Lucid Motors опублікувала докладну інформацію про трансмісію, яку вона буде використовувати для свого першого

електромобіля Air. Компанія оснастить топову конфігурацію електромобіля двомоторною повнопривідною трансмісією, здатною розвивати потужність 1080 к.с. [84].

Трансмісія включає потужні, компактні і високоефективні двигуни Lucid (рис. 2.42), вбудовану коробку і диференціал, а також високовольтний інвертор MOSFET (рис. 2.43) на основі карбіду кремнію. Приводний блок на основі електродвигуна Lucid має потужність понад 650 к.с. і частоту обертання до 20000 хв^{-1} при масі 74 кг і не значних габаритних розмірах [84].

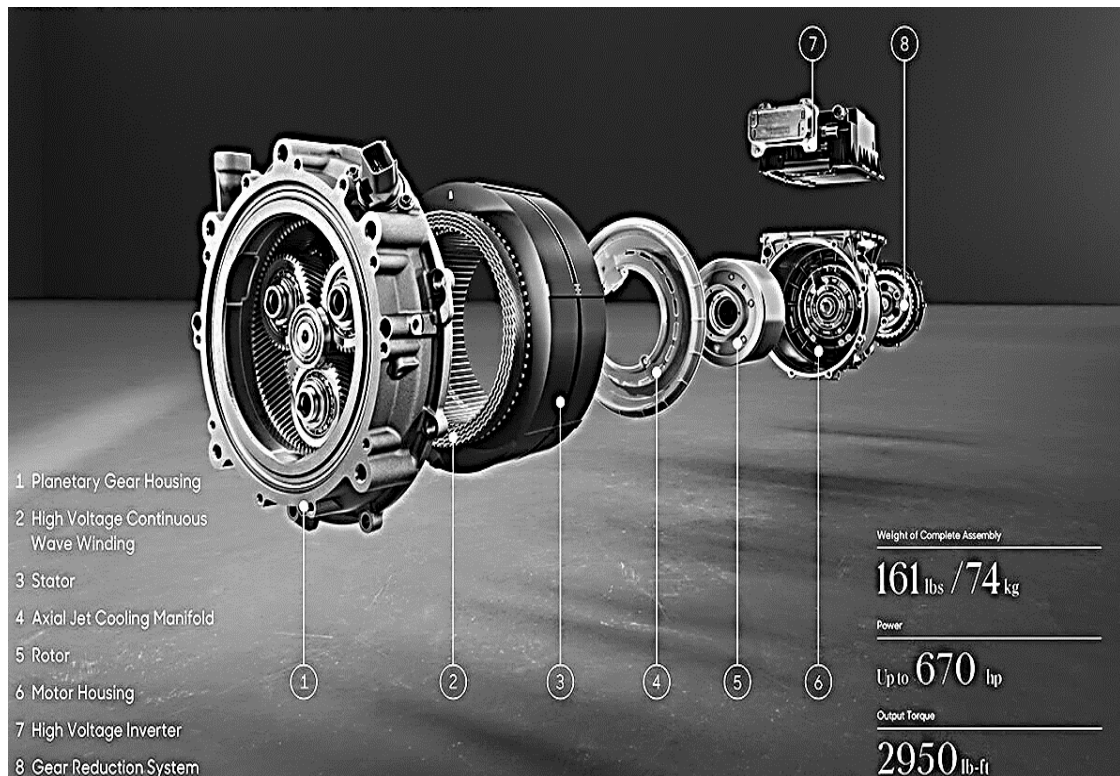


Рис. 2.42. Конструкція силового агрегата виробництва фірми

Lucid Air [84]:

1 – корпус планетарного редуктора; 2 – неперервна обмотка високої напруги; 3 – статор; 4 – осьовий реактивний охолоджувальний колектор; 5 – ротор; 6 – корпус електричного двигуна; 7 – інвертор високої напруги; 8 – система пониження (зменшення) передач

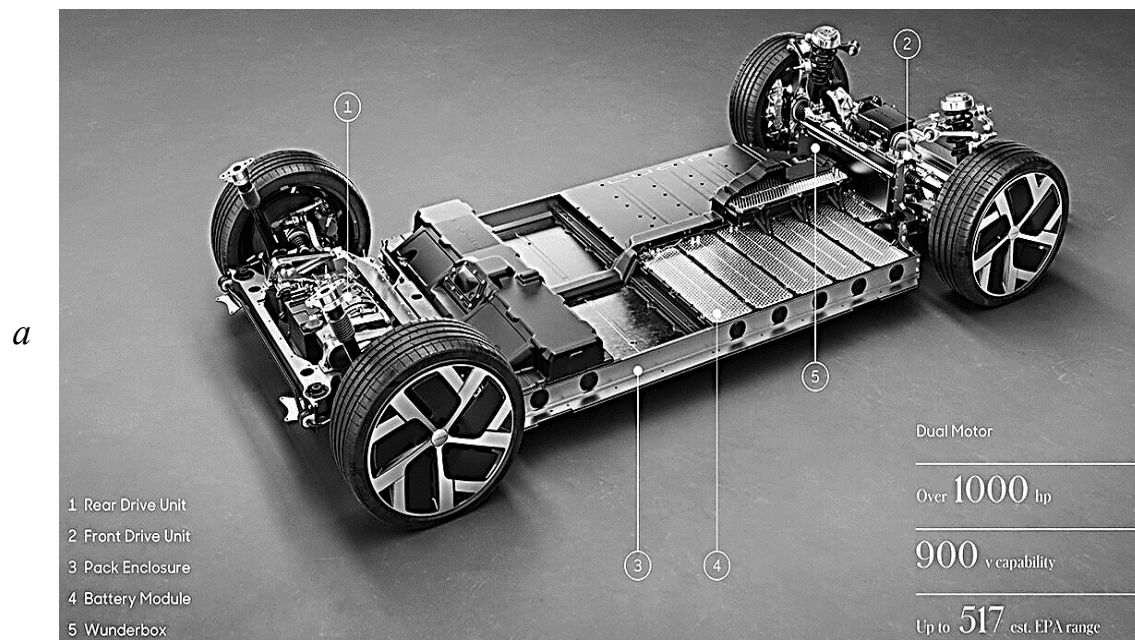


Рис. 2.43. Платформа LEAP та високовольтний інвертор MOSFET:
a – платформа LEAP; *b* – високовольтний інвертор MOSFET; 1 – блок заднього приводу; 2 – блок переднього приводу; 3 – корпус акумуляторів; 4 – модуль акумуляторів; 5 – коробка

➤ Трансмисії USP e-axle для електромобілів виробництва Bosch.

Платформа LEAP (Lucid Electric Advanced Platform) об'єднує в собі компактні двигуни в поєднанні з вбудованою трансмісією і диференціалом та високовольтним інвертором MOSFET [84].

Не залишаються поза увагою і компактні трансмісії конструктивно оформлені в одному блоці

Інженери німецької фірма Bosch об'єднали три компоненти трансмісії в одну складальну одиницю. Електродвигун 1, силова електроніка 2 і трансмісія 3 (рис. 2.44) утворюють один компактний блок, який безпосередньо керує ведучим мостом автомобіля – рис. 2.45 [85]

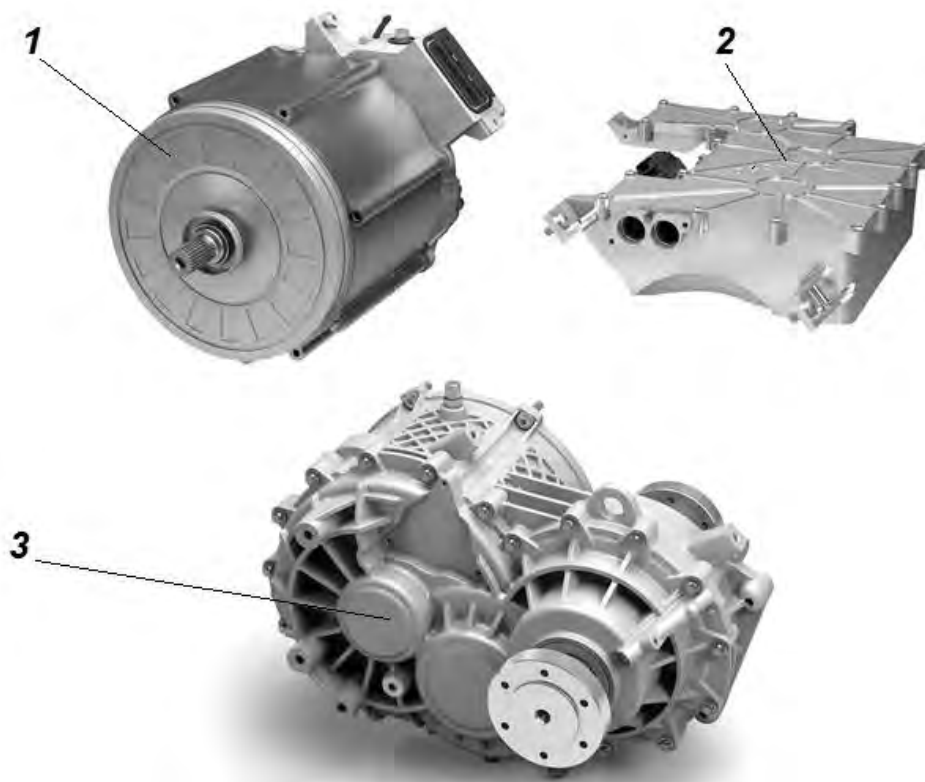


Рис. 2.44. Електродвигун, силова електроніка і трансмісія окремими блоками силового агрегату USP e-axle виробництва Bosch [85]:

1 – електродвигун; 2 – силова електроніка; 3 – трансмісія

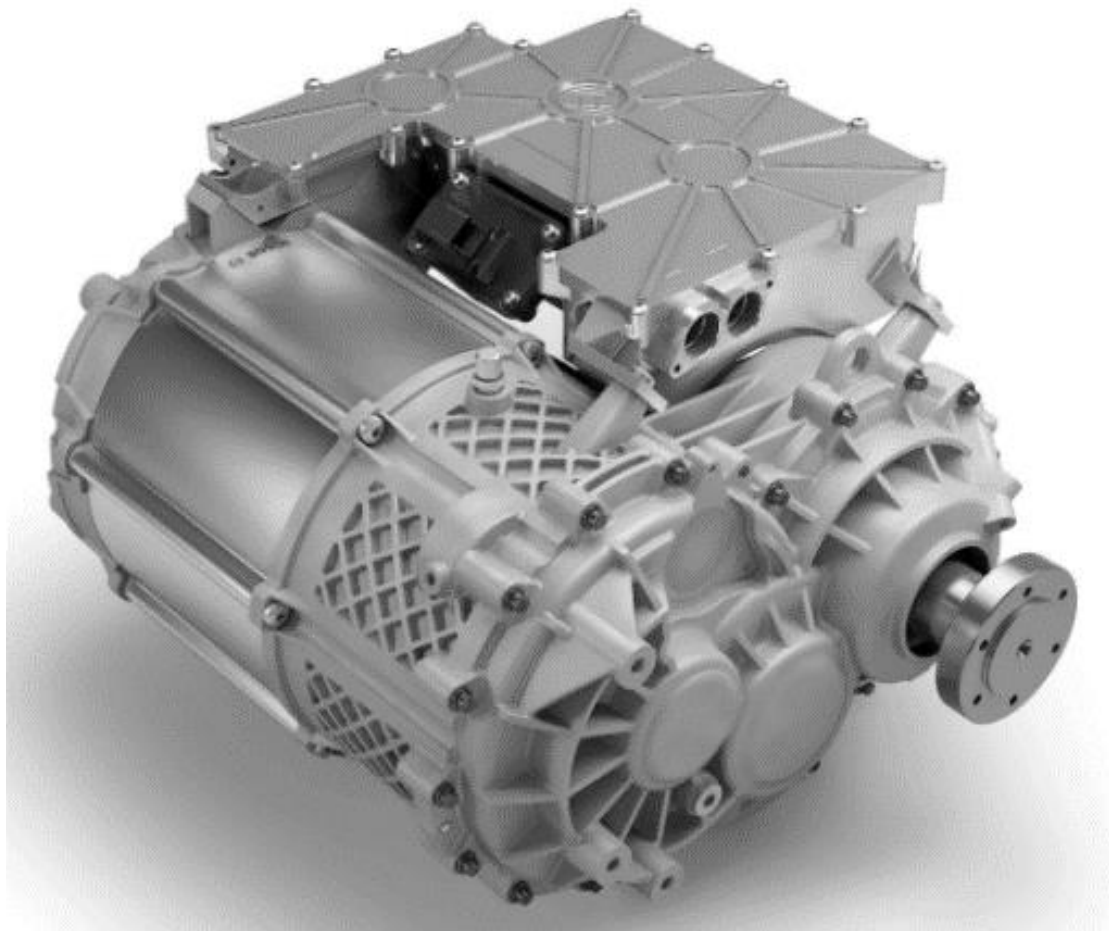


Рис. 2.45. Трансмiсія USP е-ахле потужністю 300 кВт \times год і крутним моментом 6000 Нм зібрана одним блоком [85]

Трансмiсія USP е-ахле може мати потужність від 50 до 300 кВт і приводити в дію великі електричні автомобілі, такі як позашляховики, вантажівки і т.д. Крутний момент на осі транспортного засобу може становити від 1000 до 6000 Нм. При установці в гібридних і електричних транспортних засобах можливе використання переднього і заднього ведучого моста. Електрична трансмісії потужністю 150 кВт важить близько 90 кг, що за вагою менше, ніж комбіновані окремі компоненти, що використовуються до даного часу. У порівнянні з конкуруючими продуктами відмінна риса електричної трансмісії Bosch є висока

продуктивність в поєднанні з значним терміном безперервної роботи. Тобто така електрична трансмісія дозволяє швидше розганятися автомобілю і тримати високу швидкість довший час. З цією метою Bosch також істотно вдосконалила складові всієї передачі [85].

2.7. Основні напрями розвитку конструкції трансмісій мобільних машин

Виходячи з викладеного вище та враховуючи тенденції розвитку конструкцій вузлів і агрегатів трансмісій можна виділити наступні основні напрями розвитку конструкцій трансмісій:

- ▣ використання переднього ведучого мосту у якості основного;
- ▣ поперечне розташування валів основних агрегатів трансмісії;
- ▣ перемикання передач під навантаженням без розриву потоку потужності;
- ▣ повна синхронізація коробок передач;
- ▣ косозубі зубчасті зачеплення;
- ▣ реверсивність трансмісій;
- ▣ застосування гідропередач;
- ▣ застосування переселективних коробок передач;
- ▣ розширення застосування електричних трансмісій;
- ▣ застосування гідро-електроприводу для перемикання передач.

Для контролю засвоєння матеріалу розділу нижче приведені запитання для самоконтролю складені за основними напрямками вивчення матеріалу.

2.8. Запитання для самоконтролю

1. Проаналізуйте компоновальні схеми тракторів.
2. Охарактеризуйте передаточне число трансмісії.
3. Охарактеризуйте загальну будову трансмісії автомобілів сільськогосподарського призначення.
4. Охарактеризуйте загальну будову трансмісій тракторів.
5. Накресліть і поясніть принципові схеми трансмісій колісних та гусеничних машин.
7. Поясніть терміни: передаточне число трансмісії, коефіцієнт корисної дії трансмісії.
8. Призначення складальних одиниць трансмісій.
9. Чим зумовлені відмінності в компоновці тракторних та автомобільних трансмісій?
10. Принципові відмінності трансмісій: механічних, механічних з гідрокеруванням, гідромеханічних, гідростатичних.
11. Конструкційні відмінності трансмісій тракторів ДТ-175С і Т-150.
12. Переваги і недоліки механічних і гідромеханічних трансмісій (на прикладі трансмісій виробництва John Deere) .
13. Охарактеризуйте за допомогою схеми ступеневу і безступеневу трансмісії.
14. Охарактеризуйте трансмісію трактора Т-150.
15. Охарактеризуйте основні типи трансмісій тракторів John Deere.
16. Які особливості закладено в трансмісії e23 виробництва John Deere

17. Яка кількість передач переднього ходу передбачена в трансмісії e23.

18. В чому полягає суть функції SoftShift трансмісії трактора John Deere.

19. Особливості конструкції трансмісії Fendt серій Favorit 800.

20. Особливості конструкції трансмісії Fendt серій Favorit 900.

21. Особливості конструкції трансмісії Fendt серій Favorit 1000.

22. Охарактеризуйте найбільш поширені схеми повного приводу сучасних автомобілів.

23. Охарактеризуйте систему повного приводу 4Motion.

24. Охарактеризуйте систему повного приводу xDrive.

25. Охарактеризуйте конструктивні схеми відомих гібридів електромобілів.

26. Поясніть загальну будову мотор-колеса.



3. ЗЧЕПЛЕННЯ МОБІЛЬНИХ МАШИН

3.1. Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу

Вивчення зчеплень мобільних машин доцільно здійснювати в такій послідовності:

- призначення;
- вимоги;
- класифікація;
- загальна будова;
- принцип дії;
- основні операції технічного обслуговування.

Основну увагу доцільно приділити фрикційним зчепленням, як основним на сучасній мобільній техніці. Важливо усвідомити доцільність застосування і принципи дії одно-, дво-, та багатодискових зчеплень, одно- та двопотокових зчеплень, роботу механізмів керування простих і з підсилювачами. Визначити, якими засобами і як забезпечується повнота і плавність вмикання зчеплення, гасіння крутильних коливань, мащення тертьових пар привода, регулювання, вентиляція.

Користуючись схемами необхідно розглянути будову і принцип дії гідромуфти, переваги і недоліки її застосування.

В загальному випадку будову зчеплення слід розглядати у такій послідовності: деталі, які утворюють ведучу частину зчеплення (маховик, кожух зчеплення, натискний диск з пружинами); деталі, які утворюють ведену частину (ведений диск з фрикційними накладками і вал зчеплення); механізм керування зчепленням. При розгляді механізму керування звернути увагу на роботу підсилювачів різних типів.

3.2. Призначення, вимоги та класифікація зчеплень

Процес експлуатації мобільної машини передбачає роботу з увімкненим двигуном на місці, рушання з місця, рух, зупинку тощо.

Зміна приведених режимів повинна обов'язково погоджувати роботу двигуна і рушіїв ходової частини з метою уникнення перевантажень в ланцюгу передачі крутного моменту. Функцію погоджувального механізму між енергетичним та силовим блоками, в конструкції мобільної машини, виконує такий важливий агрегат трансмісії, як зчеплення.

Зчеплення призначене для забезпечення роз'єднання і плавного з'єднання трансмісії з двигуном та запобігання перевантажень двигуна і деталей трансмісії.

Здатність зчеплення передавати максимальний крутний момент двигуна характеризується коефіцієнтом запасу:

$$\beta = \frac{M_T}{M_{K.max}} = 1,5 \dots 4,0 \quad (3.1)$$

де M_T – момент тертя зчеплення, Н×м;

$M_{K.max}$ – максимальний крутний момент двигуна, Н×м.

Окрім спроможності передачі крутного моменту необхідного розміру, зчеплення повинне відповідати і іншим вимогам, які визначають його загальнотехнічні, ергономічні та інші характеристики. У зв'язку з цим до зчеплень висувається цілий ряд вимог, основні з яких приведені нижче.

Основні вимоги до зчеплень:

- повне відключення і можливість плавного включення;
- незначний момент інерції ведених частин (мас);
- наявність, за необхідності, гальмівного пристрою («гальмівця»);
- простота і надійність в експлуатації;
- простота і легкість керування і регулювання.

З метою забезпечення приведених і, варто зазначити, далеко не повних вимог, використовуються самі різні конструкції зчеплень. Якщо без аналізу привести лише класифікацію автомобільних зчеплень, то ця інформація буде носити вигляд, приведений нижче – рис.3.1 [96].

На схемі (див. рис. 3.1) достатньо детально розкрито класифікацію зчеплень автомобілів [96]. Однак перше знайомство з цією класифікацією дає розуміння того, що вона характерна для спеціалістів достатньо вузького профілю і концентрує увагу на всіх відомих конструкціях зчеплень, що необхідно для спеціаліста, який покликаний проектувати зчеплення. Наш посібник розрахований на спеціалістів, які повинні займатися експлуатацією мобільних машин сільськогосподарського призначення, де якісний і кількісний склади конструкцій зчеплень достатньо обмежений. За таких умов, доцільно розглянути лише найбільш поширені конструкції зчеплень мобільних машин, які найбільше поширені в сільськогосподарському виробництві. Таку класифікацію зчеплень доцільно розглядати як основну для даної галузі.

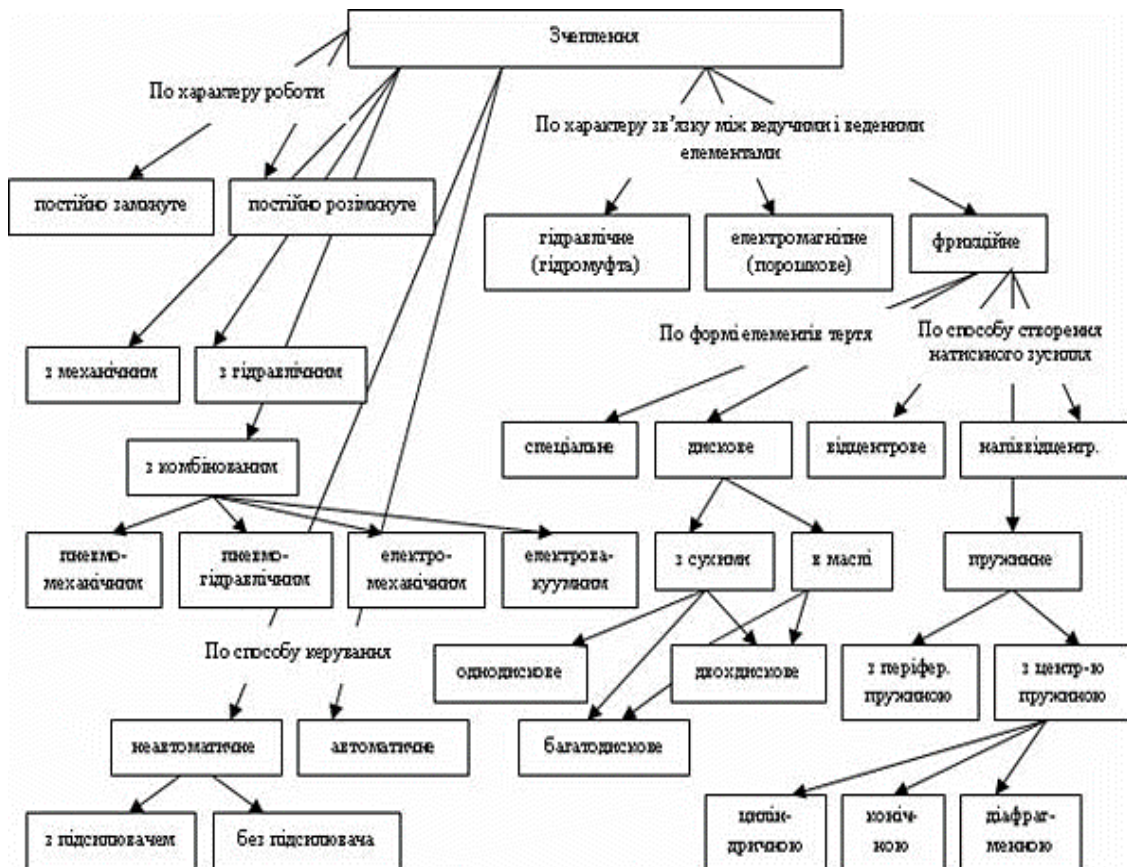


Рис. 3.1. Класифікація зчеплень автомобілів [96]

Основна класифікація зчеплень:

Як показано на рис. 3.1, зчеплення розрізняють за різними класифікаційними ознаками (за характером роботи, за характером зв'язку між ведучими і веденими елементами, за формою елементів тертя тощо), але однією з основних, серед них, є ознака, яку можна назвати «за видом замикання» (на рис. 3.1 вона має назву «за способом створення натискного зусилля»). За цією ознакою зчеплення можна поділити на три групи, а саме:

- ❖ з динамічним замиканням;
- ❖ з електромагнітним замиканням;
- ❖ з силовим замиканням.

Зчеплення з динамічним замиканням використовують в помірно навантажених трансмісіях, де, практично, не передбачена передача крутних моментів значного розміру. Такі зчеплення успішно використовуються в конструкціях бензопил, мотокос тощо – рис. 3.2.



Рис. 3.2. Зчеплення з динамічним замиканням бензопили:

1 – ведуча частина зчеплення; 2 – ведена частина зчеплення; 3 – важки; 4 – стяжна пружина

Принцип дії такого зчеплення наступний. Насаджена на вал двигуна ведуча частина зчеплення *1* розкручується двигуном до частоти, при якій відцентрові сили важків *3* перевищують зусилля стяжної пружини *4*. При цьому важки *3* починають рухатися в напрямку від центра обертання і притискаються до внутрішніх стінок барабана веденої частини зчеплення *2*. За рахунок сил тертя, які виникають між важками *3* і барабаном веденої частини зчеплення *2* починає обертатися і ведена частина зчеплення.

Передаючи крутний момент до споживачів (в даному випадку до пильного ланцюга бензопили). Таким чином умовою замикання даного виду зчеплення є наявність достатньої частоти обертання ведучої частини для забезпечення пересилення важками зусилля стяжної пружини. Ця умова є і головним недоліком зчеплення даного виду, який полягає у необхідності тримати високі оберти для досягнення значень відцентрових сил, які забезпечать замикання зчеплення. Останнє негативно впливає на ресурс агрегатів зокрема та паливну економічність машини в цілому.

Зчеплення з електромагнітним замиканням передбачає замикання ведучих і ведених частин електромагнітними силами. Загальний вигляд зчеплення з електромагнітним замиканням приведений на рис. 3.3 [20].

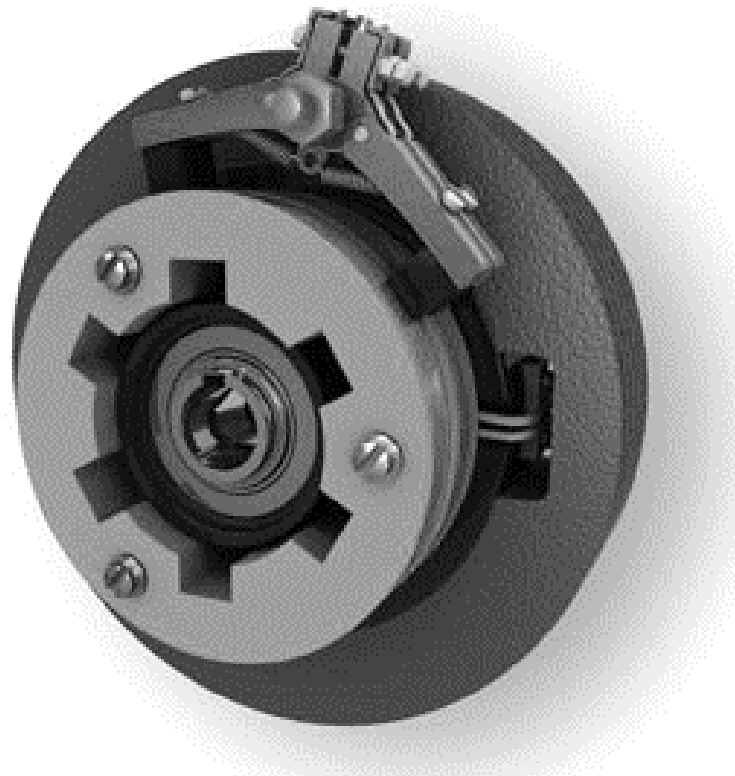


Рис. 3.3. Загальний вигляд зчеплення з електромагнітним замиканням [20]

На даний час найбільш поширеними можна вважати два типи зчеплень з електромагнітним замиканням, а саме [20]:

- електромагнітне фрикційне зчеплення;
- електромагнітне порошкове зчеплення.

Електромагнітне фрикційне зчеплення має конструкцію, яка передбачає замикання ведучої і веденої частин за рахунок тертя між фрикційними елементами, які затискаються між зобою за рахунок зусилля створюваного електромагнітом (рис. 3.4).

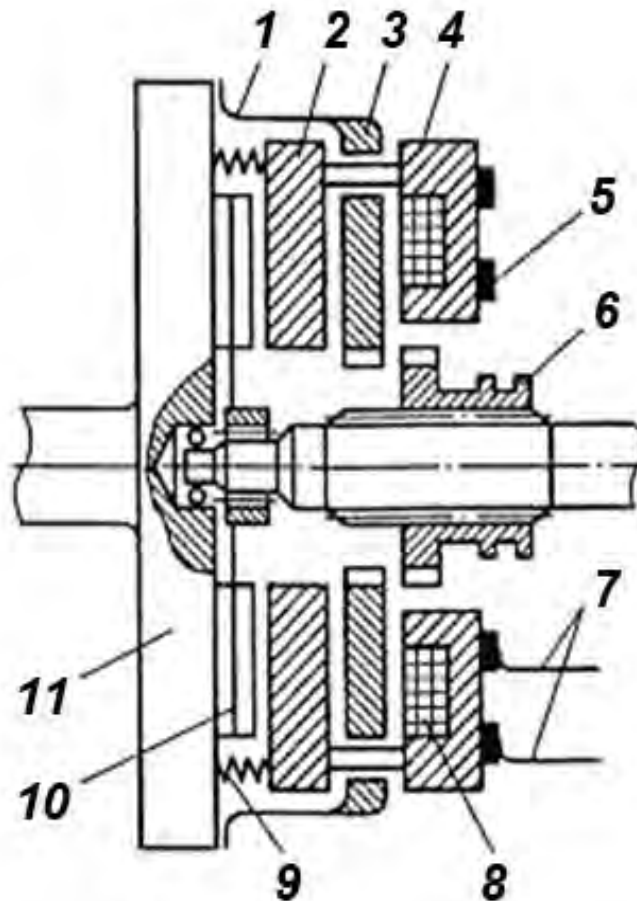


Рис. 3.4. Схема електромагнітного фрикційного зчеплення [20]:

1 – корпус зчеплення (кожух); 2 – натискний диск; 3 – ярмо електромагніта; 4 – корпус електромагніта; 5 – контактне кільце; 6 – зубчаста муфта; 7 – щітки контактні; 8 – електромагніт; 9 – відтискна пружина; 10 – ведений диск з фрикційними накладками; 11 – маховик

Згідно схеми, представленої на рис. 3.3 натискний диск 2 з'єднаний направляючими пальцями з корпусом електромагніта 4, в якому знаходиться електромагніт 8. До електромагніту підводиться струм від джерела струму (генератора) через контактні щітки 7 і контактні кільця 5. Якір електромагніту закріплений на корпусі 1 зчеплення, який жорстко прикріплений до маховика 11 двигуна внутрішнього згоряння (або двигуна іншого типу) [20].

Робота зчеплення може автоматизуватися і регламентуватися частотою обертання колінчастого вала ДВЗ. Зокрема, при малій частоті обертання колінчастого вала двигуна зчеплення розмикається за рахунок розтискання відтискних пружин 9. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала через контактні кільця і щітки до котушок електромагніта підводиться струм. В результаті цього навколо електромагніта створюється магнітне поле, яке притягує його корпус 4 до жорстко закріпленого на корпусі зчеплення 1 якоря 3. Разом з електромагнітом і його корпусом переміщається натискний диск 2, який притискає ведений диск 10 до маховика 11 двигуна. При цьому зчеплення замикається і крутний момент передається від колінчастого вала двигуна до агрегатів трансмісії [20].

При перемиканні передач зчеплення вимикається пристроєм, який знаходиться в важелі перемикання передач і перериває надходження струму в електромагніт [20].

Зубчаста муфта 6 призначена для блокування зчеплення під час пуску двигуна інерційним способом за рахунок буксирування мобільної машини [20].

Електромагнітне порошкове зчеплення представлено на рис. 3.5. Ведучими деталями зчеплення є маховик 1 двигуна і магнітопроводи 2, прикріплені до маховика болтами. Веденими елементами – диски 8,

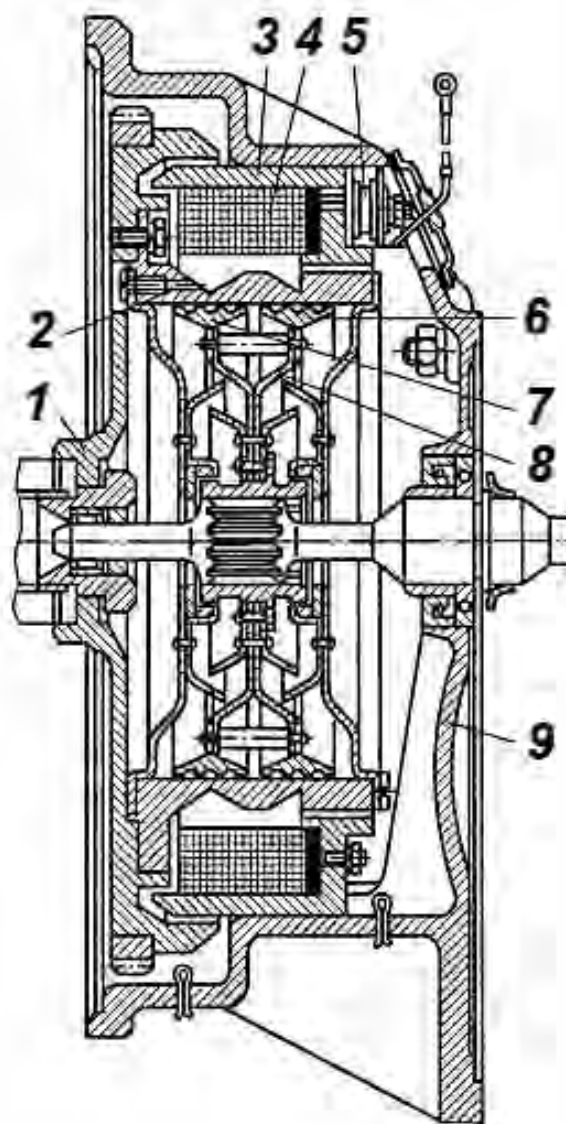


Рис. 3.5. Схема електромагнітного порошкового зчеплення [20]:

1 – маховик двигуна; 2, 3, 6 і 7 – магнітопроводи; 4 – обмотка збудження; 5 – вивід обмотки збудження; 8 – диск; 9 – картер зчеплення [20]

виготовлені з немагнітного матеріалу і прикріплені жорстко до маточини, встановленої на шліцах первинного вала коробки передач. До дисків 8 прикріплені два магнітопроводи 6 і 7. У картер 9 зчеплення запресований магнітопровід 3 з обмоткою збудження 4, один кінець

якої з'єднаний з масою автомобіля, а інший - з виводом 5. Магнітопроводи 2, 6 і 7 розділені проміжками, які заповнені феромагнітним порошком (рідким або з корозійностійкої сталі), який володіє високими магнітними властивостями [20].

Електромагнітне порошкове зчеплення буде перебувати у виключеному стані за умови відсутності струму в обмотці збудження 4, оскільки порошкова маса, яка знаходиться в проміжках між магнітопроводами не піддається жодній силовій дії і вільно переміщується в цих проміжках не залежно від того, як переміщуються ведуча і ведена частини зчеплення [20].

За умови підведення струму до обмотки збудження 4, навколо неї створюється магнітне поле, яке діючи на частинки феромагнітного порошка примушує їх притягуватися одна до одної та до магнітопроводів 2, 6 і 7. Останнє забезпечує утворення силового зв'язку між ведучими і веденими елементами зчеплення, розмір якого залежить від розміру підведеного до обмотки збудження струму [20].

Зчеплення з силовим замиканням передбачає замикання ведучих і ведених частин за рахунок зусилля, яке створюється шляхом кінематичних перетворень в механічних пристроях (пружини, важелі тощо). Такі зчеплення мають найбільше поширення на сучасних мобільних машинах, що спонукає розглянути їх більш детально.

Принципова схема зчеплення з силовим замиканням наведена на рис. 3.6.

Принцип дії такого зчеплення зводиться до наступного. На маховику 1 жорстко закріплено корпус (кожух) зчеплення 5. До корпуса зчеплення з допомогою відтискних важелів 6 прикріплено, з можливістю переміщення вздовж осі вала зчеплення 8 натискний диск 3. Між корпусом зчеплення 5 і натискним диском 3 встановлені

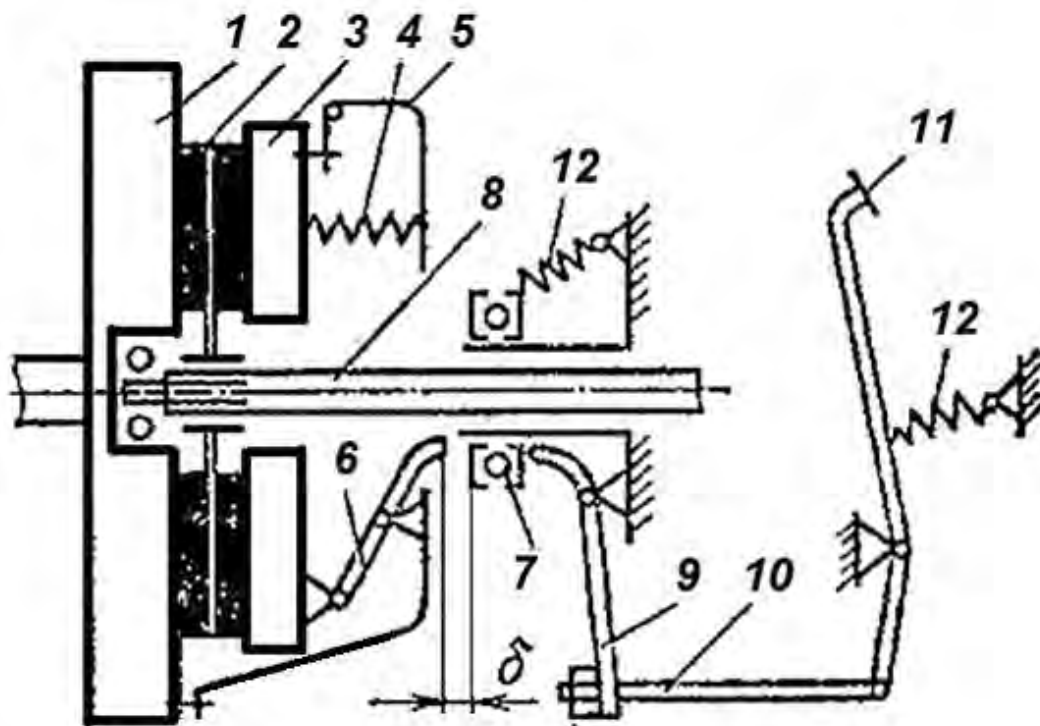


Рис. 3.6. Принципова схема зчеплення з силовим замиканням:

1 – маховик; 2 – ведений диск; 3 – натискний диск; 4 – натискні пружини; 5 – корпус (кожух) зчеплення; 6 – відтискні важелі; 7 – підшипник відводки; 8 – вал зчеплення; 9 – відводка; 10 – тяга; 11 – педаль; 12 – відтяжна пружина.

натискні пружини, дія яких спрямована на збільшення відстані між корпусом зчеплення і натискним диском. Між натискним диском 3 і маховиком 1 встановлено ведений диск 2. За рахунок того, що натискні пружини 4 відштовхують натискний диск 3 від жорстко закріпленого на маховику 1 корпуса зчеплення 5 в напрямку маховика, відстань між маховиком і натискним диском регламентується лише конструкцією і кінематикою відтискних важелів та може бути мінімальною. За таких умов, ведений диск 2 з фрикційними накладками, загальна робоча товщина якого вибирається більшою ніж відстань між маховиком і натискним диском, встановлений між маховиком і натискним диском

(див. рис. 3.6) буде гарантовано затиснутий між цими двома деталями з зусиллям, яке регламентується кількістю і ступенем стискання натискних пружин 4. В такому стані зчеплення буде замкнутим і зможе передавати крутний момент від колінчастого валу двигуна, на якому встановлено маховик, до інших агрегатів трансмісії. Вимкнути, або розімкнути зчеплення можна за умови нівелювання дії натискного диска 3 на ведений диск 2, що досягається примусовим стисканням натискних пружин 4 з допомогою введення в дію важільної системи педаль 11 – тяга 10 – відводка 9 – підшипник відводки 7 – відтискні важелі 6 шляхом натискання на педаль 11.

Виходячи з схеми, представленої на рис. 3.6 загальна будова зчеплення може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей зчеплення: 1 – маховик; 3 – натискний диск; 4 – натискні пружини; 5 – корпус (кожух) зчеплення;
- група ведених деталей зчеплення: 2 – ведений диск; 8 – вал зчеплення;
- група деталей керування зчепленням: 6 – відтискні важелі; 7 – підшипник відводки; 9 – відводка; 10 – тяга; 11 – педаль; 12 – відтяжна пружина.

Загалом же зчеплення мобільних машин з силовим замиканням мають різну конструкцію, що обумовлено багатьма чинниками. За таких умов варто розглянути основну класифікацію зчеплень з силовим замиканням.

Нижче приведено класифікацію зчеплень з силовим замиканням за наступними ознаками:

- ✓ за числом ведених дисків:
 - однодисківі (передають весь потік крутного моменту тільки через один ведений диск) ;

- двохдискові (при передачі більших значень крутного моменту, з метою мінімізації габаритів зчеплення, весь потік крутного моменту передається через два ведені диск);

- багатодискові (за умови габаритних обмежень і передачі крутного моменту значного розміру, передача здійснюється через більшу, ніж два, кількість ведених дисків);

✓ за передачею крутного моменту до споживачів:

- однопотокові (передають крутний момент тільки до одного споживача, наприклад, до ведучих коліс ходової частини);

- двопотокові (передають крутний момент до двох споживачів одночасно, наприклад, до ведучих коліс ходової частини та валу відбору потужності);

✓ за типом нажимного пристрою:

- постійно замкнуті (натискний диск постійно притискає ведений диск до маховика і щоб виключити зчеплення, потрібно прикласти зусилля для стискання натискних пружин шляхом відведення натискного диска від веденого і, при необхідності, тримати його в такому стані весь час, поки триває необхідність вимикання зчеплення);

- не постійно замкнуті (в конструкції передбачено використання, як правило, важільного механізму, який дозволяє як затиснути ведений диск між ведучими елементами, так і вивільнити його від затискання без прикладання значного зусилля і відсутність необхідності підтримування цього зусилля для підтримання відповідного стану зчеплення);

✓ за родом тертя:

- сухі (працюють без доступу оливи, яка виконує змащувально-охолоджувальні функції);

- мокрі (працюють у ванні з оливою);

✓ за призначенням:

- головні (забезпечують передачу крутного моменту від колінчастого валу двигуна до інших агрегатів трансмісії);
- додаткові (забезпечують передачу крутного моменту всередині трансмісії);
 - ✓ за принципом керування:
 - без підсилювача (характерно для зчеплень, які передають крутний момент не значного розміру);
 - з підсилювачем (передача крутного моменту значних розмірів вимагає створення натискного зусилля більшою кількістю натискних пружин, або пружинами, розрахованими на більші зусилля, що вимагає більшого зусилля для вимикання зчеплення);

Принципові схеми найбільш характерних типів зчеплень, які приведені в даній класифікації, приведені нижче.

3.3. Принципові схеми зчеплень з силовим замиканням

3.3.1. Принципові схеми зчеплень виокремлених за числом ведених дисків

Як вказано вище, за числом ведених дисків зчеплення бувають однодисківі, двохдисківі та багатодисківі. Принципова схема однодискового постійнозамкнутого зчеплення з силовим замиканням приведена на рис. 3.5.

Двох дисківі і багатодисківі зчеплення використовуються у випадках, коли потрібно передати значні крутні моменти при істотних обмеженнях у габаритних розмірах, які регламентуються вимогами до машини. Такі технічні рішення дозволяють збільшити площу тертя без збільшення діаметра веденого диска.

Принципова схема двохдискового зчеплення представлена на рис. 3.7.

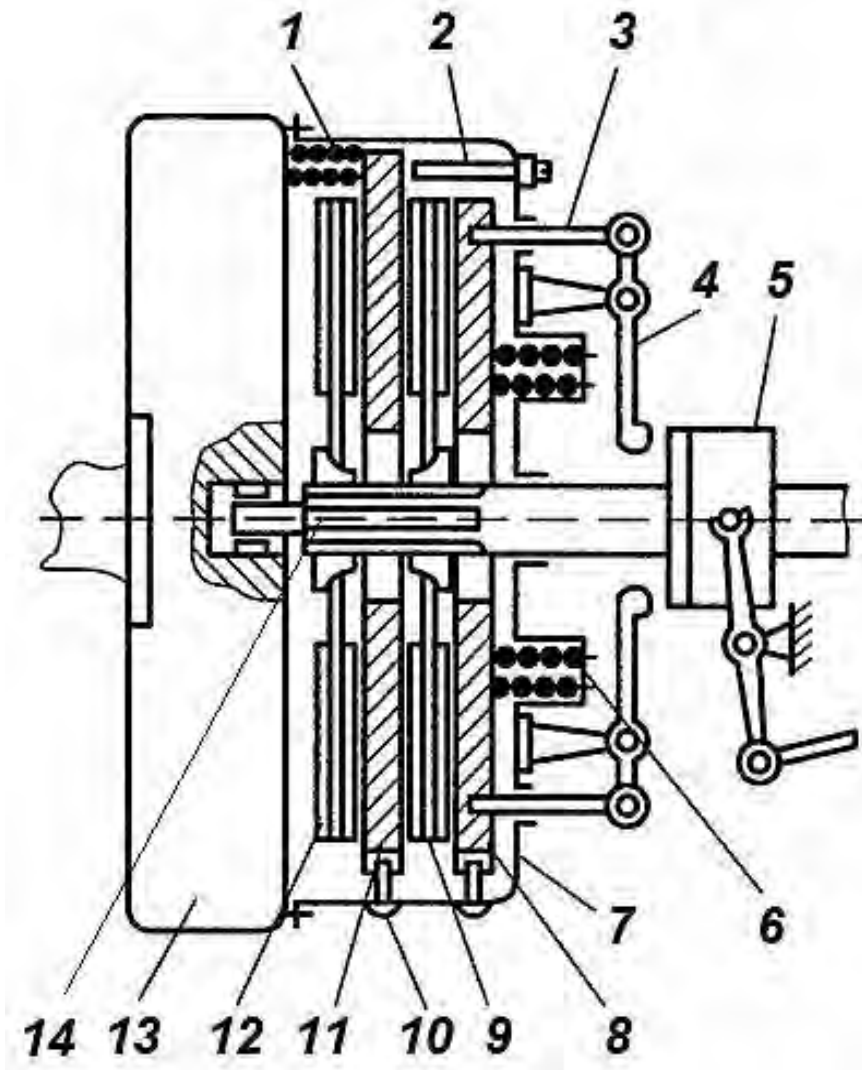


Рис. 3.7. Принципова схема двохдискового зчеплення:

1 – відтиска пружина проміжного диска; 2 – упорний болт; 3 – тяга відтискного важеля; 4 – відтискний важіль; 5 – відводка; 6 – натиска периферійна пружина; 7 – корпус (кожух) зчеплення; 8 – натискний диск; 9 і 12 – ведені диски; 10 – направляючий штифт; 11 – проміжний диск; 13 – маховик; 14 – вал зчеплення

Принцип дії двохдискового зчеплення подібний до принципу дії однодискового зчеплення, схема якого представлена на рис. 3.6 за тією

відмінністю, що кількісний склад ведучих і ведених деталей збільшився. Зчеплення, представлене на рис. 3.7 відноситься до постійнозамкнених. Замикання зчеплення здійснюється за рахунок зусилля, створюваного периферійними натискними пружинами 6, які встановлені між корпусом 7 і натискним диском 8, які змушують останній зміщуватись в бік маховика 13 і затискати, таким чином ведені 9 і 12 та проміжний 11 диски.

Виключення (розмикання) двохдискового зчеплення здійснюється за рахунок нівелювання дії натискного диска 8 на ведені 9 і 12 та проміжний 11 диски, що досягається примусовим стисканням натискних пружин 6 з допомогою введення в дію важільної системи, яка керує переміщенням відводки 5. Варто зазначити, що в такій конструкції потрібно обов'язково розвантажити обидва ведені диски, що досягається за рахунок сумісної дії відтискних пружин 1 і упорного болта 2, які забезпечують чітке позиціонування проміжного диска 11 на певних відстанях (з певними зазорами) від ведених дисків 9 і 12.

Виходячи з схеми, представленої на рис. 3.6 загальна будова зчеплення може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей зчеплення: 6 – натискна периферійна пружина; 7 – корпус (кожух) зчеплення; 8 – натискний диск; 10 – направляючий штифт; 11 – проміжний диск; 13 – маховик;
- група ведених деталей зчеплення: 9 і 12 – ведені диски; 14 – вал зчеплення;
- група деталей керування зчепленням: 1 – відтискна пружина проміжного диска; 2 – упорний болт; 3 – тяга відтискного важеля; 4 – відтискний важіль; 5 – відводка.

Принципова схема багатодискового зчеплення представлена на рис. 3.8.

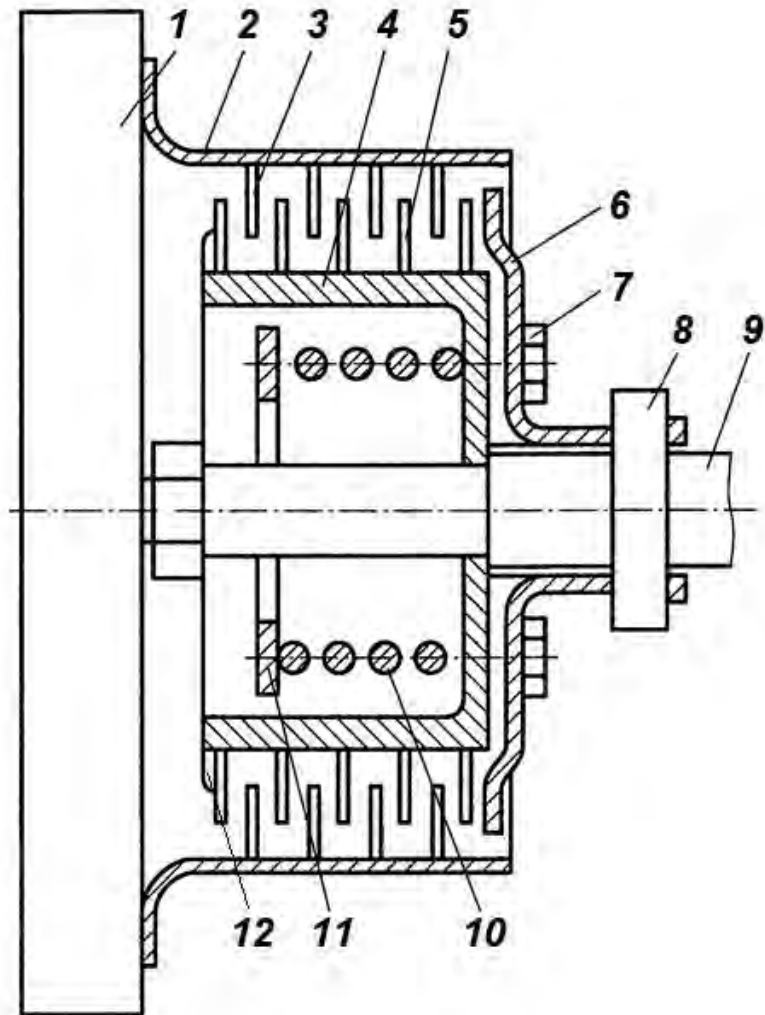


Рис. 3.8. Принципова схема багатодискового зчеплення [6]:

1 – маховик двигуна; 2 – ведучий барабан; 3 – ведучі диски; 4 – ведений барабан; 5 – ведені диски; 6 – кришка; 7 – стяжний болт; 8 – підшипник відводки; 9 – вал зчеплення; 10 – центральна натискна пружина; 11 – упорна тарілка натискної пружини

Принцип дії зчеплення, представленого на рис. 3.8 полягає в наступному. Постійно під дією крутного моменту двигуна знаходиться маховик *1*, ведучий барабан *2* та ведучі диски *3*. Ведучий барабан *2* жорстко з'єднаний з маховиком *1*, а ведучі диски *3* виконані таким чином, що можуть вільно переміщуватися вздовж осі ведучого

барабана 2. Ведений диск 4 встановлений на валу зчеплення 9 з допомогою шпонки, або шліцевого з'єднання. Натискна пружина 10 розміщена всередині веденого барабана і своїми кінцями опирається на днище веденого барабана і упорну тарілку натискної пружини 11. Конструктивно передбачено, що через спеціальні отвори у днищі веденого барабану 4 та кришки 6 тарілка 11 з допомогою стяжних болтів 7 притискає натискну пружину до днища веденого барабана. Цим само забезпечується стискання ведучих 3 і ведених 5 дисків між собою за рахунок того, що вони розташовані між кришкою 6 та флянцем веденого диска 12. Як ведучі, так і ведені диски можуть вільно переміщуватися вздовж своїх барабанів в осьовому напрямку, але обертаються барабани з відповідними дисками як одне ціле [6].

При вмиканні зчеплення крутний момент двигуна від маховика передається до валу зчеплення 9 послідовно через ведучий барабан 2, ведучі диски 3, ведені диски 5 і ведений барабан 4. При вмиканні зчеплення пружина 10 переміщує тарілку 11 до маховика і через болти 7 та кришку 6 стискає ведучі та ведені диски. Зчеплення вмикається та передає крутний момент від двигуна на вал зчеплення і далі на агрегати трансмісії.

При вимиканні зчеплення відводка з підшипником 8 переміщається в бік від маховика 1. При цьому підшипник 8 діє на кришку 6 і переміщує її також від маховика. Зусилля від кришки 6 через болти 7 передається на тарілку натискної пружини 11 і пружина 10 стискається. В результаті цього ведені і ведучі диски відходять один від одного і передача крутного моменту припиняється. Зчеплення розмикається [6].

Виходячи з схеми, представленої на рис. 3.8 загальна будова зчеплення може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей зчеплення: 1 – маховик двигуна; 2 – ведучий барабан; 3 – ведучі диски;
- група ведених деталей зчеплення: 4 – ведений барабан; 5 – ведені диски; 9 – вал зчеплення;
- група деталей керування зчепленням: 6 – кришка; 7 – стяжний болт; 8 – підшипник відводки; 10 – центральна натискна пружина; 11 – упорна тарілка натискної пружини.

3.3.2. Принципові схеми зчеплень виокремлених за передачею крутного моменту до споживачів

Потужність двигуна мобільного енергозасобу може використовуватись переважно для забезпечення переміщення мобільної машини, знаряддя та приведення в дію активних робочих органів цієї машини, знаряддя або технологічного обладнання, яке встановлене безпосередньо на мобільній машині. За таких умов за передачею крутного моменту розрізняють зчеплення:

- однопотокові – ті, що передають крутний момент лише до одного виду споживачів. Прикладом може слугувати передача крутного моменту до ходової частини мобільної машини, що забезпечує її мобільність, передача крутного моменту до робочих органів стаціонарної технологічної машини через те ж зчеплення, що використовується для приведення в дію ходової частини. Такі зчеплення мають один вал зчеплення (див рис. 3.6, рис. 3.7 та рис. 3.8);
- двохпотокові – ті, що передають крутний момент до двох споживачів незалежно один від одного. Такі зчеплення мають два вали зчеплення – рис. 3.9.

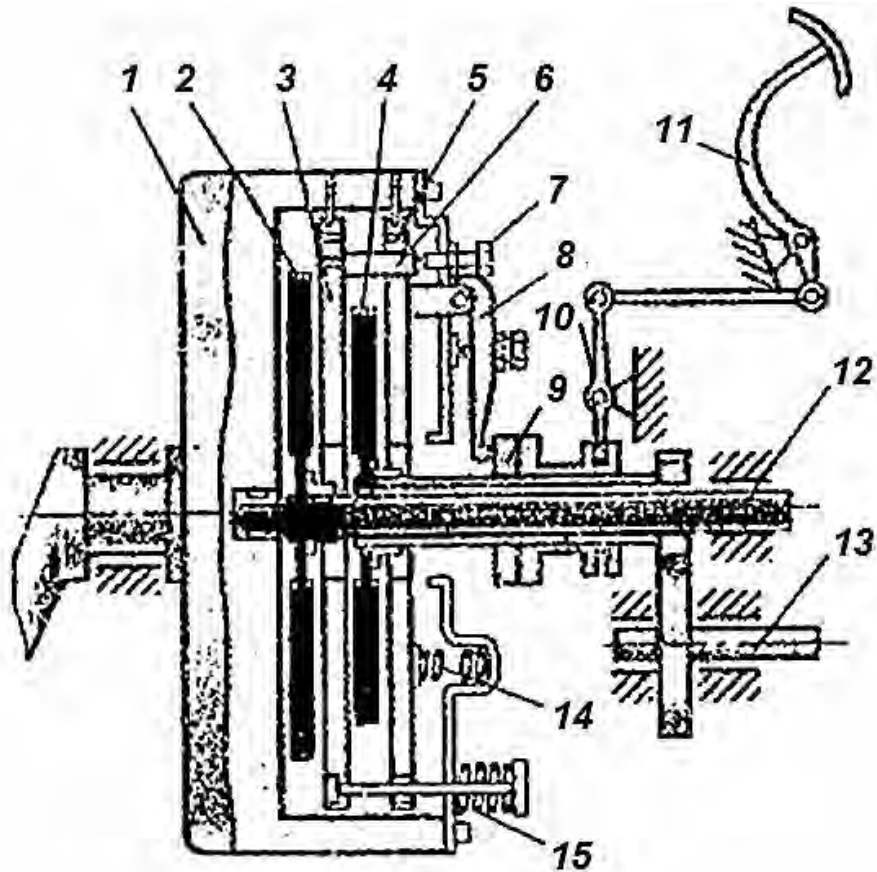


Рис. 3.9. Принципова схема двохпотокового зчеплення керованого однією педаллюю [24]:

1 – маховик; 2 – ведений диск головного зчеплення ходової частини; 3 – натискний диск головного зчеплення; 4 – ведений диск зчеплення ВВП; 5 – натискний диск; 6 – штифт; 7 – упорно-регулювальний болт; 8 – відтискний важіль; 9 – відводка; 10 – двохплечий важіль; 11 – педаль керування зчепленням; 12 – вал головного зчеплення; 13 – вал зчеплення приводу ВВП; 14 і 15 – натискні пружини [24]

Зчеплення, представлене на рис. 3.8 постійно замкнуте, що реалізується з допомогою периферійних натискних пружин 14 і 15. Пружина 14 діє на натискний диск 5, який притискає до маховика 1 пакет дисків, який включає ведений диск головного зчеплення ходової частини 2, натискний диск головного зчеплення 3, ведений диск зчеплення валу відбору потужності (ВВП) 4. В такому стані, коли всі

диски зчеплення зміщені до маховика під дією натискної пружини 14 і знаходяться в затиснутому стані (зчеплення увімкнуте), крутний момент від маховика 1 розподіляється на два потоки спрямовані до двох споживачів, а саме:

- до ходової частини через ведений диск головного зчеплення 2 і вал головного зчеплення 12;

- до валу відбору потужності (ВВП) через ведений диск зчеплення ВВП 4 і вал зчеплення приводу ВВП 13.

Керування зчепленням, зображеним на рис. 3.9 здійснюється з допомогою однієї педалі 11 наступним чином. Весь хід педалі зчеплення 11 розділено на дві частини (умовно називатимемо їх половинами ходу). На першій половині ходу педалі 11 дохпличий важіль 10 переміщує відводку 9, яка натискає на відтискний важіль 8. За рахунок цього натискні пружини 14 стискаються, що веде до переміщення блоку дисків 3, 4 і 5 від маховика і вивільненні веденого диска головного зчеплення 2 від дії на нього зусилля натискних пружин 14. За таких умов двигун від'єднується від трансмісії ходової частини і крутний момент на ходову частину не передається. При цьому ведений диск приводу ВВП 4 залишається затиснутим між дисками 3 і 5, що підтримує передачу крутного моменту до валу відбору потужності. Іншими словами дана ситуація описується наступним чином: *натиснули на педаль керування зчепленням до половини її ходу – поступальний рух агрегату припинився, а крутний момент через ВВП продовжує передаватися і активні робочі органи агрегатованої машини продовжують працювати.*

Для того, щоб зупинити передачу крутного моменту на ВВП необхідно використати другу половину ходу педалі керування зчепленням, тобто повністю використати весь хід педалі. При цьому

штифт 6 упреться в упорно-регулювальний болт 7, що зупинить хід натискного диска 3 і, при подальшому натисканні на педаль, приведе до стискання пружини 15 і звільнення веденого диска приводу ВВП 4. Ведений диск 4 почне проковзувати по відношенню до дисків 3 та 5 і передача крутного моменту на ВВП припиниться повністю, або частково, якщо не повністю натиснути на педаль керування зчепленням.

При пробуксовуванні зчеплення приводу валу відбору потужності через знос фрикційних накладок веденого диска, зміною положення упорно-регулювального болта 7 досягають нормальної роботи зчеплення.

Виходячи з схеми двохпотокового зчеплення, представленої на рис. 3.9, його загальна будова може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей зчеплення: 1 – маховик; 3 – натискний диск головного зчеплення; 5 – натискний диск;
- група ведених деталей зчеплення: 2 – ведений диск головного зчеплення ходової частини; 4 – ведений диск зчеплення ВВП; 5 – натискний диск; 12 – вал головного зчеплення; 13 – вал зчеплення приводу ВВП;
- група деталей керування зчепленням: 6 – штифт; 7 – упорно-регулювальний болт; 8 – відтискний важіль; 9 – відводка; 10 – двохплечий важіль; 11 – педаль керування зчепленням; 14 і 15 – натискні пружини.

На рис. 3.9 приведено принципову схему двохпотокового зчеплення з однією педалью керування. Окрім того, відомі конструкції аналогічних зчеплень, які керуються окремими важелями, або педалями – рис. 3.10.

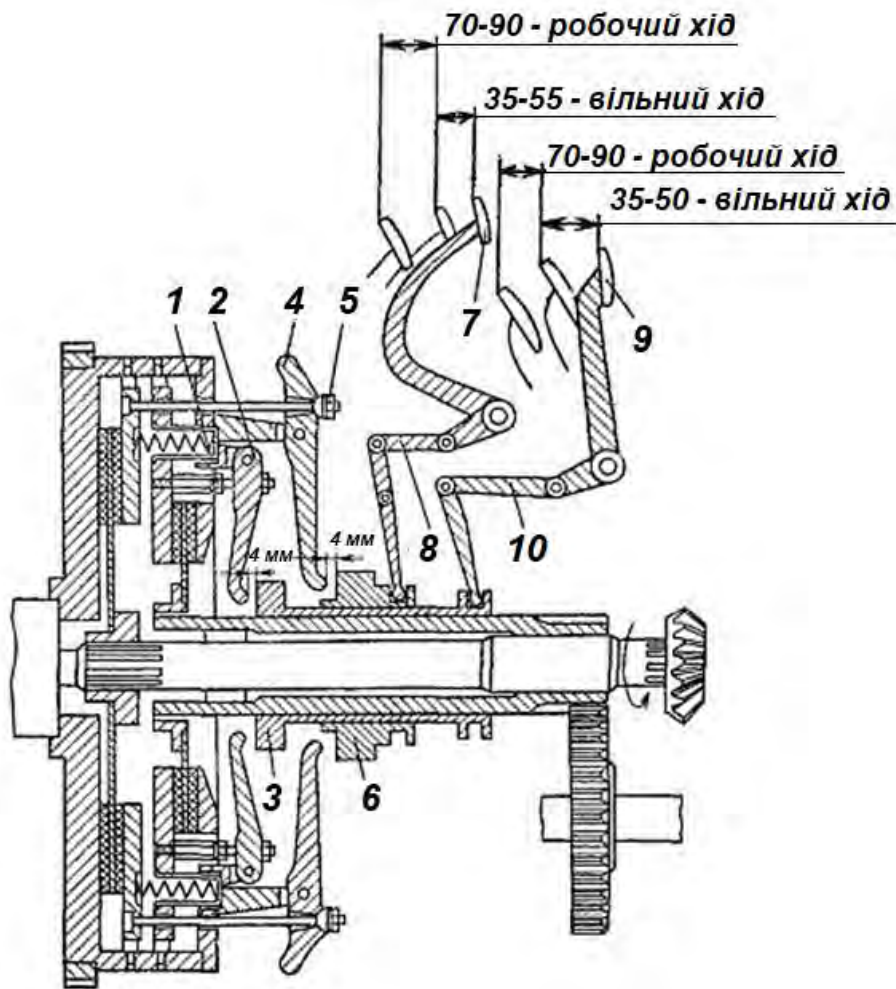


Рис. 3.10. Принципова схема двохпотокового зчеплення з окремими педалями керування [4]:

1 – натискна пружина; 2 – відтискний важіль зчеплення приводу ВВП; 3 – відводка зчеплення ВВП; 4 – відтискний важіль головного зчеплення; 5 – розтискний болт з гайкою; 6 – відводка головного зчеплення; 7 – педаль керування головним зчепленням; 8 – тяга головного зчеплення; 9 – педаль керування зчепленням ВВП; 10 – тяга зчеплення ВВП [4]

Конструкція такого зчеплення складніша в групі деталей керування, однак є спрощення за рахунок використання одного натискного диска для обох зчеплень. Така конструкція використовувалась на тракторах типу Т-40. Сама схема, зображена на

рис. 3.10, не аналізується через її простоту і істотну подібність до схеми, зображеної на рис. 3.9.

Приведені вище приклади зчеплень відносяться до таких, що виокремлені за типом нажимного пристрою. Ці зчеплення є постійно замкнутими, оскільки їх ведені елементи постійно знаходяться під дією натискних пружин. З тим, щоб закінчити аналіз групи зчеплень виокремлених за типом натискного пристрою необхідно розглянути конструкцію і принцип дії не постійно замкнутого зчеплення, використання якого обумовлено цілим рядом чинників, основними серед яких є зняття напружень і економія енергії на керування.

3.3.3. Принципова схема не постійно замкнутого зчеплення виокремленого за типом нажимного пристрою

Останнім часом в конструкціях трансмісій мобільних машин часто використовуються зчеплення з не постійним замиканням. Якщо в зчепленнях з постійним замиканням роль замикаючого пристрою виконувала пружина, яка створювала лінійне зусилля для затискання між собою фрикційних елементів зчеплення і створення між ними достатнього тертя, то в зчепленнях з не постійним замиканням використання такого конструктивного елемента можливе, але несе з собою істотні втрати на утримання пружин в стиснутому, або розслабленому станах на протязі тривалого часу, чи прикладання значного зусилля при частих переведеннях зчеплення в замкнутий та розімкнутий стани. Тому для не постійно замкнутого зчеплення доцільно використовувати, в якості замикаючого, пристрій іншої конструкції. Приклад не постійно замкнутого зчеплення з механічним замиканням приведено на рис. 3.11.

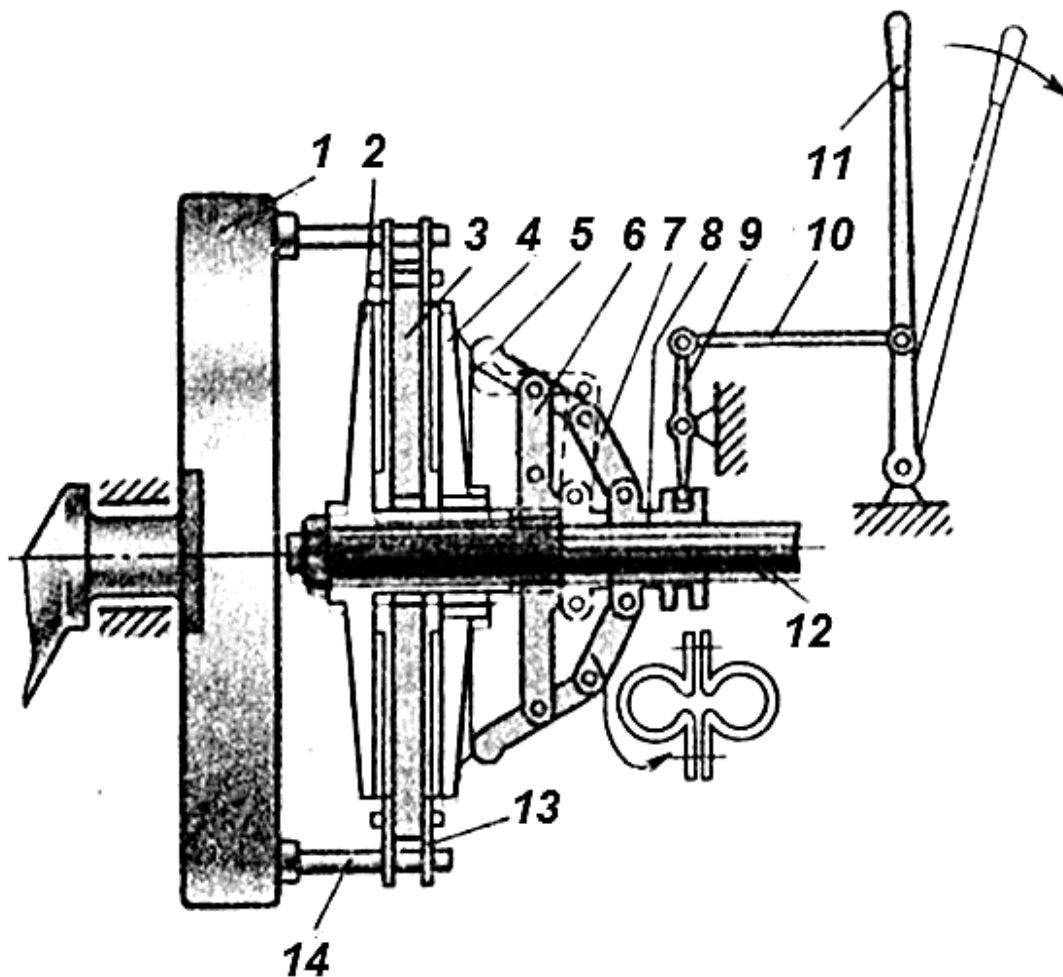


Рис. 3.11. Принципова схема не постійно замкнутого зчеплення [24]:
1 – маховик; 2 – передній ведений диск; 3 – середній ведучий диск; 4 – натискний ведений диск; 5 – натискний кулачок; 6 – хрестовина; 7 – сержка; 8 – пересувна муфта (відводка); 9 – двохплечий важіль (вилка); 10 – тяга; 11 – важіль керування; 12 – вал зчеплення; 13 – сполучна ланка; 14 – монтажний палець [24]

Принцип дії зчеплення, схема якого приведена на рис. 3.11 викладено нижче.

Основна частина зчеплення базується на монтажних пальцях *14*, які жорстко з'єднані з маховиком *1*. На монтажних пальцях *14* з допомогою сполучної планки *13* укріплено середній ведучий диск *3*. На валу зчеплення *12* встановлені передній ведений диск *2* і натискний

ведений диск 4. Диски 2 і 4 встановлені таким чином, щоб між ними розміщувався середній ведучий диск 3. Якщо ведені диски 2 і 4 наближати один до одного то, за такої конструкції, між ними буде затиснутий і середній ведучий диск 3. За таких умов зчеплення буде замкнуте. Щоб розімкнути зчеплення, необхідно розвести ведені диски 2 і 4. Керування веденими дисками здійснюється з допомогою важільного механізму, який включає натискний кулачок 5, хрестовину – 6, серезку – 7 та пересувну муфту (відводку) 8. Зміна положення деталей названого важільного механізму (як показано на рис. 3.10 суцільними та штриховими лініями) і забезпечує переміщення натискного веденого диска 4 та замикання і розмикання зчеплення.

Виходячи з схеми, представленої на рис. 3.10 загальна будова зчеплення може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей зчеплення: 1 – маховик; 3 – середній ведучий диск; 13 – сполучна ланка; 14 – монтажний палець;
- група ведених деталей зчеплення: 2 – передній ведений диск; 4 – натискний ведений диск; 12 – вал зчеплення;
- група деталей керування зчепленням: 5 – натискний кулачок; 6 – хрестовина; 7 – серезка; 8 – пересувна муфта (відводка); 9 – двохплечий важіль (вилка); 10 – тяга; 11 – важіль керування.

Регулювання якості замикання зчеплення, в даній конструкції, може здійснюватись положенням хрестовини 6 та довжиною тяги 10.

Вище розглянуті основні конструкції зчеплень з натискними пристроями механічного типу (пружина, важільний механізм тощо). Однак в сучасних трансмісіях широко використовують зчеплення з гідравлічним натискним пристроєм – гідропідтискні муфти. Загальну конструкцію гідропідтискних муфт і принцип їх дії детально розглянуто нижче.

3.3.4. Принципова схема гідропідтискної муфти

Гідропідтискна муфта – це те ж фрикційне зчеплення, але у якості натискного пристрою, замість натискних пружин, використовується гідроциліндр, який, при подачі в його робочу порожнину оливи, стискає ведучі і ведені диски між собою з великим зусиллям, що забезпечує замикання зчеплення. Скидання оливи з робочої порожнини гідроциліндра забезпечує розмикання зчеплення. Принципова схема гідропідтискної муфти приведена на рис. 3.12.

Принцип дії гідропідтискної муфти, схема якої приведена на рис. 3.11 викладено нижче.

Барабан *16* внутрішніми шліцами жорстко зв'язаний із вторинним валом коробки передач. Розточки барабана є робочими циліндрами, в яких установлені два поршні *14*, що переміщуються в осьовому напрямку під тиском оливи. Алюмінієві поршні ущільнені внутрішнім гумовим *6* і розрізним чавунним *15* кільцями. На поверхні барабана виконано пази, у які входять виступи сталевих ведених дисків *13* і *18*. Ведучі диски *12* встановлені між веденими. Їх, як правило виконують із накладками з порошкових матеріалів. Ведучі диски мають внутрішні шліци, які з допомогою ковзної посадки насаджені на шліцьові вінця зубчастих коліс *1* і *17* вторинного вала. Кожне зубчасте колесо вільно обертається в двох кулькових підшипниках *4* [43].

Поршні *14* пружинами *7* постійно притиснені до упору в стінку барабана *16*. Пружини *7* встановлені у висвердлені заглибини в барабані і тиснуть на кільце *2*, що утримується в маточині барабана стопорним кільцем *8*. У цьому положенні багатодискова муфта вимкнена й обертання із зубчастих коліс на вторинний вал не передається. Гідропідтискні муфти вмикаються під тиском робочої рідини, що нагнітається в робочі циліндри

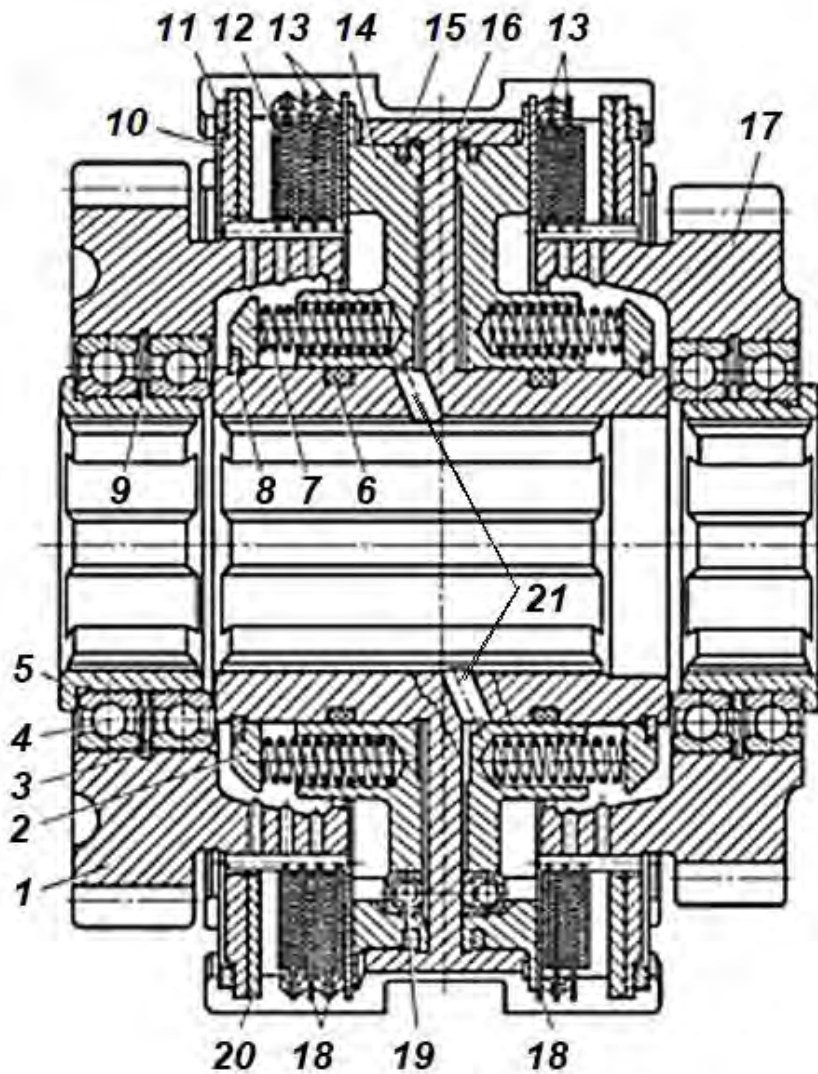


Рис. 3.12. Блок гідропідтискних муфт [43]:

1, 17 – ведені шестерні; 2 – упорне кільце; 3, 8, 11 – стопорні кільця; 4 – кульковий підшипник; 5 – втулка; 6 – ущільнювальне гумове кільце; 7 – пружина; 9 – кільце; 10, 20 – упорні диски; 12 – ведучий диск; 13, 18 – ведені диски; 14 – поршень; 15 – ущільнювальне чавунне кільце; 16 – барабан; 19 – зливний клапан; 21 – канали для підведення оливи до робочих порожнин гідроциліндрів [43]

через канали 21. При цьому рідина надходить у простір між поршнем 14 і стінкою барабана 16, тисне на поршень 14 і переміщує його уздовж осі вала, долаючи опір пружин 7. Поршень 14 притискає ведені 13, 18 і ведучі 12 диски до упорного диска 10, закріпленого на барабані 16 стопорним

кільцем 11. Між ведучими і веденими дисками виникає значна сила тертя, за рахунок якої крутний момент передається від веденої шестерні на ведений вал. Коли порожнина над поршнем сполучається зі зливом, поршень під дією пружин повертається у вихідне положення і муфта вимикається. Рештки рідини викидаються через клапан 19, кульки яких під дією відцентрових сил відходять від гнізд і відкривають отвори [43].

Виходячи з схеми, представленої на рис. 3.12 загальна будова гідропідтискної муфти може бути представлена трьома групами деталей, а саме:

- група ведучих деталей гідропідтискної муфти: 1, 17 – ведені шестерні; 12 – ведучий диск кільце;
- група ведених деталей гідропідтискної муфти: 2 – упорне кільце 5 – втулка; 10, 20 – упорні диски; 13, 18 – ведені диски; 16 – барабан;
- група деталей керування гідропідтисковою муфтою: 3, 8, 11 – стопорні кільця; 6 – ущільнювальне гумове кільце; 7 – пружина; 9 – кільце; 14 – поршень; 15 – ущільнювальне чавунне кільце; 16 – барабан; 19 – зливний клапан; 21 – канали для підведення оливи до робочих порожнин гідроциліндрів

Гідропідтискні муфти, як правило, виконуються багатодисковими, оскільки їх встановлюють всередині корпусів агрегатів трансмісії де обмежений простір. У більшості випадків гідропідтискні муфти використовуються як додаткові, однак можуть виконувати функції і головного зчеплення (гідропідтискна муфта першої передачі трактора типу К-701).

Зчеплення, конструкції яких розглянуті вище, передбачають механічний зв'язок між ведучими і веденими елементами. Однак, в конструкціях трансмісій сучасних машин часто використовуються зчеплення з гідравлічним зв'язком між ведучими і веденими елементами. Нижче розглянуто різновиди, конструкцію і принцип дії агрегатів, які використовуються у якості зчеплень з гідравлічним зв'язком між ведучими і веденими елементами.

3.4. Принципові схеми зчеплень з гідравлічним зв'язком між ведучими і веденими елементами

Агрегатами, які використовуються у якості зчеплень з гідравлічним зв'язком між ведучими і веденими елементами є гідромуфта і гідротрансформатор. Спроби використання таких агрегатів в мобільних машинах велися давно, але істотного поширення використання таких конструкцій набуло вже в нинішній час, коли були створені надійні системи керування ними. Такі системи керування мінімізують втручання людини в проце налагодження роботи агрегату, переводячи всі керуючі операції в автоматичний режим, функціональність якого підтримується промиванням системи та агрегатною заміною спрацьованих вузлів. що нівелює необхідність детального розгляду таких систем керування у навчальному виданні подібного змісту і призначення. А принцип дії, будова і робота гідромуфти і гідротрансформатора практично не змінилися і є актуальними і сьогодні з тим, щоб можна було швидко і точно виявити причини не штатних режимів роботи даних агрегатів. Нижче викладено принципові схеми, загальна будова і принцип дії гідромуфти і гідротрансформатора.

3.4.1. Гідромуфта

Гідромуфта – гідродинамічна передача, яка не перетворює крутний момент. Відмінністю гідромуфти від будь-яких інших видів муфт (зчеплень) є те, що в гідромуфті відсутній жорсткий кінематичний зв'язок між ведучою і веденою частинами силового механізму (ведучим і веденим валами) [3.7].

Гідромуфти захищають двигун від перевантаження, полегшують пуск двигуна, згладжують крутильні коливання, поштовхи та вібрації, які виникають між двигуном та машиною. При багатодвигуновому приводі гідромуфти забезпечують рівномірний розподіл навантаження між окремими двигунами.

Існують різні приклади використання гідромуфт, однак основна причина їх застосування полягає у зменшенні пікових навантажень при передачі крутного моменту між валами (особливо в момент початку передачі), що забезпечує плавність наростання навантаження, а звідси і плавність руху стосовно мобільних машин.

Принципова схема гідромуфти показана на рис. 3.13. Конструкція гідромуфти включає замкнутий герметичний корпус 1, розташовані в корпусі насосне колесо 2 та турбінне колесо 3.

Працює конструкція, зображена на рис. 3.13, наступним чином. Корпус 1 гідромуфти виконаний герметичним з тим, щоб там утримувалась олива, яка є робочим тілом цієї гідравлічної машини. За умови забезпечення передачі крутного моменту між валами 2 і 4, перший з яких є ведучим, а другий веденим, з ведучим валом 2 жорстко з'єднують насосне колесо 3 гідромуфти, а з веденим валом 4 – турбінне колесо гідромуфти. Колеса 2 і 4 встановлені з мінімальним зазором одне від одного. Якщо корпус 1 заповнений оливою, то при обертанні колінчастого валу двигуна буде обертатися ведучий вал гідромуфти 2, а з ним і жорстко закріплене на ньому насосне колесо 3. При цьому лопаті насосного колеса будуть захвачувати оливу і спрямовувати (кидати) її на лопаті турбінного колеса. Під дією кінетичної енергії насосного колеса, переданої через оливу, турбінне колесо буде також розкручуватись в напрямку обертання насосного колеса, що і являється явищем передачі крутного моменту. Однак, відсутність жорсткого

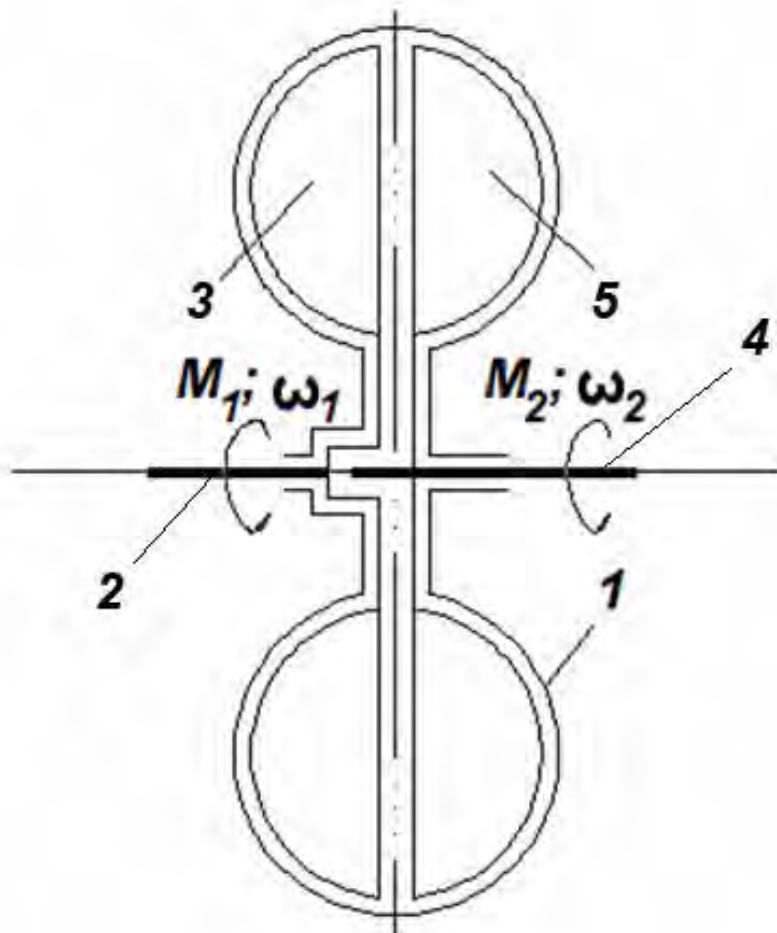


Рис. 3.13. Принципова схема гідравлічної муфти [14]:

1 – корпус гідромуфти; 2 – ведучий вал (наприклад, колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання); 3 – насосне колесо гідромуфти; 4 – ведений вал (наприклад, первинний вал коробки передач); 5 – насосне колесо гідромуфти [14]

замикання між елементами передачі крутного моменту (колесами 3 і 5 та валами 2 і 4), що характерно для інших, проаналізованих вище, зчеплень, забезпечує плавне наростання крутного моменту на веденому валу 4, а звідси і плавність ходу мобільної машини.

Щоб припинити передачу крутного моменту між валами 2 і 4 достатньо злити оливу з корпусу гідромуфти.

Загальний вигляд гідромуфти приведений на рис. 3.14.

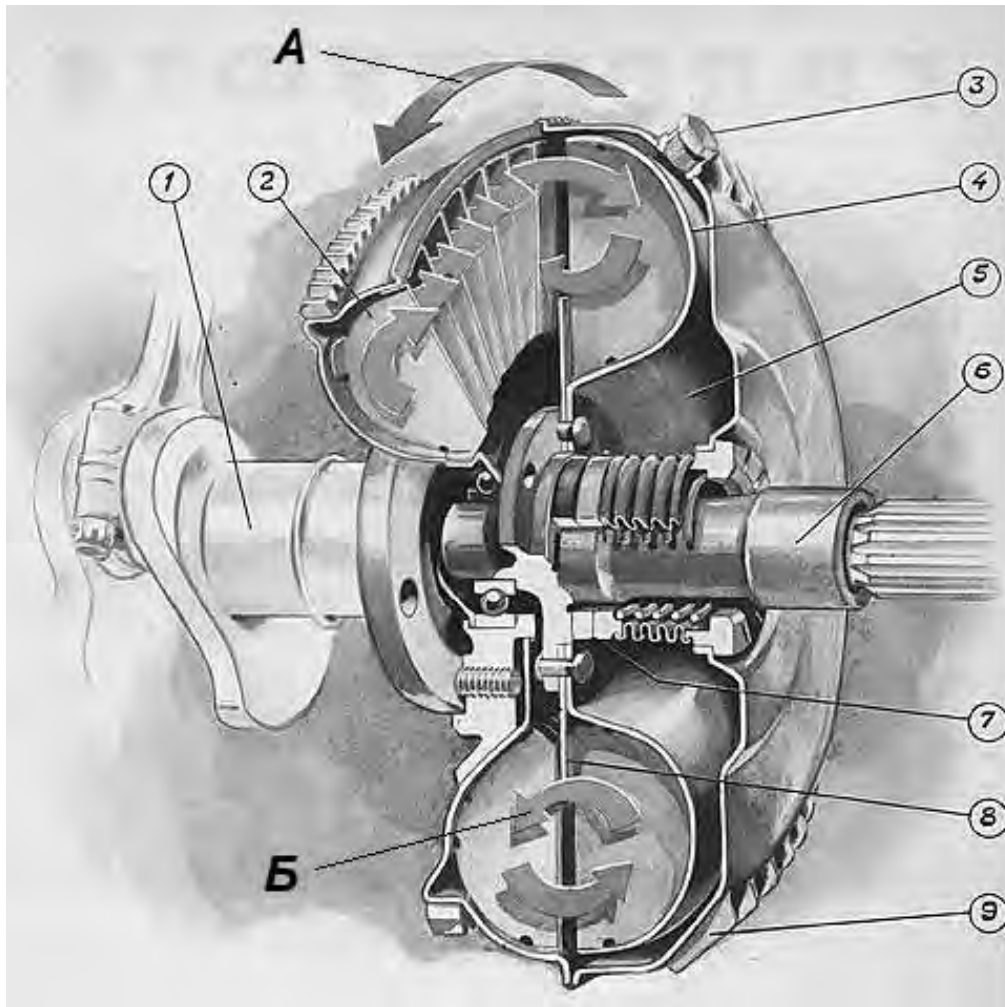


Рис. 3.14. Загальний вигляд гідромумфи [15]:

А – напрям обертання робочих коліс гідромумфи; Б – напрям потоку робочої рідини в гідромумфі; 1 – колінчастий вал двигуна; 2 – насосне колесо; 3 – заливна пробка; 4 – турбінне колесо; 5 – додаткова порожнина; 6 – ведений вал; 7 – торцеве ущільнення; 8 – поріжок; 9 – ребра повітряногомумфи [15]

Для гідромумфи характерні також і певні недоліки. Одним з основних недоліків є те, що при збільшенні обертів двигуна рух оливи всередині гідромумфи ускладнюється. Він складається з переносного і відносного рухів. При цьому переносний рух оливи виникає при впливі обертання лопаток насосного колеса. А відносний рух виникає під дією відцентрових сил – олива переміщується від центру насосного колеса

до його периферії. Таким чином сумарна швидкість руху оливи, яка відкидається лопатками насосного колеса на лопатки турбінного веденого колеса визначається векторною сумою швидкостей переносного і відносного рухів. На практиці це означає, що при підвищенні частоти обертання ведучого колеса гідромуфти підвищуються обидві складові сумарної швидкості руху оливи, але при цьому зростаюча швидкість відносного руху знижує ККД гідромуфти, оскільки частина кінетичної енергії лопаток насосного колеса витрачається на відцентрове переміщення оливи [15].

Крутний момент на ведучому і веденому валах гідромуфти завжди практично однакові, однак певна трансформація обертового руху все ж відбувається.

Коефіцієнтом трансформації гідромуфти називають відношення кутової швидкості веденого вала до кутової швидкості ведучого вала:

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (3.1)$$

де ω_2 – кутова швидкість веденого вала;

ω_1 – кутова швидкість ведучого вала.

Також можна показати, що коефіцієнт трансформації дорівнює відношенню частоти обертання веденого вала до частоти обертання ведучого вала. Це здійснюється з урахуванням рівності моментів на ведучому і веденому валах. З урахуванням цього можна записати, що коефіцієнт корисної дії (ККД) гідромуфти рівний коефіцієнту трансформації:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2 \times \omega_2}{M_1 \times \omega_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = i, \quad (3.2)$$

де N_2 і N_1 – потужність, відповідно, на веденому і ведучому валах;

M_2 і M_1 – крутні моменти на веденому і ведучому валах.

Таким чином можна підсумувати наступне. В даний час гідромумфи встановлюються на автомобілі з напівавтоматичними коробками передач (вантажні, автобуси, рідше легкові), на трактори, в авіаційні турбіни, застосовуються в металообробних верстатах.

До переваг гідромумфи можна віднести:

- ✓ простоту конструкції;
- ✓ забезпечення плавності зміни крутного моменту, що передається від двигуна на механізми трансмісії;
- ✓ зниження ударних навантажень на шестерні пари коробок передач.

Недоліком гідромумфи є менший в порівнянні з гидротрансформатором коефіцієнт корисної дії через великі втрати при високих обертах ведучого вала двигуна. З цієї причини в трансмісіях сучасних легкових автомобілів гідромумфи практично не встановлюються [15].

3.4.2. Гідротрансформатор

Гідротрансформатор являє собою лопатеву машину, у якій перетворення крутного моменту виконується кінематичною енергією рідини, яка циркулює у замкнутому контурі.

На відміну від гідромумфи гідротрансформатор має можливість збільшувати крутний момент на веденому валу залежно від опору, який діє на нього.

Гідротрансформатори набули широкого поширення в автомобільній техніці, забезпечуючи плавне рушання автомобіля з місця і зменшуючи передачу ударних навантажень від трансмісії на вал

двигуна. Найчастіше використовується з автоматичними коробками передач (АКП) або варіаторами [16].

Принципова схема гідротрансформатора представлена на рис. 3.15. Виходячи з приведеної схеми можна стверджувати, що гідротрансформатор конструктивно відрізняється від гідромуфти наявністю третього колеса – реактора 4 [16].

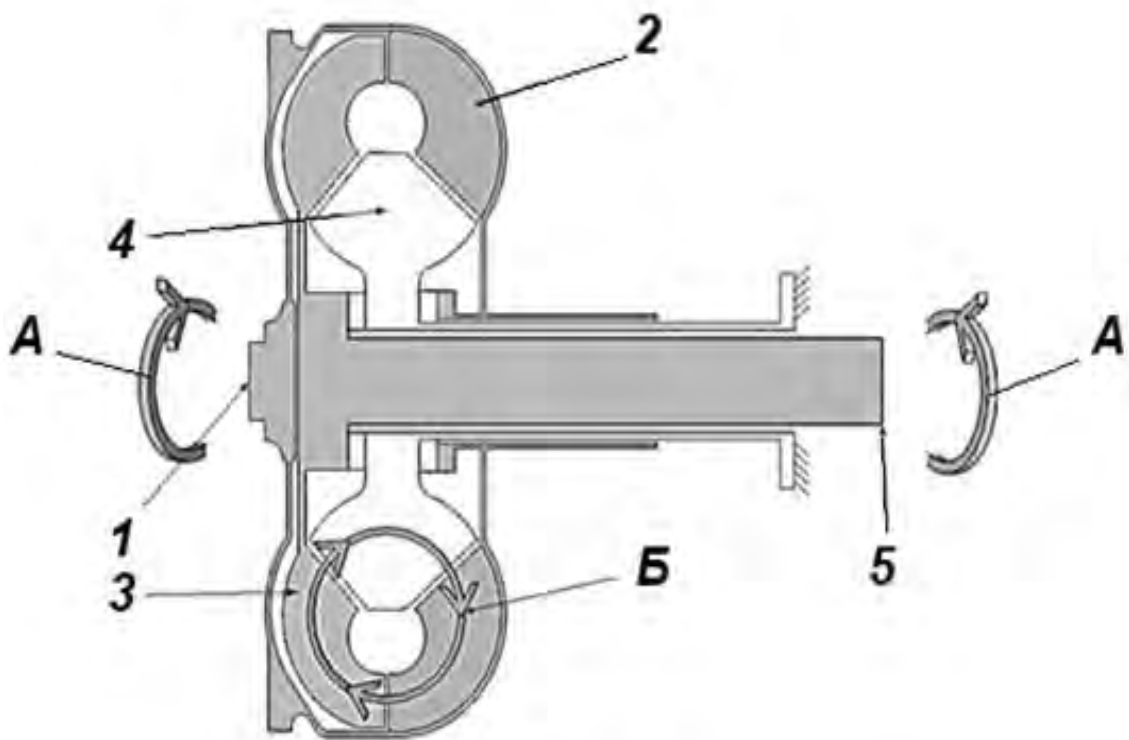


Рис. 3.15. Принципова схема гідротрансформатора [16]:

А – напрям обертання елементів гідротрансформатора; Б – напрям потоку рідини в гідротрансформаторі; 1 – центруючий виступ корпусу; 2 – насосне колесо; 3 – турбінне колесо; 4 – реактор (статор); 5 – вихідний вал гідротрансформатора [16]

Всі деталі цієї гідравлічної машини зібрані в загальному корпусі, який має центруючий виступ 1. На даній схемі корпус гідротрансформатора жорстко з'єднаний з маховиком двигуна (з

колінчастим валом). Існують конструкції гідротрансформаторів, де кріплення корпусу може відрізнятись і, зокрема, привід на корпус гідротрансформатора може здійснюватись через додаткову карданну передачу. Корпус гідротрансформатора заповнений оливою, яка активно переміщується під час його роботи [16].

Насосне колесо 2 жорстко зв'язане з корпусом гідротрансформатора, при обертанні вала двигуна воно створює усередині гідротрансформатора потік оливи, який обертає колесо реактора (статора) 4 і турбінне колесо 3 [16].

Як вже вказувалось вище, конструктивною відмінністю гідротрансформатора від гідромуфти є наявність реактора (статора) 4. Реактор встановлений на муфті вільного ходу, яка дозволяє обертатися реактору тільки в одному напрямку – в напрямку обертання турбінного 3 і насосного 2 коліс. При значній різниці обертів насосного і турбінного коліс реактора (статор) автоматично блокується і передає на насосне колесо більший об'єм рідини. Завдяки реактору відбувається збільшення крутного моменту до трьох разів при рушанні з місця [16].

Турбінне колесо встановлене на вихідному валу 5, який сполучається (як правило жорстко) з вхідним (первинним) валом автоматичної коробки передач.

Завдяки тому, що передача крутного моменту всередині гідротрансформатора відбувається без жорсткого кінематичного зв'язку, виключаються ударні навантаження на трансмісію і автомобіль набуває велику плавність ходу. Негативним ефектом гідротрансформатора є «прослизання» турбінного колеса по відношенню до насосного. Це призводить до підвищеного виділення тепла (в деяких режимах гідротрансформатор може виділяти більше тепла, ніж сам двигун) і збільшення витрати палива [16].

Таким чином, гідротрансформатор включає наступні основні елементи [16]:

- осьовий лопатевий насос жорстко зв'язаний з корпусом гідротрансформатора – *забезпечує рух рідини в корпусі;*
- турбіна, жорстко з'єднана з вихідним валом валом – *обертається під дією потоку рідини від насосного колеса;*
- реактора (статора, направляючого апарату), встановленого на шляху рідини безпосередньо на виході з лопатей турбінного колеса – *реактор встановлений на муфті вільного ходу, яка дозволяє йому вільно обертатися тільки в один бік (в той, в який обертається турбінне колесо) [16].*

При роботі гідротрансформатора рідина розганяється насосним колесом і рухається по складній траєкторії, яку можна розділити на дві прості складові: відносну (швидкість направлена радіально від осі до периферії насосного колеса і від периферії до осі турбінного колеса), переносну (обертання разом з насосним і турбінним колесами). Залежно від співвідношення цих складових гідротрансформатор може працювати на різних режимах.

Розрізняють три режими роботи гідротрансформатора [16]:

✓ *Режим трансформації крутного моменту.* Співвідношення переносної і відносної швидкостей потоку виходить з турбінного колеса таке, що абсолютна швидкість спрямована на увігнуту поверхню лопаток реактора. На реакторі створюється крутний момент, який прагне повернути його в сторону заклинювання муфти вільного ходу. Реактор виявляється нерухомим. При цьому лопатки реактора розгортають відносну складову потоку з турбінного колеса так, що його кінетична енергія додається до кінетичної енергії переносного руху, що створює збільшений крутний момент на

турбінному колесі. *Окремий випадок - стоп-режим, коли нерухомим є і турбінне колесо.* При цьому в потоці, що виходить з турбінного колеса практично відсутня переносна складова. При збільшенні частоти обертання турбінного колеса зростає відцентрова сила, що перешкоджає переміщенню потоку з периферії до осі турбінного колеса. Кінетична енергія відносної складової потоку, що виходить з турбінного колеса, зменшується. При цьому зменшується коефіцієнт трансформації. Коли він стає близький до одиниці, гідротрансформатор переходить в режим гідromуфти [16].

✓ *Режим гідromуфти.* Співвідношення відносної і переносної складових стає таким, що абсолютна швидкість потоку, що виходить з турбінного колеса, спрямована на опуклу поверхню лопаток реактора. При цьому створюється крутний момент, який повертає реактор в напрямку расклинивания муфти вільного ходу. Реактор обертається разом з турбінним колесом і не змінює напрямок відносної складової потоку. Крутний момент з насосного колеса на турбінне передається без зміни [16].

✓ *Режим блокування.* Система управління подає сигнал на блокування фрикційної муфти гідротрансформатора. Насосне і турбінне колеса жорстко з'єднуються і обертаються як одне ціле. У потоку рідини при цьому відсутня відносна складова [16].

Кілька слів про режим блокування гідротрансформатора.

Для підвищення паливної економічності в конструкцію сучасних гідротрансформаторів вводиться механізм блокування, що дозволяє жорстко зв'язати насосне 2 і турбінне 3 (див. рис 3.14). При заблокованому гідротрансформаторі АКП працює в режимі жорсткого кінематичного зв'язку двигуна і трансмісії аналогічно механічній коробці передач. В електронно-керованих АКП момент заблокувати

визначає комп'ютер, тому вона може бути включена практично в будь-який момент згідно рекомендацій керуючої програми.

Конструктивне рішення для здійснення блокування і його сутність може бути пояснена схемою, приведеною на рис. 3.16 [94].

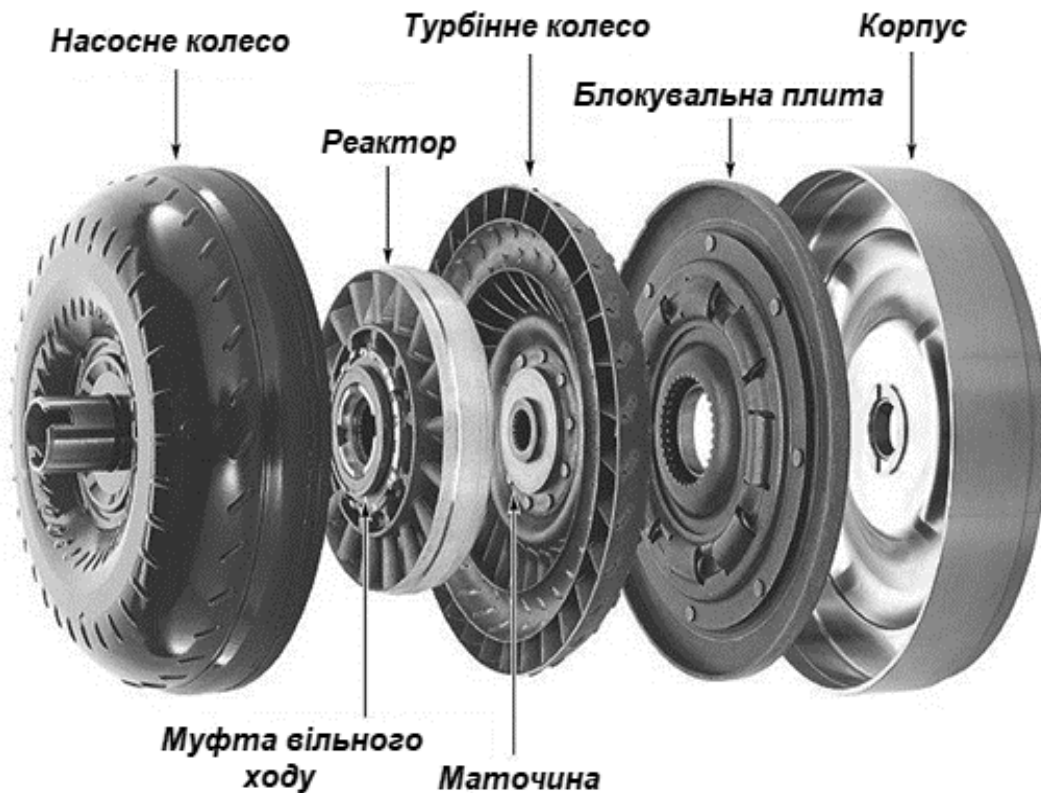


Рис. 3.16. Будова гідротрансформатора з блокуванням [94]

Принцип дії блокування гідротрансформатора схожий з класичним зчепленням. Механізм складається з блокувальної плити (див. рис. 3.16), яка розташована біля турбінного колеса і може з ним з'єднуватися (а отже, може з'єднуватися і з первинним валом коробки передач) через пружини демпфера крутильних коливань. Плита на своїй поверхні має фрикційну накладку. За командою блока управління трансмісією плита притискається накладкою до внутрішньої поверхні корпусу гідротрансформатора за допомогою тиску рідини. Крутний

момент починає передаватися безпосередньо від двигуна до коробки передач без участі рідини. Таким чином досягається зниження втрат і більш високий ККД. Блокування може бути включене на будь-якій передачі [94].

Конструкції автоматичних коробок передач, які були створені в минулому столітті, дозволяли включати блокування гідротрансформатора тільки при досягненні досить великої швидкості руху мобільної машини (понад 70 км/год). Сучасні АКП дозволяють включати блокування гідротрансформатора на значно нижчих швидкостях (від 20 км/год), що дозволяє економити паливо не тільки під час руху по шосе, але і в режимі міського драйву. Також блокування гідротрансформатора застосовується для гальмування двигуном. У цьому випадку подача палива в двигун припиняється на час блокування, вал двигуна обертається за рахунок сил інерції складових трансмісії і ходової частини автомобіля. На тракторах блокування гідротрансформатора використовується для запуску двигуна трактора «з буксира» або коли двигун трактора віддає енергію в стаціонарному режимі [16].

Блокування гідротрансформатора має певні недоліки, основними серед яких є [16]:

- прямий кінематичний зв'язок сприяє передачі ударних навантажень між двигуном і трансмісією;
- часте включення блокування призводить до зносу фрикційних елементів АКП;
- забруднення оливи АКП продуктами зносу фрикційних елементів блокування;
- погіршення плавності ходу під час перемикання передач АКП [16].

3.5. Основні несправності та операції технічного обслуговування зчеплень

В багатьох інструкціях з експлуатації сучасних мобільних машин замість деталізації даного пункту записана вказівка звернутися до сервісної служби. І це є правильним з тих причин, що сьогодні в конструкціях мобільних машин переважно використовуються автоматичні трансмісії, трансмісії-роботи тощо. Конструкція зчеплень таких трансмісій чітко ув'язана з загальною роботою трансмісії і керується, як правило, електронним блоком керування. Обслуговування таких зчеплень потребує спеціального обладнання і зводиться до діагностування несправності, заміни спрацьованих агрегатів, промивки каналів керування тощо. Перелік приведених робіт може скласти основу вивчення окремої дисципліни і в даному посібнику не розглядається.

Однак, сьогодні в експлуатації, та і у виробництві, знаходиться ще багато мобільних машин, в конструкціях яких використано класичне фрикційне зчеплення з механічним, гідравлічним, або іншим типом приводу. І саме розгляд несправностей та технічного обслуговування таких зчеплень дозволяє на початковому етапі краще зрозуміти сутність явища і технічного рішення для реалізації зчеплення на мобільній машині. За таких умов, висвітлення основних несправностей та операцій технічного обслуговування буде стосуватися тільки класичних фрикційних зчеплень

Нижче приведено основні несправності фрикційних зчеплень, їх причини та ознаки і можливі методи усунення. Окремо викладено основні операції технічного обслуговування, які в тій, чи іншій мірі дозволяють запобігти виникненню характерних несправностей та їх усунути при відповідних проявах.

3.6.1. Основні несправності фрикційних зчеплень

Функції зчеплення можуть виконувати самі різні за конструкцією машини, включаючи механічні, гідравлічні, електричні тощо. Однак на даний час фрикційні зчеплення є основними до використання на мобільних машинах. В табл. 3.1 приведено основні несправності фрикційних зчеплень з аналізом їх причин і рекомендаціями щодо усунення.

Таблиця 3.1.

Основні несправності фрикційних зчеплень [81]

№ п/п	Несправність	Причина несправності	Рекомендації щодо усунення несправності
1	2	3	4
1	Зчеплення пробуксовує	Відсутній вільний хід муфти керування зчепленням	Відрегулювати вільний хід
		Потрапляння змазуючих матеріалів на поверхні тертя	Зняти зчеплення і промити поверхні тертя
			Замінити фрикційні накладки, або ведені диски в зборі
			Замінити фрикційні накладки, або ведені диски в зборі
Зменшення зусилля натискних пружин	Замінити комплект натискних пружин		
2	Зчеплення «веде»	Привід зчеплення не забезпечує необхідного ходу важеля вилки виключення зчеплення	Перевірити справність приводу зчеплення (можливі потрапляння повітря в гідросистему, витік робочої рідини, збільшений вільний хід і ін.) Усунути виявлені несправності

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
2	Зчеплення «веде»	Короблення (викривлення) ведених дисків	Виправити, або замінити ведені диски
		Надмірно збільшений вільний хід педалі (важеля) керування зчепленням	Відрегулювати вільний хід педалі (важеля) керування зчепленням
		Знижений рівень робочої рідини в бачку головного циліндра системи керування зчепленням	Відновити рівень робочої рідини в бачку головного циліндра системи керування зчепленням
3	Заклинювання приводу зчеплення	Розбухання манжет ущільнювачів гідроприводу зчеплення і втрата їх герметичності через застосування що не рекомендуються або забруднених гальмівних рідин.	Замінити ущільнювальні манжети, промити гідросистему чистою робочою рідиною, заправити робочою рідиною і прокачати
		Потрапляння сторонніх предметів у привід керування зчепленням, або між деталями зчеплення	Усунути сторонні предмети
4	Запізнення вмикання зчеплення при відпусканні педалі	Застигання робочої рідини в гідросистемі керування зчепленням через підвищення в'язкості	Промити і заповнити гідросистему приводу вимикання зчеплення свіжою робочою рідиною
		Заклинювання поршня стеження пневмопідсилювача (для автомобілів типу КамАЗ)	Замінити манжету поршня стеження

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
4	Запізнення вмикання зчеплення при відпусканні педалі	Задири в з'єднаннях ведучих дисків (натискного і середнього) з маховиком (для багатодискових зчеплень)	Зашліфувати і змастити робочі поверхні
5	Збільшення (зменшення аж до повної втрати) зусилля на педалі (важелі) керування зчепленням	Обрив маточини веденого диска	Замінити ведений диск
		Заклинювання поршня робочого циліндра керування зчепленням	Замінити манжету поршня робочого циліндра або робочий циліндр у зборі
		Не надходить стиснене повітря через розбухання впускного клапана пневмопідсилювача (для автомобілів типу КамАЗ)	Замінити клапан
		Заклинювання поршня стеження пневмопідсилювача через розбухання ущільнювальної манжети або гумового кільця (для автомобілів типу КамАЗ)	Замінити манжету або кільце поршня стеження
Знос або деформація манжети поршня пневмопідсилювача (для систем керування автомобілів типу КамАЗ)	Замінити манжету		

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
6	Шум в механізмі вимикання зчеплення під час його роботи	Руйнування підшипника виключення зчеплення	Замінити підшипник або відводку вимикання зчеплення в зборі
		Руйнування діафрагмової пружини приводу натискного диска	Замінити кожух (корзину) зчеплення з діафрагмою в зборі
7	Педаль (важіль) керування зчепленням не повертається у вихідне положення	Великий вільний хід педалі керування зчепленням	Перевірити і, за необхідності, відрегулювати вільний хід
		Приклинювання педалі через дотикання до стінок (підлоги) кабіни	Усунути причини приклинювання
		Обрив відтяжної пружини	Замінити пружину
8	Зчеплення нагрівається при вимиканні	Неповне вимикання зчеплення через збільшення вільного ходу педалі керування зчепленням	Перевірити і, за необхідності, відрегулювати вільний хід
9	Ускладнене або неможливе перемикання передач, самовільне вимикання передач	Порушене регулювання механізму блокування перемикання передач (характерно для тракторів)	Відрегулювати механізм блокування перемиканням передач

В табл. 3.1 приведені найбільш характерні несправності зчеплень мобільних машин без прив'язки до конкретних марок машин, оскільки це не несе навчального навантаження для спеціалістів задекларованого профілю через відсутність прогнозованості складів парків господарств.

Тут дано загальний перелік найбільш характерних несправностей, а вже їх відповідність конкретним маркам машин вирішується спеціалістом на місці, а звідси визначається алгоритм дій стосовно усунення несправності.

3.5.2. Основні операції технічного обслуговування фрикційних зчеплень

Для підтримання зчеплення в роботоздатному стані необхідно проводити комплекс обслуговуючих міроприємств, які передбачені певними нормативними документами.

Як відомо операції технічного обслуговування згруповані за видами технічних обслуговувань (ТО). Розрізняють наступні види ТО і основні операції, які при них виконуються:

- *щоденне технічне обслуговування.*

Основні операції щоденного ТО:

- перевірка кріплень і різьбових з'єднань системи керування;
- перевірка рівня рідини в бачку гідросистеми керування (для зчеплень з гідравлічним приводом);
- перевірка роботи зчеплення;
- *технічне обслуговування №1 (ТО-1).*

Основні операції ТО-1:

- виконуються операції щоденного ТО;
- перевірка і, за необхідності, регулювання вільного ходу педалі (важеля) керування зчепленням;
- *технічне обслуговування №2 (ТО-2).*
- виконуються операції щоденного ТО;

- виконуються операції ТО-1;
- перевіряють надійність кріплення картера зчеплення;
- *сезонне ТО.*

Основні операції сезонного ТО:

- виконуються операції ТО-2

В усіх, окрім щоденного, видах технічних обслуговувань передбачено перевірка і регулювання вільного ходу педалі керування зчепленням. Розглянемо цей процес детальніше.

Сутність перевірки вільного ходу педалі керування зчепленням, залежить від типу механізму керування [105] і зводиться до визначення шляху, на який переміститься педаль при її натисканні до упору натискного підшипника відводки у відтискні важелі – рис. 3.17. Цей шлях визначається зазором між відтискними важелями зчеплення і відводкою *C* – рис. 3.18. і регулюється для систем керування зчепленням з механічним приводом зміною довжини регулювальної тяги *10* (див. рис. 3.17), а для систем з гідравлічним приводом визначається розміром зазору *Г* між поршнем та штоком головного циліндра, який реалізується зміною довжини штока, або поворотом ексцентрикового пальця (як показано на рис. 3.18 розрізом *A-A*) та довжиною штока робочого циліндра *22*.

Перевірка вільного ходу педалі зчеплення здійснюють за допомогою лінійки з двома движками (рис. 3.19), для чого лінійку встановлюють так, щоб вона впиралася в підлогу підставкою-упором *3* і була притиснута збоку до педалі *4*. Потім натискають на педаль *4* рукою до упору підшипника відводки у відтискні важелі виключення (рукою відчувається збільшення опору рухові педалі) і за поділками на лінійці визначають величину вільного ходу. Нормальна величина вільного ходу педалі зчеплення в мобільних машинах різних марок різна і може коливатися в межах 6 ... 50 мм. [29].

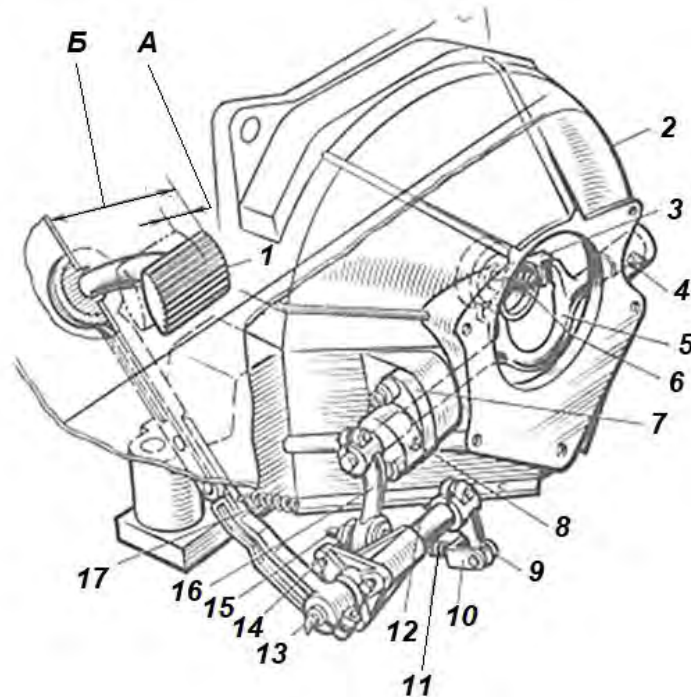


Рис. 3.17. До пояснення сутності вільного ходу педалі керування зчепленням [82]:

A – вільний хід педалі керування зчепленням; Б – повний хід педалі керування зчепленням; 1 – педаль керування зчепленням; 2 - картер зчеплення; 3 - відводка; 4, 8, 13 - маслянки; 5 - важіль вимикання зчеплення; 6 - пружина відводки; 7 - фланець; 9 і 16 – одноплечі поворотні важелі; 10 – регульовальна тяга; 11 - розпірна пружина; 12 - вал педалі керування зчепленням; 14 - регульовальна гайка регульовальної тяги; 15 – контргайка регульовальної гайки; 17 - відтяжна пружина [82]

Відхилення в значеннях вільного ходу педалі від нормативних значень буде викликати порушення в роботі зчеплення.

Великий вільний хід педалі керування зчепленням не буде забезпечувати повного вимикання зчеплення. Це буде супроводжуватися шумом при перемиканні передач, не повною зупинкою машини при повністю натиснутій педалі керування зчепленням. В такому випадку говорять, що «зчеплення веде».

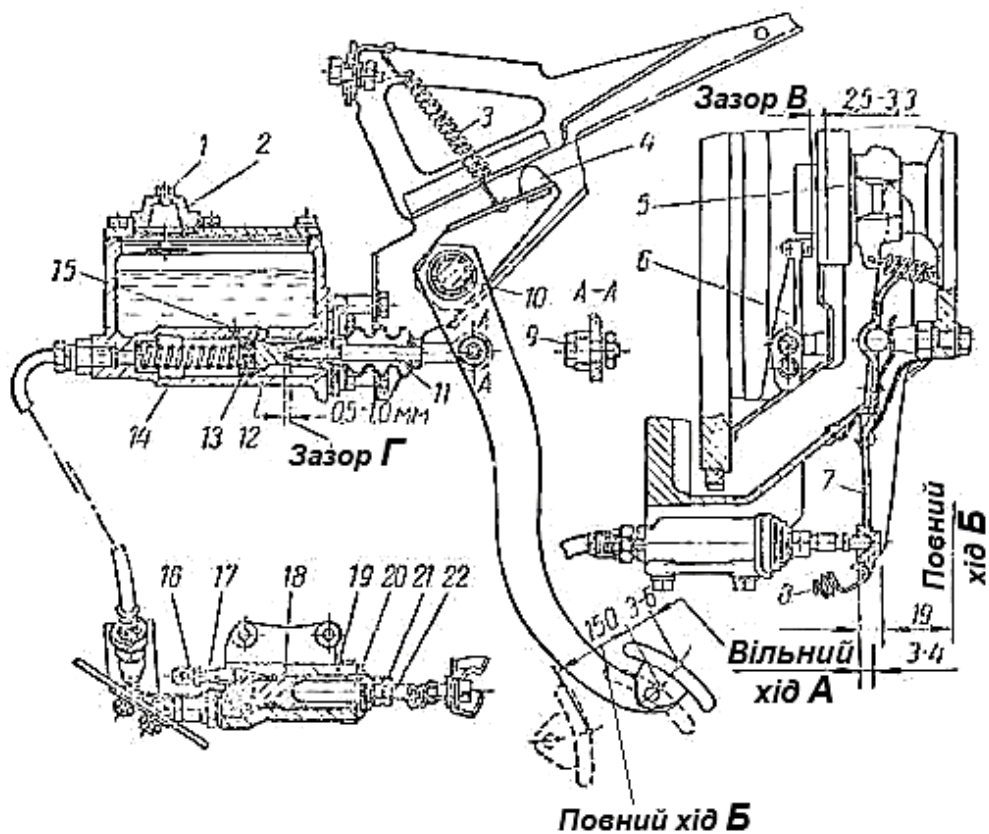


Рис. 3.18. Гідравлічний привід зчеплення [60]:

1 – різьбовий наконечник; 2 – пробка бачка робочої рідини; 3 – зворотня пружина педалі; 4 – гумовий буфер; 5 – відтискний підшипник відводки; 6 – відтискний важіль; 7 – важіль вимикання зчеплення; 8 – зворотня пружина важеля вимикання; 9 – ексцентриковий палець; 10 – вісь педалі; 11 – шток головного циліндра; 12 – поршень головного циліндра; 13 – ущільнююча манжета; 14 – головний циліндр; 15 – перепускний отвір; 16 – ковпачок; 17 – перепускний клапан прокачки гідравлічної системи керування зчепленням; 18 – поршень робочого циліндра; 19 – робочий циліндр; 20 – наконечник штока робочого циліндра; 21 – контргайка; 22 – штовхач робочого циліндра [60]

Малий вільний хід педалі керування зчепленням повністю розмикатиме зчеплення вже на самому початку керуючих дій. Крім того, малий вільний хід, або повна його відсутність не дозволяє гарантувати повного замикання зчеплення при відсутності керуючих

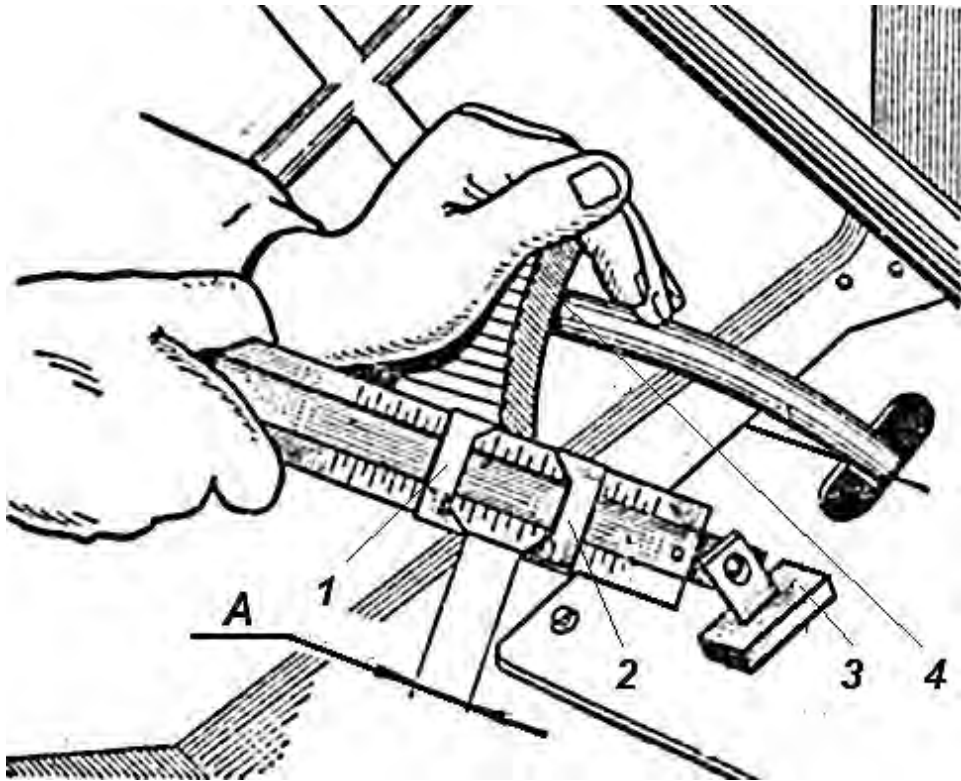


Рис. 3.19 . Перевірка вільного ходу педалі керування зчепленням з допомогою лінійки з двома движками [60, 80]:

A – вільний хід педалі керування зчепленням; 1 і 2 – відповідно верхній і нижній движки на лінійці; 3 – підставка-упор лінійки; 4 – педаль керування зчепленням

дій на педалі керування. Це може супроводжуватись пробуксовуванням зчеплення при збільшенні навантаження, підгорянні фрикційних накладок. В такому випадку говорять, що «зчеплення буксує».

3.6. Запитання для самоконтролю

1. Поясніть будову, дію та технічне обслуговування головного зчеплення трактора (на прикладі трактора типу ХТЗ-17221).
2. Проаналізуйте типи зчеплень автомобілів і тракторів.

3. Поясніть принцип дії та застосування гідротрансформатора.
4. Поясніть дію пристроїв, що узгоджують дію зчеплень і коробок передач тракторів.
5. До яких груп, згідно наведеної класифікації, можна віднести зчеплення трактора John Deere/
6. Особливості будови постійно замкненого і не постійно замкненого зчеплень.
7. Принципи дії електромагнітного зчеплення та гідромуфти.
8. Вимоги до зчеплень.
9. Функції зчеплення.
10. За якими ознаками класифікують фрикційні зчеплення?
11. Чим забезпечується плавність вмикання фрикційних зчеплень?
12. Як змінюється вільний хід педалі зчеплення в процесі зношення фрикційних накладок?
13. Механізми керування фрикційними зчепленнями.
14. Користуючись схемою пояснити дію механізму вимикання зчеплення з пневмопідсилювачем.
15. Користуючись схемою пояснити дію механізму вимикання зчеплення з механічним підсилювачем.
16. Причини можливого пробуксовування фрикційного зчеплення.
17. Причини можливого неповного вимкнення зчеплення.
18. Користуючись схемою, пояснити принцип дії двопотокового зчеплення.
19. Охарактеризуйте основні операції технічного обслуговування фрикційних зчеплень.

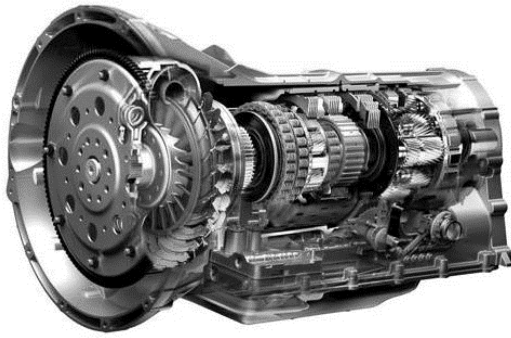
20. Які різновиди зчеплень використовують на тракторах виробництва John Deere.

21. Чим відрізняються зчеплення «малих» тракторів виробництва John Deere від стандартних тракторів того ж виробника.

22. Яке зчеплення з елементом передачі крутного моменту мають ведені диски зчеплення стандартних тракторів виробництва John Deere.

23. Яке зчеплення з елементом передачі крутного моменту мають ведучі диски зчеплення стандартних тракторів виробництва John Deere.

24. Який тип фрикційних дисків зчеплення використано на тракторі типу John Deere 6920SE



4. КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ І РОЗДАВАЛЬНІ КОРОБКИ. ПРОМІЖНІ З'ЄДНАННЯ І КАРДАННІ ПЕРЕДАЧІ

4.1. Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу

Вивчення коробок передач, роздавальних коробок, проміжних з'єднань та карданних передач мобільних машин доцільно здійснювати в такій послідовності:

- призначення;
- вимоги;
- класифікація;
- загальна будова;
- принцип дії;
- основні операції технічного обслуговування.

Ознайомившись з призначенням коробок передач, вимогами до них, класифікацією та кінематичними схемами, приступають до вивчення будови ступінчастих коробок передач. При цьому слід відзначити їх широке розповсюдження, недоліки і перспективи розвитку.

Окремо розглядається будова і робота ступінчастих коробок передач з перемиканням без розриву потоку потужності. При вивченні конструкцій коробок передач слід звернути увагу на розміщення валів, рухомих і нерухомих шестерень, принцип дії блокуючого механізму, синхронізаторів, механізму переключення, пристрою для запобігання

запуску двигуна при включеній передачі. Засвоїти призначення, принцип дії і правила користування реверсом та ходозменшувачем. Звернути увагу на автоматичне включення переднього ведучого моста.

Розглянути основні напрямки вдосконалення коробок передач, викликані необхідністю забезпечення кращого використання потужності двигуна, зменшення їх шумності і підвищення надійності.

При вивченні проміжних з'єднань тракторів необхідно усвідомити, що необхідність їх застосування викликана не співвісністю валів, неточністю виготовлення деталей, похибками при складанні і деформацією остова. Звернути увагу на класифікацію проміжних з'єднань за кількістю шарнірів (одинарні, подвійні), їх будовою (жорсткі, еластичні, комбіновані).

При вивченні карданної передачі необхідно звернути увагу на відмінність у її призначенні порівняно з проміжним з'єднанням (карданна передача застосовується для передачі крутного моменту між валами, віддаленими один від одного і розташованими під деяким кутом, який може змінюватися); нерівномірність обертання веденого вала простої карданної передачі і методи для її запобігання; правила складання та технічного обслуговування карданної передачі.

4.2. Призначення, вимоги та класифікація коробок передач та роздавальних коробок

Коробка передач (КП) призначена для зміни крутного моменту двигуна та швидкості руху машини за величиною і напрямком та для забезпечення тривалої зупинки без вимикання двигуна.

Основні вимоги до коробок передач та роздавальних коробок:

- збільшення тягового зусилля до значення необхідного для переборювання опору рухові в заданих експлуатаційних умовах при хороших показниках паливної економічності;
- забезпечення оптимального використання потужності двигуна;
- забезпечення ефективного керування перемиканням передач;
- високий к.к.д. на найбільш вживаних передачах;
- наявність нейтрального положення для забезпечення тривалої зупинки без вимикання двигуна;
- можливість відбору потужності для приводу додаткового обладнання.

Основна класифікація коробок передач.

Коробки передач розрізняють наступним чином:

а) за призначенням:

- основна;
- роздавальна;
- понижуючий, або підвищуючий редуктор;
- ходозменшувач;

б) за типом зубчатих передач:

- з нерухомими осями валів;
- планетарні

в) за числом валів:

- двохвальні;
- трьохвальні;
- чотирьохвальні;

г) за числом передач переднього ходу:

- трьохступінчасті;

- чотирьохступінчасті;
 - п'ятиступінчасті і т.д.;
- д) за конструктивним оформленням:
- у окремому знімному корпусі;
 - у загальному корпусі з іншими агрегатами трансмісії;
- е) за принципом перемикавання:
- з рухомими зубчатими колесами;
 - з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення;
- є) за розміщенням валів відносно осі машини:
- з поздовжнім розміщенням;
 - з поперечним розміщенням;
- ж) за кількістю рухомих кареток:
- двохходові;
 - трьохходові;
 - чотирьохходові і т.д.

4.3. Передачі тракторів і автомобілів

Для якісного вивчення будови того чи іншого агрегату необхідно мати уявлення для яких задач створений агрегат. Конструкція коробки передач істотно залежить від розміру швидкості та крутного моменту, які вона повинна забезпечувати в поєднанні з відповідним джерелом енергії. Виходячи з призначення трактора і автомобіля (трактор – складна самохідна машина призначена для переміщення і приводу робочих органів начіпних, напівначіпних і причіпних машин і знарядь, перевезення вантажів у причепах та приводу стаціонарних машин від валу відбору потужності (ВВП) та через приводний шків; автомобіль –

складна самохідна машина призначена для перевезення вантажів на високих швидкостях) можна стверджувати, що трансмісія трактора повинна забезпечувати вищі значення ведучого моменту, що забезпечується при нижчих швидкостях руху, а, відповідно, і при вищих передачних числах трансмісії. Трансмісія ж автомобіля розраховується на забезпечення високих швидкостей, що досягається при нижчих значеннях передаточних чисел. Існує градація передач тракторів і автомобілів, основні параметри якої приведені нижче.

➤ *Передачі тракторів:*

- основні (робочі) - $V=1,4 \dots 4,2$ м/с;
- транспортні - $V= 4,2 \dots 9,5$ (і більше) м/с;
- уповільнені - $V= 0,0 \dots 0,4$ м/с;

➤ *Передачі автомобілів:*

- вищі, їх розрізняють двох типів, а саме:
 - прямі ($i=1,0$);
 - підвищуючі ($i<1,0$);
- нижчі ($i>1,0$).

Приведена градація визначає конструктивні параметри і будову коробок передач.

Все розмаїття існуючих сьогодні в експлуатації коробок передач можна об'єднати у чотири основні групи, а саме:

- ✓ механічні коробки передач;
- ✓ автоматичні коробки передач;
- ✓ роботизовані коробки передач;
- ✓ варіативні (безступінчасті) коробки передач.

Нижче приведено загальну будову, принципові схеми і принцип дії коробок передач віднесених до кожної з названих чотирьох груп.

4.4. Загальна будова, принципові схеми і принцип дії коробок передач

4.4.1. Механічні коробки передач

В історичному плані створення коробки передач відповідає появі силових установок і використання їх для приведення в дію як стаціонарних, так і мобільних машин. Винахідником коробки передач вважають Карла Бенца, який понад сто років тому створив першу коробку передач, механізм якої був реалізований парою шківів різного діаметра, які були розташовані на ведучому валу машини. Ці два шкиви були з'єднані з валом силової установки (двигуна) з допомогою ремня. Залежно від умов руху (більше навантаження, або менше навантаження) ремінь, з допомогою спеціального важеля переставлявся з одного шківа на інший. Це дозволяло змінювати передаточне число приводу ведучого вала і, відповідно, крутний момент, який передавався на ведучий вал, на якому кріпилися ведучі колеса. До нашого часу такий принцип використовується у велосипедах, але вже на ланцюговій передачі [33].

Сучасні механічні коробки передач складаються з набору шестерень, а зміна передаточного числа реалізується шляхом введення в зачеплення шестерень відповідної передачі з допомогою важеля, або іншого пристрою.

Загальний вигляд однієї з найпростіших коробок передач показаний на рис. 4.1.

Приведена на рис. 4.1 коробка передач не є самою простою, однак для аналізу і розгляду принципу її дії вибрана саме вона. Це пояснюється тим, що на приведеній схемі показано три вали, а саме:

- ❖ первинний (поз. 2);

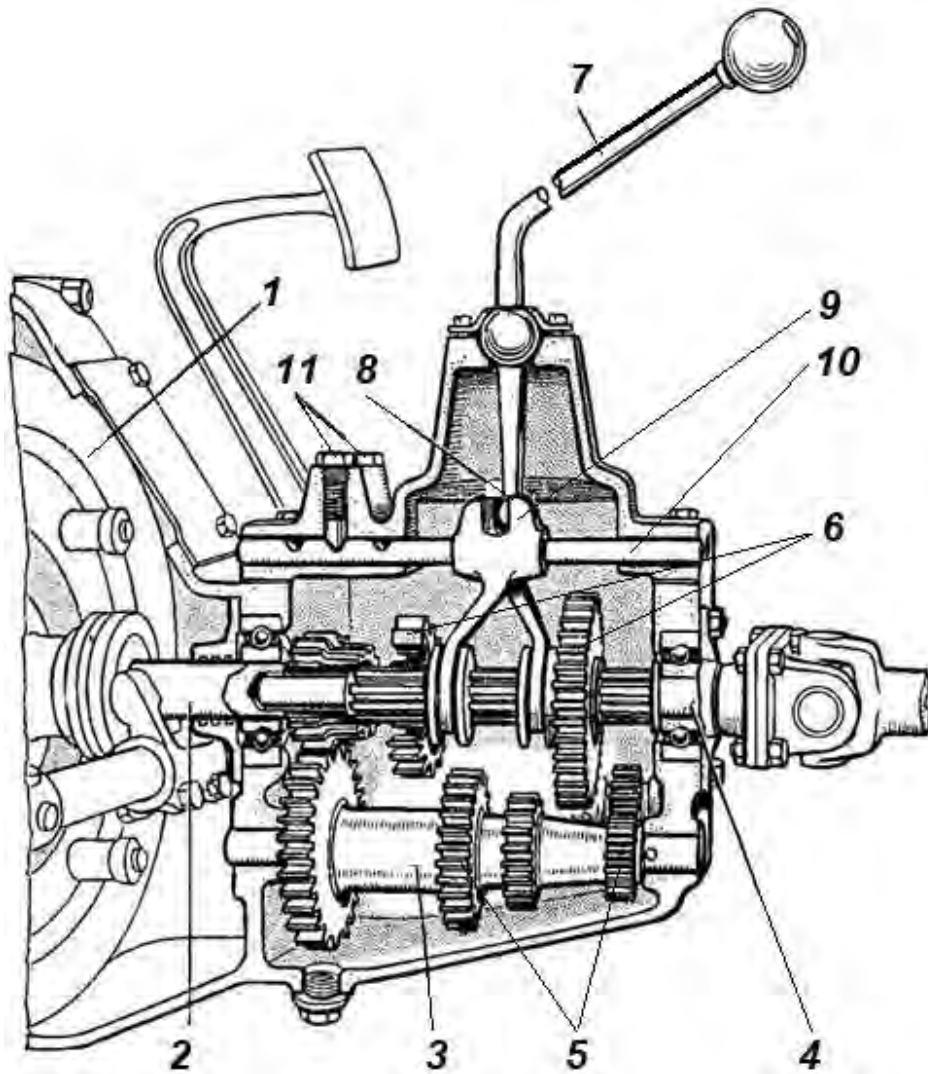


Рис. 4.1. Загальний вигляд однієї з найпростіших механічної коробки передач [56]:

1 – зчеплення; 2 – первинний вал коробки передач; 3 – проміжний вал; 4 – вторинний вал; 5 – нерухомі зубчасті колеса (шестерні); 6 – рухомі зубчасті колеса (каретки); 7 – важіль перемикання передач; 8 – механізм перемикання передач; 9 – вилка переміщення кареток механізму перемикання передач; 10 – повзун розташування вилки механізму перемикання передач; 11 – фіксатори положення повзунів механізму перемикання [56]

- ❖ проміжний (поз. 3);
- ❖ вторинний (поз. 4).

І саме так називаються вали коробки передач. Іноді в технічній літературі первинний вал можуть називати вхідним, а вторинний вихідним. Такі назви будуть коректними для редуктора, а не для коробки передач мобільної машини. Виходячи з викладеного, можна стверджувати, що на рис. 4.1 представлено трьохвальну коробку передач.

Принцип дії коробки передач, зображеної на рис. 4.1 наступний. Крутний момент від колінчастого валу двигуна через зчеплення 1 передається на первинний вал коробки передач 2, якщо той є об'єднаний в одну деталь з валом зчеплення (таке технічне рішення поширене в конструкціях трансмісій автомобілів, а в трансмісіях тракторів вал зчеплення з'єднується з первинним валом коробки передач через проміжне з'єднання). Далі від первинного валу 2 через пару шестерень крутний момент передається на проміжний вал 3 і далі ще через одну пару шестерень до вторинного вала коробки передач 4. Таким чином, обертовий рух у коробці передач, представленої на рис. 4.1, трансформується з допомогою двох пар шестерень. При цьому напрям обертального руху не змінюється. Для зміни передаточного числа, а, відповідно, і передачі, необхідно з допомогою важеля 7 і механізму перемикачів 8 завести в зачеплення відповідну рухому шестерню (каретку) 6, яка встановлена на шліцах вторинного валу 4 на ковзній посадці з нерухомою шестернею 5, встановленою на проміжному валу 3 на шпонці (шліцах, або виготовлена за одне ціле з валом). Варто також зазначити, що на рис. 4.1 для спрощення не позначена шестерня задньої передачі, що враховано на рис. 4.2.

Принципова схема трьохвальної коробки передач може мати вигляд, приведений на рис. 4.3.

Більш простішою, за конструкцією, є двохвальна коробка передач – рис. 4.4.

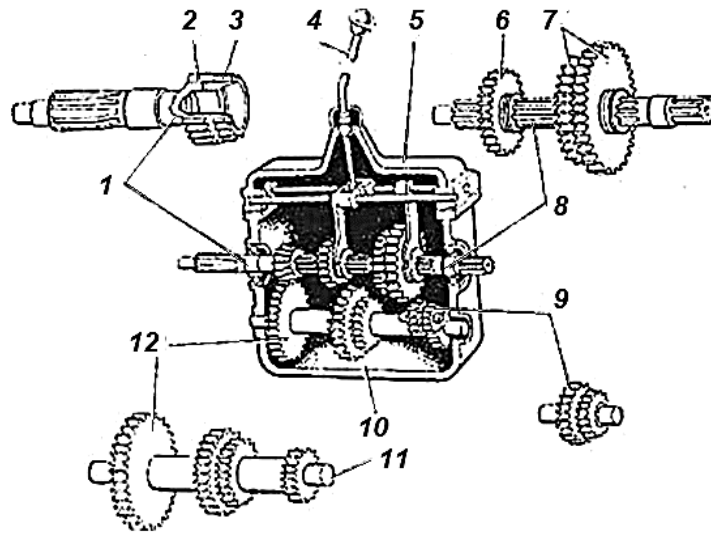


Рис. 4.2. Схема трьохвальної коробки передач в деталях [32]:

1 – первинний вал; **2** – шестерня первинного вала; **3** – зубчастий вінець; **4** – важіль перемикання передач; **5** – кришка; **6** – рухома шестерня III і IV передач; **7** – рухомий блок шестерень I і II передач; **8** – **вторинний вал**; **9** – блок шестерень заднього ходу; **10** – корпус; **11** – **проміжний вал**; **12** – шестерня постійного зачеплення [32]

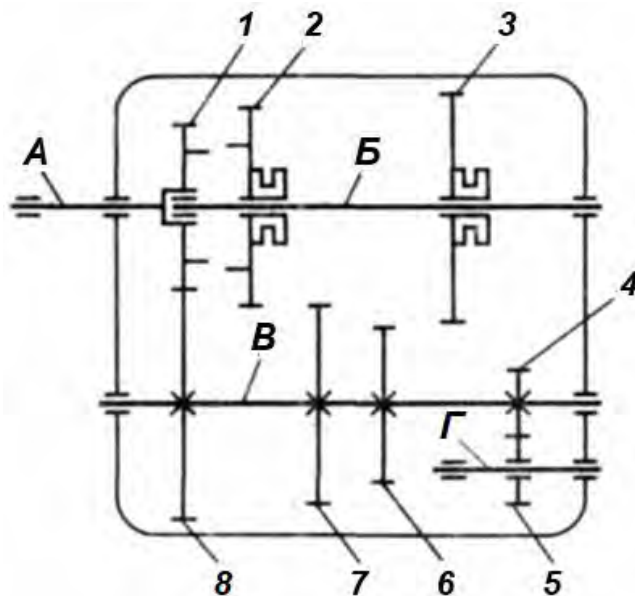


Рис. 4.3. Принципова схема трьохвальної коробки передач [70]:

A – первинний вал; **B** – вторинний вал; **V** – проміжний вал; **Г** – вісь зубчастого колеса передачі заднього ходу; **1 - 8** – шестерні (зубчасті колеса) [70]

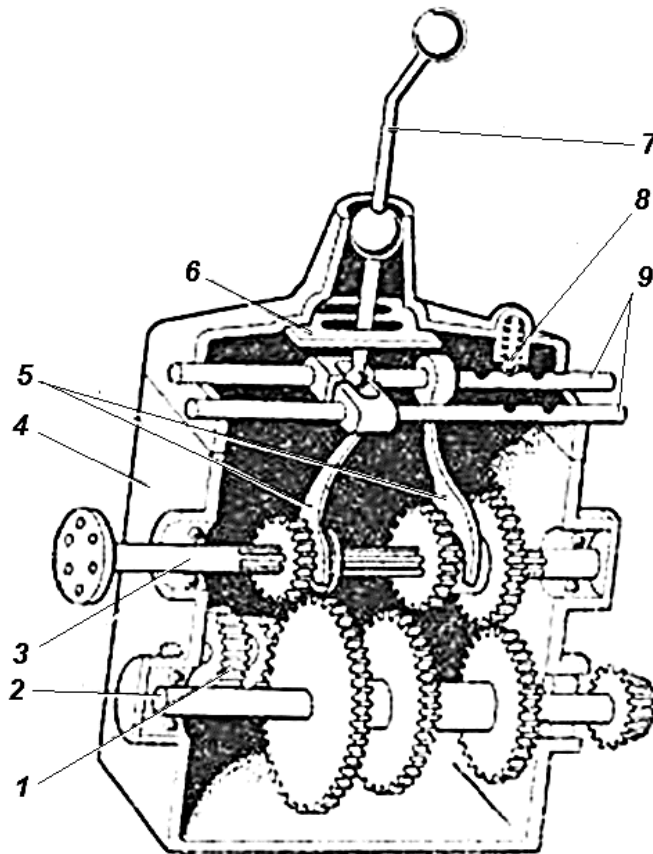


Рис. 4.4. Схема найпростішої двохвальної коробки передач [32]:

1 – блок-шестерня задньої передачі; 2 – вторинний вал; 3 – первинний вал; 4 – корпус коробки передач; 5 – вилки; 6 – куліса; 7 – важіль перемикавання передач; 8 – фіксатор; 9 – повзуни [32]

Принцип дії коробки передач, зображеної на рис. 4.4 подібний до трьохвальної коробки передач. Різниця полягає в тому, що, за відсутності проміжного вала, обертовий рух і крутний момент у такій коробці передач трансформуються тільки однією парою шестерень. Останнє веде до зміни напрямку обертання вторинного валу по відношенню до первинного, що необхідно враховувати при проектуванні трансмісій.

Принципова схема двохвальної коробки передач представлена на рис. 4.5.

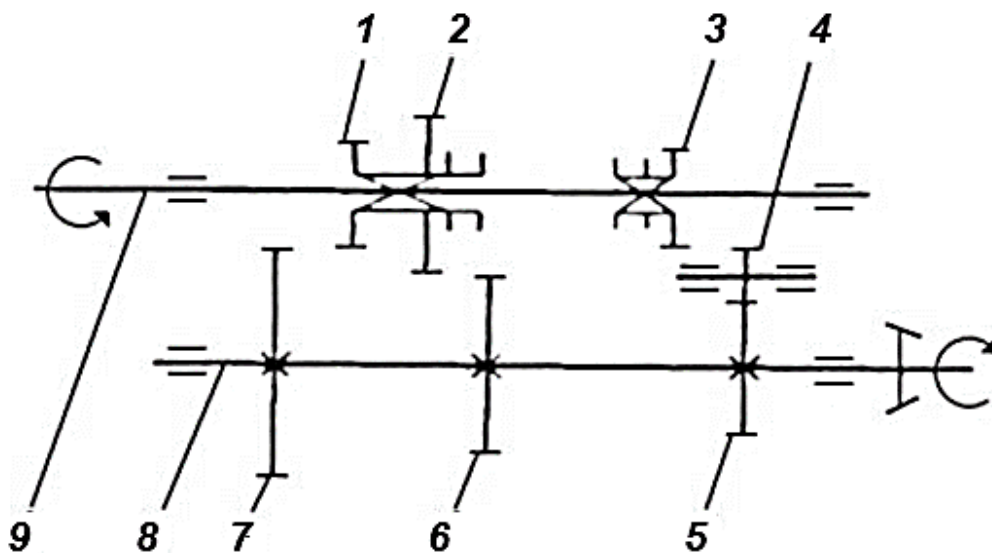


Рис. 4.5. Принципова схема двохвальної коробки передач [40]:
 1, 2, 3 – шестерні первинного вала; 5, 6, 7 – зубчасті колеса
 вторинного вала; 8 – вторинний вал; 9 – первинний вал [40]

В конструкціях сучасних мобільних машин використовуються коробки передач і з більшою кількістю валів, але назви валів не змінилися. Вище були названі всі вали коробки передач – первинний, вторинний і проміжний (див. рис. 4.1, 4.2 та 4.3). При збільшенні кількості валів до чотирьох назви валів не змінилися, а змінилася кількість валів з тими, чи іншими назвами. Для прикладу варто розглянути конструкцію коробки передач тракторів типу Т-150, ХТЗ-153 тощо – рис. 4.6.

Особливість конструкції коробки передач зображеної на рис. 4.6 полягає в тому, що вона була створена для організації окремого приводу лівої і правої гусеничних стрічок. Тим само, за такої конструкції на кожну із гусеничних стрічок може передаватися різний ведучий момент, різна частота обертання ведучих зірочок. Потік передачі ведучого моменту на кожну із ведучих зірочок не припиняється,

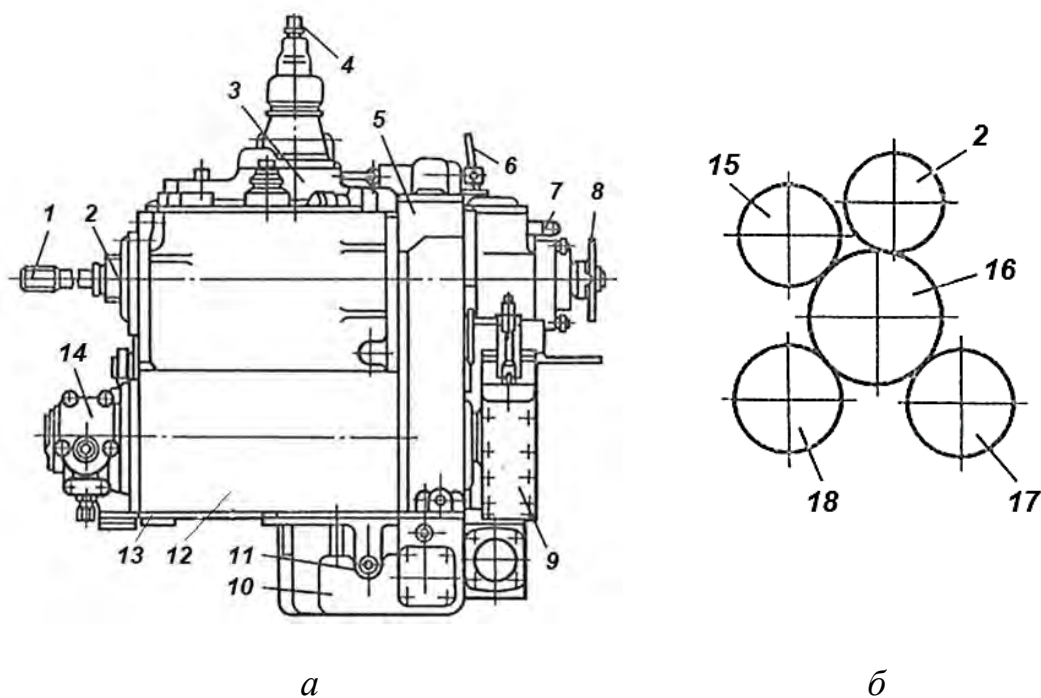


Рис. 4.6. Коробка передач тракторів типу Т-150, ХТЗ-153 [35]:
а – загальний вигляд (вигляд збоку); *б* – схема розташування валів (вигляд зпереду); **1** – вал приводу ВВП; **2** – первинний вал; **3** – кришка КП; **4** – важіль перемикання передач; **5** – задній картер; **6** – важіль включення насоса гідравлічної начіпної системи; **7** – валик включення валу відбору потужності (ВВП); **8** – фланець під'єднання карданної передачі; **9** – стрічкове гальмо; **10** – картер (гідропанель); **11** – валик управління лівим клапаном скидання тиску; **12** – корпус коробки передач; **13** – лист; **14** – розподільник управління; **15** – вал заднього ходу і сповільнених передач; **16** – проміжний вал; **17** і **18** – відповідно, правий і лівий вторинні вали [35]

за виключенням штатно створених ситуацій при розвороті на місті, що дозволяє реалізувати кінематичний спосіб повороту.

Сучасні механічні коробки передач більш складніші і включають пари шестерень постійного зачеплення, передача крутного моменту через які забезпечується рухомими зубчастими муфтами, гідропідтискними муфтами тощо.

Загальний вигляд сучасної механічної коробки передач показано на рис. 4.7.

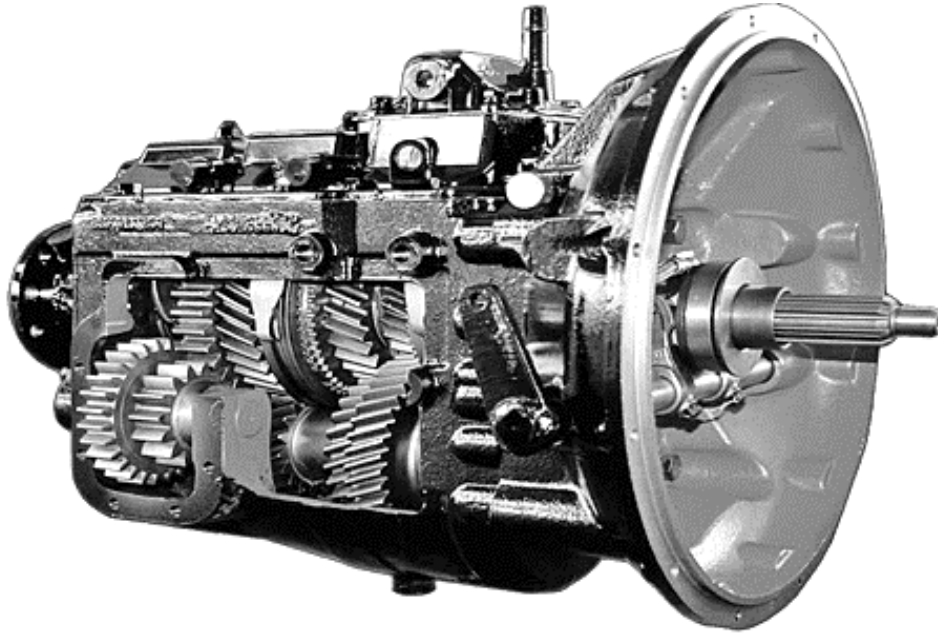


Рис. 4.7. Загальний вигляд коробки передач

На рис. 4.7 представлена проста механічна коробка передач з зубчатими колесами і шестернями постійного зачеплення для основної групи передач. Використання шестерень постійного зачеплення дозволяє:

- продовжити термін експлуатації зубчастих пар за рахунок уникнення зносу зубів під час перемикання передач;
- зменшити шумність під час роботи за рахунок використання шестерень з косозубим зачепленням.

Принципова схема найпростішої коробки передач з шестернями постійного зачеплення показана на рис. 4.8.

Принцип дії коробки передач представленої на рис. 4.8 полягає в наступному.

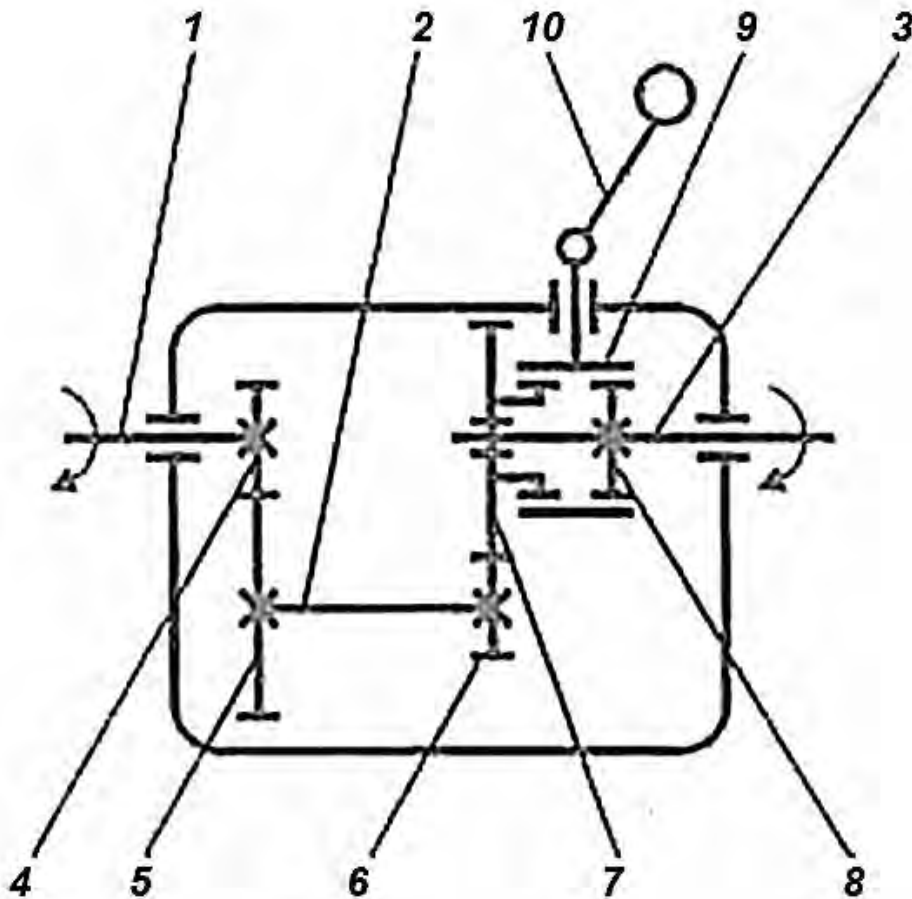


Рис. 4.8. Принципова схема найпростішої коробки передач з шестернями постійного зачеплення:

1 – первинний вал; 2 – проміжний вал; 3 – вторинний вал; 4 – ведуча шестерня первинного вала; 5 – ведена шестерня проміжного вала; 6 – ведуча шестерня проміжного вала; 7 – ведена шестерня вторинного вала з ведучою шестернею зубчатої муфти; 8 – ведена шестерня зубчатої муфти; 9 – рухома частина зубчатої муфти; 10 – важіль перемикання передач

Як і у коробок передач з рухомими зубчастими колесами (каретками) обертотий рух і крутний момент від двигуна і зчеплення підводиться через первинний вал 1, далі через жорстко посаджені на валах шестерні 4 і 5 трансформується і підводиться до проміжного валу 2. Жорстко посаджена на валу 2 шестерня 6 приводить в обертотий рух

шестерню 7 з ведучою шестернею зубчатої муфти посаджену на підшипнику на вторинному валу 3. При цьому вторинний вал 3 не буде обертатися. На вторинному валу на шліцах жорстко посаджена ведена частина зубчатої муфти 8. Ведуча і ведена частини зубчатої муфти мають однаковий діаметр і профіль шліців і розташовані на мінімальноможливій відстані одна від одної. Коли передача вимкнута і крутний момент та обертовий рух не передаються на вторинний вал 3 ружома частина зубчатої муфти 9 повинна знаходитись або на веденій шестерні зубчатої муфти, або на ведучій (частіше на веденій). Для того, щоб передати обертовий рух і крутний момент на вторинний вал 3 необхідно важелем 10 змістити рухому частину зубчатої муфти 9 так, щоб вона одночасно знаходилась як на ведучій, так і на веденій частинах зубчатої муфти. Це забезпечить замикання зубчатої муфти і передачу крутного моменту на вторинний вал і далі по ланцюгу трансмісії на ведучі колеса мобільної машини. Окрім можливості продовжити термін експлуатації зубчастих пар за рахунок уникнення зносу зубів під час перемикання передач, зменшити шумність під час роботи за рахунок використання шестерень з косозубим зачепленням, така конструкція зубчастих зачеплень дозволяє зменшити і габарити коробки.

Сучасні мобільні машини обладнуються механічними коробками передач значно складніших конструкцій. Приклад сучасної механічної шестиступінчастої коробки передач з шестернями постійного зачеплення, яка використовується на автомобілях типу Touareg представлений на рис. 4.9 [92].

Основні відмінності конструкцій механічних коробок передач проявляються в конструкціях окремих їх вузлів і агрегатів, що вказує на необхідність розгляду саме їх.

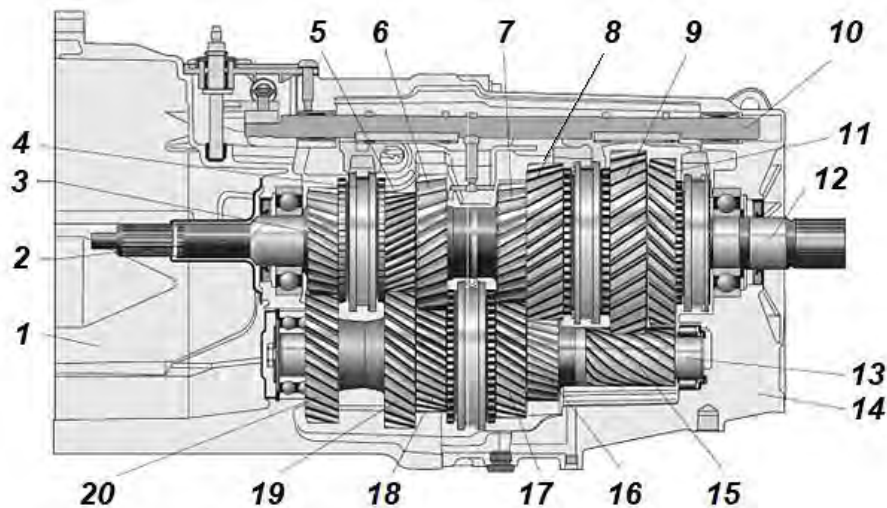


Рис. 4.9. Механічна коробка передач автомобіля Touareg [92]:

1 – картер зчеплення; 2 – первинний вал; 3 – шестерня постійної передачі обертового руху на первинному валу; 4 – муфта синхронізатора; 5 – шестерня шостої передачі; 6 – шестерня третьої передачі, яка обертається разом з валом; 7 – шестерня четвертої передачі, яка обертається разом з валом; 8 – шестерня другої передачі; 9 – шестерня першої передачі; 10 – центральний шток перемикання передач; 11 – шестерня вмикання передачі заднього ходу; 12 – вторинний вал; 13 – проміжний вал; 14 – задня частина коробки передач; 15 – шестерня першої передачі і передачі заднього ходу, яка обертається разом з валом; 16 – шестерня другої передачі, яка обертається разом з валом; 17 – шестерня включення четвертої передачі; 18 – шестерня третьої передачі; 19 – шестерня шостий передачі, яка обертається разом з валом; 20 – ведена шестерня постійної передачі обертового руху від первинного валу коробки передач [92]

4.4.1.1. Особливості конструкцій окремих агрегатів механічних коробок передач

Для забезпечення ефективної роботи механічних коробок передач в їх конструкціях використовується ряд технічних рішень основними серед яких є:

- рухомі зубчасті колеса (каретки);
- рухомі зубчасті муфти;
- синхронізатори;
- механізми керування.

Рухомі зубчасті колеса (каретки) – деталі конструкції механічних коробок передач, призначена, за рахунок можливості переміщуватися на шліцах по валу в осьовому напрямку, вводити в зачеплення потрібні пари шестерень. Принципова схема конструктивної реалізації коробки передач з рухомими зубчастими колесами (каретками) представлена на рис. 4.10 [40].

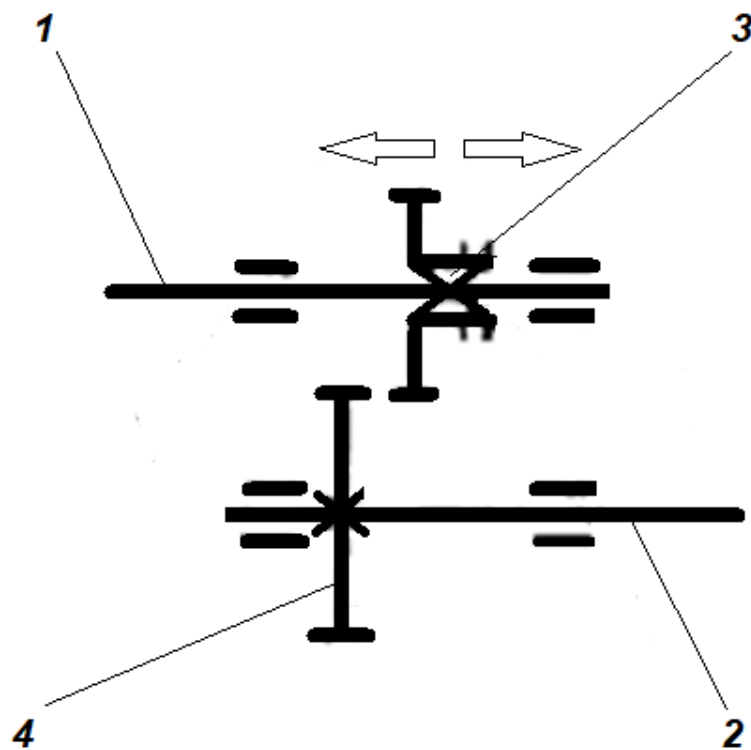


Рис. 4.10. Принципова схема конструктивної реалізації коробки передач з рухомими зубчастими колесами (каретками) [40]:

1 - первинний (ведучий) вал; *2* – вторинний (ведений) вал; *3* – рухоме зубчасте колесо (каретка); *4* – шестерня вторинного (веденого) вала [40]

Принцип дії коробки передач з рухомими зубчастими колесами наступний. Конструктивно виконано так, щоб рухоме зубчасте колесо 3 могло вільно переміщуватись в осьовому напрямку вздовж валу, на якому воно встановлене (у випадку, представленому на рис. 4.10 це первинний вал 1). Це може бути досягнуто, наприклад, за рахунок застосування у спряженні вала з маточиною рухомого зубчастого колеса (каретки) 3 ковзної посадки. Крім того, в обертовому русі вал 1 і каретка 3 зблоковані, що реалізується з допомогою шпонки, або шліців.

За рахунок такої конструкції, оператор, переміщуючи важелем (на рис. 4.10 не показано) керування каретку 3 ліворуч, вводить її у зачеплення з шестернею вторинного вала 4, що позиціонується розташуванням каретки 3 і шестерні 4 в одній площині. Таким чином здійснюється передача обертового руху і крутного моменту між валами 1 і 2. При переміщенні ж каретки 3 праворуч, вона виходить з зачеплення з шестернею 4, що позиціонується розташуванням каретки 3 і шестерні 4 в різних площинах (як показано на рис. 4.10) і передача обертового руху та крутного моменту припиняється. Передача вимкнута.

Рухомі зубчасті муфти – елементи конструкції механічних коробок передач, призначені за рахунок наявності додаткових зубчаститих вінців на шестернях постійного зачеплення, забезпечити передачу обертового руху і крутного моменту через потрібну пару шестерень без їх переміщення. Принципова схема конструктивної реалізації коробки передач з шестернями постійного зачеплення і рухомими зубчастими муфтами представлена на рис. 4.11 [40].

Принцип дії коробки передач з шестернями постійного зачеплення і рухомими зубчастими муфтами полягає в наступному. На

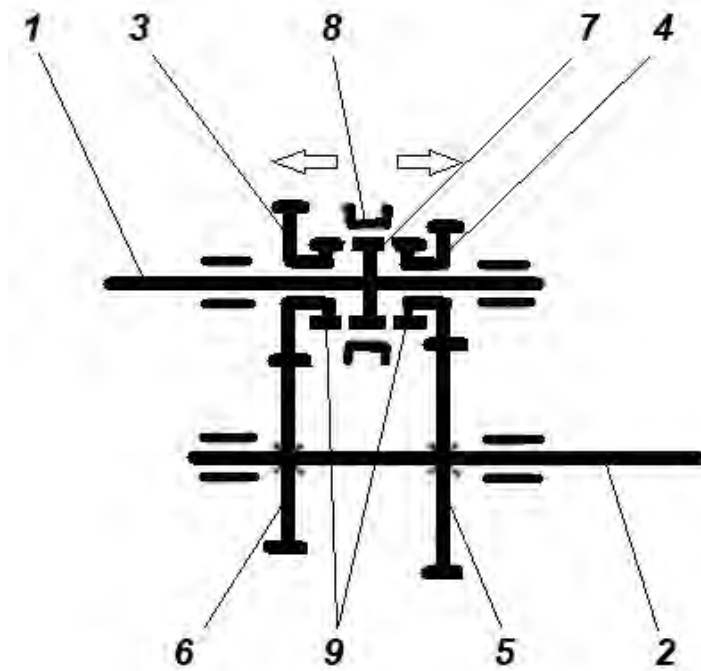


Рис. 4.11. Принципова схема конструктивної реалізації коробки передач з шестернями постійного зачеплення і зубчастою муфтою [40]:

1 – первинний (ведучий) вал; 2- вторинний (ведений) вал; 3, 4, 5 та 6 – шестерні постійного зачеплення; 7 – маточина зубчастої муфти; 8 – рухома частина зубчастої муфти; 9 – зубчасті вінці зубчастої муфти жорстко з'єднані з шестернями постійного зачеплення [40]

первинному валу *1* жорстко встановлена маточина зубчастої муфти *7*. Крім того на валу *1* на підшипниках встановлені шестерні *3* і *4*. До шестерень *3* і *4* жорстко прикріплені зубчасті вінці *9*. В постійному зачепленні з шестернею *3* знаходиться шестерня *6* жорстко укріплена на вторинному валу *2*, а у постійному зачепленні з шестернею *4* знаходиться шестерня *5* також жорстко укріплена на вторинному валу *2*. При обертанні первинного вала *1* і нейтральному положенні встановленої на шліцах маточини *7* рухомої частини зубчастої муфти *8* (даний варіант зображений на рис. 4.11) обертовий рух на вторинний

вал 2 передаватися не буде. Цей випадок буде відповідати положенню нейтральної передачі в коробці передач. Якщо ж перемістити рухому частину зубчастої муфти 8 вздовж шліців маточини 7 ліворуч або праворуч, то рухома частина зубчастої муфти 8 заблокує, відповідно, шестерню 3 або 4 з маточиною 7. Через жорсткий зв'язок маточини 7 з валом 1 обертовий рух і крутний момент будуть передаватися від валу 1 через шестерні 3 і 6 (або 4 і 5) на вторинний вал 2. Передача буде увімкнutoю. Вимкнути передачу можна установкою рухомої частини зубчастої муфти 8 в середнє нейтральне положення (як показано на схемі рис. 4.11).

Синхронізатор – агрегат конструкції механічних коробок передач, який встановлюється на валах і шестернях постійного зачеплення, призначений для синхронізації кутових швидкостей вала і шестерні при включенні передачі за рахунок сил тертя.

Принципова схема коробки передач з синхронізатором показана на рис. 4.12 [40].

На рис. 4.12 представлена трьохвальна коробка передач. Синхронізатор встановлений таким чином, що може забезпечити почергове включення двох передач. Відбувається це наступним чином.

Від двигуна в коробку передач обертовий рух і крутний момент передаються через *первинний* вал 1. Далі обертовий рух через шестерні постійного зачеплення 4 і 7 передається на проміжний вал 3. На проміжному валу 3 жорстко закріплена шестерня 6 з другої пари шестерень постійного зачеплення 5 і 6, однак шестерня 5 встановлена на вторинному валу 2 на підшипнику, що унеможлиблює передачу обертового руху і крутного моменту на вторинний вал 2. Виходячи з приведеної на рис. 4.12 схеми, обертовий рух може бути переданий через коробку передач, тобто з первинного валу 1 на вторинний 2, у два способи, а саме:

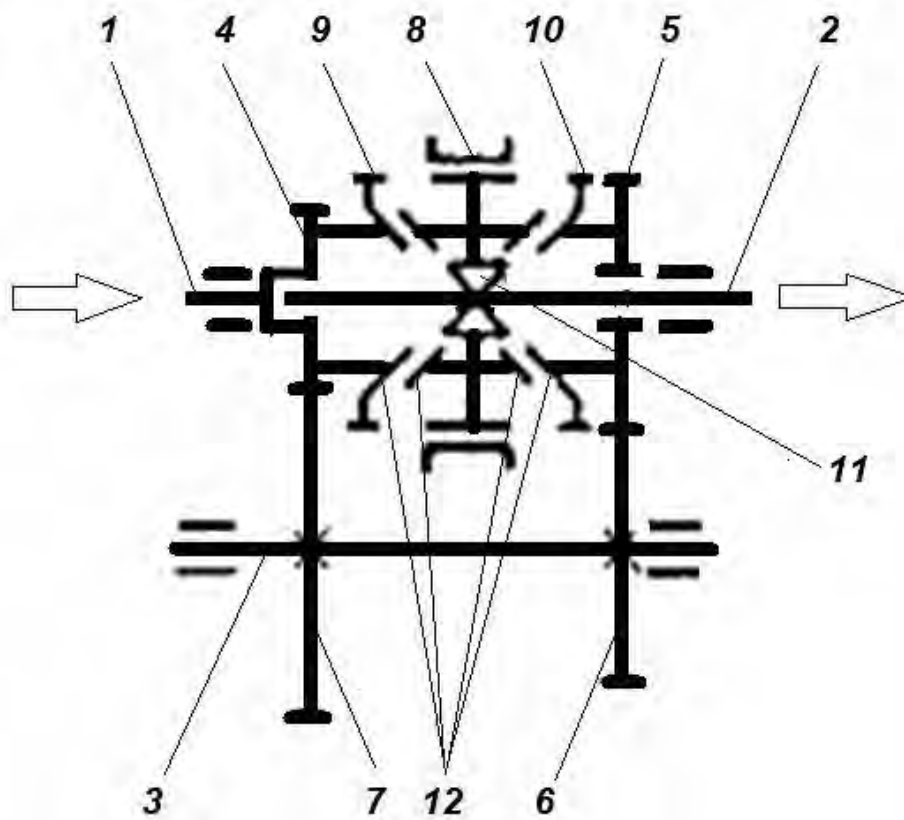


Рис. 4.12. Принципова схема коробки передач з синхронізатором [40]:

1 – первинний вал коробки передач; 2 – вторинний вал коробки передач; 3 – проміжний вал коробки передач; 4, 5, 6 і 7 – шестерні постійного зачеплення; 8 – рухома зубчаста муфта синхронізатора; 9 і 10 – зубчасті вінці синхронізатора жорстко з'єднані з шестернями; 11 – маточина синхронізатора; 12 – поверхні тертя синхронізатора [40]

○ без трансформації у коробці передач, тобто безпосередньо з валу 1 на вал 2 шляхом реалізації так званої «прямої» передачі – жорсткого з'єднання первинного 1 і вторинного 2 валів;

○ з трансформацією у коробці передач, тобто з валу 1 на вал 2 через проміжний вал 3 шляхом задіяння пар шестерень 4-7 та 6-5.

Реалізувати перший з названих способів можливо шляхом замикання між собою рухомої зубчастої муфти синхронізатора 8 та

зубчастого вінця 9 синхронізатора жорстко з'єднаного з шестернею 4. Останнє здійснюється примусовим переміщенням зубчастої муфти 8 на зубчастий вінець 9 після вирівнювання частот обертання маточини синхронізатора 11, на шліцах якого з допомогою ковзної посадки і встановлена сама рухома зубчаста муфта 8.

Реалізувати другий з наведених вище способів передачі обертового руху на вторинний вал 2 вже з трансформацією обертового руху можна аналогічним чином, але переміщуючи рухома зубчасту муфту 8 на зубчастий вінець жорстко з'єднаний з шестернею 5.

Однак, описані процеси передачі крутного моменту це вже другий, заключний етап роботи синхронізатора. Першим же і не менш важливим етапом роботи синхронізатора є вирівнювання частот обертання, зв'язаної з вторинним валом 2, маточини синхронізатора, по зовнішніх шліцах якої переміщується рухома зубчаста муфта 8 і зубчастих муфт 9 або 10 (залежно від того, яка передача вмикається). Реалізація першого етапу здійснюється за рахунок конічних (як правило) поверхонь тертя синхронізатора 12. Сутність дії синхронізатора викладена нижче.

Принцип дії умовного синхронізатора показаний на рис. 4.13.

В даному випадку, відповідно до схеми рис. 4.13, вирівнювання швидкостей муфти 4 і шестерні 2 здійснюється за рахунок взаємодії двох конічних поверхонь, між якими виникає тертя, яке і забезпечує вирівнювання швидкостей муфти, посаженої на шліцах 5 вала 1 і шестерні 2, посаженої на валу на підшипнику 3. Деталі пристрою на зображенні рис. 4.13 відрізняються від фактичного виконання синхронізаторів. Сутність дії синхронізатора можна пояснити трьома положеннями з рис. 4.13, а саме:

✓ *a* – нейтральне положення муфти 4;

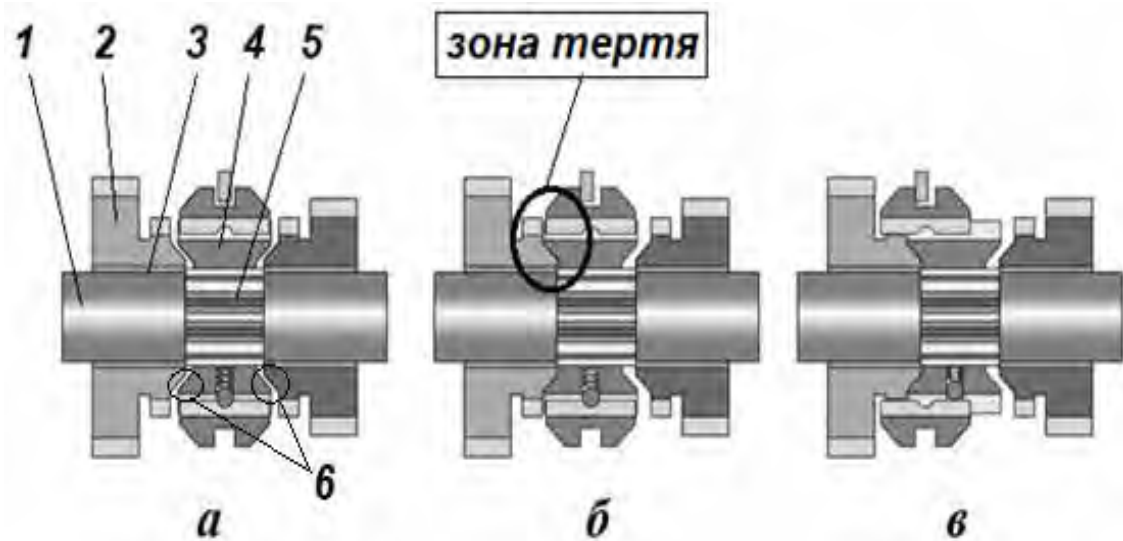


Рис. 4.13. Принцип дії умовного синхронізатора [74]:

а – нейтральне положення муфти; *б* – початок перемикання, момент вирівнювання кутових швидкостей муфти (муфта встановлена на валу на шліцах і обертається разом з валом) і шестерні (вільно встановленої на валу на підшипнику) за рахунок тертя конічних поверхонь однієї по одній; *в* – блокування муфтою шестерні, передача включена, шестерня і муфта обертаються як єдне ціле [74]; 1 – вал; 2 – шестерня; 3 – підшипник шестерні; 4 – муфта; 5 – шліци вала; 6 – поверхні тертя синхронізатора

✓ *б* – початок перемикання, момент вирівнювання кутових швидкостей муфти 4 (муфта встановлена на валу 1 на шліцах 5 і обертається разом з валом 1) і шестерні 2 (вільно встановленої на валу на підшипнику 3) за рахунок тертя конічних поверхонь однієї по одній;

✓ *в* – блокування муфтою 4 шестерні 2, передача включена, шестерня 2 і муфта 4 обертаються як єдне ціле [74]

На даний момент найбільшого розповсюдження отримали синхронізатори двох типів:

- з проміжним конічним окремим бронзовим кільцем (по типу конструкцій ВАЗ) – рис. 4.14;



Рис. 4.14. Синхронізатор з проміжним конічним окремим бронзовим кільцем

- з конічним бронзовим кільцем рухомо закріпленим на муфті (по типу конструкцій ЗИЛ, КамАЗ) – рис. 4.15.

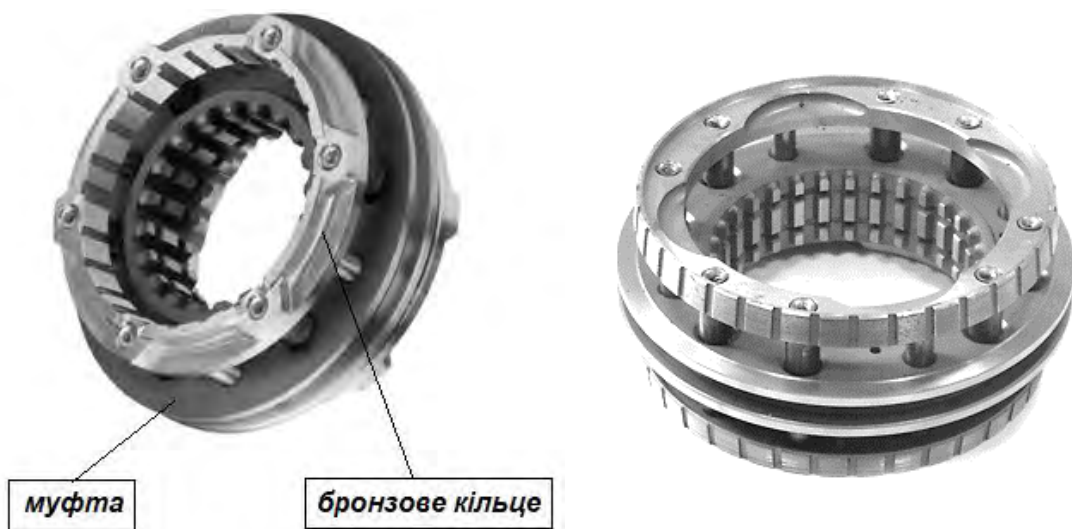


Рис. 4.15. Синхронізатор з конічним бронзовим кільцем рухомо закріпленим на муфті

Однак сутність дії обох приведених типів синхронізаторів аналогічна описаній вище.

Механізми керування. Важливе значення у роботі коробки передач відіграє її механізм керування. Саме він дозволяє ввести в зачеплення шестерні відповідних передач і утримувати їх у найкращому, з точки зору забезпечення якісного повноцінного зачеплення, положенні. Існують різні конструкції механізмів керування, що обумовлено типом мобільної машини: автомобіль, чи трактор; вантажівка, чи легковик тощо. Нижче розглянуто конструкції найбільш поширених типів механізмів керування коробками передач мобільних машин.

На рис. 4.16 приведено конструкцію механізму керування п'ятиступінчастою коробкою передач з безпосереднім тактильним контактом водія з важелем керування, виведеним в кабінку мобільної машини [52].

Розташування в одній площині шестерень відповідної передачі, з тим, щоб мати можливість передавати максимально допустимий крутний момент і уникнути не рівномірного зносу зубів по ширині забезпечують фіксатори, а запобігання включенню одночасно двох передач забезпечують замки. В конструкції механізму керування, приведеного на рис. 4.16 і фіксатори і замки розташовані в кришці коробки передач. Більш детальна конструкція фіксаторів і замків показана на рис. 4.17.

Як показано на рис. 4.17, фіксатори являють собою навантажені пружиною 8 кульки 7, які входять у поглиблення на повзуні. Поглиблення на повзуні виконані з урахуванням місця фіксації вилки 5, 7 або 8 (див. рис. 4.1 та рис. 4.16) цього повзуна з тим, щоб забезпечити розташування шестерень в одній площині.

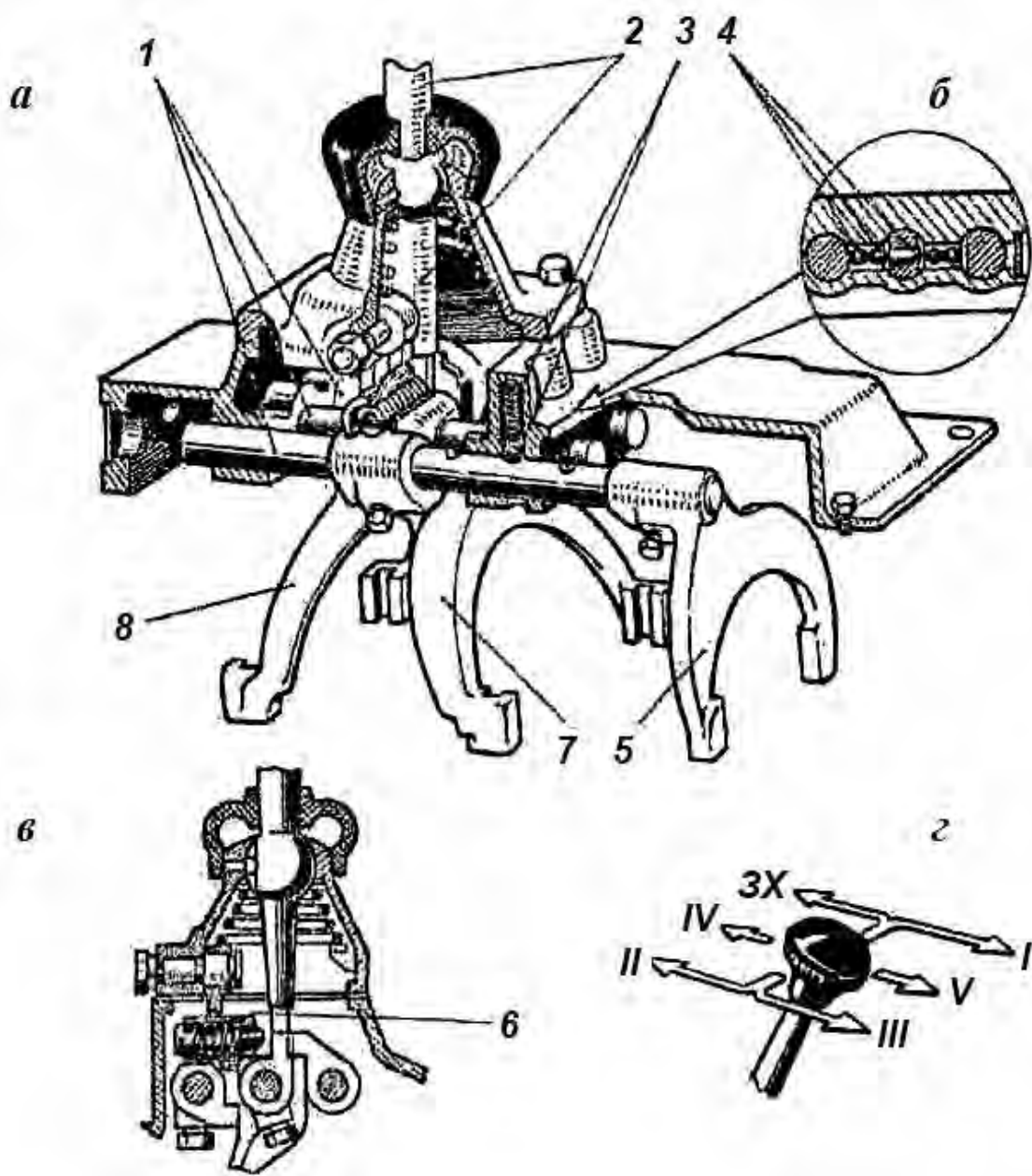


Рис. 4.16. Механізму керування п'ятиступінчастою коробкою передач з безпосереднім тактильним контактом водія з важелем керування [52]:

а – загальний вигляд з розрізом; *б* – розташування фіксаторів; *в* – розташування запобіжника вмикання заднього ходу; можливі положення важеля перемикачя передач; 1 – повзуни; 2 – важіль керування; 3 – фіксатор; 4 – замок; 5, 7, 8 – вилки перемикачя передач; 6 – запобіжник увімкнення заднього ходу [52]

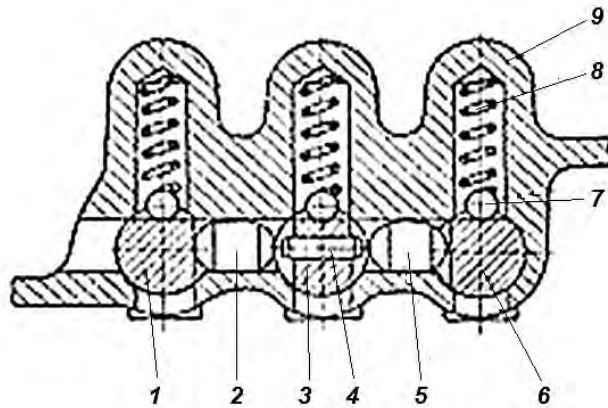


Рис. 4.17. Фіксатори і замки механізму керування коробкою передач [55]:

1 – повзун заднього ходу; 2 і 5 – плунжери (сухарики) замка; 3 – повзун третьої і четвертої передач; 4 – штифт замка; 6 – повзун першої і другої передач; 7 – кулька фіксатора; 8 – пружина фіксатора; 9 – відлив кришки коробки передач [55]

Основними елементами замка є плунжери (сухарики) 2 і 5 та штифт 4, розташовані в спеціальному каналі. Конструктивною особливістю плунжерів 2 і 5 є їх довжина. Довжину плунжера замка розраховують сумуванням відстані між сусідніми повзунами та глибини одного поглиблення на повзуні (див. рис. 4.17).

В окремих коробках передач, переважно тракторних, конструкція механізму перемикавання може включати кулісу та механізм блокування фіксаторів коробки передач – рис. 4.18 [30].

Сутність застосування куліси полягає в тому, щоб забезпечити чітке потрапляння зворотнього кінця на важелі перемикавання передач 1 у паз 4 повзуна необхідної передачі згідно схеми, показаної стрілками біля ручки важеля перемикавання передач 1 (рис. 4.19).

Сутність застосування механізму блокування в коробці передач полягає в необхідності утримання шестерень в зачепленні при передачі значних навантажень. Адже в процесі виготовлення та експлуатації

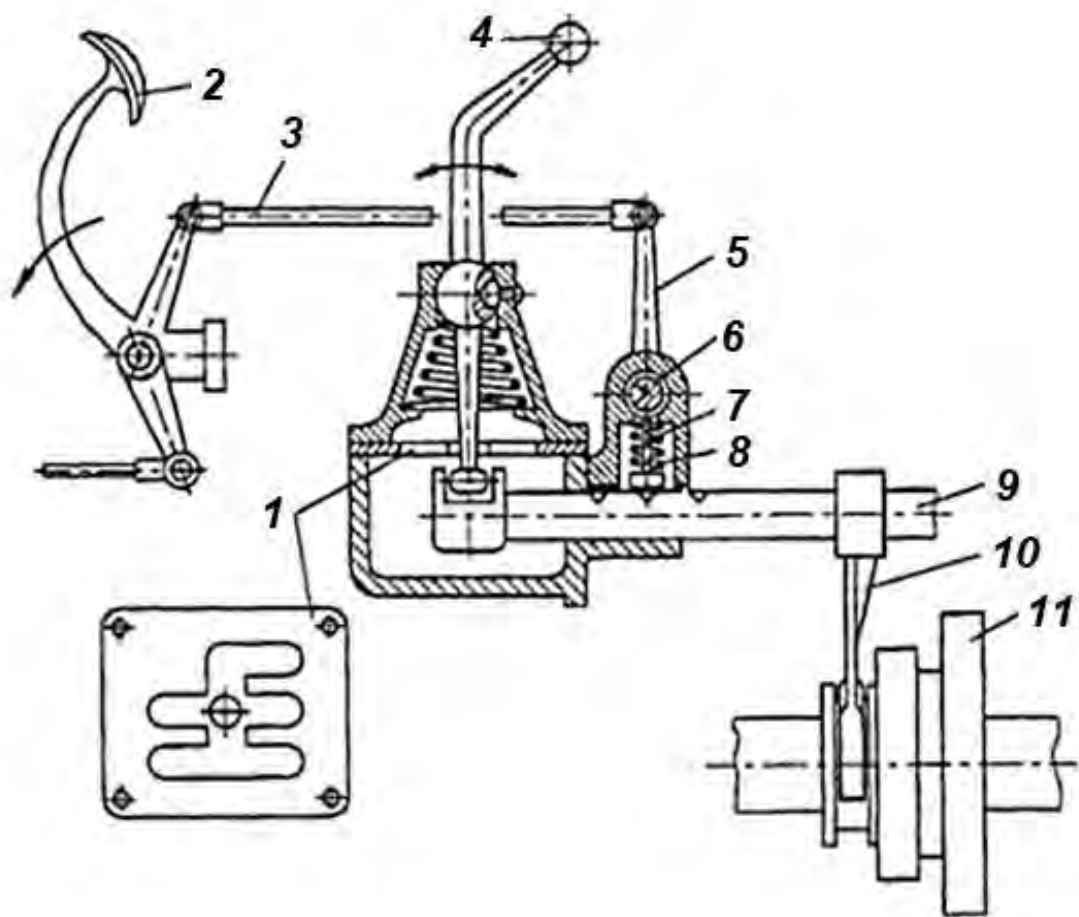


Рис. 4.18. Схема механізму перемикання з кулісою та механізмом блокування фіксаторів [30]:

1 – куліса; 2 – педаль зчеплення; 3 – тяга приводу механізму блокування фіксаторів; 4 – важіль перемикання; 5 – важіль блокування фіксаторів; 6 – валик блокування фіксаторів; 7 – фіксатор; 8 – пружина фіксатора; 9 – повзун; 10 – вилка; 11 – рухома зубчаста шестерня (каретка) [30]

важко забезпечити беззаперечну паралельність ліній контакту зубів двох шестерень, що веде до виникнення осьових зусиль в п'ятні контакту зубів і, як наслідок, виштовхування шестерень з зачеплення. Один з варіантів уникнення цього явища – примусове утримання шестерень в зачепленні шляхом зміни конструкції фіксаторів. Для

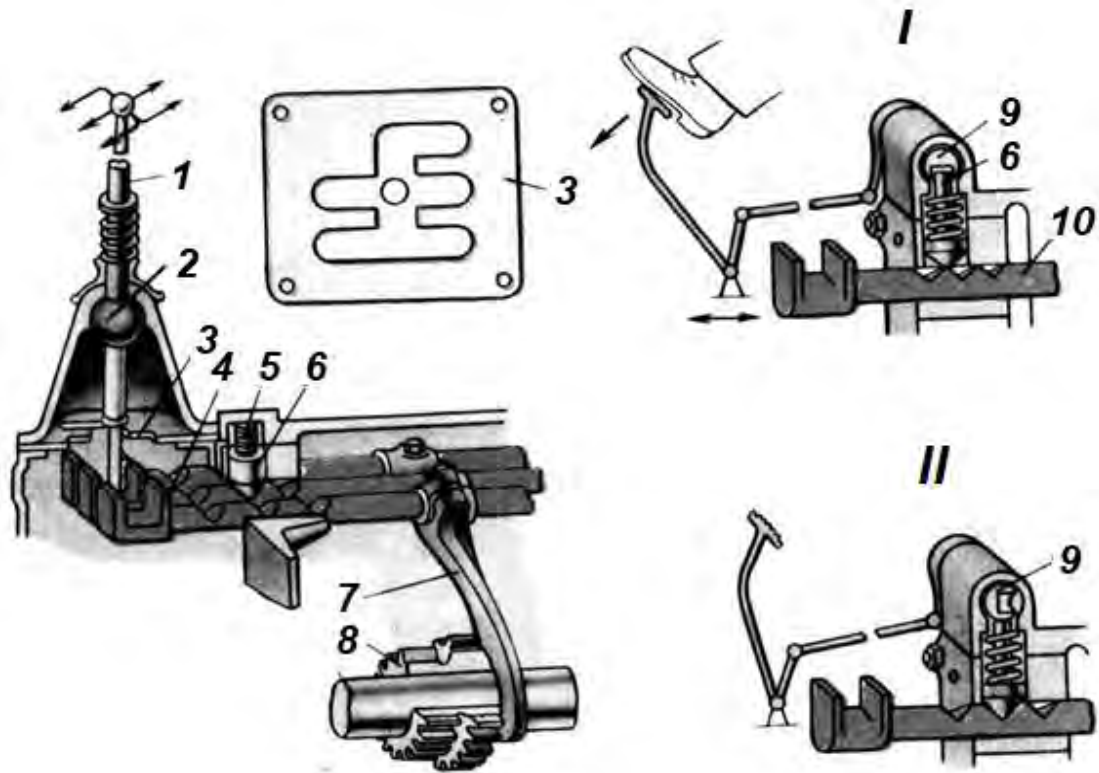


Рис. 4.19. До пояснення сутності куліси і механізму блокування в коробці передач [97]:

I – муфта зчеплення вимкнена; II – муфта зчеплення увімкнена; 1 – важіль перемикання передач; 2 – кульова опора важеля перемикання передач; 3 – куліса; 4 – паз повзуна; 5 – пружина фіксатора; 6 – фіксатор; 7 – вилка; 8 – картка; 9 – валик блокувального механізму; 10 – повзун [97]

цього фіксатор виготовили не у вигляді кульки 7, як показано на рис. 4.17, а у вигляді штока певної довжини і форми з загостренням для потрапляння в поглиблення повзуна. Над фіксатором встановили валик 9 з вифрезерованим поздовжнім пазом. Ширина пазу трохи більша діаметра штока верхньої частини фіксатора 6, а глибина – рівна глибині поглиблення в повзуні. Довжина фіксатора 6 визначається як сума відстані між повзуном 10 і блокувальним валиком 9 (без урахування глибини паза у валику) та розміром поглиблення на повзуні.

Працює механізм блокування наступним чином. При натисванні на педаль керування зчепленням (див. рис. 4.19 *Л*) за рахунок кінематичного зв'язку педалі з валиком 9, останній провертається і встановлюється вифрезерованим пазом над верхньою частиною штока фіксатора 6. Таке розташування блокувального валика 9 і фіксатора дозволяє останньому, за умови пересилення дії пружини 5, рухатися уверх. Пересилення дії пружини 5 на фіксатор 6 досягається за рахунок дії водія через важіль 1 на повзун 10. За рахунок наявності похилих поверхонь у спряженні повзун-фіксатор і намаганні перемістити фіксатор, виникає вертикальне зусилля, яке і забезпечує пересилення дії пружини 5 і підймання фіксатора 6 уверх. При цьому повзун 10 звільняється від фіксації і переміщується в потрібному напрямку для вмикання передачі. Після вмикання (вимикання) передачі під дією пружини 5 фіксатор опускається у відповідне поглиблення у повзуні, водій відпускає педаль зчеплення і кінематично зв'язаний з нею валик 9 провертається так, що вифрезерований паз розташовується вже не над фіксатором 6. При цьому фіксатор замикається у просторі визначеному сумою відстані від валика до повзуна і розміром поглиблення на повзуні, що дорівнює довжині самого фіксатора. Таким чином фіксатор 6 позбавляється рухливості у напрямку між блокувальним валиком 9 і повзуном 10 та блокує переміщення повзуна 10 і, відповідно, переміщення зубчастих шестерень (кареток) 8 в коробці передач. Коробка передач блокується на увімкнутій передачі.

За умови розташування коробки передач у місцях віддалених від поста керування мобільною машиною та для зниження шумності у салоні коробками передач керують дистанційно. На рис. 4.20 приведено приклад дистанційного приводу управління механічною коробкою передач легкового автомобіля [34].

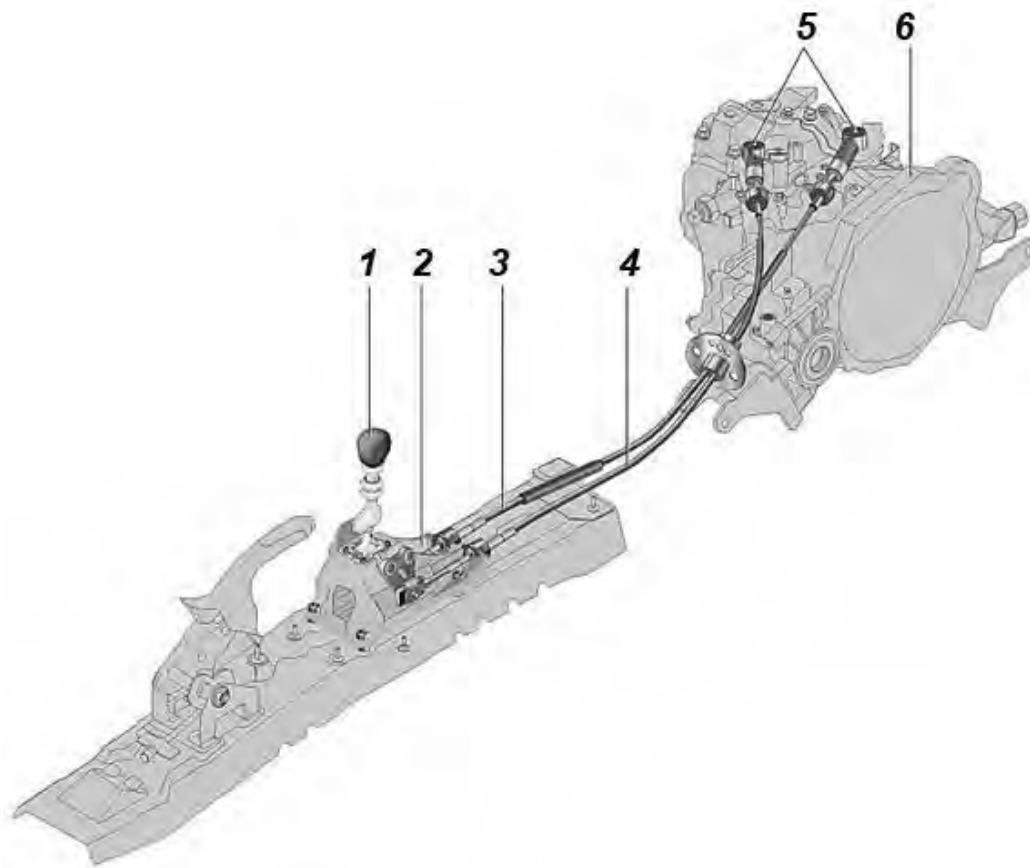


Рис. 4.20. Дистанційний привід управління механічною коробкою передач [34]:

1 – важіль перемикання передач; 2 – куліса важеля перемикання передач; 3 – трос перемикання передач; 4 – трос вибору передач; 5 – важелі механізму перемикання передач; 6 – механічна коробка передач [34]

Привід управління механічною коробкою передач (рис. 4.20) складається з куліси 2 важеля перемикання передач 1 з кульовою опорою, встановленої на корпусі кузова, двох тросів перемикання 3 і вибору 4 передач, а також механізму перемикання передач з важелями 5, встановленого в картері коробки передач 6. Для забезпечення чіткого включення передач важіль перемикання передач механізму перемикання виготовлений за одне ціле з масивною противагою (рис. 4.21).



Рис. 4.21. Важіль механізму перемикання передач з противагою автомобіля типу Volkswagen Passat B6

Як правило троси вибору і перемиканні передач конструктивно відрізняються один від одного і невзаємозамінні.

Один з варіантів дистанційного керування коробками передач є використання гідروідтискних муфт (ГПМ), основа конструкції яких розглянута у попередньому розділі. Розріз коробки передач, обладнаної гідроідтискними муфтами показаний на рис. 4.22.

На рис. 4.22 представлено двохвальну коробку передач, яка вже давно використовується на колісних тракторах виробництва ХТЗ. В коробці передач гідроідтискні муфти згруповані у блоки по дві муфти в кожному. Блоки гідроідтискних муфт 4 розташовані на вторинному валу 3. На передньому кінці вторинного вала 3 розташовано розподільник 8 перемикання передач з золотником 7. Переміщення золотника в одне з чотирьох фіксованих положень здійснюється з

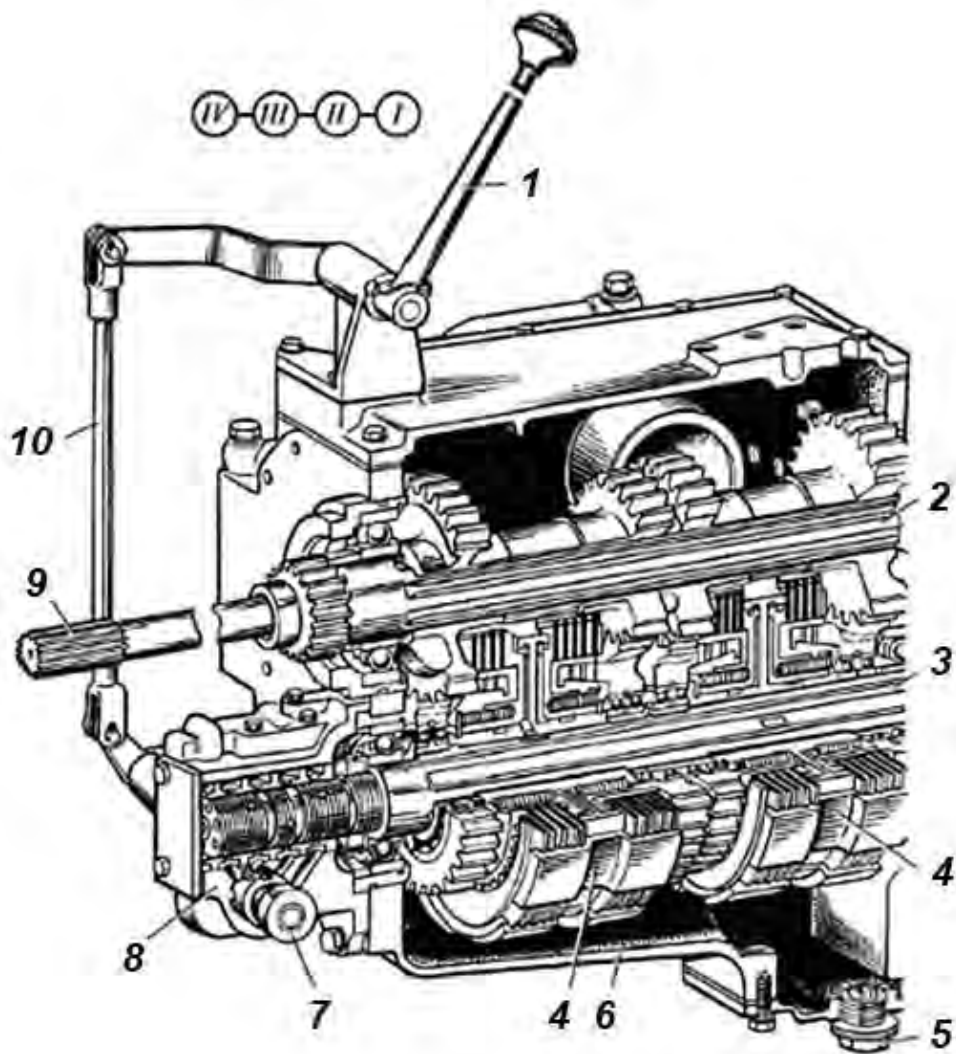


Рис. 4.22. Розріз коробки передач, обладнаної гідропідтискними муфтами трактора типу ХТЗ-17221 [40]:

1 – віжіль перемикання передач; 2 – первинний вал; 3 – вторинний вал; 4 – гідропідтискна муфта; 5 – пробка; 6 – корпус; 7 – золотник розподільника; 8 – розподільник; 9 – вал приводу валу відбору потужності; 10 – тяга керування золотником [40]

допомогою важеля *1*. В більш сучасних конструкціях керування вмиканням передач здійснюється з допомогою електричного приводу. Олива підводиться від насоса, який, як правило, встановлюється в коробці передач, подається до гідропідтискних муфт по трубопроводах,

розташованих в корпусі і біля корпуса коробки передач та по осьових каналах у вторинному валу.

Будову і принцип дії коробки передач з шестернями постійного зачеплення та гідروідтискними муфтами розглянемо на прикладі коробки виробництва ХТЗ.

Принципова схема коробки передач з шестернями постійного зачеплення та гідроідтискними муфтами представлена на рис. 4.23.

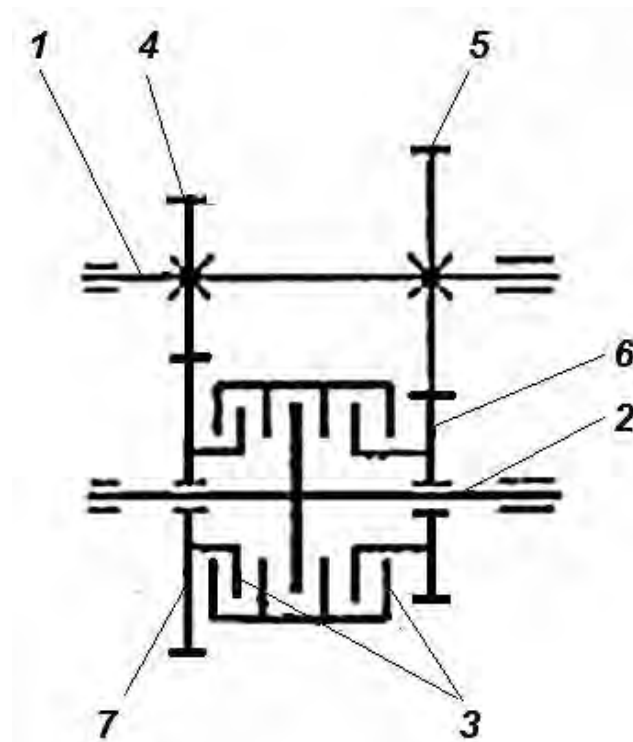


Рис. 4.23. Принципова схема коробки передач з керуванням гідроідтискними муфтами [40]:

1 – ведучий вал (первинний); 2 – ведений вал (вторинний); 3 – ведучі і ведені диски гідроідтискної муфти; 4, 5, 6 і 7 – шестерні постійного зачеплення коробки передач [40]

Принципова схема гідросистеми керування коробкою передач з шестернями постійного зачеплення та гідроідтискними муфтами та

графіком зміни тиску у ГПМ, які приймають участь у процесі перемикання передач представлена на рис. 4.24 [40].

Гідросистема керування коробкою передач з шестернями постійного зачеплення і гідропідтискними муфтами, представлена на рис. 4.24, працює наступним чином.

Насос 2 (рис. 4.24 б) забирає оливу через забірний фільтр 1 і подає її через фільтр нагнітання 3 у головну магістраль *МГ*, постійний тиск в якій підтримується за допомогою перепускного клапана 7.

Через кільцеву виточку *КВ*, радіальний та осьовий отвори золотника перепускного клапана порожнина *П* постійно з'єднана з головною магістраллю *МГ*. Жорсткість пружини клапана 7 розрахована так, що при тиску нижче 0,96 МПа, вона зміщує золотник клапана у положення, за якого він вимикає радіатор 6 і канал підведення рідини для промивання та охолодження гідропідтискних муфт 14 з магістралі *МГ* перекриваючи відповідні кромки у корпусі. З підвищенням тиску до 0,96 ... 1,05 МПа золотник пересилує жорсткість пружини і зміщується в її бік. При цьому відсічна кромка золотника відходить від кромки корпуса перепускного клапана і з магістралі надходить рідина, частина якої використовується для охолодження дисків гідропідтискних муфт і змащування підшипників шестерень постійного зачеплення на валу, а решта охолоджується в радіаторі 6 і зливається в бак 4 [40].

Використання перепускного клапана 7 обумовлено непостійністю частоти обертання колінчастого вала двигуна, який приводить в дію насос 2. Із збільшенням частоти обертання вала двигуна продуктивність насоса 2 зростає, а зі зменшенням – спадає. Відповідно до цього збільшується або зменшується подавання оливи в гідросистему клапаном, що підтримує

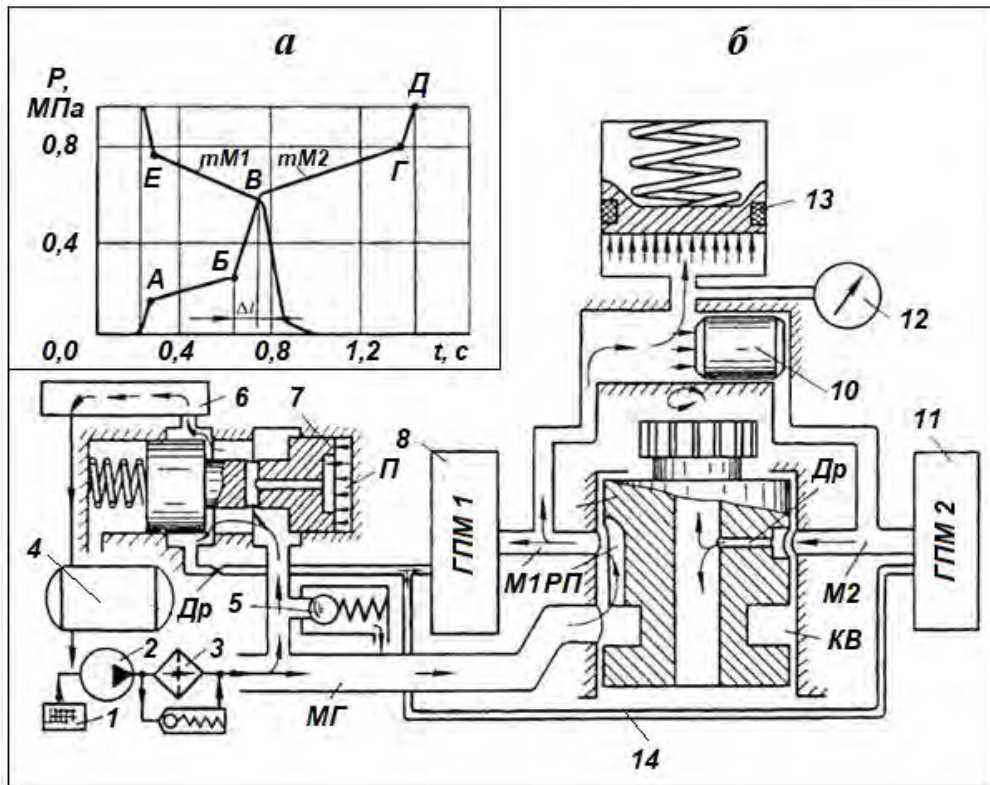


Рис. 4.24. Принципова схема гідросистеми керування коробкою передач з гідروідтискними муфтами з графіком зміни тиску і гідроідтискних муфтах [40]:

а – графічна залежність зміни тиску оливи у гідроідтискних муфтах (ГПМ), які задіяні в перемиканні передач; *б* – принципова схема гідравлічної системи коробки передач з шестернями постійного зачеплення і гідроідтискними муфтами; А, Б – відповідно початок і кінець переміщення поршня ГПМ; В – момент перемикання гідроакумулятора; Г, Е – відповідно кінець заряджання і початок розряджання гідроакумулятора; Д – тиск, підтримуваний у системі перепускним клапаном; Δt – інтервал, коли обидві ГПМ увімкнені і їхні диски пробуксовують; $mM1$, $mM2$ – відповідно тиск в гідроідтискній муфті першої і другої передач; ГПМ 1, ГПМ 2 – відповідно гідроідтискні муфти першої та другої передач; Др – дросель; КВ – кільцева виточка; М1, М2 – відповідно, магістралі живлення 1-ї та 2-ї передач; МГ – головна магістраль; РП – розподільчий паз; 1 – забірний фільтр; 2 – насос; 3 – фільтр нагнітання з перепускним клапаном; 4 – бак; 5 – запобіжні клапани; 6 – радіатор; 7 – перепускний клапан; 8, 11 – гідроідтискні муфти; 9 – золотник розподільника; 10 – перекидний клапан; 12 – манометр; 13 – гідроакумулятор; 14 – канал промивки ГПМ [40]

тиск у магістралі сталим. У справній системі тиск рідини не істотно залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна. У випадку виходу з ладу перепускного клапана 7 (одна з основних причин – заїдання золотника через нашарування механічних частинок, або зносу у корпусі тощо), що веде до утримання його в закритому стані, тиск у магістралі обмежує запобіжний клапан 5, відрегульований на тиск початку відкриття 1,65 ... 2,30 МПа. При цьому олива надходить у корпус коробки без охолодження в радіаторі і не використовується для охолодження дисків муфт, що призводить до значного перегрівання рідини, короблення дисків і їх надмірного зносу [40].

Перемикання передач у такій коробці може виконуватись чотирипозиційним краном-розподільником. Для включення передачі золотник розподільника провертають в одне з фіксованих положень, при якому розподільчий паз *РП* розташовується навпроти магістралі ГПМ, яка забезпечує включення цієї передачі. За рахунок того, що кільцева виточка *КВ* золотника 9 постійно сполучена з головною магістраллю *МГ* та через розподільний паз *РП* буде сполучена з магістраллю потрібної передачі (на рисунку – з магістраллю гідропідтискної муфти першої передачі *МІ*) олива під тиском буде надходити до гідроциліндра увімкненої гідропідтискної муфти і відбуватиметься стискання пакету дисків ГПМ, що і приведе до її замикання та включення потрібної передачі [40].

Магістралі гідропідтискних муфт, які не працюють в даний момент відключаються від подачі оливи. Це здійснюється з допомогою дросельного отвору *Др* і центрального каналу золотника 9 магістралі муфти, які підключаються до зливу [40].

У положенні золотника розподільника, зображеному на рисунку, до головної магістралі під'єднана магістраль *МІ* муфти 8 першої

передачі і через перекидний клапан *10* пружинний гідроаккумулятор *13*, а магістраль *M2* муфти *11* під'єднана на злив. Муфта *11* вимкнена, муфта *8* увімкнена, гідроаккумулятор заряджений (його поршень переміщується до упору за тиску рідини в системі 0,95 МПа), а манометр показує тиск, який підтримує в системі керування перепускний клапан *7* [40].

Щоб перемкнути передачу з першої на другу, золотник повертають так, щоб розподільний паз *РП* під'єднав до головної магістралі *МГ* магістраль *M2*, а його дросельний отвір *Др* – магістраль *M1* на злив. При цьому тиск у головній магістралі знижується, клапан *7* припиняє перепускати рідину і вона надходить тільки в магістраль *M2*, чим забезпечується швидке ввімкнення муфти *11* другої передачі. Оскільки до магістралі *M1* під'єднаний заряджений гідроаккумулятор і рідина зливається крізь дросельний отвір золотника меншого діаметра ніж магістраль гідромуфти *M2*, тиск у магістралі знижується повільно і вимкнення муфти *8* затримується. Якщо тиск у магістралі муфти, що вмикається *11*, на 0,03 ... 0,05 МПа перевищує тиск у магістралі муфти *8*, перекидний клапан *10* під'єднує гідроаккумулятор *13* до магістралі *M2*, тиск у магістралі *M1* швидко знижується і муфта *8* вмикається. В головній магістралі і гідроаккумуляторі тиск зростає до величини, на яку відрегульовано перепускний клапан *7*, після чого олива надходитиме в радіатор та на промивання і охолодження дисків ГПМ [40].

Зміну тиску в ГПМ під час перемикання передач ілюструє графік (див. рис. 4.24 *a*). Аналізуючи рис. 4.24 *a*, варто зазначити, що в даній коробці передач передбачено одночасне включення двох передач. Однак, в гідропідтискній муфті *M1*, яка виключається (на рис. 4.24 *a* цьому стану відповідає графік для *mM1*) тиск оливи знижується, а в гідропідтискній муфті *M2* тиск оливи підвищується (на рис. рис. 4.24 *a*

цьому стану відповідає графік для $mM2$). Тобто, автоматично органи керування задіюють у коробці передач при перемиканні дві передачі, одна – та в гідропідтискній муфті якої тиск більший, що вказує на створення більших сил тертя між дисками. При вирівнюванні тисків в обох гідропідтискних муфтах вони однаково передають крутний момент, тобто отримуємо одночасне включення двох передач (на рис. 4.24 *a* цьому стану відповідає точка *B*). Однак, як вказувалось раніше, в точці *B* явище супроводжується короткочасним пробуксовуванням дисків ГПМ, що може відчуватися як не значний поштовх у трансмісії, але при цьому немає розриву потоку потужності при перемиканні передач, що характерно для звичайної механічної коробки передач і, як наслідок, кращі динамічні і економічні показники машини.

За значного підвищення тиску оливи в системі (залягання золотника перепускного клапана у закритому положенні) або за його зниження (залягання золотника перепускного клапана у відкритому положенні, надмірне забруднення фільтрів, розрегулювання перепускного клапана тощо) нормальний процес перемикання передач порушується. За підвищеного тиску оливи в системі тривалість одночасної роботи ГПМ передачі яка включається і передачі, яка виключається зростає, і, як зазначалось раніше, диски не промиватимуться і не охолоджуватимуться. У разі значного зниження тиску оливи в системі перемикання передач відбуватиметься зі значним буксуванням, зношуванням і перегріванням дисків муфт та частковим розривом потоку потужності. При цьому олива може не надходити для промивання та охолодження дисків муфт. І в разі підвищення, і в разі зниження тиску оливи в системі потрібно зупинити машину, виявити та усунути причину цих несправностей [40].

У справній гідросистемі тиск оливи становить 0,85 ... 0,95 МПа. Якщо перепускний клапан підтримує тиск 0,80 МПа або нижчий, його потрібно відрегулювати. У момент перемикання передач тиск оливи може короткочасно знижуватися до 0,50 МПа, а далі знову підвищуватися до нормального [40].

Принцип дії гідропідтискної муфти показаний на рис. 4.25 [40].

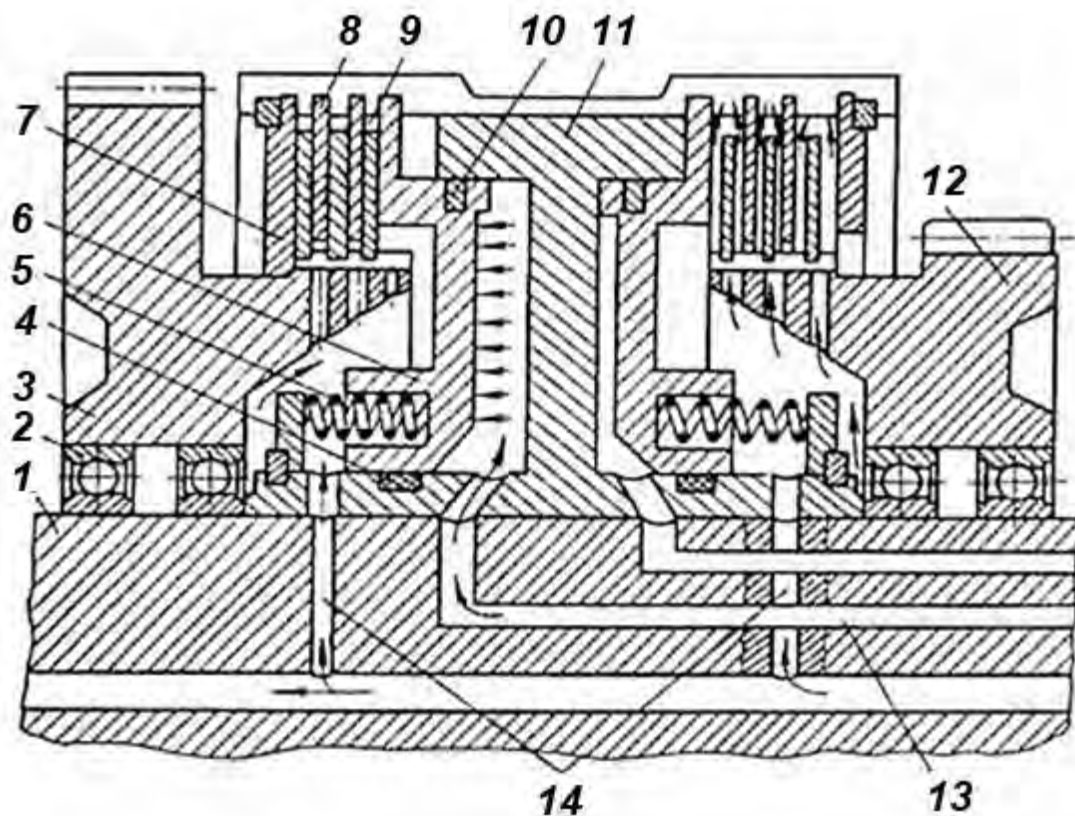


Рис. 4.25. До пояснення принципу дії гідропідтискної муфти [40]:

1 – вторинний вал коробки передач; 2 – кульковий підшипник;
 3, 12 – шестірні передач; 4, 10 – відповідно гумове і чавунне ущільнювальні кільця; 5 – периферійна відтискна пружина; 6 – поршень гідроциліндра; 7 – упорний диск; 8 – ведений диск; 9 – ведучий диск; 11 – барабан; 13 – канал підведення оливи до гідроциліндра для затискання дисків і увімкнення муфти; 14 – канали підведення оливи для промивання та охолодження дисків муфт [40]

Основою конструкції гідропідтискної муфти є барабан 11 посаджений жорстко (шляхом шліцевого з'єднання) на вторинний вал 1 коробки передач. У барабані встановлені ведені 8 (мають зачеплення з барабаном) і ведучі 9 (не мають зачеплення з барабаном) диски. Ведучі диски мають зачеплення з шліцами шестарень постійного зачеплення 3 або 12, які встановлені на вторинному валу 1 на підшипниках кочення 2. Ведені 8 і ведучі 9 диски гідропідтискної муфти встановлені між упорним диском 7 та натискним поршнем 6 гідроциліндра. Корпусом гідроциліндра слугує барабан 11. Таким чином, затискання (замикання) дисків, що відповідає режиму включення гідропідтискної муфти, здійснюється гідроциліндром з поршнем 6, а виключення ГПМ – відтискними пружинами 5.

Працює гідропідтискна муфта наступним чином. Від насоса, через розподільник, гідросистеми керування коробкою передач олива, під тиском, по каналу 13 підводиться в порожнину гідроциліндра, де створює рівномірне навантаження на всі стінки циліндра, рухомою з яких є поршень 6. Переміщення поршня 6 гідроциліндра під тиском оливи веде до затискання ведених 8 і ведучих 9 дисків гідромуфти між упорним диском 7 і натискним поршнем 6, що відповідає замиканню гідропідтискної муфти і включенню передачі крутного моменту до вторинного вала 1 через шестерню постійного зачеплення 3. Охолодження і промивка дисків здійснюється через канали 14. При виключенні передачі, під дією відтискних пружин 5 поршень 10 ГПМ переміщується вправо і олива з гідроциліндра зливається через той же канал 13 та через дросель в золотнику розподільника (на схемі рис. 4.25 не показано, див рис. 4.24).

Конструктивно елементи механізмів керування коробками передач різних виробників можуть відрізнятися, але сутність їх загальної будови і принципу дії практично не відрізняються.

4.4.2. Автоматичні коробки передач

Поряд з експлуатаційними властивостями мобільної машини, які оцінюються їх вантажопідйомністю, тяговим зусиллям тощо завжди стояли питання забезпечення комфортних умов праці оператора. Тому ідея комфортного керування мобільною машиною народилася практично відразу з появою самої мобільної машини. Одним з напрямів забезпечення комфорту під час експлуатації мобільної машини є автоматичне перемикавання передач. Як виянилось пізніше, автоматичне керування перемиканням передач дає певні позитивні можливості як в динамічних, так і економічних характеристиках машини.

У серійне виробництво автомобілі з автоматичною коробкою перемикавання передач (АКПП) потрапили в 1947 році. АКПП стали комплектуватися окремі моделі автомобілів фірми Buick.

Однак, варто зазначити, що автоматичні коробки перемикавання передач на мобільних машинах з'явилися ще раніше. АКПП оснащувалися міські автобуси в Швеції ще в 1928 році.

Потрібно відзначити, що до появи сучасної автоматичної коробки перемикавання передач привели три незалежні лінії розробок технічних засобів, які пізніше були об'єднані в її конструкції, а саме:

- ✓ гідротрансформатор;
- ✓ планетарний редуктор;
- ✓ гідравлічна система управління

Загальний вигляд автоматичної коробки передач з гідротрансформатором, планетарними рядами та гідравлічною системою управління представлено на рис. 4.26.

В основу АКПП було покладено гідротрансформатор, винахід професора Феттінгера, патент на який ним було отримано в 1903 році.

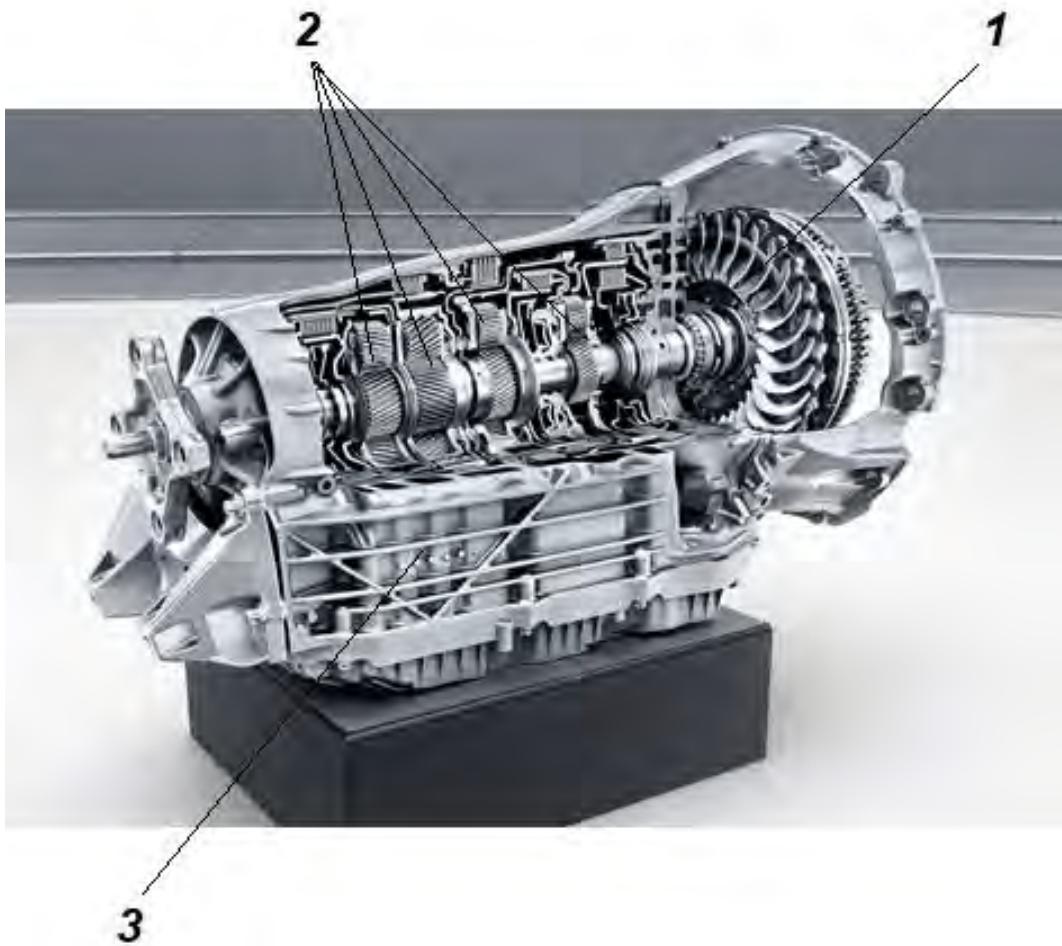


Рис. 4.26. Автоматична коробка передач 9G-TRONIK
(Мерседес-Бенц С-Клас) [3]:

1 – гідротрансформатор; 2 – планетарні ряди; 3 – гідравлічна система управління (розріз не показано) [3]

Варто також зазначити, що планетарний редуктор не завжди позиціонувався як незамінний агрегат АКПП. Замість планетарних рядів використовувалися зубчасті передачі з шестернями постійного зачеплення і гідропідтискними муфтами. Замість гідравлічних систем керування, так званих гідроблоків використовувалися електрогідравлічні, пневмогідравлічні системи керування тощо (рис. 4.27, 4.28) [2]. Принципова схема такої коробки передач представлена на рис. 4.29 [13, 40].

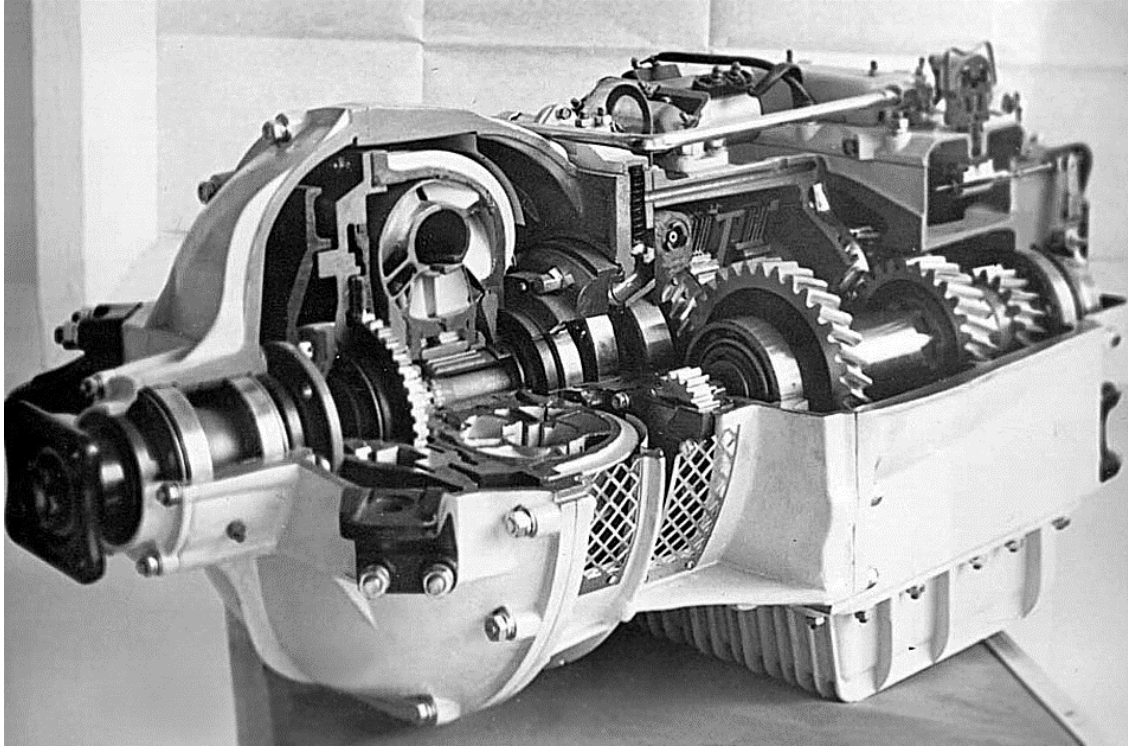


Рис. 4.27. Загальний вигляд гідромеханічної коробки передач автобусів типу ЛАЗ-695Ж, ЛАЗ-698 [2]

Сучасна автоматична коробка перемикання передач, на відміну від класичної механіки, працює в інших умовах і за іншим принципом, хоч і основне призначення незмінне [2].

На рис. 4.29 наведено схему двоступінчастої трьохвальної гідромеханічної коробки передач, яка включає первинний вал 19, вторинний вал 5 і проміжний вал 12 з шестернями, багатодискові гідропідтискні муфти 2, 3, 17 (фрикціони) і зубчасту муфту 4 з приводом (на даному рисунку – пневматичним). До системи управління відносяться передній 15 і задній 14 гідронасоси і відцентровий регулятор 8, сигнал від якого трансформується і керує роботою гідропідтискних муфт (фрикціонів) 2, 3, 17, що забезпечують перемикання передач [13, 40].

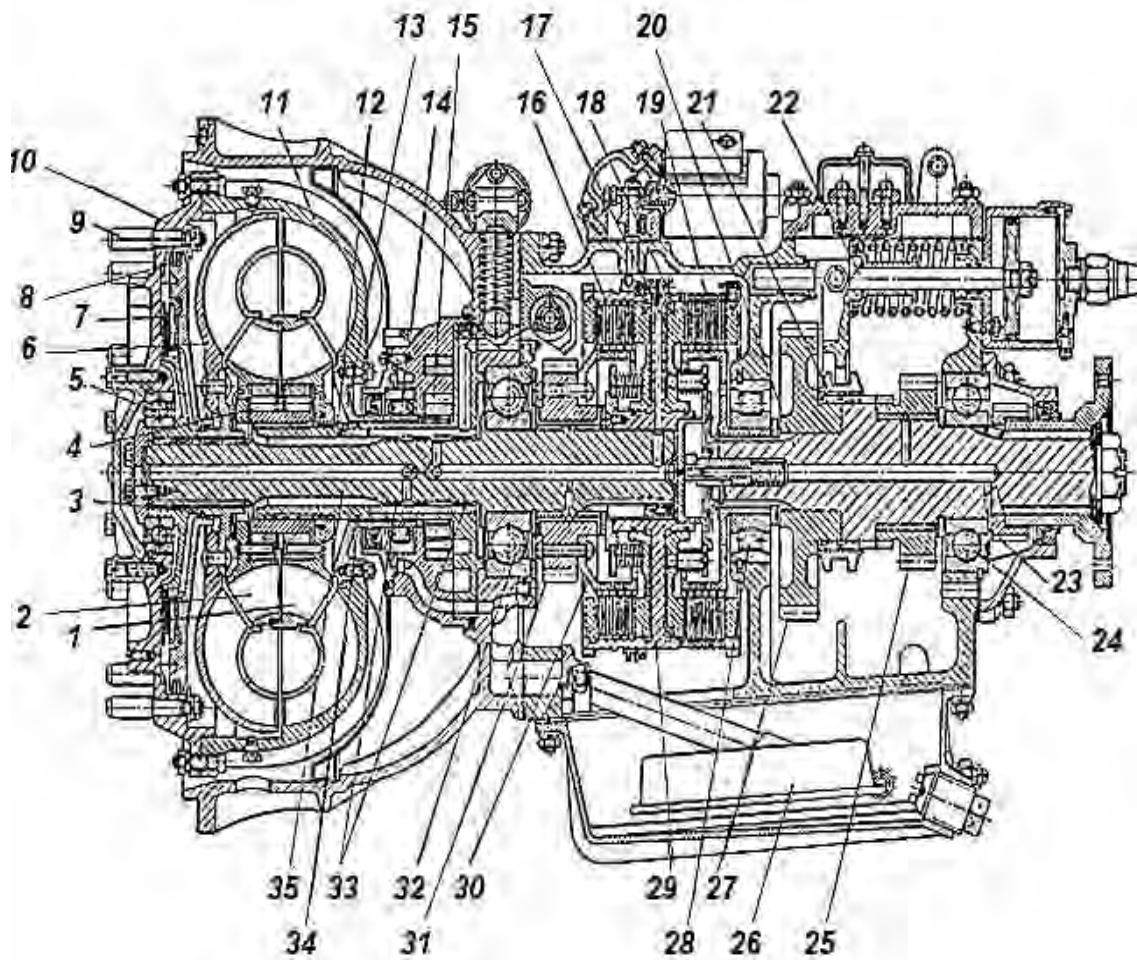


Рис. 4.28. Розріз гідромеханічної коробки передач автобусів типу
ЛАЗ-695Ж та ЛАЗ-698 [2]:

1 і 2 – реактори гідротрансформатора; 3, 8, 33 і 34 – ущільнювальні кільця; 4 – муфта вільного ходу реактора; 5, 26 і 32 – кулькові підшипники; 6 – турбінне колесо; 7 – поршень передньої ГПМ; 11 – насосне колесо; 12 – вал реактора; 13 – маточина насосного колеса; 14 і 28 – роликпідшипники; 15 – насос для оливи; 16 – ГПМ першої передачі; 17 – поршень ГПМ; 18 – периферійний золотник; 19 – ГПМ другої передачі; 20 – вторинний (вихідний) вал; 21 – зубчаста муфта; 22 – шток пневмоциліндра; 23 – шестерня спідометра; 25 – ведена шестерня заднього ходу; 26 – оливоприймач; 27 – ведена шестерня переднього ходу; 29 – барабан подвійної ГПМ; 30 – маточина ведених дисків ГПМ; 31 – ведуча шестерня понижуючої передачі; 35 – первинний (ведучий) вал [2]

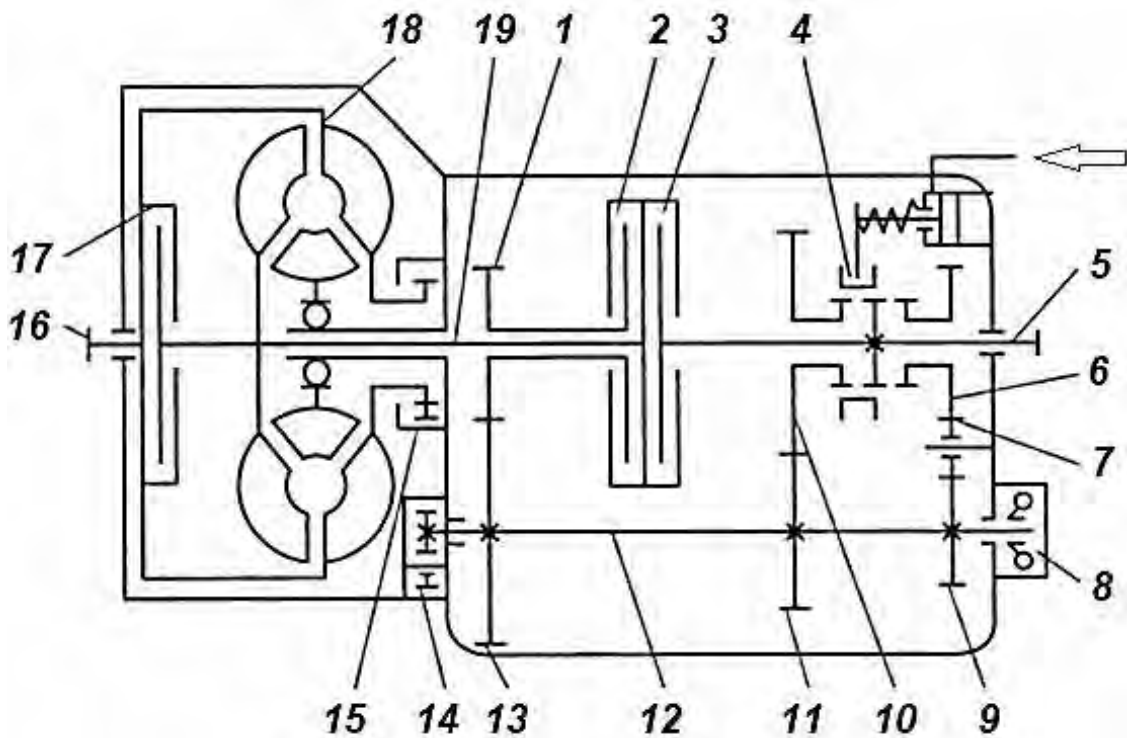


Рис. 4.29. Принципова схема двоступінчастої трьохвальної гідромеханічної коробки передач з шестернями постійного зачеплення і гідропідтискними муфтами [13]:

1, 6, 7, 9, 10, 11, 13 – шестерні; 2, 3, 17 – фрикціони (гідропідтискні муфти); 4 – зубчаста муфта; 5, 12, 19 – вторинний, проміжний і первинний вали відповідно; 8 – відцентровий регулятор; 14, 15 – насоси; 16 – колінчастий вал двигуна; 18 – гідротрансформатор [13]

У нейтральному положенні всі фрикціони вимкнені, і під час роботи двигуна крутний момент на вторинний вал 5 не передається. На I-й (понижувальної) передачі системою керування автоматично вмикається гідропідтискна муфта 2. При цьому ведуча шестерня 1 першої пари шестерень постійного зачеплення, вільно встановлена на первинному валу 19 коробки передач, блокується з валом, а зубчаста муфта 4 встановлюється вручну в положення переднього ходу за допомогою дистанційної системи керування. Крутний момент на I-й

передачі від гідротрансформатора передається через гідропідтискну муфту 2, шестерні 1, 13, 11, 10 і зубчасту муфту 4 на вторинний вал 5 коробки передач [13, 40].

При розгоні на I-й передачі, коли гідротрансформатор автоматично здійснює заданий діапазон регулювання крутного моменту, швидкість зростає до оптимального значення для перемикавання на II-гу передачу. В цьому випадку відцентровий регулятор 8 дає сигнал на включення гідропідтискної муфти (фрикціона) 3 і відключення фрикціона 2 [13, 40].

Автоматична система управління забезпечує включення II-ї (прямої) передачі, при цьому крутний момент від первинного валу 19 коробки передач передається через ГПМ (фрикціон) 3 безпосередньо на вторинний вал 5, і швидкість автомобіля зростає до значення, обумовленого діапазоном регулювання гідротрансформатора [13, 40].

У разі ввімкнення зчеплення 17 з'єднуються насосне і турбінне колеса гідротрансформатора [13, 40].

Для руху заднім ходом зубчаста муфта 4 переміщується в праве положення, потім вмикається зчеплення 2. Крутний момент передається через гідротрансформатор, зчеплення 2, шестерні 1, 13, 9, 7, 6, зубчасту муфту 4 на вторинний вал 5. Останній обертається в напрямку, протилежному до обертання вала 19 [13, 40].

Гідроелектрична система керування такою коробкою в даному виданні не розглядається, оскільки це може бути предметом для вивчення іншої дисципліни.

Таким чином, гідротрансформатор являє собою гідравлічну машину, яка виконує функцію як зчеплення, так і перетворювача крутного моменту. Як вже згадувалось у попередньому розділі він включає насосне колесо, турбінне колесо та реактор (статор). Всі деталі

гідротрансформатора розміщені в загальному корпусі. Корпус гідротрансформатора заповнений спеціальною оливою, насосне колесо створює усередині корпуса гідротрансформатора потік оливи, який обертає турбінне колесо і реактор, забезпечуючи тим самим передачу крутного моменту з двигуна. Більш детальний розгляд конструкції і принципу дії гідротрансформатора розглянуто в попередньому розділі і тут не повторюється [2].

Наступна позиція лінії розробок технічних засобів, які привели до широкого використання автоматичних коробок перемикання передач саме в наш час представлена *планетарною передачею* – рис. 4.30 [33].

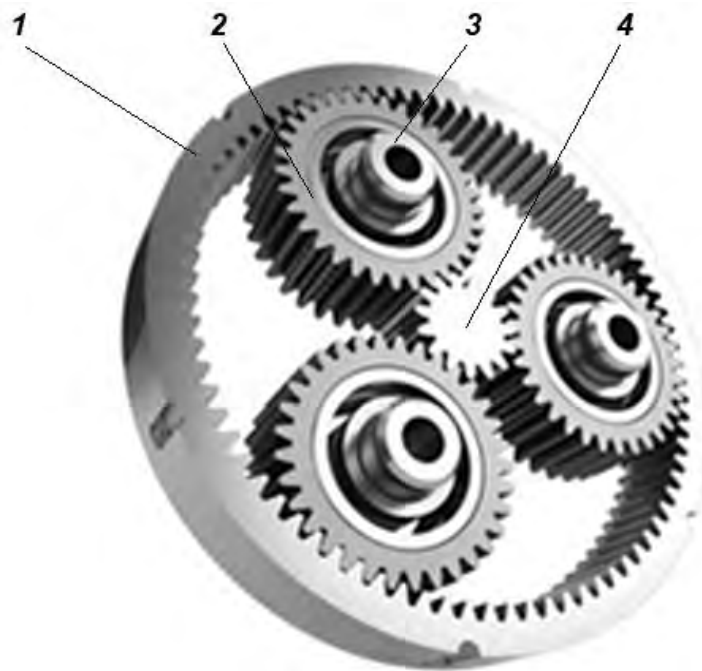


Рис. 4.30. Основні деталі планетарної передачі [33]:

1 – епіциклічне зубчасте колесо; 2 – сателіт; 3 – вісь сателіта; 4 – сонячна шестерня [33]

На рис. 4.30 представлені основні деталі, які утворюють планетарну передачу. Такими деталями є епіциклічне (коронне) колесо

1, сателіт 2, центральне зубчасте колесо (сонячна шестерня) 4. Сателіти 2 встановлені і працюють між епіциклічним колесом і сонячною шестернею і в процесі роботи обертаються одночасно навколо сонячної шестерні 4 та навколо своїх вісей 3. Вісі сателітів укріплені на водилі (на рис. 4.26 не показане). Таким чином, сателіти здійснюють складний плоскоперелельний рух, подібний до руху планет Сонячної системи, що і спричинило появу назви таких передач – планетарні передачі. Представлені на рис. 4.30 деталі встановлені в корпус утворюють планетарний ряд, або планетарний редуктор. Центральні колеса (сонячні шестерні) або сателіти можуть перебувати як у зовнішньому, так і у внутрішньому зачепленні. Зуби можуть бути прямі або косі. Число сателітів в планетарних передачах може бути різним, але зазвичай дорівнює 3.

Принципова схема планетарної передачі представлена на рис. 4.31 [63].

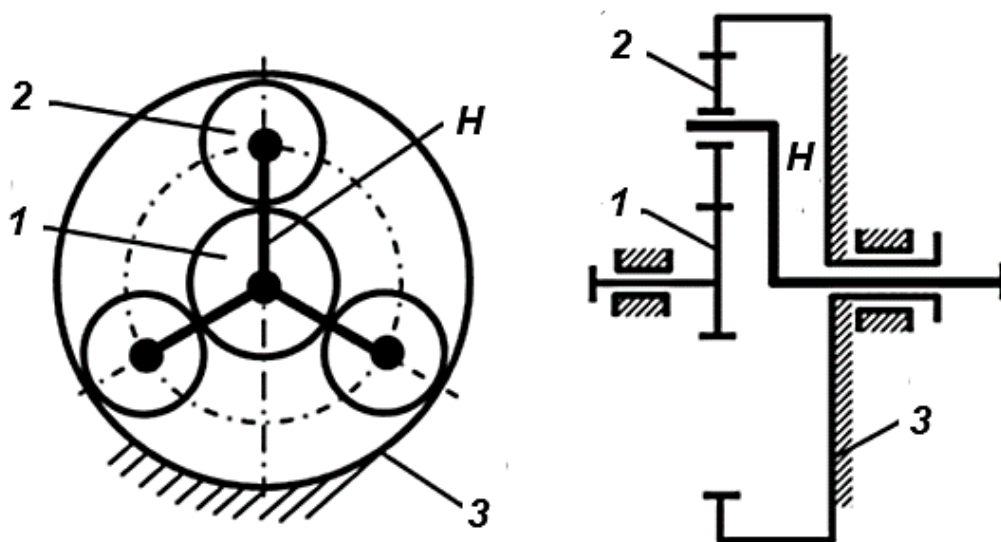


Рис. 4.31. Принципова схема планетарної передачі в загальному випадку [63]:

H – водило; 1 – сонячна шестерня (центральне зубчасте колесо); 2 – сателіт; 3 – епіциклічна (коронна шестерня) [63]

На рис. 4.31 коронна шестерня 3 встановлена (зафіксована) нерухомо, що дозволяє трансформувати обертовий рух тільки з одними показниками, що може бути прийнятно лише в певних стаціонарних одноопераційних машинах. Мобільна ж машина вимагає багатогранності такої трансформації. Тому в коробках передач мобільних машин штатна фіксація одного з елементів планетарного ряду для досягнення якихось постійних характеристик обертового руху зустрічається рідко. Тут передбачені елементи тимчасової фіксації тих чи інших елементів планетарного ряду з допомогою фрикційних елементів різної конструкції. На рис. 4.32 представлено схему планетарного ряду з гальмами для фіксації у нерухомому стані коронної шестерні. Фрикційний елемент, гальмо 7, в конструкції планетарного ряду, як показано на рис. 4.32 являється елементом керування цим рядом.

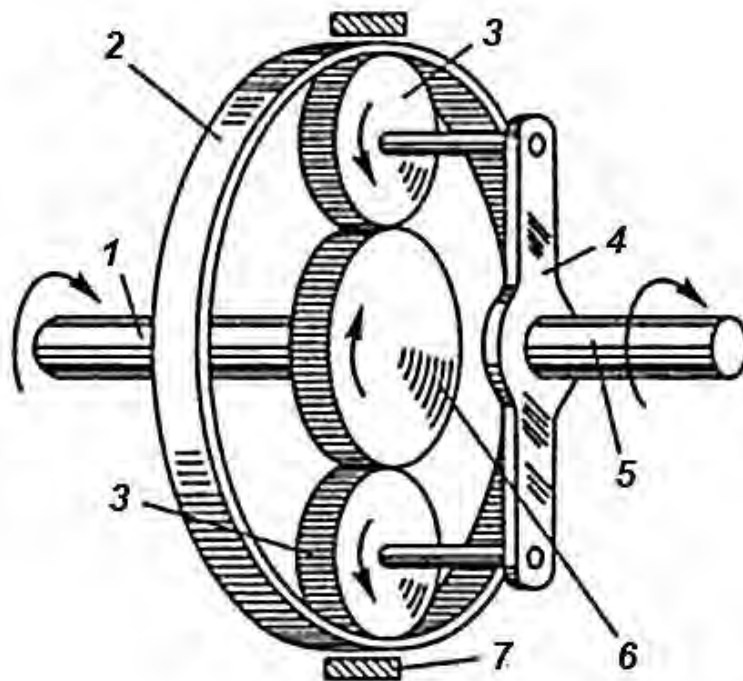


Рис. 4.32. Планетарна передача з гальмом коронної шестерні [13]:
 1 – ведучий вал; 2 – коронна шестерня; 3 – сателіти; 4 – водило; 5 – ведений вал; 6 – сонячна шестерня; 7 – гальмо [13]

Набір планетарних рядів в коробці передач з елементами керування ними, виконаними у вигляді стрічкових гальм, гідропідтискних муфт, які виконують функцію гальм з ситемами ефективного управління вже названими елементами керування і дозволили створити сучасну автоматичну коробку передач – рис. 4.33.

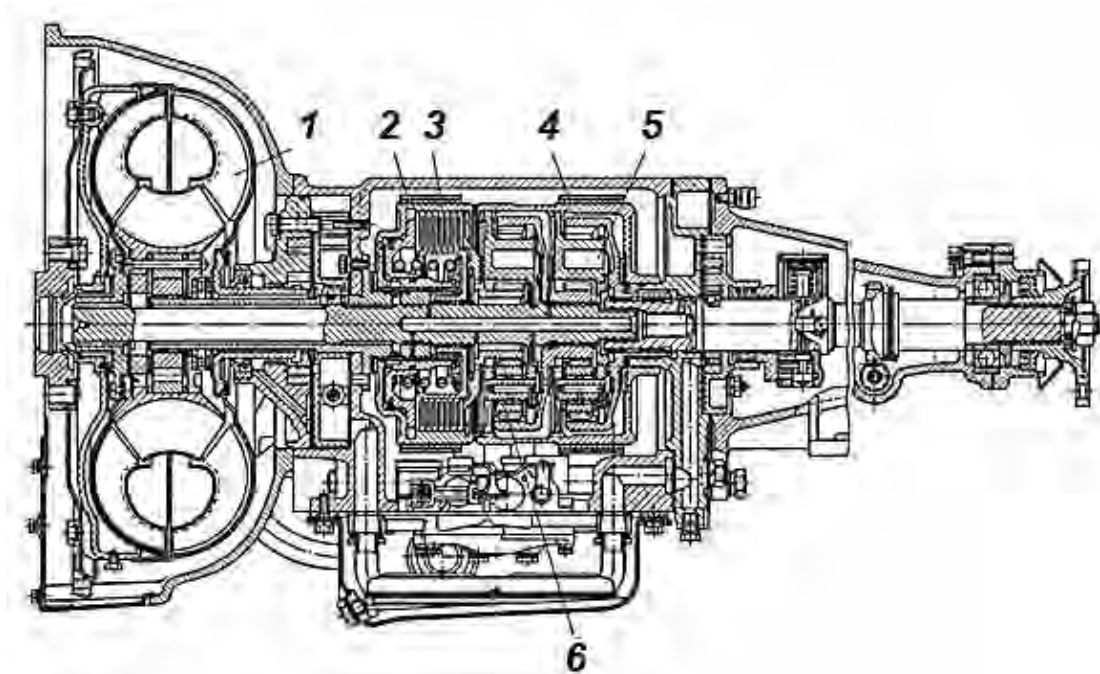


Рис. 4.33. Автоматична гідромеханічна коробка передач легкового автомобіля [13]:

1 – гидротрансформатор; 2, 4 – гальмівні механізми; 3 – фрикціон; 5, 6 – планетарні механізми [13]

Таким чином варто підвести підсумки стосовно автоматичних коробок передач з планетарними рядами, тобто вказати на їх основні переваги і недоліки.

Основною перевагою планетарних передач є малі габарити і маса. Це пояснюється наступними причинами [63]:

- розподілом навантаження між сателітами, завдяки чому навантаження на зуби менше в кілька разів;

- великим передавальним відношенням в одній ступені, що часто дозволяє не вдаватися до складних багатоступеневих передач;
- широким застосуванням передач з внутрішнім зачепленням, що володіють підвищеною несучою здатністю;
- відносно високі значення коефіцієнта корисної дії 0,96 ... 0,99;
- висока технологічність виготовлення [63].

Планетарні передачі працюють з меншим шумом, ніж прості, що пов'язано з підвищеною плавністю внутрішнього зачеплення, меншими розмірами коліс, замиканням сил в механізмі і передачею менших сил на корпус [63].

До недоліків планетарних передач можна віднести наступне [63]:

- вимагають підвищеної точності виготовлення;
- мають більше число деталей;
- складніші в збиранні порівняно із звичайними зубчастими передачами з нерухомими осями [63].

В підсумку варто також концентрувати увагу і на перевагах та недоліках самих автоматичних коробок перемикання передач, які найбільш характерні на даний час.

Переваги автоматичних коробок перемикання передач [33]:

- комфорт і зручність управління;
- здатність змінювати передачі під час роботи двигуна на максимальній потужності;
- плавність ходу під час перемикання передач;
- захист деталей двигуна від перевантажень при виборі невірної передачі [33].

Недоліки автоматичних коробок перемикання передач [33]:

- вартість і періодичність обслуговування;
- збільшена витрата палива;
- низькі значення ККД;
- гірші динамічні показники машини [33].

Не беручи до уваги приведені, досить істотні недоліки конструкції і показників експлуатації машин з автоматичними коробками передач, розвиток їх конструкцій продовжується, а попит на ринку зростає, однією з головних причин чому є зручність експлуатації машини в цілому.

4.4.3. Роботизовані коробки передач

Роботизована коробка передач - це логічне продовження розвитку механічної коробки. Робот це не що інше, як механічна КПП, в якій вимикання зчеплення і перемикавання передач виконують два сервоприводи (актуатори), керовані електронним блоком. Роботизована коробка передач зібрала в своїй конструкції всі позитивні сторони механічної КП і зручність автоматичної КП [33].

Причиною створення такої коробки передач є намагання зменшити втрати, які є невід'ємною складовою процесу перемикавання передач з використанням простої механічної коробки передач. Сутність цих втрат викладена на рис. 4.34.

Процес розгону мобільної машини, приведений на рис. 4.34 представлений графічною залежністю швидкості руху машини V від часу t . При досягненні максимальної швидкості руху на нижчій передачі для переходу на вищу передачу, у загальному випадку, водій виконує наступні операції:

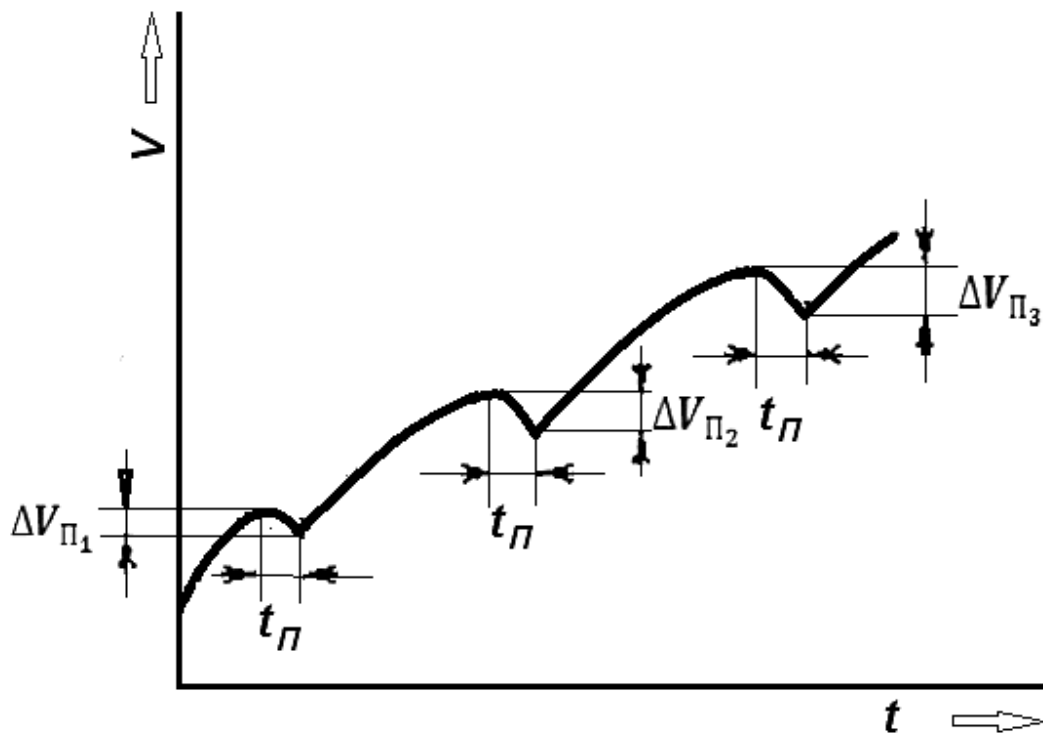


Рис. 4.34. До пояснення сутності втрат при перемиканні передач у простій механічній коробці передач

- ✓ скидає оберти двигуна;
- ✓ вимикає зчеплення;
- ✓ вимикає нижчу передачу;
- ✓ вмикає вищу передачу;
- ✓ відпускає педаль керування зчепленням (вмикає зчеплення);
- ✓ додає обертів двигуна, виводячи його на номінальний режим.

Перераховані операції потребують певних затрат часу на їх виконання, що на рис. 4.34 представлено часовими проміжками $t_{п}$. Крім того, з початком виконання операцій, пов'язаних з перемиканням передач у мобільній машині з простою механічною коробкою передач знижується швидкість руху внаслідок зниження частоти обертання

колінчастого валу двигуна та від'єднання його від трансмісії, що на рис. 4.34 представлено проміжками $\Delta V_{П_1} \dots \Delta V_{П_3}$. Це все веде до втрат як економічних і динамічних, сутність яких зводиться до втрати швидкості, яку потрібно відновлювати вже на вищій передачі при додатковій витраті палива, так і втрат часу. Вдосконалення механічних коробок передач, в значній мірі, саме і стосувалося вирішенню питань названих втрат. Найбільш вдалим варіантом вирішення описаної проблеми було застосування гідропідтискних муфт для перемикання передач, однак ця технологія також затратна через витрати, які необхідні для забезпечення роботи гідросистеми коробки передач з ГПМ (за різними даними витрати потужності двигуна складають до 7 ... 8 %). Тому пошуки вирішення продовжуються і в наш час.

Перший прототип роботизованої коробки передач з'явився в 1939 році. Адольф Кегресс створив трансмісію з подвійним зчепленням, але подальший розвиток цього перспективного винаходу зупинилося на наступні 40 років через проблеми з фінансуванням [33].

У серію роботизовані коробки передач потрапили нескоро. Однак випробування дана технологія пройшла на спортивних автомобілях Porsche. Роботизовані коробки передач впровадили на моделях 956 і 962С, призначених для кільцевих гонок. Однак, проблеми конструкції і надмірна вага коробки передач не дозволили технічному рішенню перейти до серійного виробництва [33].

Серійна роботизована коробка з'явилася тільки в 2003 році. Компанія Volkswagen, встановила переселективну трансмісію на спортивну версію автомобіля моделі Golf 4 R32. Виробником коробки була компанія BorgWarner [33]. Пізніше до тенденції використання в трансмісіях роботизованих (переселективних) коробок передач долучилися і інші виробники (Renault, Naval тощо).

Особливість такої коробки полягає в конструкції зчеплення, а саме в наявності двох зчеплень. Принцип роботи такої коробки полягає в тому, що одне зчеплення забезпечує вмикання і вимикання ряду парних, за нумерацією, передач, а друге – вмикання і вимикання непарних передач. У процесі руху крутний момент передається через одне зчеплення, диски якого замкнуті (стиснуті). В цей же час диски другого зчеплення розімкнуті. За необхідності перемкнути передачу водій натискає необхідний перемикач, або блок керування трансмісією автоматично дає команду на перемикавання, всередині самої коробки наступна передача формується (переміщуються зубчасті муфти, замикаються потрібні пари шестерень тощо) і, коли приходить час перемикавання, перше зчеплення просто розмикається, а друге синхронно замикається. Така схема роботи забезпечує плавність перемикавання і відсутність ривків [33].

За родом тертя, яке реалізоване в зчепленнях роботизовані коробки діляться на два типи, а саме:

✓ з *мокрим зчепленням* - використовують на автомобілях з потужними двигунами, крутний момент яких перевищує 350 Нм.

✓ з *сухим зчепленням* - використовують на автомобілях з малопотужними двигунами, крутний момент яких не перевищує 250 Нм.

Розріз роботизованої коробки передач задньоприводного автомобіля представлений на рис. 4.35 [36].

Компонувальна схема агрегатів трансмісії обладнаної роботизованою коробкою передач може мати вигляд, представлений на рис. 4.36.

Трансмісія з роботизованою коробкою передач, представлена на рис. 4.36 зкомпонована таким чином, що коробка передач має два

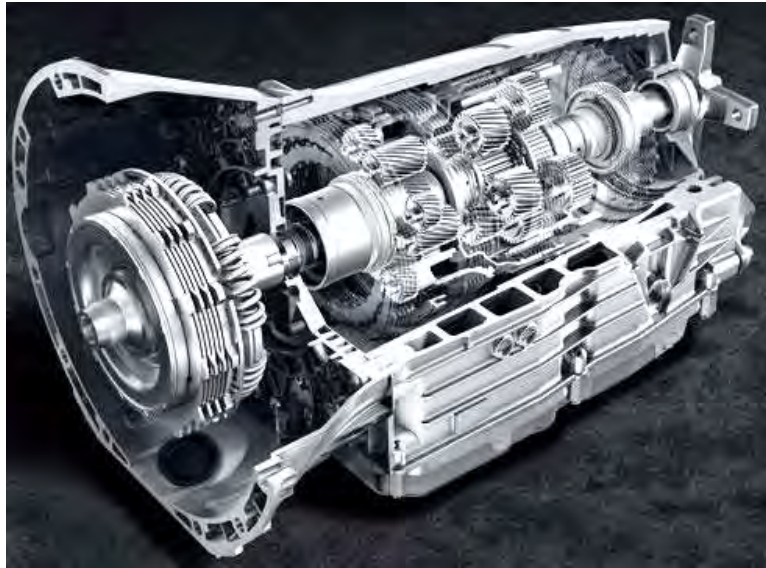


Рис. 4.35. Розріз роботизованої коробки передач [36]

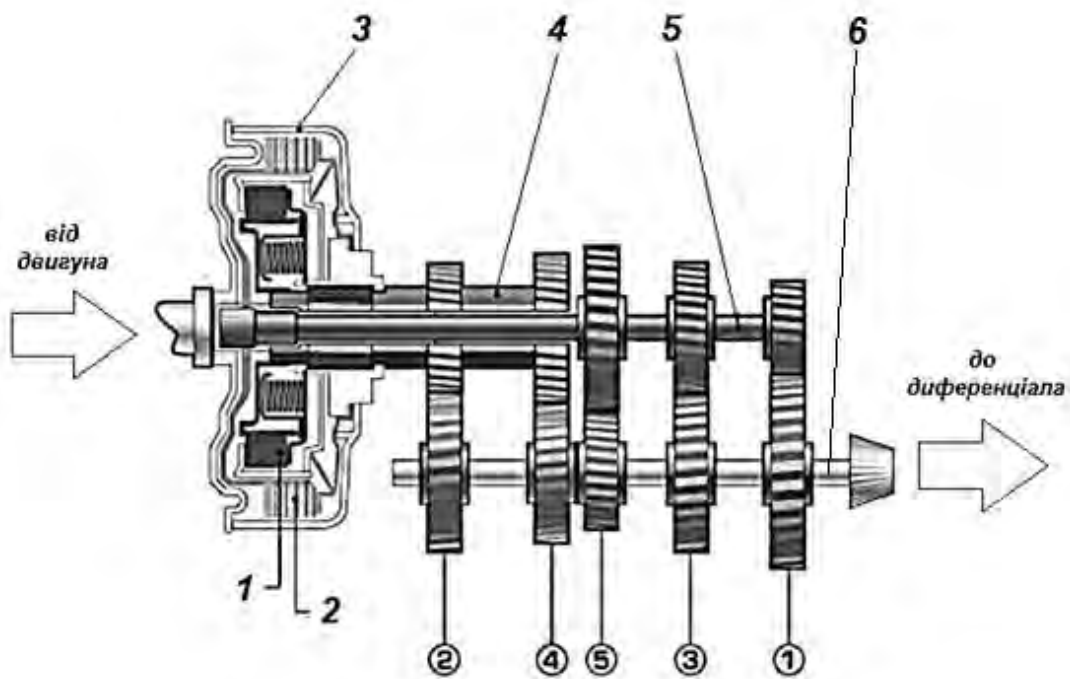


Рис. 4.36. Схема роботизованої коробки передач з подвійним зчепленням [36]:

① ... ⑤ – номер передачі; 1 – зчеплення 1; 2 – зчеплення 2; 3 – корпус зчеплення; 4 – первинний вал 2 (зовнішній); 5 – первинний вал 1 (внутрішній); 6 – вторинний вал [36]

первинних 5 і 4 вали, конструктивно розташованих як «труба в трубі», які працюють на один вторинний вал 6, котрий з'єднується з диференціалом. Зокрема зчеплення 1 працює на внутрішній первинний вал 5, а зчеплення 2 працює на зовнішній первинний вал 4. Внутрішній первинний вал 5 забезпечує вмикання непарних передач 1, 3 та 5, а зовнішній первинний вал 4 забезпечує вмикання парних передач 2 та 4 [36].

Пристрій для вимикання зчеплень має вигляд показаний на рис. 4.37 [36].

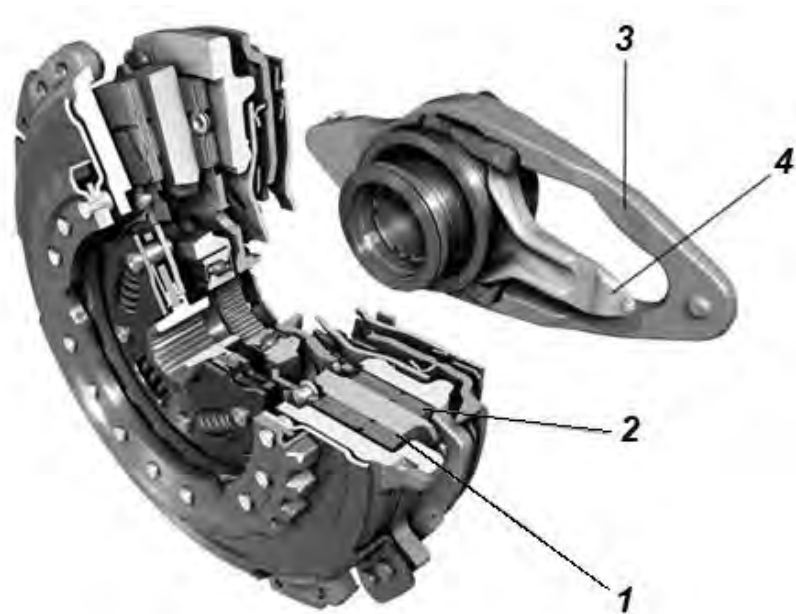


Рис. 4.37. Пристрій для вимикання зчеплень [36]:

1 – ведений диск зчеплення 1(див. рис. 4.32); 2 – ведений диск зчеплення 2(див. рис. 4.32); 3 – важіль керування зчепленням 1; 4 – важіль керування зчепленням 2 [36]

Роботизована коробка передач працює наступним чином.

Коли автомобіль розпочинає рух, після вмикання першої передачі, в коробці передач автоматично йде підготовка до вмикання другої передачі. При перемиканні передач відбувається розмикання

першого зчеплення і замикання другого. Після цього система автоматично встановлює який режим руху здійснює автомобіль. Якщо відбувається розгін, то автоматично здійснюється підготовка до включення третьої передачі. Для того щоб визначити оптимальну передачу, яка буде включена далі, система враховує такі фактори [36]:

- ✓ позицію педалі газу (розгін або гальмування);
- ✓ швидкість обертання автомобільних коліс;
- ✓ швидкість обертання валів КПП;
- ✓ позицію важеля перемикачів коробки передач [36].

У момент перемикачів на деякий час відбувається замикання двох зчеплення, тому двигун не відключається від трансмісії. Завдяки цьому крутний момент не зменшується і розриву потужності не відбувається [36].

Передачі можуть перемикачівся автоматично або в ручному режимі, для чого, як правило, використовуються кнопки на рульовому колесі автомобіля [36].

Поширення набули і роботизовані коробки передач з двома вторинними валами. Принцип їх дії не відрізняється від описаного вище. Не вдаючись до детального аналізу розглянемо їх основні конструктивні особливості на прикладі коробки передач автомобіля типу Volkswagen T5.

Принципова схема роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5 представлена на рис. 4.38.

Відмінною особливістю даної коробки передач є наявність двох вторинних валів, вихідні шестерні яких знаходяться в зачепленні з підсумовуючою шестернею 1, яка з'єднана з диференціалом 2.

Первинні вали роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5 представлені на рис. 4.39.

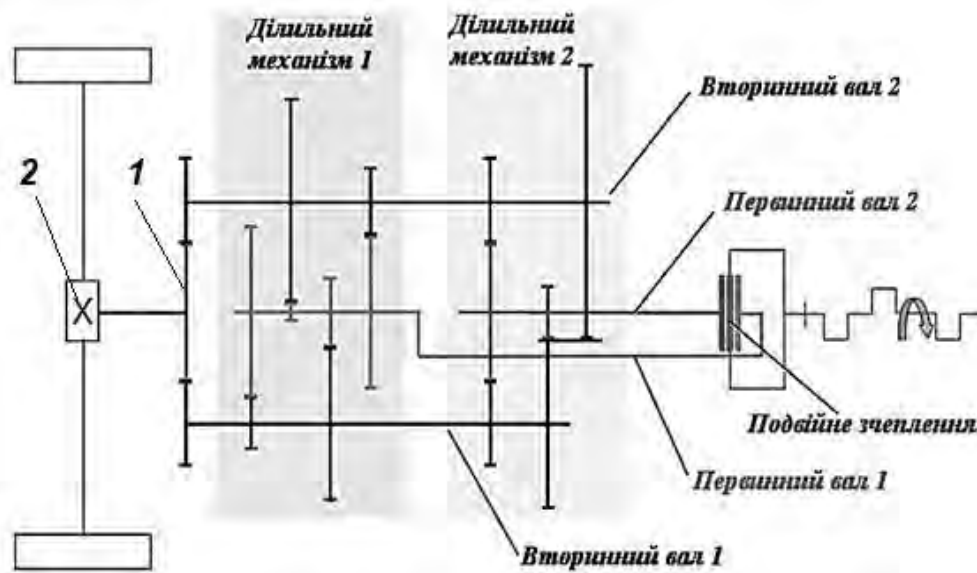


Рис. 4.38. Принципова схема роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5:

1 – підсумовуюча шестерня; 2 - диференціал

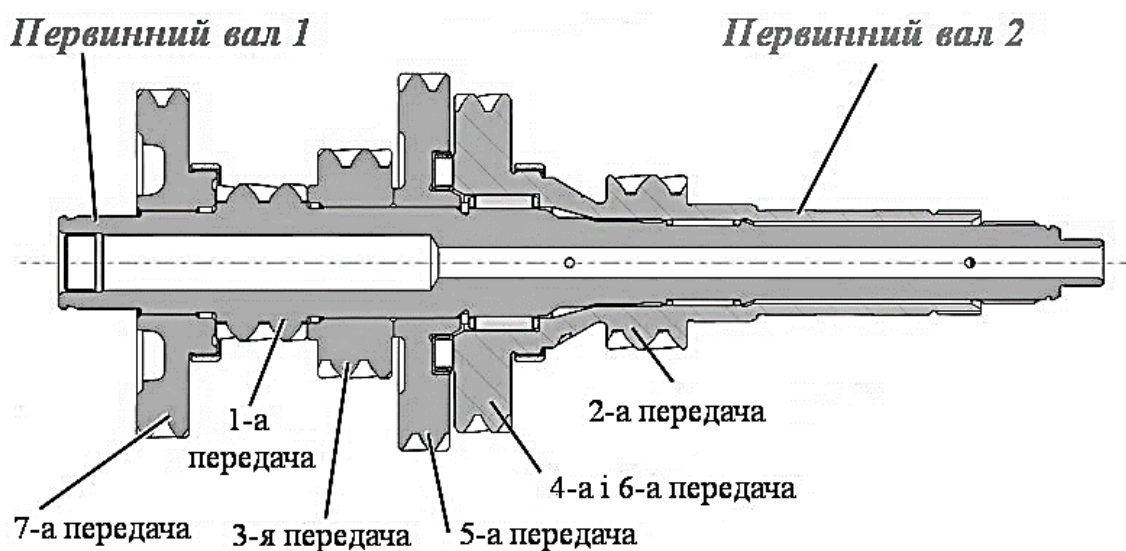


Рис. 4.39. Первинні вали роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5

Вторинні вали роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5 представлені на рис. 4.40.

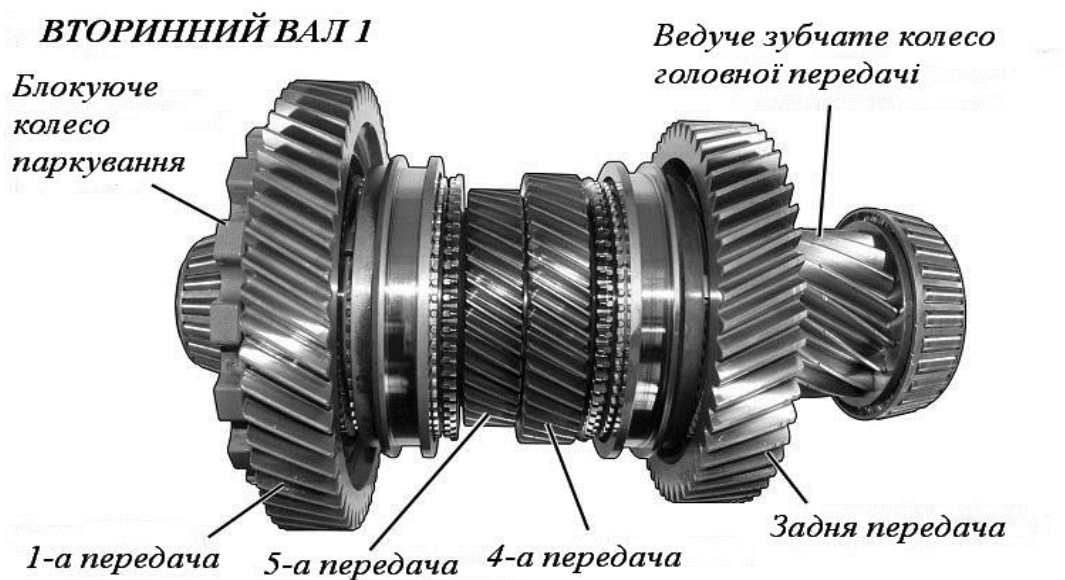


Рис. 4.40. Вторинні вали роботизованої коробки передач автомобіля Volkswagen T5

Зважаючи на поширення роботизованих коробок передач і їх еволюцію в підсумку варто назвати переваги та недоліки цих коробок перемикування передач, які найбільш характерні на даний час.

Переваги роботизованої коробки передач:

- вища плавність перемикання передач;
- вища плавність ходу;
- високий к.к.д.;кращі економічні показники;
- кращі динамічні показники;
- можливість вибору режиму роботи трансмісії.

Недоліки роботизованої коробки передач:

- низька надійність, як самої конструкції, так і мехатроніки;
- висока вартість обслуговування і ремонту;
- висока чутливість до важких умов руху.

4.4.4. Варіативні (безступінчасті) коробки передач

Варіаторні трансмісії (CVT) вважаються прямими послідовниками класичних гідромеханічних коробок передач. Ефективність використання таких коробок передач особливо проявляється в режимі міської експлуатації мобільної машини. Багато уваги трансмісіям CVT приділяють японські виробники автомобілів, провідними серед яких є Nissan і Subaru [33].

Перша варіаторна коробка була серійно встановлена на невеликому легковому автомобілі типу DAF-600 (рис. 4.41) в 50-і роки минулого століття. Трансмісія з такою коробкою передач отримала назву Variomatic. З різних причин (значні габарити, не висока надійність, порівняно з механікою тощо) на той час трансмісія масовості не отримала [95].

Загалом надійністю і тривалим ресурсом конструкція трансмісії к варіаторною коробкою передач не відрізнялася.



a

б

Рис. 4.41. Автомобіль типу DAF-600 і його варіаторна коробка передач [95]:

a – автомобіль типу DAF-600 (загальний вигляд); б – варіаторна коробка передач автомобіля типу DAF-600 (загальний вигляд)

Зокрема, компанія Volvo тривалий час працювала над розвитком технології варіаторних трансмісій, однак значних успіхів не було досягнуто і розробки були згорнуті. З часом роботи з доопрацювання варіатора для мобільних машин знову продовжили спеціалісти з Японії [33].

Причиною повернення і доопрацювання варіатора стала необхідність адаптації автоматичних коробок до умов експлуатації в режимі міських пробок. Основним командним сигналом для роботи системи перемикачів передач на АКПП є оберти двигуна. Класичний автомат в режимі міських пробок, на малій відстані і на малій швидкості перемикав передачі, коли в цьому не було потреби. В іншому випадку, рухаючись «накатом», АКПП тримала передачу, не переходячи на знижену, довгий час чекаючи від водія команди на розгін. Це ставало причиною значного перевантаження вузлів і агрегатів як власне коробки передач, так і трансмісії в цілому, наслідком чого було [33]:

- збільшення витрати палива;
- підвищений знос вулів і агрегатів;
- зниження ресурсу вузлів і агрегатів зокрема та АКПП в цілому [33].

Все це вимагало серйозних доопрацювань в автоматичній коробці передач, однак, в першу чергу, ці обставини привели до створення коробки передач принципово нового типу – CVT [33].

Якщо звернутися до історії, то можна констатувати, що перший варіатор був придуманий Леонардо да Вінчі в 1490 році – рис. 4.42. На кресленнях винахідника можна побачити схему з паралельних конусів і перекинутим між ними ременем, здатним переміщатися поперек осі обертання конусів, що дозволяло змінювати передавальне відношення пари [33].

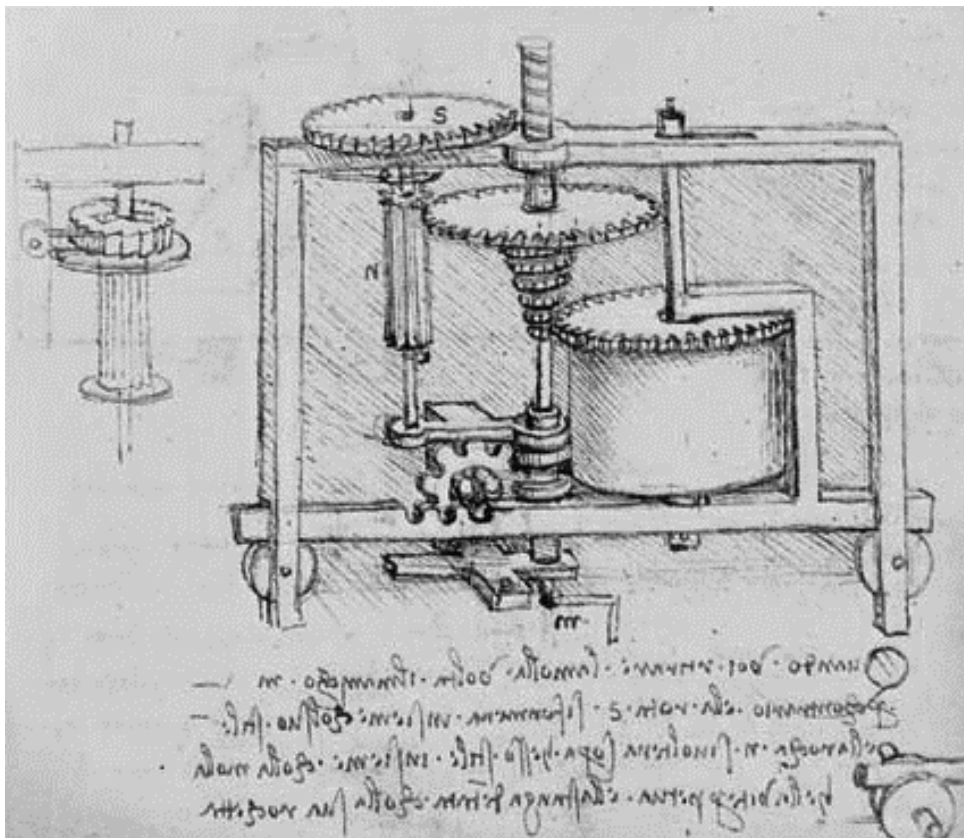


Рис. 4.42. Проект першого варіатора Леонардо да Вінчі [12]

Варіатор використовується не тільки в автомобілях: мопеди, снігоходи, ескалатори, верстати і конвеєри також оснащуються цим механізмом. Безступінчаті пристрої діляться на два типи [98]:

- варіатори зачеплення;
- фрикційні системи [98].

В трансмісіях мобільних машин використовуються фрикційні варіатори. Розрізняють три види фрикційних варіаторів, а саме [98]:

- клинопасові;
- тороїдальні;
- гідростатичні [98].

Клинопасовий варіатор. Крутний момент передається за рахунок клиновидного ременя, натягнутого між двох рухомими шківками, здатних змінювати свою форму за сигналом блоку управління [98].

Залежно від форми, ремінь змінює своє положення, рухаючись по меншому або більшому радіусу по шківках [98].

Під час руху мобільної машини зміна положення ременя відбувається постійно. Підсумок такої роботи: крутний момент змінюється плавно, а не ривками, як в автоматичній трансмісії. Спочатку в конструкції застосовувалися гумові ремені, але незабаром на зміну їм прийшли металеві складені і ланцюгові, які є більш довговічними [98].

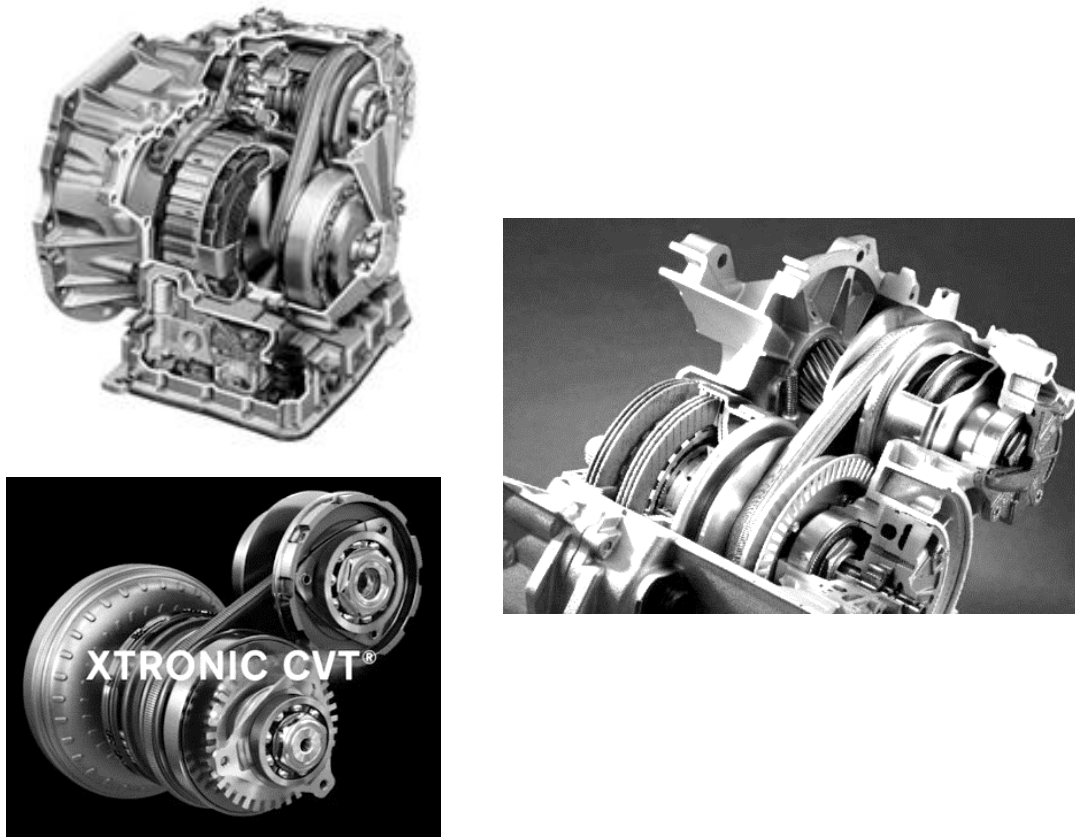
Тороїдальний варіатор. В основі лежать диски і ролики, що проходять між двома валами. Завдяки зміні положення роликів, що рухаються між дисками, змінюється значення передавального числа. Найчастіше даний тип варіатора можна зустріти на автомобілях бренду Ніссан [98].

Гідростатичний варіатор. Для його роботи використовуються насоси змінного об'єму, зв'язані між собою за допомогою рукавів і

патрубок. Енергія від двигуна, перетворена одним насосом в рух рідини всередині системи, передається на другий насос. Після цього енергія рідини знову перетворюється в обертальний рух вала, але вже з іншими характеристиками, зміненими вже цим другим насосом [98].

На даний момент найбільш поширеними є клинопасові варіатори. Більш детально розглянемо варіативні коробки передач з клинопасовими варіаторами, створеними за технологією CVT.

Коробка типу CVT є безступінчастою зміною передавального числа представлена на рис. 4.43.



a

б

Рис. 4. 43. Загальний вигляд варіаторної коробки передач:

a – з гідротрансформатором [25, 33];

б – з фрикційними елементами [98]

Основними деталями коробки CVT можуть бути: гідротрансформатор (наприклад, для конструкцій типу X-Tronic CVT таких виробників, як Subaru і Nissan – рис. 4.43 *a* [3.38]); два шківів, робочі диски яких можуть рухатися в осьовому напрямку, змінюючи робочий діаметр; рiмiнь, який перекинутий через ці два шківів. Перерiз ремня має трапецевидну форму.

Принцип роботи полягає в наступному – диски 4 і 5 ведучого шківів 1, які рухаються назустріч (як правило, рухомим є один шків) в осьовому напрямку звужують шків і виштовхують трапецевидний рiмiнь 3 назовні – рис. 4.44 *a*. Це призводить до збільшення радіусу шківів, на якому працює рiмiнь і, відповідно, до збільшення передавального числа. Там, де необхідно зниження передавального числа, шків розсувається, рiмiнь переміщається на менший радіус – рис. 4.44 *б* [33]. Аналогічні маніпуляції можуть бути проведені і з веденим шківом, що істотно розширює діапазон регулювань частоти обертання, а, відповідно, і швидкості (див. рис. 4.44) [25].

Гідротрансформатор в конструкціях варіаторних коробок передач працює, переважно, в режимі зчеплення, забезпечуючи рушання з місця, після чого блокується.

В багатьох конструкціях замість гідротрансформатора використовують фрикційні елементи – рис. 4.43 *б* [98].

Принципову схему сучасної варіаторної коробки передач Multitronic укомплектованої фрикційними елементами представлено на рис. 4.45 [12, 100].

Конструктивно трансмісія з коробкою передач Multitronic виконана так, що між двигуном і коробкою встановлені два багатодискові фрикціони (зчеплення) 2 та 8. Фрикціон 8 використовується для забезпечення руху вперед, а фрикціон 2 – для

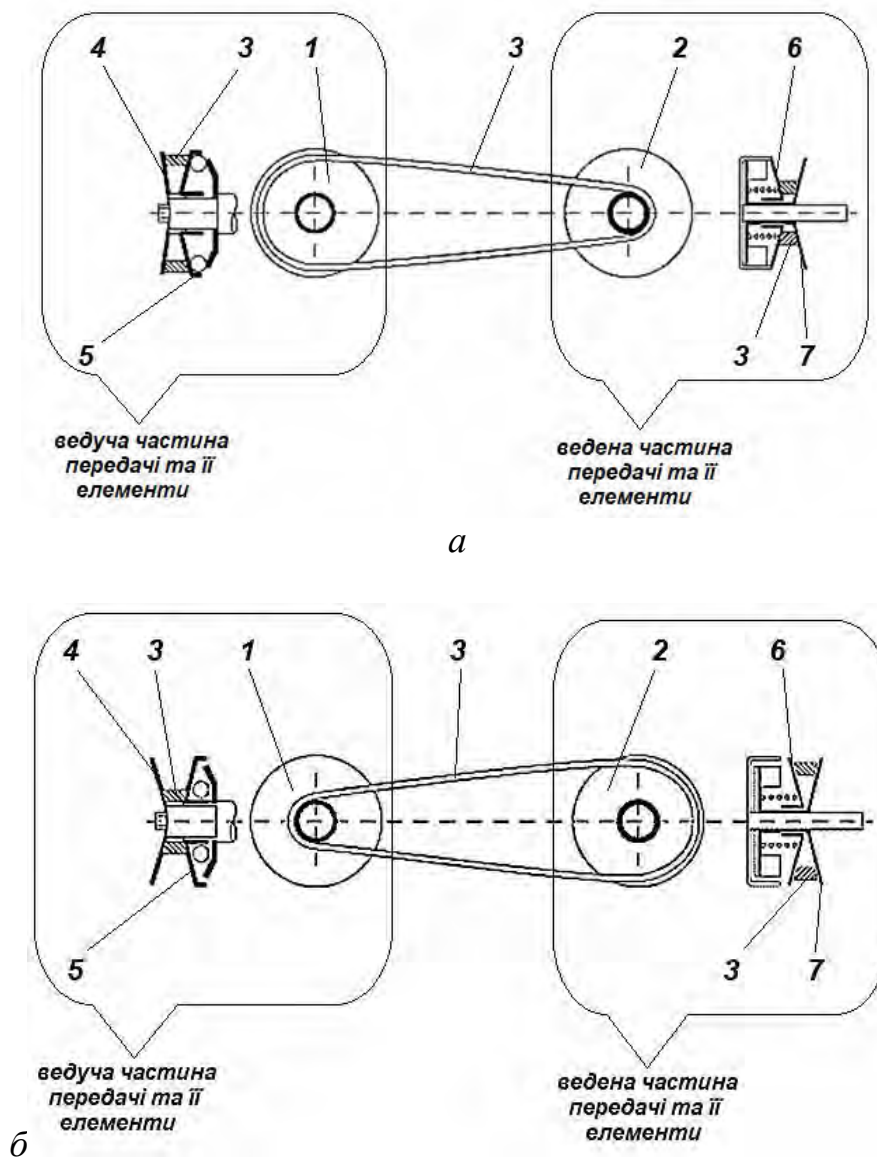


Рис. 4.44. До пояснення принципу дії варіатора [75]:

а – висока швидкість руху; б – низька швидкість руху; 1 – ведучий шків; 2 – ведений шків; 3 – трапецевидний ремінь (в сучасних варіаторах використовується широка сталева стрічка, або спеціальний міцний ланцюг); 4, 5 – диски ведучого шківа; 6, 7 – диски веденого шківа [75]

руху назад. Забезпечується реверсування напрямку руху з допомогою планетарного механізму 9 шляхом пригальмовування (за рахунок фрикціонів) певних його елементів [12].

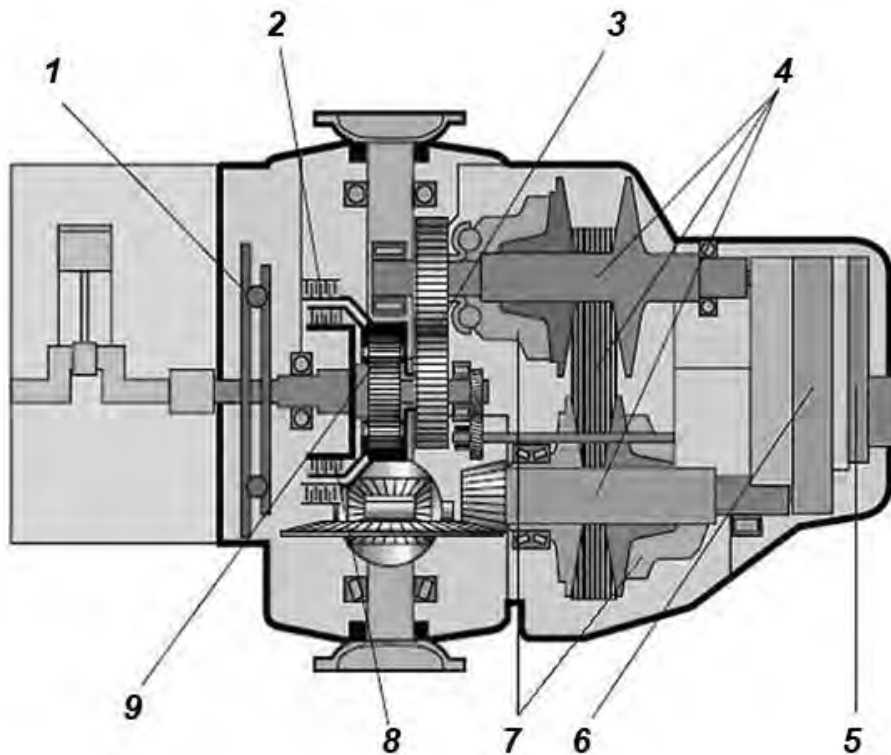


Рис. 4.45. Принципова схема сучасної варіаторної коробки передач

Multitronic з фрикційними елементами [12, 100]:

1 – маховик; 2 – фрикціони (зчеплення) для забезпечення руху заднім ходом; 3 – проміжна передача; 4 – варіатор; 5 – електронний блок керування коробкою передач; 6 – гідравлічний керуючий пристрій; 7 – гідравлічні пристрої пересування рухомих дисків варіатора; 8 – фрикціон (зчеплення для забезпечення руху вперед); 9 – планетарний механізм [100]

Ведучий шків варіатора 4 кінематично з'єднаний з валом двигуна через проміжну передачу 3, а ведений – з головною передачею і диференціалом. Далі обертання від нього потрапляє вже на колеса [12].

Електронний блок 5 контролює роботу всієї системи, спираючись на дані численних датчиків, які відстежують наступні параметри [12]:

- ✓ положення селектора коробки передач;
- ✓ оберти на вході і виході варіатора;
- ✓ температуру в механізмах;

✓ тиск робочої рідини в гідросистемі тощо [12].

Електроніка займається і симуляцією наявності звичних для водія передач, хоча насправді передавальне число змінюється плавно.

Гідравлічний блок 6 здійснює керування фрикціонами і гідроприводами шківів 7 [12].

Зважаючи на поширення варіативних коробок передач і їх еволюцію в підсумку варто назвати переваги та недоліки цих коробок передач, які найбільш характерні на даний час.

Основні переваги варіативної коробки передач [12]:

- перемикання передач відбувається без ривків;
- нижча витрата палива;
- вищі динамічні показники [12].

Основні недоліки варіативної коробки передач [12]:

- несумісність з двигунами високої потужності;
- висока вартість обслуговування і ремонту;
- залежність від великої кількості датчиків;
- висока чутливість до важких умов руху та буксирування причепів [12].

Якщо ще раз підсумувати викладене вище, то можна зробити висновок, що коробки передач це не що інше, як редуктори включені в загальну конструкцію машини покликані змінити передавальне число трансмісії з метою адаптації характеристик силової установки до умов руху.

Однак в конструкціях трансмісій мобільних машин використовуються і коробки інших конструкцій, які дозволяють передати крутний момент не тільки на ходову частину та трансформувати його додатково. До таких коробок відносяться роздавальні та додаткові коробки передач.

4.5. Роздавальні та додаткові коробки передач

У повноприводних машин крутний момент від коробки передач розподіляється і через карданні передачі підводиться до ведучих мостів.

В ланцюгу передачі крутного моменту часто використовуються коробки, які тимчасово можуть перемкнути трансмісію на роботу з підвищеним крутним моментом і пониженою швидкістю руху, так звані збільшувачі крутного моменту та понижуючі, або підвищуючі додаткові коробки передач.

4.5.1. Роздавальні коробки передач

Роздавальна коробка встановлюється на мобільних машинах з двома і більше ведучими мостами для розподілу крутного моменту двигуна між ними та для приводу додаткового і допоміжного обладнання.

В окремих випадках роздавальна коробка може виконувати функцію додаткової коробки передач для збільшення загального передавального числа трансмісії.

У повнопривідних автомобілях для розподілу крутного моменту між ведучими мостами застосовуються роздавальні коробки. Установка понижувальної передачі в них дозволяє значно збільшити переданий крутний момент і тягове зусилля, сприяючи підвищенню прохідності машини.

Роздавальні коробки передач класифікуються за наступними ознаками [68]:

- за кількістю передач:
 - одноступінчасті;
 - двоступінчасті;
- за розташуванням ведених валів:
 - співвісні;
 - не співвісні;
- за типом приводу ведених валів:
 - з бездиференціальним (блокованим) приводом;
 - з диференціальним приводом [68].

Принципові схеми основних типів роздавальних коробок представлені на рис. 4.46 [68].

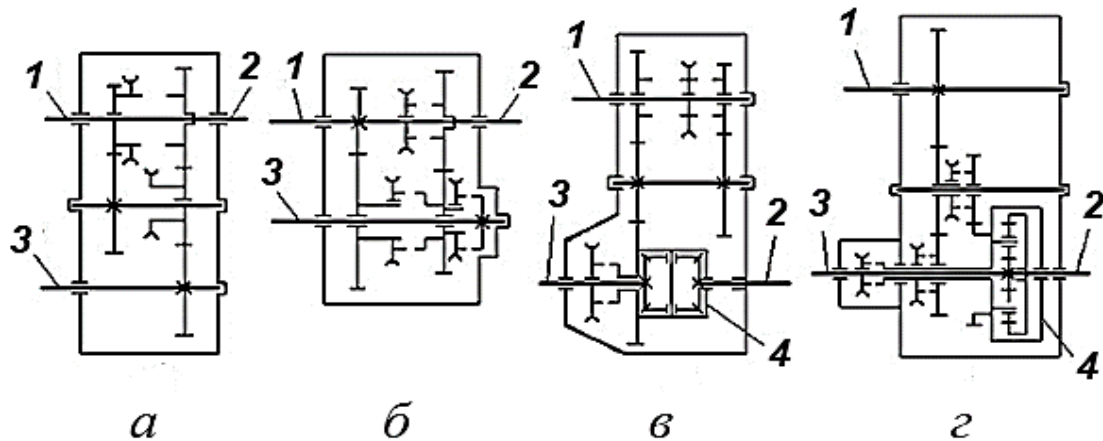


Рис. 4.46. Основні типи роздавальних коробок передач [68]:

а, б – з блокованим приводом мостів; в, г – з диференціальним приводом мостів; 1 – провідний вал; 2 – ведений вал приводу заднього моста; 3 – ведений вал приводу переднього моста; 4 – міжосьовий диференціал [68]

Під блокованим приводом ведучих мостів розуміють жорстке з'єднання ведучих мостів з трансмісією (як правило через зубчасті муфти) без можливості перерозподілу крутного моменту між мостами залежно від навантаження на них.

Диференціальний привід передбачає можливість перерозподілу крутного моменту між мостами залежно від навантаження на них.

При блокованому приводі за будь-яких умов до мостів передається крутний момент і вони весь час приймають участь у забезпеченні процесу руху. Однак, при найменших невідповідностях у параметрах агрегатів ходової частини (різний тиск в шинах, різний стан протектора тощо) чи умов руху мостів виникають такі негативні явища як пробуксовування ведучих коліс одного моста по відношенню до іншого, що спричиняє виникненню явища циркуляції паразитної потужності між мостами, наслідком чого є надмірний знос елементів ходової частини та трансмісії, перевитрата палива тощо. Тому постійне використання блокованого приводу ведучих мостів не рекомендоване.

Диференціальний привід дозволяє перерозподіляти крутний момент і уникнути негативних явищ, характерних для блокованого приводу, однак при потраплянні коліс різних ведучих мостів у різні умови руху істотно погіршується прохідність машини. Тому диференціальний привід вимагає використання блокування міжосьового диференціала в складних умовах руху. Крім того, за допомогою несиметричного диференціала крутний момент може бути розподілений між ведучими осями пропорційно вертикальних навантажень на них. Диференціальний привід ведених валів дозволяє колесам різних мостів обертатися з різною кутовою швидкістю, що виключає циркуляцію паразитної потужності в трансмісії. У таких роздавальних коробках передній міст може бути включений постійно, що спрощує управління роздавальною коробкою.

Одноступінчасті роздавальні коробки застосовуються на повнопривідних легкових автомобілях, де значне збільшення сили тяги може призводити до небажаних перевантажень агрегатів трансмісії [68].

Двоступінчаста роздавальна коробка подвоює число передач і розширює діапазон передавальних чисел. Використання таких роздавальних коробок передбачено на вантажних автомобілях з метою підвищення тягових властивостей [68].

Сьогодні роздавальні коробки з співісними валами знаходять все більше застосування, оскільки в них простіше реалізувати диференціальний привід ведених валів шляхом установки міжосьових диференціалів [68].

Неспівісними є, як правило, без диференціальні роздавальні коробки. Оскільки під час руху машини по нерівних дорогах колеса різних мостів проходять різний шлях, що при включеному передньому мосту це призводить до виникнення циркуляції паразитної потужності. Тому один з ведучих мостів, під час руху по дорогах з твердим покриттям, повинен відключатися щоб уникнути значного зношування шин. Крім того, в таких роздавальних коробках обов'язково повинен бути пристрій, що блокує включення пониженої передачі при вимкненому передньому мосту. Таке технічне рішення застосовується для того, щоб не допустити передачу надмірного крутного моменту на задній міст або задній візок [68].

Проведемо аналіз конструкцій роздавальних коробок передач основних типів.

Одноступінчаста роздавальна коробка передач легкового автомобіля. Така коробка передач не розраховується на передачу значних крутних моментів. Конструктивно вона може бути виконана як з зубчастою передачею, так і з ланцюговою, що істотно спрощує компонування передачі.

Роздавальні коробки автомобілів провідних виробників часто базують на ланцюговій передачі – рис. 4.47 [89].

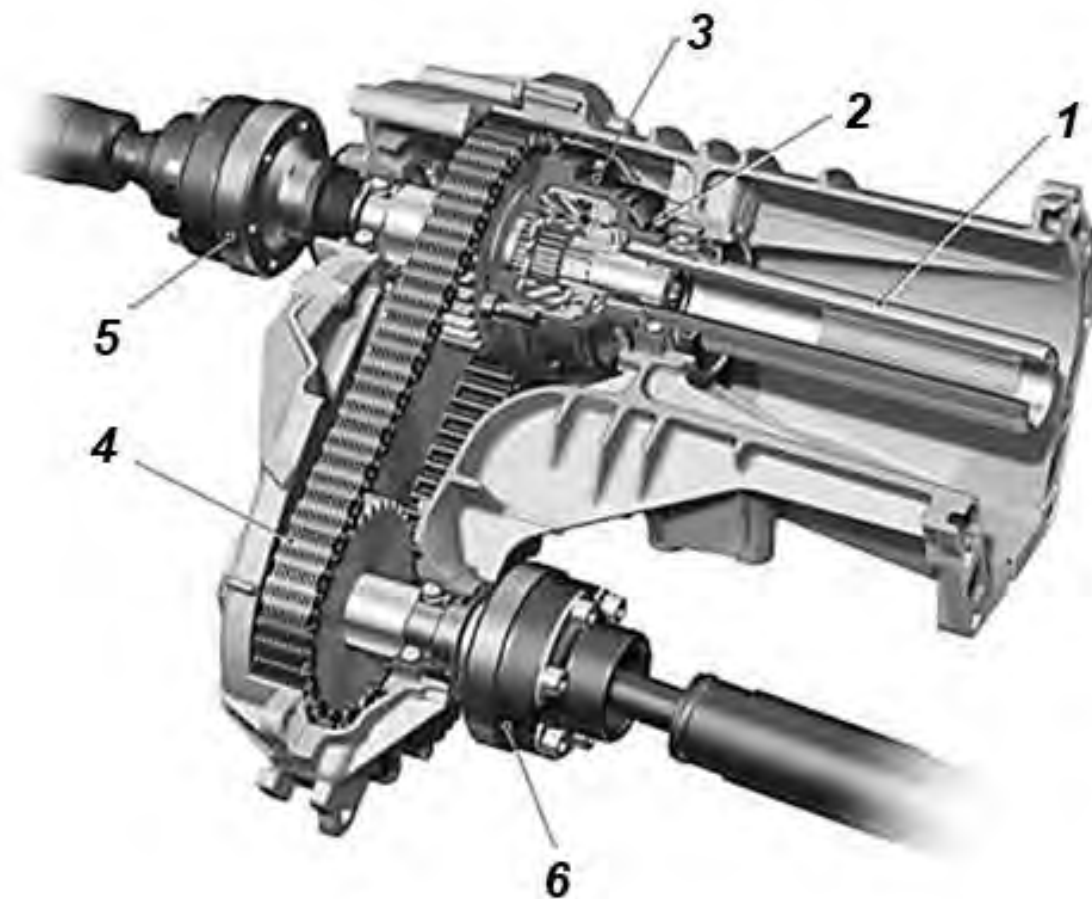


Рис. 4.47. Роздавальна коробка передач автомобілів виробництва концерну VAG (Audi) без понижуючої передачі [89]:

1 – ведучий вал; 2 – оливозбірник; 3 – міжосьовий диференціал; 4 – ланцюгова передача; 5 – вал приводу заднього моста; 6 – вал приводу переднього моста [89]

Роздавальна коробка передач, представлена на рис. 4.47, призначена для встановлення на машинах, які не експлуатуються на бездоріжжі, оскільки понижуючий ряд в ній не передбачений.

Важливим елементом коробки передач, зображеної на рис. 4.47 є міжосьовий диференціал 3. Він дозволяє розподілити крутний момент між осями і дозволяє приводним валам обертатися з різними кутовими швидкостями. Це важливо при русі в поворотах, оскільки колеса

проходять різну відстань і, таким чином, повинні обертатися з різними швидкостями. Якщо міжосьовий диференціал відсутній, то забезпечити колесам різних ведучих мостів можливість обертатися з різними швидкостями можна тільки шляхом відключення однієї осі.

Міжосьові диференціали бувають:

- ✓ симетричними;
- ✓ несиметричними.

Перший працює таким чином, що крутний момент передається порівну на обидві осі, другий – ділить його в певній пропорції.

З метою забезпечення реалізацій ходових якостей мобільної машини міжосьовий диференціал повинен мати блокування. Блокування може здійснюватися автоматично, або примусово (вручну). На даний час можуть використовуватися наступні види блокувальних пристроїв:

- ✓ самоблокуючий диференціал;
- ✓ фрикційна багатодискова муфта;
- ✓ в'язкісна муфта (віскомуфта).

Особливості конструкції блокувальних пристроїв і принцип їх дії буде розглянуто в наступному розділі, оскільки вони часто використовуються в конструкціях ведучих мостів сучасних мобільних машин.

Віскомуфта – це найбільш простий пристрій, який дозволяє автоматично заблокувати диференціал. Загальна будова міжосового диференціала з блокуванням віскомуфтою представлена на рис. 4.48 [89].

Принцип дії віскомуфти наступний. В герметичному корпусі віскомуфти 5 розміщені ведучі і ведені диски 6. Диски 6 мають перфорацію і занурені в силіконову рідину. Маточина віскомуфти 4 жорстко з'єднана з корпусом 3 міжосьового диференціала 2, а корпус віскомуфти 5 – з вихідним валом диференціала 7. Під час пробуксовки

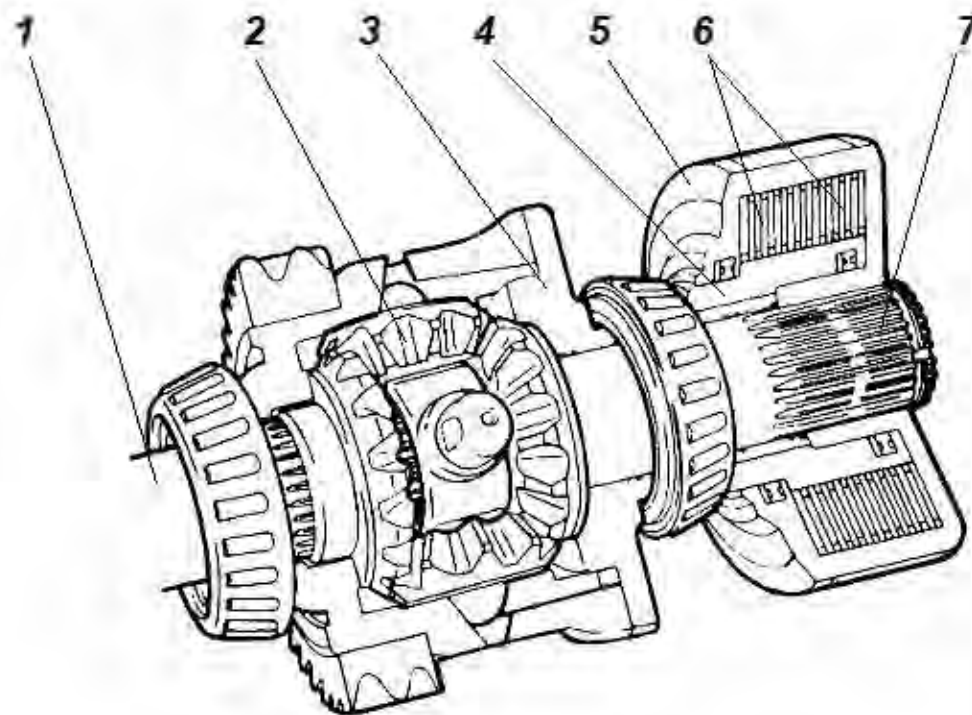


Рис. 4.48. Міжосьовий диференціал з блокуванням віскомуфтою [89]:

1 – вал (приводний); 2 – міжосьовий диференціал; 3 – корпус міжосьового диференціала; 4 – маточина віскомуфти; 5 – герметичний корпус віскомуфти; 6 – ведучі і ведені диски віскомуфти; 7 – вихідний вал диференціала [89]

коліс однієї з осей одні диски починають обертатися швидше інших, силіконова рідина інтенсивно перемішується, розігрівається і густіє. При цьому з'являється опір провертанню дисків і вони ніби склеюються, з'єднуючи маточину 4 з корпусом 5. Віскомуфта замикається і диференціал блокується, тобто перерозподілу крутного моменту між ведучими мостами не відбувається і вони отримують крутний момент однакового розміру [89].

Одним з головних недоліків віскомуфти є те, що на її спрацювання потрібен час, розмір якого визначається станом загустіння силіконової рідини. Іноді цього часу достатньо, щоб машина повністю втратила можливість поступального руху. З цих причин

віскомуфти на кросоверах не використовуються, там перевага віддана самоблокуючим диференціалам і фрикційним муфтам, будову і роботу яких буде розглянуто в наступному розділі.

Роздавальні коробки вантажних автомобілів і тракторів схожі за конструкцією, будовою і дією. Основні відмінності концентруються, в основному, в принципі і виконавчих пристроях керування ними, що в даному посібнику не розглядається, оскільки така інформація може бути основою змісту та навчальних планів інших дисциплін подібного профілю.

Нижче розглянуто роздавальні коробки конструкція і дія яких характерна для вантажних автомобілів і тракторів.

Роздавальна коробка передач мобільної машини з колісною формулою 4×4 (або іншою) неспіввісна, бездиференціальна. Роздавальні коробки передач такого типу встановлюються на автомобілях типу ГАЗ-66, ГАЗ-3308 тощо (рис. 4.49 [68]).

Роздавальна коробка, представлена на рис. 4.49, є неспіввісною бездиференціальною коробкою передач з понижуючою передачею.

Принцип дії даної коробки передач наступний.

Під час руху машини в нормальних умовах при використанні тільки заднього ведучого моста водій, з допомогою важіля керування (на рис. 4.49 не показаний), повзуна 12 і вилки 13 переміщує зубчасте колесо 3 вправо до замикання з зубчастим колесом 4 вала приводу заднього моста, а всі інші зубчасті колеса свого положення не змінюють (даний випадок показано на на рис. 4.49). Рух машини здійснюється тільки за рахунок заднього ведучого моста. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися наступним ланцюгом: первинний вал роздавальної коробки 2 – зубчасте колесо 3 – зубчасте колесо 4 – вал приводу заднього моста 5.

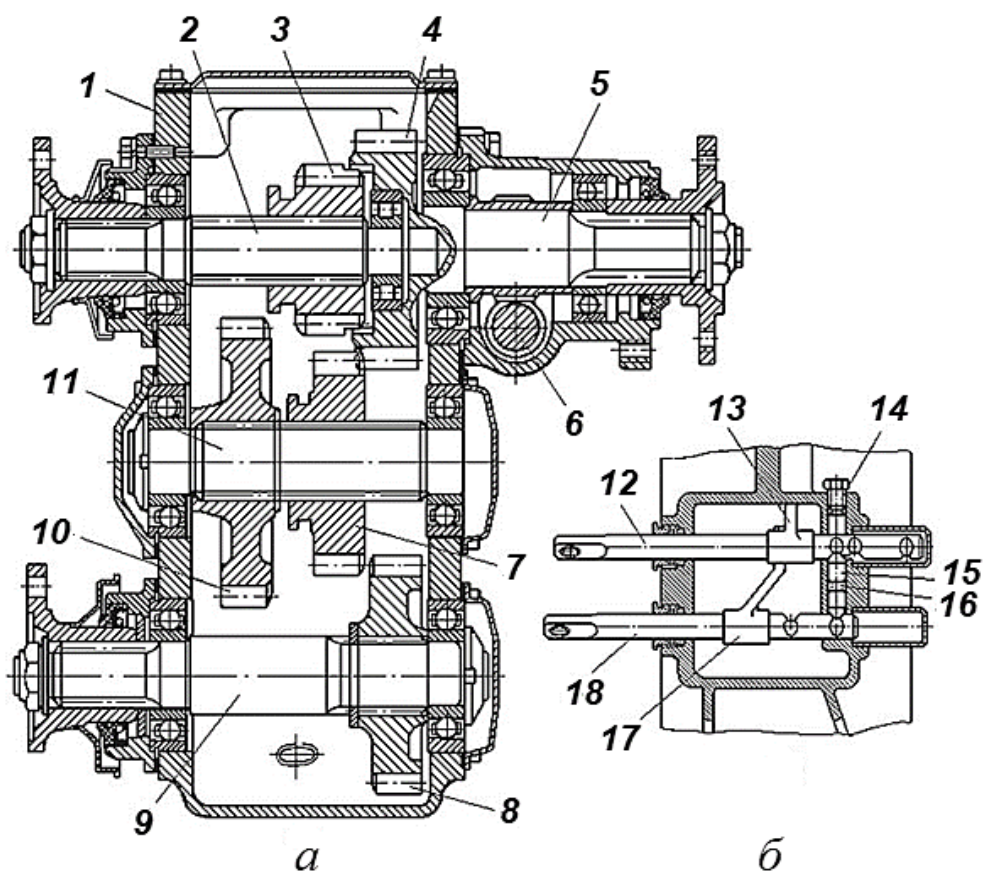


Рис. 4.49. Роздавальна коробка автомобілів типу
ГАЗ-3308, ГАЗ-66 [68]:

а – редуктор роздавальної коробки; *б* – блокуючий пристрій; 1 – картер роздавальної коробки; 2 – первинний вал роздавальної коробки; 3 – зубчасте колесо перемикання передач; 4 – зубчасте колесо валу приводу заднього моста; 5 – вал приводу заднього моста; 6 – зубчасте колесо приводу спідометра; 7 – зубчасте колесо включення переднього моста; 8 – зубчасте колесо валу приводу переднього моста; 9 – вал приводу переднього моста; 10 – зубчасте колесо проміжного вала; 11 – проміжний вал; 12 – повзун включення передач; 13, 17 – вилки повзунів; 14 – пробка; 15 – сухар; 16 – пружина; 18 – повзун включення переднього моста [68]

У випадку погіршення умов руху і необхідності задіювання переднього ведучого моста, водій, з допомогою важеля керування, повзуна 18 і вилки 17 вводить в зачеплення зубчасте колесо 7

включення переднього моста з зубчастим колесом приводу переднього моста 8, переміщуючи його вправо (якщо орієнтуватися відносно рис. 4.49). Рух машини здійснюється за рахунок заднього і переднього ведучих мостів. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися наступними двома ланцюгами: *перший* - первинний вал роздавальної коробки 2 – зубчасте колесо 3 – зубчасте колесо 4 – вал приводу заднього моста 5; *другий* – первинний вал роздавальної коробки 2 – зубчасте колесо 3 – зубчасте колесо 4 – зубчасте колесо включення переднього моста 7 – зубчасте колесо вала приводу переднього моста 8 - вал приводу переднього моста 9.

У випадку погіршення умов руху та необхідності задіювання переднього ведучого моста і понижуючої передачі, водій виконує наступні операції:

✓ з допомогою важеля керування, повзуна 18 і вилки 17 вводить в зачеплення зубчасте колесо 7 включення переднього моста з зубчастим колесом приводу переднього моста 8, переміщуючи його вправо (якщо орієнтуватися відносно рис. 4.49);

✓ з допомогою повзуна 12 і вилки 13 переміщує зубчасте колесо 3 вліво до замикання з зубчастим колесом 10 проміжного вала 11.

Рух машини на понижуючій передачі здійснюється за рахунок заднього і переднього ведучих мостів. З метою запобігання руйнування деталей трансмісії від перевантаження (такий випадок може мати місце, коли увімкнути понижуючу передачу і один ведучий міст) привід обох ведучих мостів здійснюється через одне зубчасте колесо 7. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися наступними двома ланцюгами: *перший* - первинний вал роздавальної коробки 2 – зубчасте колесо 3 – зубчасте колесо 10 – зубчасте колесо 7 зубчасте колесо 4 – вал приводу заднього моста 5;

другий – первинний вал роздавальної коробки 2 – зубчасте колесо 3 – зубчасте колесо 10 – зубчасте колесо включення переднього моста 7 – зубчасте колесо вала приводу переднього моста 8 - вал приводу переднього моста 9.

Значно складнішою є конструкція співвісної диференціальної роздавальної коробки передач.

Роздавальна коробка передач мобільної машини з колісною формулою 4×4 (або іншою) співвісна, диференціальна. Роздавальні коробки передач такого типу встановлюються на автомобілях типу КамАЗ-4310 (рис. 4.50 [68]).

Роздавальна коробка, представлена на рис. 4.50, є співвісною диференціальною коробкою передач з постійним повним приводом та понижуючою передачею.

Роздавальна коробка передач, зображена на рис. 4.50 обладнана міжосьовим диференціалом планетарного типу.

Постійний повний привід забезпечується використанням міжосьового диференціала планетарного типу. Привід переднього моста з'єднано з сонячним зубчастим колесом 13 планетарного редуктора міжосьового диференціала, а привід на задні ведучі мости здійснюється від коронного зубчастого колеса цього редуктора.

Працює роздавальна коробка наступним чином.

Під час руху машини в нормальних умовах на дорогах з покращеним покриттям водій, з допомогою механізму керування зміщує зубчасті муфти 5 і 15 вправо (якщо орієнтуватись по рис. 4.50). Рух машини здійснюється на вищій передачі. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися наступними ланцюгами: *основний потік* – первинний вал роздавальної коробки передач 1 – ведуче зубчасте колесо первинного вала 2 – зубчасте колесо

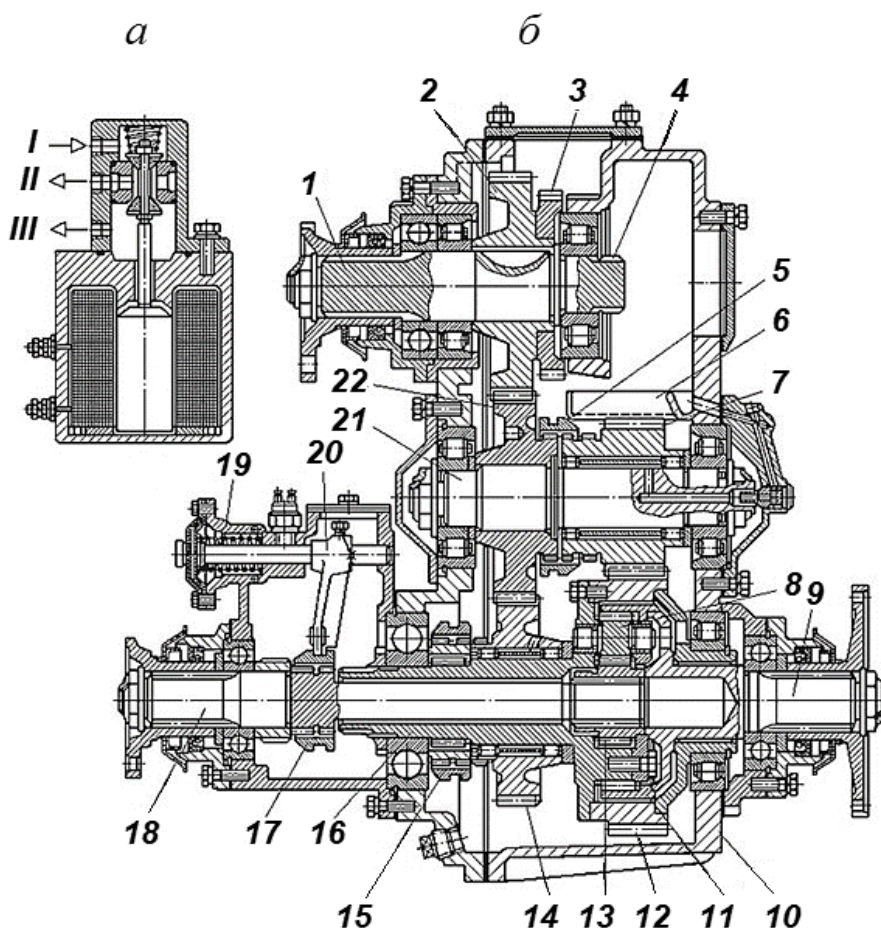


Рис. 4.50. Роздавальна коробка автомобіля типу КамАЗ-4310 [68]:

а – електромагнітний клапан приводу управління роздавальною коробкою; *б* – редуктор роздавальної коробки; I – з пневмосистеми; II – до пневматичних камер; III – в навколишнє середовище; 1 – первинний вал роздавальної коробки передач; 2 – ведуче зубчасте колесо первинного вала; 3 – зубчасте колесо відбору потужності; 4 – зубчасте колесо приводу лебідки; 5, 15 – зубчасті муфти включення передач; 6 – оливозбірник; 7, 22 – зубчасті колеса проміжного валу; 8 – сателіт; 9 – вал приводу заднього моста; 10 – картер; 11 – коронне зубчасте колесо; 12 – ведуче зубчасте колесо міжосьового диференціала; 13 – сонячне зубчасте колесо; 14 – зубчасте колесо підвищуючої передачі; 16 – водило; 17 – муфта включення блокування диференціала; 18 – вал приводу переднього моста; 19 – пневматична камера механізму блокування диференціала; 20 – вилка; 21 – проміжний вал [68]

22 проміжного вала – зубчасте колесо підвищуючої передачі 14 – водило 16 – сателіт 8 – сателіт: *перший потік* – коронне зубчасте колесо 11 – вал приводу заднього моста 9; *другий потік* – сонячне зубчасте колесо 13 – вал приводу переднього моста 18. При потраплянні ведучих мостів в різні умови руху спрацьовує міжосьовий диференціал і перерозподіляє крутний момент між мостами залежно від їх навантаження. Технічна реалізація такого перерозподілу здійснюється шляхом повертання сателіта на осі, що є відповідним коригуванням частот обертання коронного і сонячного зубчастих коліс.

*Під час руху машини в складних дорожніх умовах, коли виникає необхідність блокувати міжосьовий диференціал, водій, з допомогою механізму керування зміщує зубчасті муфти 5 і 15 та, вже з допомогою пневмокамери 19, муфту 17 вправо (якщо орієнтуватись по рис. 4.50). Рух машини здійснюється на вищій передачі, але з заблокованим міжосьовим диференціалом. Блокування буде забезпечуватися завдяки жорсткому з'єднанню, з допомогою зубчастої муфти 17, сонячного зубчастого колеса 13 і водила 16 міжосьового диференціалу планетарного типу. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися аналогічними, як і в попередньому випадку, ланцюгами: *основний потік* – первинний вал роздавальної коробки передач 1 – ведуче зубчасте колесо первинного вала 2 – зубчасте колесо 22 проміжного вала – зубчасте колесо підвищуючої передачі 14 – водило 16 – сателіт 8 – сателіт: *перший потік* – коронне зубчасте колесо 11 – вал приводу заднього моста 9; *другий потік* – сонячне зубчасте колесо 13 – вал приводу переднього моста 18.*

Під час руху машини в складних дорожніх умовах, коли виникає необхідність блокувати міжосьовий диференціал та вмикати понижуючу передачу, водій, з допомогою механізму керування зміщує зубчасті муфти

5 і 15 вліво, а муфту вмикання блокування міжосьового диференціала 17 вправо (якщо орієнтуватись по рис. 4.50). Рух машини здійснюється на нижчій передачі з заблокованим міжосьовим диференціалом. Блокування буде забезпечуватися завдяки жорсткому з'єднанню, з допомогою зубчастої муфти 17, сонячного зубчастого колеса 13 і водила 16 міжосьового диференціалу планетарного типу. Потік крутного моменту від головної коробки передач буде передаватися наступними ланцюгами: *основний потік* – первинний вал роздавальної коробки передач 1 – ведуче зубчасте колесо первинного вала 2 – зубчасте колесо 22 проміжного вала – зубчасте колесо 7 проміжного вала – ведуче зубчасте колесо міжосьового диференціала 12 – водило 16 – сателіт 8; *перший потік* – коронне зубчасте колесо 11 – вал приводу заднього моста 9; *другий потік* – сонячне зубчасте колесо 13 – вал приводу переднього моста 18.

В тексті даного посібника варто також згадати і про роздавальну коробку трактора типу МТЗ-82, Беларус-82.1 тощо.

На рис. 4.51 представлено роздавальну коробку трактора типу Беларус-82.1.

Особливістю даної коробки є те, що в окремому знімному корпусі виконано лише вихідний (вторинний) вал роздавальної коробки, а первинний (його функцію виконує вторинний вал головної коробки передач) і проміжний вали – у корпусі головної коробки передач.

Загальна будова і принцип дії даної роздавальної коробки передач полягає в наступному. В корпусі 6 роздавальної коробки (див. рис. 4.51) на підшипниках встановлено вихідний вал 5. На валу 5 на шліцах з допомогою ковзної посадки встановлена рухома зубчаста муфта 12, а на підшипниках у фіксованому положенні в корпусі 15, встановлена внутрішня обойма роликової муфти вільного ходу 7 з зубчастим вінцем 10. На внутрішній обоймі роликової муфти вільного

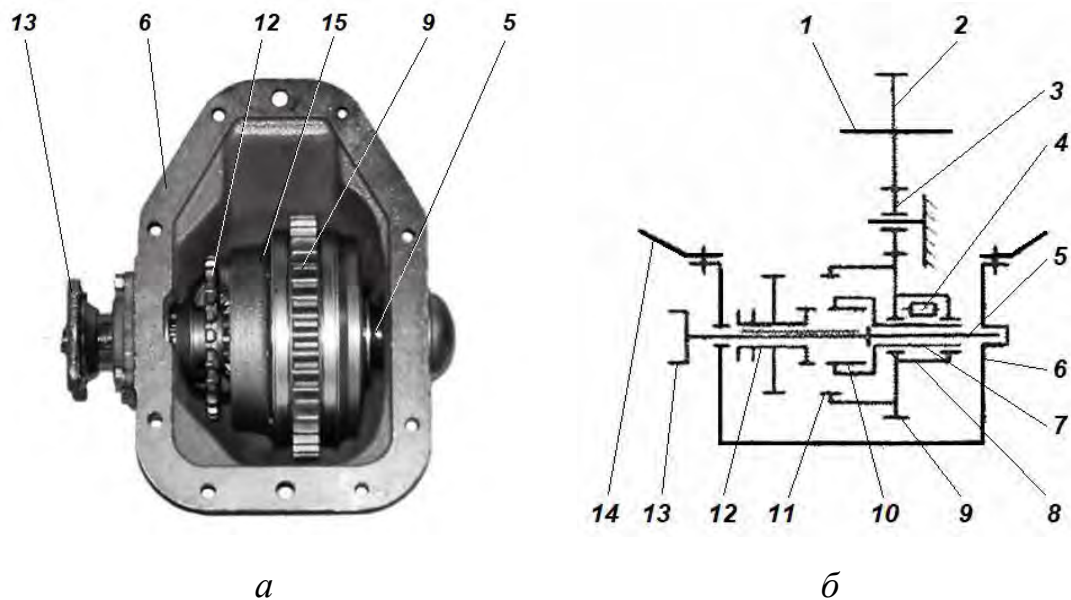


Рис. 4.51. роздавальна коробка трактора типу Беларус-82.1 [69]:
а – загальний вигляд; *б* – принципова схема; 1 – вторинний (вихідний вал) головної коробки передач; 2 – шестерня вторинного валу головної коробки передач; 3 – проміжна шестерня; 4 – ролик муфти вільного ходу; 5 – вихідний (вторинний) вал роздавальної коробки; 6 – корпус роздавальної коробки; 7 – внутрішня обойма роlikової муфти вільного ходу; 8 – зовнішня обойма муфти вільного ходу; 9 – шестерня вихідного валу роздавальної коробки; 10 – зубчастий вінець внутрішньої обойми муфти вільного ходу; 11 – зубчастий вінець шестерні вторинного валу; 12 – рухома зубчаста муфта; 13 – флянець карданного вала привода переднього ведучого моста; 14 – корпус головної коробки передач; 15 – корпус муфти вільного ходу [69]

ходу 7 на підшипниках (втулках тощо) встановлені жорстко з'єднані зовнішня обойма муфти вільного ходу 8 з роликами 4 та шестерня вихідного (вторинного) валу роздавальної коробки 9. До шестерні 9 жорстко прикріплений зубчастий вінець 11 шестерні вторинного валу. З зовнішнього боку на кінці вихідного валу 5 встановлений флянець карданного вала привода переднього ведучого моста 13. Корпус з усіма перерахованими елементами кріпиться до бічної стінки корпуса

головної коробки передач 14. Шестерня 9 вихідного вала роздавальної коробки 5 знаходиться в постійному зачепленні через проміжну шестерню 3 з шестернею вторинного вала головної коробки передач 2.

Важіль керування роздавальною коробкою передач, зображеною на рис. 4.51, має три фіксовані положення, а саме:

➤ положення I – роздавальна коробка вимкнена. Обертальний рух та крутний момент на передній ведучий міст не передаються. Цьому положенню відповідає розташування деталей роздавальної коробки, яке зображене на рис. 4.51 б.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: вторинний вал коробки передач 1 – шестерня вторинного вала 2 – проміжна шестерня 3 – шестерня 9 вторинного вала роздавальної коробки.

Передача обертового руху і крутного моменту на вихід з роздавальної коробки відсутня, оскільки елементи, які жорстко з'єднані з вихідним валом 5 з зачеплення виведені.

➤ положення II – автоматичне підключення переднього ведучого моста. Таке положення характерне переважно для умов, коли трактор працює з важкими тяговими машинами, а ведучі колеса знаходяться в задовільних, але змінних умовах за зчепленням і навантаженням (прикладом може слугувати орний агрегат, для якого характерним є змінний опір ґрунту впродовж гону тощо). Сутність всієї конструкції роздавальної коробки цього типу зводиться саме до цього положення і полягає в тому, що передній ведучий міст кінематично під'єднується до внутрішньої, або до зовнішньої обойми муфти вільного ходу, тим само визначаючи режим роботи роздавальної коробки. Основні ведучі колеса постійно приводяться від вторинного валу головної коробки передач. Якщо з'єднання виконується через

внутрішню обойму, то в процесі передачі крутного моменту приймає участь муфта вільного ходу, а це саме той агрегат, який дозволяє передавати крутний момент в один бік за умови збільшення навантаження і зменшення частоти обертання коліс переднього ведучого моста, а при зменшенні навантаження і збільшенні частоти обертання коліс переднього ведучого моста крутний момент на передній міст не передається.

Для вмикання *положення II* необхідно змістити праворуч до заведення в зачеплення зубчастого вінця внутрішньої обойми муфти вільного ходу *10* з зубчастим вінцем зубчастої муфти *12*.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: вторинний вал коробки передач *1* – шестерня вторинного вала *2* – проміжна шестерня *3* – шестерня *9* вторинного вала роздавальної коробки – зубчастий вінець внутрішньої обойми муфти вільного ходу *10* – рухома зубчаста муфта *12* – вихідний (вторинний) вал роздавальної коробки *5* – флянець карданного вала привода переднього ведучого моста *13*.

Передній ведучий міст підключається при відставанні частоти обертання внутрішньої обойми *7* від частоти обертання зовнішньої обойми *8*, коли ролики *4*, переміщуючись у своїх направляючих заблокують ці обойми за рахунок, як правило, сил тертя і всі елементи муфти вільного ходу будуть жорстко з'єднані між собою та працюватимуть як одна деталь. Візуально це відбудеться тоді, коли основні (задні) ведучі колеса трактора почнуть пробуксовувати порівняно з колесами переднього моста. При цьому колеса переднього моста частоту обертання зменшуватимуть (можливо і до повної зупинки), а колеса основного ведучого (заднього) моста продовжуватимуть обертатися з пробуксовуванням. В автоматичному

режимі значну частину шляху колеса переднього моста проходять як ведені і реагують на пробуксовування задніх коліс зменшенням частоти обертання. Це і спричиняє різницю частот елементів муфти вільного ходу і її блокування.

➤ положення III – примусове підключення переднього ведучого моста. Таке положення характерне переважно для умов, коли трактор працює у важких дорожніх умовах і ведучі колеса знаходяться в незадовільних умовах за зчепленням (прикладом може слугувати рух по заболоченій, засніженій місцевості тощо).

Для вмикання положення III необхідно змістити ще правіше (якщо орієнтуватись по рис. 4.51) зубчасту муфту 12 до заведення в зачеплення її зубчастого вінця з зубчастим вінцем шестерні вторинного вала 11 і, здійснюючи в такий спосіб блокування муфти вільного ходу, з'єднуючи її корпус 15, за одну деталь з яким виготовлено і зубчастий вінець 11, з вихідним валом 5.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: вторинний вал коробки передач 1 – шестерня вторинного вала 2 – проміжна шестерня 3 – шестерня 9 вторинного вала роздавальної коробки – зубчастий вінець шестерні вторинного вала 11 – рухома зубчаста муфта 12 – вихідний (вторинний) вал роздавальної коробки 5 – флянець карданного вала привода переднього ведучого моста 13.

В положенні III передній ведучий міст буде підключений постійно.

Вище описано конструкцію і принцип дії лише кількох типів роздавальних коробок передач, але все їх розмаїття тим, чи іншим чином може бути пояснено з використанням саме розглянутих нами в цьому посібнику різновидів.

4.5.2. Додаткові коробки передач

Перетворення в трансмісії мобільних машин можуть здійснюватися і в інших коробках передач, які можуть встановлюватися за замовленням споживача. Такі коробки передач називають додатковими. До додаткових коробок передач можна віднести збільшувачі крутного моменту (ЗКМ), демультіплікатори та подільники. Всі агрегати, включані до цієї групи в сучасних коробках передач, як правило, конструктивно об'єднуються з головними, або роздавальними коробками передач. Сучасні коробки передач об'єднують в собі практично всі названі агрегати, але зустрічаються конструкції машин з окремим виконанням цих агрегатів. Розглянемо конструкцію та принцип дії окремих таких агрегатів окремо на рівні принципових схем.

Збільшувачі крутного моменту (ЗКМ). Збільшувач крутного моменту – це, як правило, агрегат трансмісії трактора. Причиною його використання є та обставина, що тракторні агрегати працюють в достатньо мінливих умовах з точки зору забезпечення необхідних тягових зусиль, що пояснюється, в першу чергу, мінливістю тягового опору ґрунту, наявністю істотних підйомів і спусків за напрямком руху тощо. Переборювання збільшених тягових опорів урегульовано в коробках передач нижчими передачами, перехід на які спричинений вимиканням зчеплення (а це, при значних тягових зусиллях, супроводжується зупинкою агрегату), вимиканням вищої передачі і вмиканням нижчої з наступним розгоном агрегату до потрібної швидкості руху. Така схема веде до втрат часу та надмірних економічних витрат. В автоматичних коробках передач, механічних коробках передач з гідравлічним керуванням та переселективних

коробках передач ця проблема вирішена в способи, описані вище. Збільшувач крутного моменту, як правило, використовується з механічною коробкою передач.

Завданням ЗКМ є тимчасове, на короткий час, перемикання трансмісії трактора на реалізацію вищих передавальних чисел без вимикання головного зчеплення і без запинки машини. Як правило, ЗКМ являє собою двохступінчастий редуктор. Найчастіше одна з передач пряма, друга – понижуюча з передавальним числом близьким до 1,2 ... 1,35 [88].

Найбільшого поширення набули збільшувачі крутного моменту трьох типів. Принципові схеми, будова і принцип дії яких представлені нижче.

На рис. 4.52. представлена принципова схема ЗКМ, виконаного на базі планетарного редуктора [88].

Не вхідному валу *1* збільшувача крутного моменту жорстко укріплене коронне зубчасте колесо *3* планетарного редуктора. Вал *1* пропущений у пустотілому валі *7*, на одному кінці якого, в площині обертання коронного зубчастого колеса *3* встановлене сонячне зубчасте колесо *4*, а на іншому кінці – стрічкове гальмо *8* для вмикання ЗКМ. Між пустотілим валом *7* і водилом встановлено фрикційну муфту *9*, яка блокує водило і пустотілий вал з сонячною шестернею для вимикання планетарного редуктора і забезпечення прямої передачі на вихідний вал *5*.

Принцип дії збільшувача крутного моменту, принципова схема якого представлена на рис. 4.52 може бути описана трьома етапами, а саме:

➤ етап I – *крутний момент через редуктор не передається взагалі*. Такий випадок можливий за умови, коли будуть виключені гальма *8* і фрикційна муфта *9*.

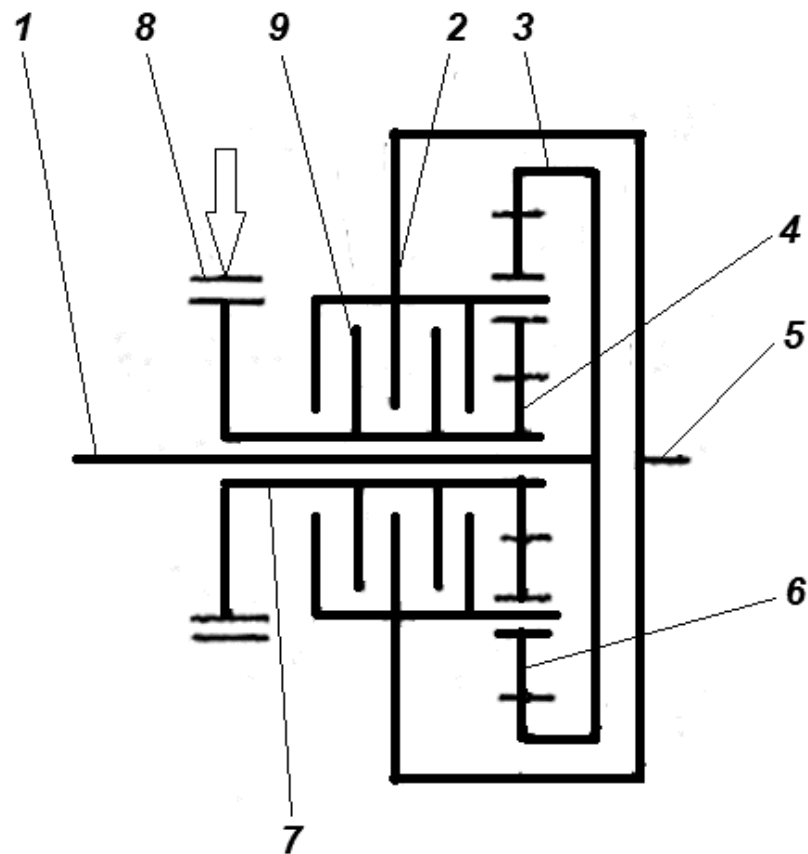


Рис. 4.52. Принципова схема ЗКМ на базі планетарного редуктора [88]:

1 – ведучий (вхідний) вал ЗКМ; 2 – водило планетарного редуктора; 3 – коронне зубчасте колесо планетарного редуктора; 4 – сонячне зубчасте колесо планетарного редуктора; 5 – ведений (вихідний) вал ЗКМ; 6 – сателіт планетарного редуктора; 7 – пустотілий вал; 8 – стрічкове гальмо для вмикання ЗКМ; 9 – блокувальна муфта для отримання прямої передачі [88]

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – коронна шестерня планетарного редуктора 3 – сателіт планетарного редуктора 6 – сонячне зубчасте колесо 4 – пустотілий вал 7 – ведучі диски фрикційної блокувальної муфти 9 – шків стрічкового гальма 8. До вихідного вала 5 ЗКМ обертовий рух і крутний момент не передається через те, що гальма та блокувальна муфта вимкнені. Однак, конструктивно такий

етап не передбачений з тієї причини, що орган керування ЗКМ, як правило, об'єднаний і одночасно відбувається затискання гальм і виключення фрикційної муфти блокування, або навпаки.

➤ *етап II – крутний момент у ЗКМ не трансформується (ЗКМ вимкнено) і передається без змін від головної коробки передач до ведучого моста.*

Для вмикання такого режиму необхідно щоб гальма 8 були вимкнені, а блокувальна муфта 9 замкнута (див. рис. 4.52). В такому випадку водило 2 і коронне зубчасте колесо 3 планетарного редуктора, за рахунок сил тертя у блокувальній муфті 9 будуть жорстко з'єднані, що виключить роботу планетарного редуктора, жорстко з'єднуючи вхідний вал 1 з вихідним валом 5 збільшувача крутного моменту.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – коронна шестерня планетарного редуктора 3 – водило 2 – ведений (вихідний) вал ЗКМ 5.

Таким чином буде включена пряма передача і трансформація обертового руху і крутного моменту в планетарному редукторі ЗКМ не відбуватиметься.

➤ *етап III – крутний момент у ЗКМ трансформується (ЗКМ увімкнено) і передається трансформованим від головної коробки передач до ведучого моста.*

Для вмикання такого режиму необхідно щоб гальма 8 були увімкнені, а блокувальна муфта 9 вимкнута (див. рис. 4.52). В такому випадку пустотілий вал 7 і сонячне зубчасте колесо 4 планетарного редуктора будуть заблоковані і не обертатимуться. Розмикання блокувальної муфти 9 звільнить водило 2. Це приведе до того, що коронна шестерня 3, яка обертається буде тягнути за собою сателіт 6, який обертаючись навколо своєї осі, укріпленій на водилі 2

прокочується по нерухомому сонячному зубчастому колесі 4 примушує обертатися власне водило 2 планетарного редуктора, яке безпосередньо зв'язане з вихідним валом 5 збільшувача крутного моменту.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – коронна шестерня планетарного редуктора 3 – сателіт планетарного редуктора 6 – водило 2 – ведений (вихідний) вал ЗКМ 5.

На рис. 4.53 представлено принципову схему збільшувача крутного моменту з двоступінчастим планетарним редуктором зовнішнього зачеплення.

Загальна будова і принцип дії збільшувача крутного моменту, принципова схема якого представлена на рис. 4.53, дуже подібна до будови і принципу дії ЗКМ, принципова схема якого зображена на рис. 4.52 за тією різницею, що використано двоступінчастий планетарний редуктор та дискове гальмо. Алгоритм роботи ЗКМ даного типу наступний:

➤ етап I – увімкнена пряма передача і планетарні редуктори ЗКМ не працюють.

Для вмикання цього режиму необхідно замкнути муфту блокування водила 7, блокуючи, тим самим, водило 2 і сонячне зубчасте колесо 6 та вимкнути гальмо для вмикання ЗКМ 8.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – водило 2 – двохвінцевий сателіт 3 (виконує функцію зубчастої муфти) – ведений (вихідний) вал ЗКМ 4.

➤ етап II – увімкнена понижуюча передача і планетарні редуктори ЗКМ працюють.

Для вмикання цього режиму необхідно розімкнути муфти блокування водила 7 звільнюючи від блокування водило 2 і сонячне зубчасте колесо 6 та включити гальмо для вмикання ЗКМ 8.

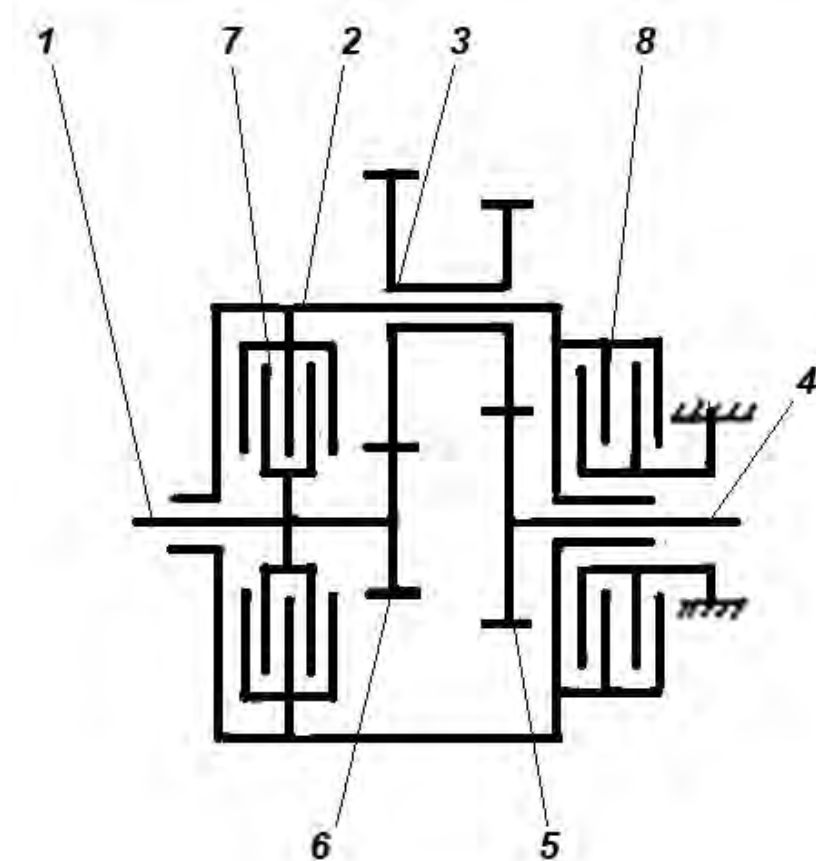


Рис. 4.53. Принципова схема збільшувача крутного моменту з
двохступінчастим планетарним редуктором
зовнішнього зачеплення [88]:

1 – ведучий (вхідний) вал ЗКМ; 2 – водило; 3 – двохвінцевий сателіт; 4 – ведений (вихідний) вал ЗКМ; 5 – сонячне зубчасте колесо вихідного вала; 6 – сонячне зубчасте колесо вхідного вала; 7 – муфта блокування водила; 8 - гальмо для вмикання ЗКМ [88]

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – сонячне зубчасте колесо 6 – двохвінцевий сателіт 3 – сонячне зубчасте колесо 5 – ведений вал ЗКМ 4.

На рис. 4.54 представлено принципову схему збільшувача крутного моменту з двохступінчастим планетарним редуктором зовнішнього зачеплення, однодисковим фрикційним зчепленням та муфтою вільного ходу [3.45]. Така схема використовується найчастіше. Для розуміння

будови і принципу дії ЗКМ даної конструкції, варто пам'ятати, що муфта вільного ходу передає обертовий рух і крутний момент лише в одному напрямку, зчеплення, яке тут використовується, постійно замкнуте. Конструкція і дія інших деталей подібна до описаних вище.

Алгоритм роботи ЗКМ даного типу наступний:

➤ етап I – увімкнена пряма передача і планетарні редуктори ЗКМ не працюють.

Для вмикання цього режиму необхідно щоб фрикційна муфта 8 була замкнутою, що забезпечить блокування ведучого вала ЗКМ 1 і сонячного зубчастого колеса 6 з водилом 2. В такому випадку вал 1, фрикційне зчеплення 8, пустотілий вал 7, сонячне зубчасте колесо 6, водило 2, двохвінцевий сателіт 3, вісь сателіта, сонячне зубчасте колесо 5 та ведений вал 4 будуть обертатися як одна деталь, а муфта вільного ходу не буде заважати цьому рухові.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – фрикційне зчеплення 8 – водило 2 – двохвінцевий сателіт 3 (виконує функцію зубчастої муфти) – сонячне зубчасте колесо 5 – ведений (вихідний) вал ЗКМ 4.

➤ етап II – увімкнена понижуюча передача і планетарні редуктори ЗКМ працюють.

Для вмикання цього режиму необхідно розімкнути фрикційне зчеплення 8 звільнюючи від блокування водило 2 і сонячне зубчасте колесо 6 та забезпечуючи блокування водила відносно корпуса за рахунок муфти вільного ходу.

Обертальний рух і потік крутного моменту будуть передаватися наступним ланцюгом: ведучий вал ЗКМ 1 – сонячне зубчасте колесо 6 – двохвінцевий сателіт 3 – сонячне зубчасте колесо 5 – ведений (вихідний) вал ЗКМ 4.

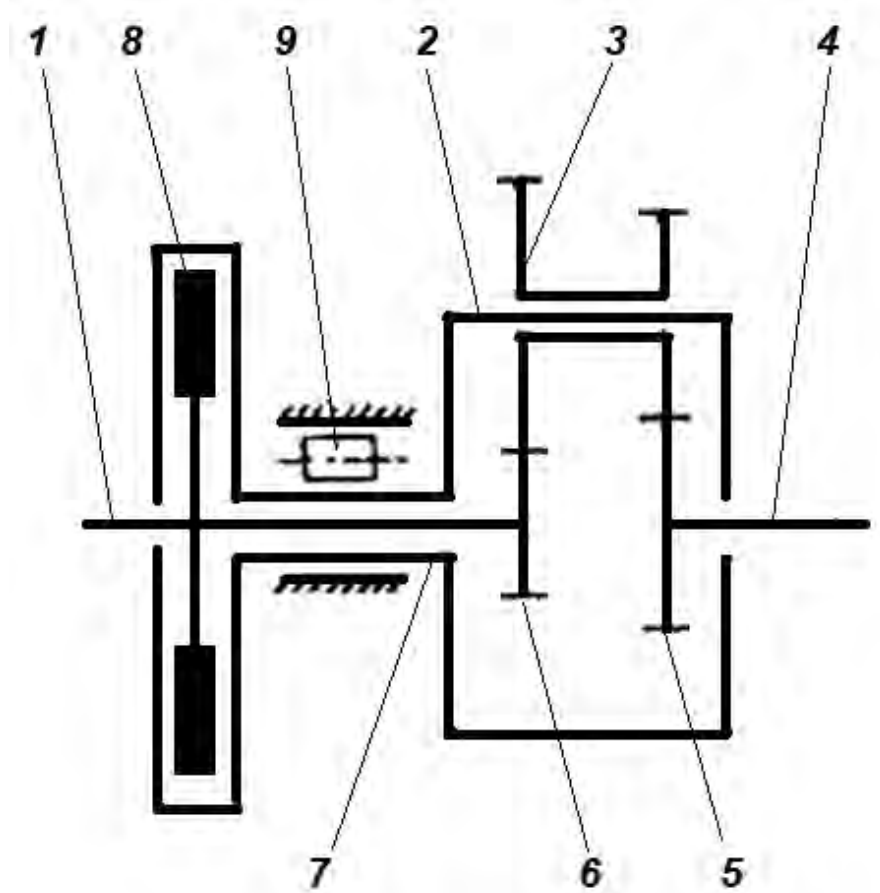


Рис. 4.54. Принципова схема збільшувача крутного моменту з двохступінчастим планетарним редуктором зовнішнього зачеплення, однодисковим фрикційним зчепленням та муфтою вільного ходу [88]:
 1 – ведучий (вхідний) вал ЗКМ; 2 – водило; 3 – двохвінцевий сателіт; 4 – ведений (вихідний) вал ЗКМ; 5 – сонячне зубчасте колесо вихідного вала; 6 – сонячне зубчасте колесо вхідного вала; 7 – пустотілий вал; 8 – фрикційне зчеплення; 9 – муфта вільного ходу ЗКМ [88]

У свій час такими агрегатами трансмісії на замовлення комплектувалися трактори типу ДТ-75. Сьогодні ними можуть комплектуватися трактори типу ВТ-90, які є наслідком модернізації тракторів ДТ-75 і інші мобільні машини.

Подільники передач. На деяких моделях автомобілів КамАЗ між зчепленням і коробкою передач встановлюється подільник (додаткова

двохступінчаста коробка передач) з прямою і підвищеною передачами. Коли автомобіль не завантажений, рух відбувається на підвищеній передачі подільника, при експлуатації з великим навантаженням (наприклад, буксирування причепа або напівпричепа, особливо в несприятливих дорожніх умовах) водій включає пряму передачу подільника. Таким чином, замість 5-и передач автомобіль має 10 передач [18].

На важелі перемикання передач вантажних автомобілів з подільником знаходиться перемикач («флажок»), з'єднаний гнучким тросом з газовим розподільником. Після того, як водій зробить перемикання на важелі, він натискає на педаль зчеплення і виконавчий пневмопривід перемикає передачу в подільнику [18].

Окремі конструкції коробок передач мають два подільника – один на вході (власне подільник), другий на виході (демультиплікатор). Подільник використовується на всіх передачах, включаючи задній хід, для незначної зміни передавального числа, а демультиплікатор перемикає трансмісію між нижчими і вищими передачами, перемикається він хитанням важеля керування КП до упору вліво-вправо або додатковою клавішею збоку важеля керування КП [18].

Так влаштовані, наприклад, коробки передач Scania GRS905 і ZF16S151. Конструктивно це 4-ступінчасті МКП (чотири передачі переднього ходу і одна заднього), доповнені подільником і демультиплікатором. Рушання і рух на малих швидкостях йдуть при включеному демультиплікаторі (на нижньому ряду), що знижує частоту обертання вихідного вала в 3,75 рази (для коробки GRS905), при цьому на коробці ZF16S151 можна включити передачі 1-4 або задній хід (R), на коробці GRS905 - передачі 1-3, а також «повзучу» передачу (дуже повільну, C) або R. Після розгону до певної швидкості водій переходить на верхній ряд (демультиплікатор вимикається,

короткочасним рухом важеля з нейтралі до упору вправо або підйомом бічної клавіші), передавальне число трансмісії знижується в 3,75 рази і передачі 1-4 стають передачами 5-8. При цьому перша передача основної КП після виключення демультіплікатора дає ефект п'ятої передачі, друга передача стає шостою і так далі [18].

Передачі основної коробки на верхньому ряду перемикаються тими ж рухами важеля, що і на нижньому. З верхнього ряду на нижній переходять качком важеля з нейтрального положення вліво або опусканням бічної клавіші, але на швидкості не більше 20 ... 50 км/год з тим, щоб істотне підвищення передавального числа не привело до виходу з ладу двигуна або КП [18].

На рис. 4.55 представлена принципова схема 10-ступінчастої коробки передач з подільником, який розташований на вході головної коробки передач [58].

Під час роботи коробки передач без використання подільника крутний момент від валу зчеплення буде передаватися через шестерні 3 і 4 головної коробки передач, розташовані в її корпусі 1 і для яких характерне певне фіксоване значення передавального числа.

Під час роботи коробки передач з використанням подільника крутний момент від валу зчеплення буде передаватися через шестерні 5 і 6 подільника, розташовані в його корпусі 2 і для яких характерне вже інше фіксоване значення передавального числа, порівняно з тим, що характерне для шестерень 3 і 5.

Крутний момент між вузлами і агрегатами трансмісії передається з допомогою проміжних з'єднань, а від вторинних (вихідних) валів коробок передач до ведучих мостів передається, як правило, з допомогою карданних передач.

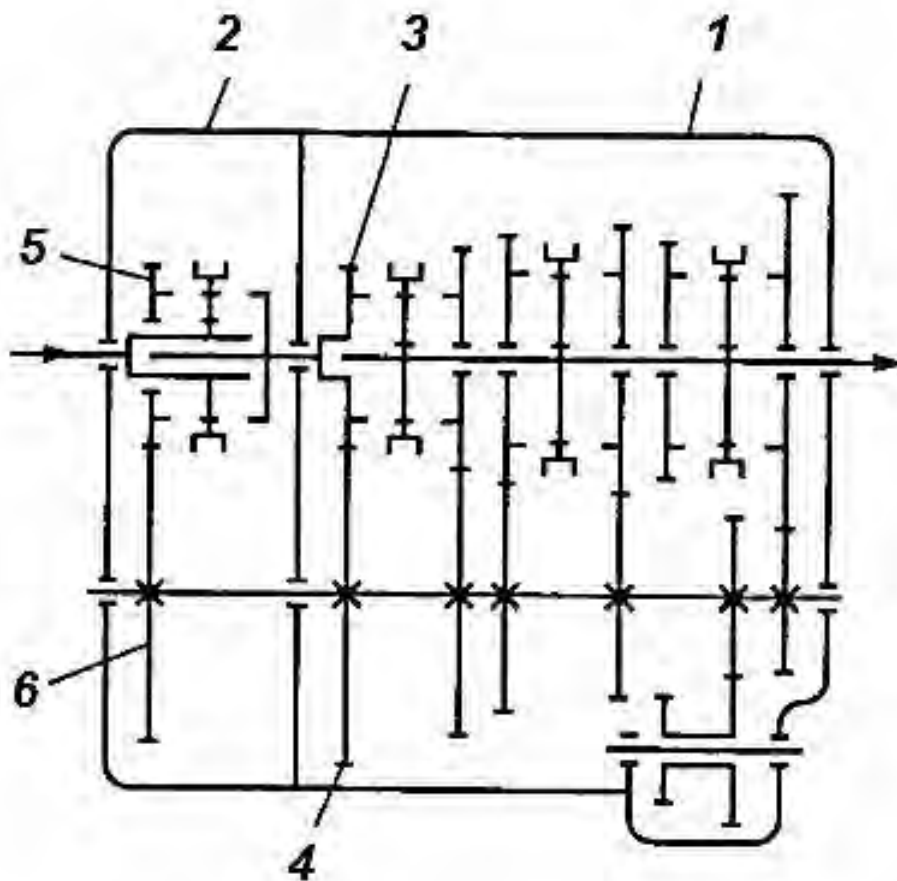


Рис. 4.55. Принципова схема трьохвальної коробки передач з подільником [58]:

1 – корпус головної коробки передач; 2 – корпус подільника; 3 і 4 – відповідно ведуча і ведена шестерні приводу проміжного вала головної коробки передач; 5 і 6 – відповідно ведуча і ведена шестерні приводу проміжного вала при перемиканні на подільник [58]

4.6. Проміжні з'єднання і карданні передачі

В процесі експлуатації мобільних машин передача крутного моменту між вузлами і агрегатами трансмісії супроводжується відхиленнями вісей їх вхідних і вихідних валів одна відносно іншої. Це пояснюється вібраціями, наявними в машині, неспіввісністю при

установці на машину, необхідністю відпрацювання ходовою частиною, рушії якої поєднані з агрегатами трансмісії, нерівностей дороги тощо. Для забезпечення передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, або можуть мати відносне зміщення використовують проміжні з'єднання і карданні передачі.

4.6.1. Проміжні з'єднання

Проміжне з'єднання - механізм трансмісії призначений для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, або можуть мати відносне зміщення (долі міліметра).

Приклад установки проміжного з'єднання на машині представлений на рис. 4.56.

На рис. 4.56 представлено проміжне з'єднання 3, яке встановлене між валом зчеплення 2 та первинним валом коробки передач 4. Використання проміжного з'єднання саме в цьому місці пояснюється тим, що двигун, до маховика якого кріпиться зчеплення з своїм валом, з допомогою болтових з'єднань кріпиться до остова машини так само, як і короробка передач. Отвір під болт у деталі, яка кріпиться в такий спосіб у 1,1 рази більший ніж діаметр самого болта, що і може привести до неспіввісності вала зчеплення і коробки передач та руйнування валів під час передачі обертового руху і крутного моменту. Відсутність проміжних з'єднань між іншими агрегатами трансмісії пояснюється тим, що дана трансмісія виконана з жорстким з'єднанням корпусних деталей агрегатів, що забезпечується обов'язковим центруванням отворів під вхідні і вихідні вали в процесі виготовлення самих корпусних деталей.

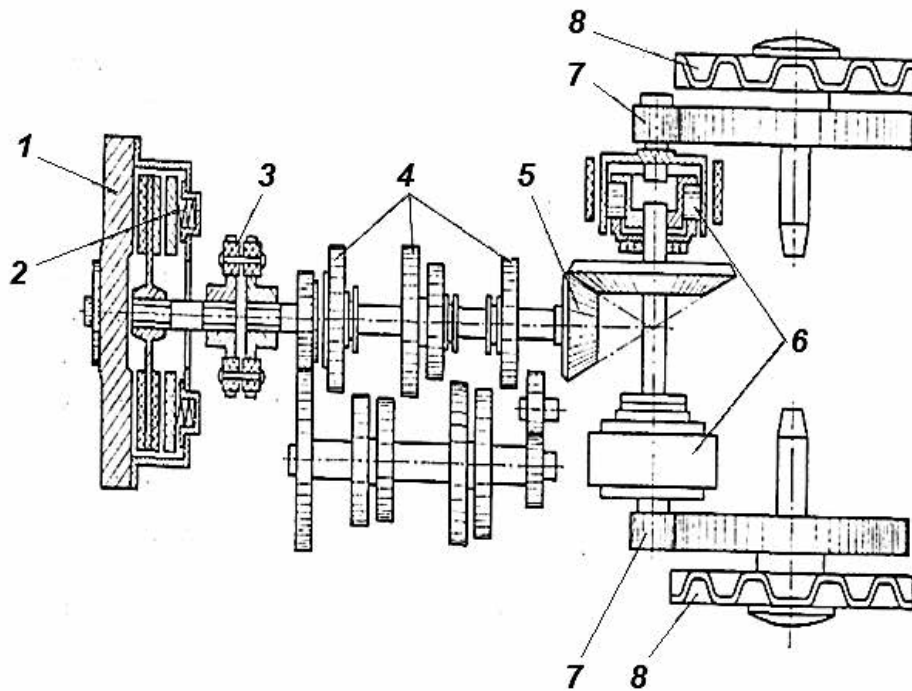


Рис. 4.56. Розташування проміжного з'єднання на мобільній машині:

1 – маховик двигуна; 2 – зчеплення; 3 – проміжне з'єднання; 4 – коробка передач; 5 ... 8 – агрегати ведучого моста

В конструкціях сучасних мобільних машин розрізняють наступні різновиди проміжних з'єднань:

✓ за числом шарнірів:

- з одним шарніром (одинарні – див. рис. 4.56);
- з двома шарнірами і валом між ними (подвоєні) – рис. 4.57

[67];

На рис. 4.57 приведено проміжне з'єднання з двома шарнірами і валом між ними.

Кожен шарнір приведенного на рис. 4.57 проміжного з'єднання включає ведучі 1 і 9 та ведені 7 і 10 вилки, між якими встановлені еластичні муфти 11 і 12. Еластичні муфти 11 і 12 аналогічні за конструкцією і кожна з них включає металевий корпус 3 виготовлений з двох, з'єднаних між собою, штампованих дисків, чотирьох пружних

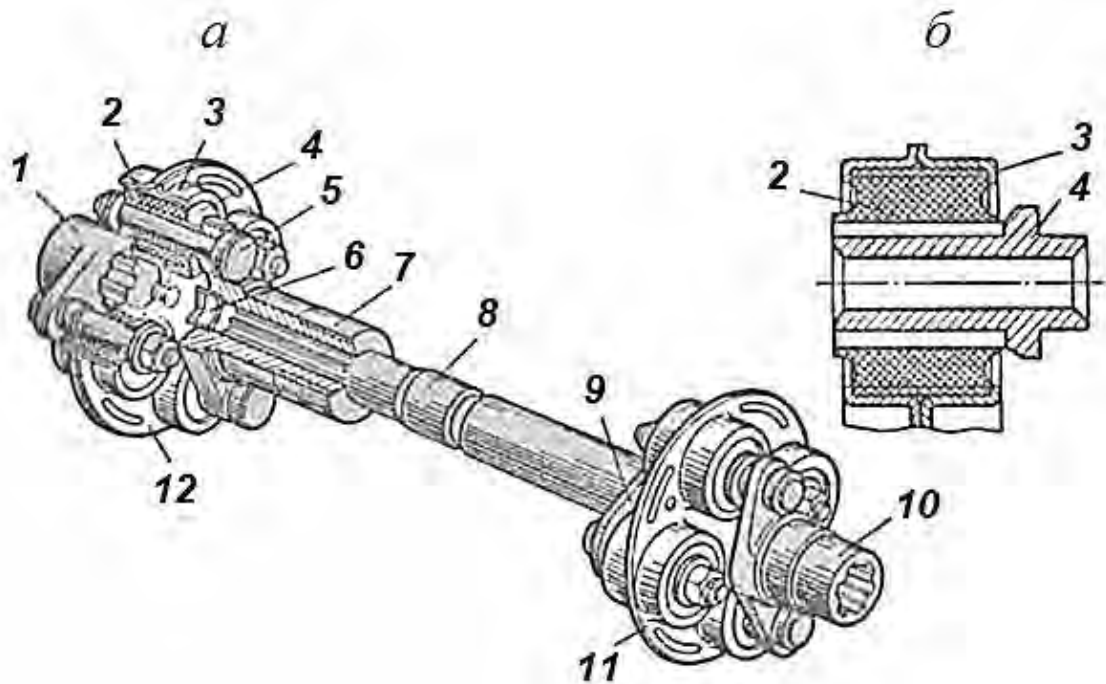


Рис. 4.57. Проміжне з'єднання з двома шарнірами і валом між ними [67]:

а – загальний вигляд; *б* – пружний елемент; 1, 10 – ведуча і ведена зовнішні вилки; 2 – пружний гумовий елемент; 3 – металевий корпус еластичної муфти; 4 – металева втулка; 5 – болт; 6 – заглушка; 7, 9 – ведуча і ведена внутрішні вилки; 8 – вал з компенсаційною муфтою; 11, 12 – еластичні муфти [67]

гумових елементів 2 та чотирьох металевих втулок 4. Крізь металеві втулки 4 проходять болти 5, з допомогою яких еластичні муфти 11 і 12 кріпляться до ведучих 1 і 7 та 9 і 10 ведених вилок (кожна з вилок кріпиться двома болтами, які розташовані в муфті по діагоналі). Між шарнірами встановлено вал з компенсаційною муфтою 8.

Працює еластичний шарнір наступним чином: крутний момент від ведучої вилки 1 передається на болт 5, з болта 5 на втулку 4, з втулки 4 через пружний елемент 2 на металевий корпус 3. Далі з корпуса 3 і інший пружний елемент, з'єднаний з веденоювилкою 7. За рахунок використання пружних елементів, які з'єднанні з різними вилками

шарнірів, з'єднані вали можуть неістотно змінювати своє положення без порушення цілісності вузла і втрати крутного моменту.

✓ за будовою:

- жорсткі – рис. 4.58;

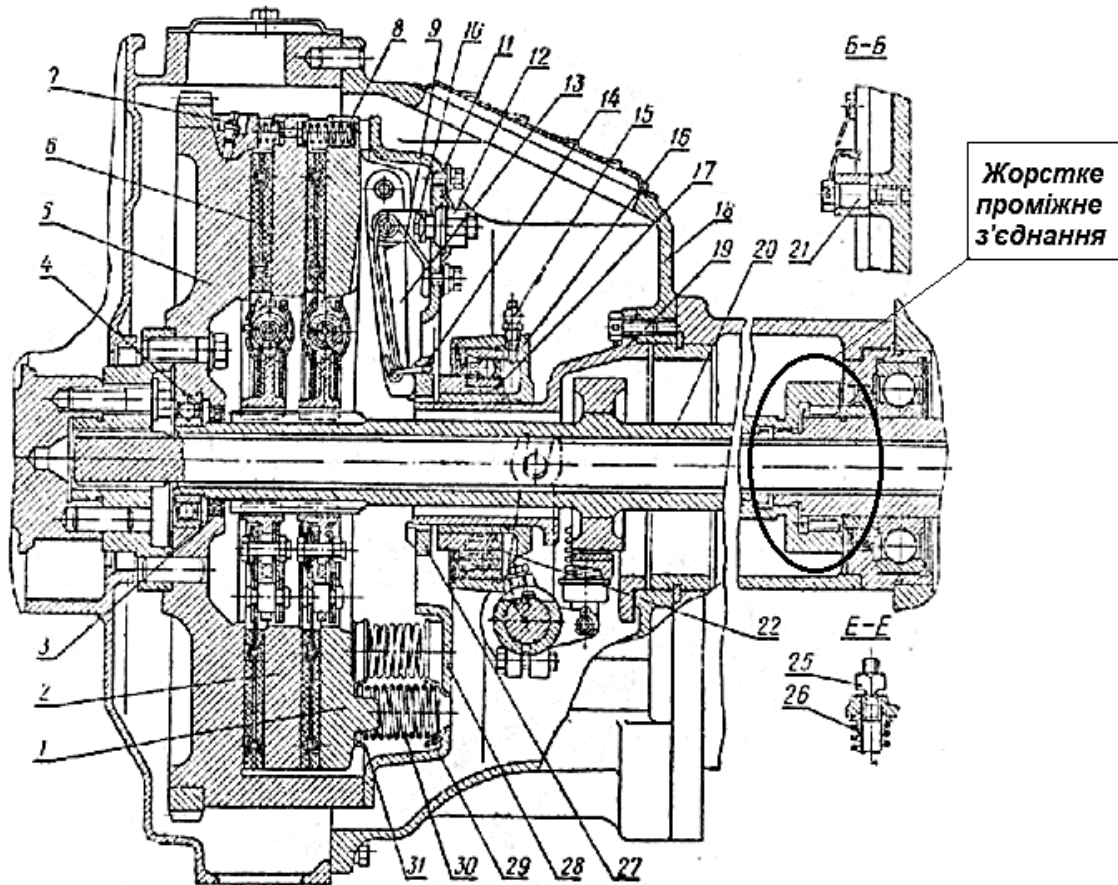


Рис. 4.58. Розташування жорсткого проміжного з'єднання в конструкції трансмісії тракторів виробництва ХТЗ [77]

На рис. 4.58 показано місце установки жорсткого проміжного з'єднання натрактора виробництва ХТЗ, а загальна будова жорсткого проміжного з'єднання представлена на рис. 4.59 [77].

Сутність жорсткого проміжного з'єднання представленого на рис. 4.59 полягає в тому, що на кінці вала зчеплення 1 виконано зубчастий вінець із внутрішнім зубом, а на кінці первинного вала коробки передач

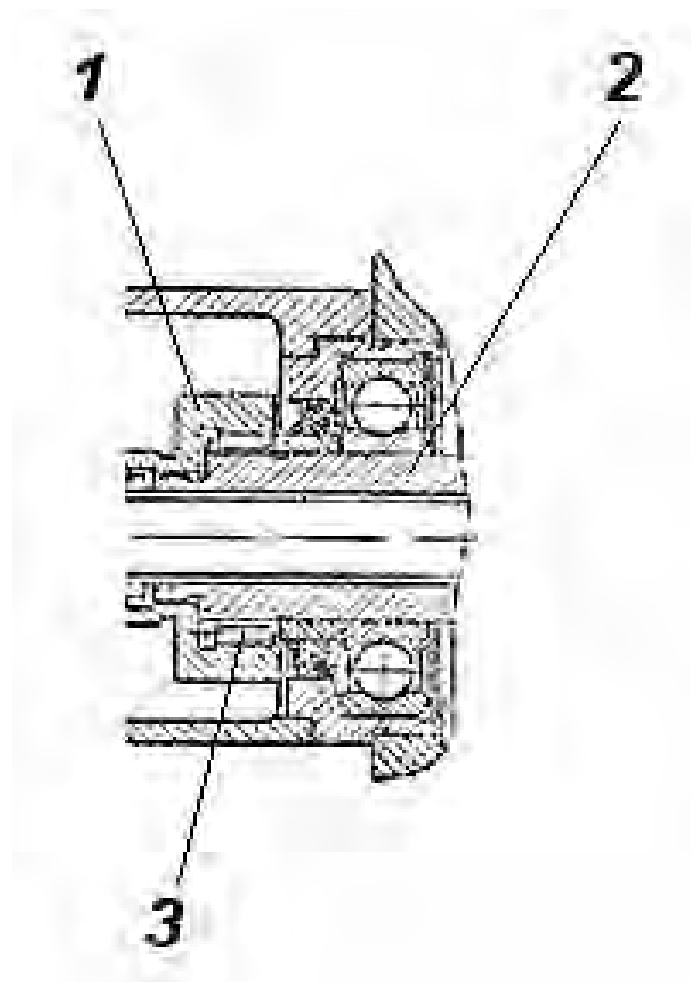


Рис. 4.59. Загальна будова жорсткого проміжного з'єднання
представлена:

*1 – вал зчеплення; 2 – первинний вал коробки передач; 3 – зубчасте
зачеплення жорсткого проміжного з'єднання*

2 виконано зібчастий вінець з зовнішнім зубом. Характеристики зубчастих вінців на валах 1 і 2 такі, що вони можуть працювати в зачепленні один з одним (як показано позицією 3 на рис. 4.59), але зазор в зачепленні виконано більшим, ніж потрібно для роботи звичайного зубчастого зачеплення. За рахунок цього збільшеного зазору і відбувається компенсація неспіввісності між валами 1 і 2, що і уберігає агрегати від надмірної вібрації та руйнування.

- *м'які – рис. 4.60 [44];*

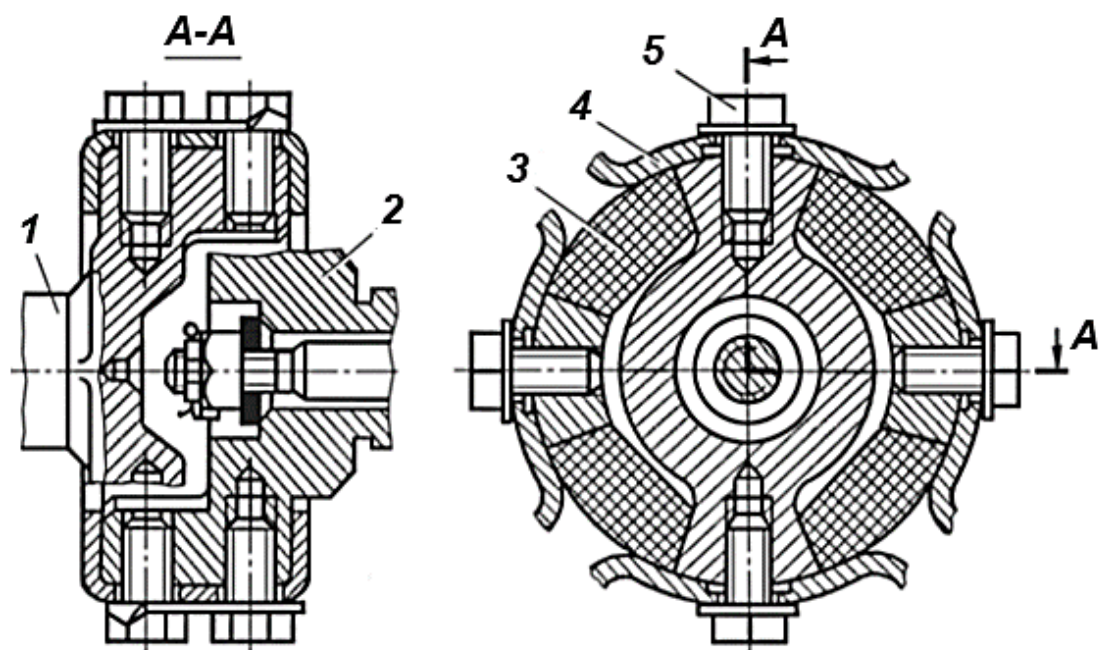


Рис. 4.60. М'яке (еластичне) проміжне з'єднання тракторів типу ЮМЗ-6 [44]:

1 – вал зчеплення; 2 – первинний вал коробки передач; 3 – пружний гумовий елемент; 4 – притискач гумових елементів; 5 – болт [44]

М'які проміжні з'єднання передають крутний момент через пружні гумові елементи 3, який розташований між вилками вала зчеплення 1 та первинного вала коробки передач. Для утримання пружних елементів встановлюють спеціальні прижими 4, які притискають до вилок валів болтами 5.

Під час роботи такого проміжного з'єднання ведуча вилка, яка виконана разом з валом зчеплення 1 тисне на гумові елементи 3, які стискаючись до певної міри (залежно від жорсткості гуми) передають обертовий рух і крутний момент на ведену вилку проміжного з'єднання, виготовлену за одне ціле з первинним валом коробки передач 2 (або жорстко з'єднану з ним). При такій конструкції проміжного з'єднання передача крутного моменту між валами 1 і 2

здійснюється плавно, без ударів. Крім того, пружні елементи 3, за рахунок можливості стискання, компенсують можливу неспіввісність валів поглинаючи бічні навантаження, які при цьому виникають.

- *комбіновані* – рис. 4.61, 4.62, 4.63.

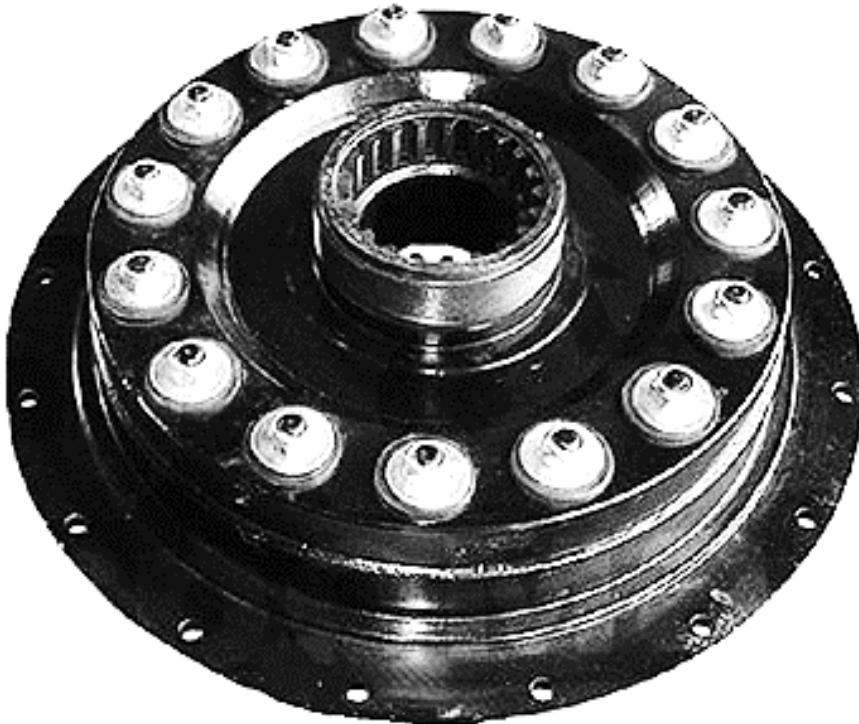


Рис. 4.61. Загальний вигляд напівжорсткого (комбінованого) проміжного з'єднання трактора типу К-700

Такого типу проміжні з'єднання використовуються в конструкціях тракторів типу К-700, К-701 для з'єднання колінчастого вала двигуна з споживачами потужності, оскільки головного зчеплення, як окремого агрегату, названі мобільні машини не мають. Функцію головного зчеплення тут виконує гідропідтискна муфта першої передачі.

На рис. 4.61 представлено загальний вигляд напівжорсткої (комбінованої) з'єднувальної муфти трактора типу К-700.

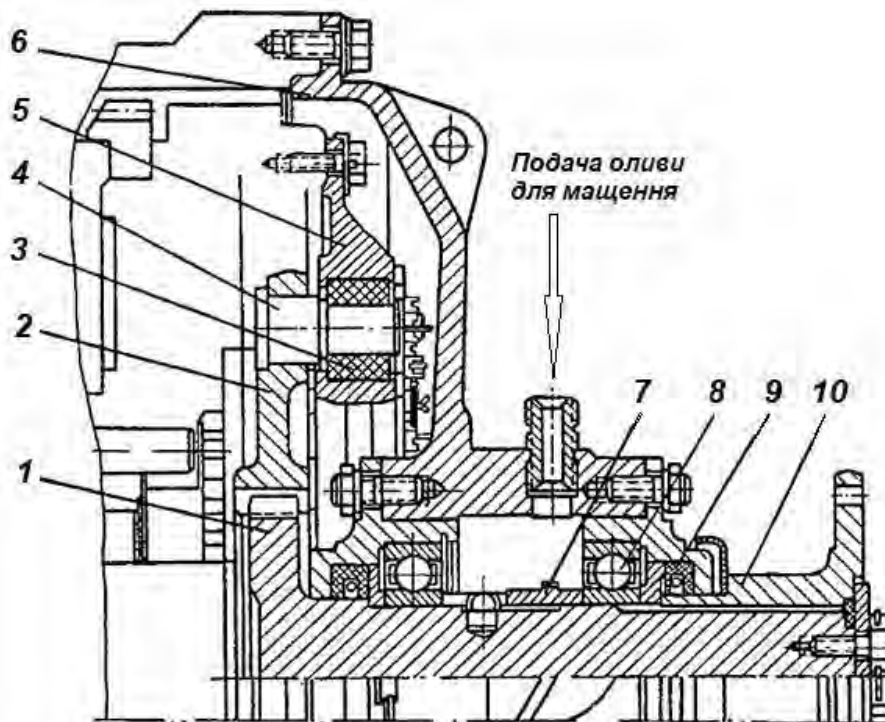


Рис. 4.62. Конструкція комбінованого (напівжорсткого) проміжного з'єднання тракторів типу К-700 [10]:

1 – вал-шестерня; 2 – вінець зубчастий ведений; 3 – пружний елемент (гумовий амортизатор); 4 – палець; 5 – диск ведучий; 6 – кришка опорна, 7 – втулка приводу валика тахоспідометра; 8 – підшипник; 9 – манжета ущільнювальна; 10 – фланець [10]

На рис. 4.62 представлено конструкцію напівжорсткої (комбінованої) з'єднувальної муфти трактора типу К-700 [10].

Напівжорстка муфта трактора К-700 – постійно замкнута, тобто вона не дозволяє відключати двигун від трансмісії. Проміжне з'єднання, представлене на рис. 4.62 включає: опорну кришку 6 з підшипниковим вузлом (його елементи позначені позиціями 8 та 9), ведучий диск 5, ведений зубчастий вінець 2, вал-шестерню 1 і фланець 10. Опорну кришку 6 кріплять до картера маховика (на рис. 4.62 позицією не показаний), а ведучий диск 5 – до маховика (на рис. 4.62 позицією не показаний) [10].

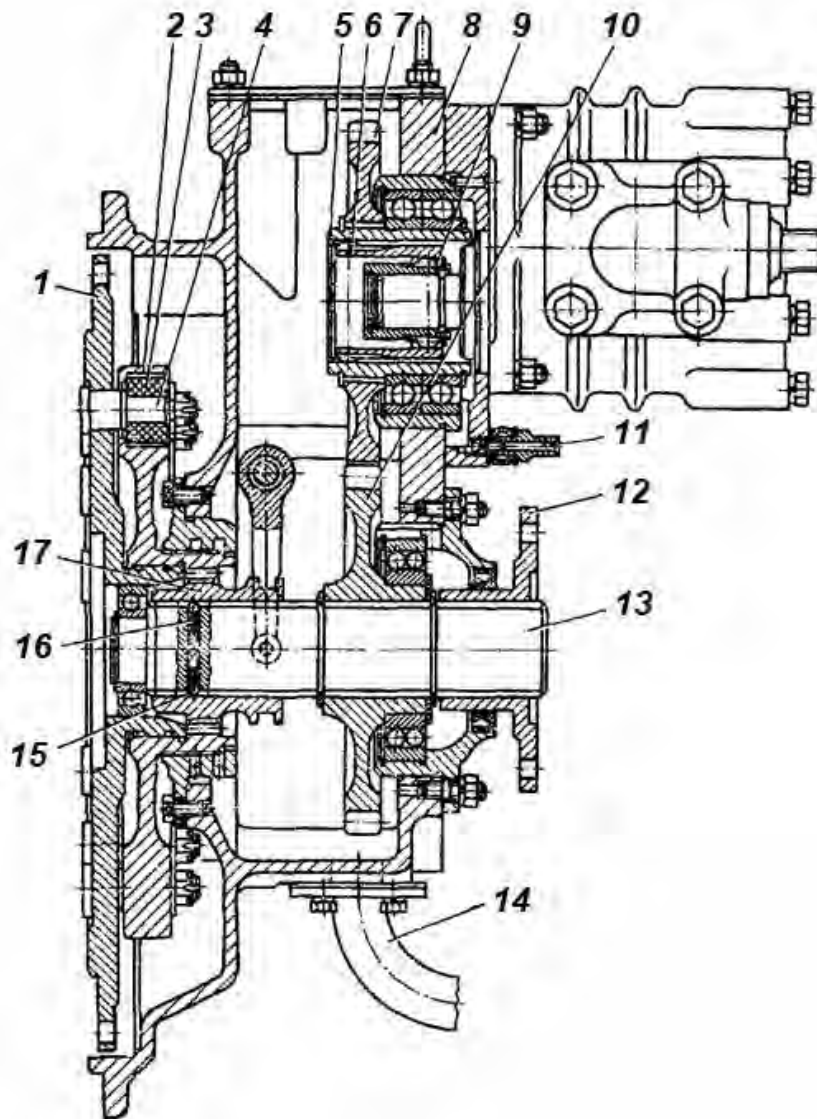


Рис. 4.63. Конструкція комбінованого (напівжорсткого) проміжного з'єднання тракторів типу К-701 [71]:

*1 – ведучий диск (з'єднаний жорстко з маховиком); 2 – ведений диск;
 3 – пружний елемент (амортизатор); 4 – палець; 5, 6 і 9 – шліцьові
 втулки; 7 і 10 – шестерні; 8 – картер; 11 – штуцер; 12 – фланець; 13
 – вал; 14 – труба; 15 – кулька; 16 – пружина;
 17 – зубчаста муфта [71]*

Ланцюг передачі крутного моменту від маховика до фланця 10 наступний: маховик – ведучий диск 5 – пружний елемент 3 – палець 4 – ведений зубчастий вінець 2 – вал-шестерня 1 – фланець 10.

На валу-шестерні 1 встановлена гвинтова шестерня, яка знаходиться в зачепленні з валиком приводу тахоспідометра, встановленому в опорній кришці 6 [10].

На рис. 4.63 представлена конструкція комбінованого проміжного з'єднання тракторів типу К-701 з редуктором приводу насосів [71].

Картер 8 (див. рис. 4.63) редуктора кріплять до картера маховика двигуна, а ведучий диск 1 центрують і кріплять на маховика двигуна [71].

Ланцюг передачі крутного моменту від маховика (на рис. 4.63 позицією не показаний) до фланця 12 наступний: маховик – ведучий диск 1 – пружний елемент 3 – пальці 4 – ведений диск 2 – зубчаста муфта 17 – вал 13. Одночасно частина крутного моменту передається від вала 13 до гідронасосів через шестерні 7 і 10 та шліцьові муфти 5, 6 і 9. Олива підводиться до редуктора від коробки передач через штуцер 11 з каліброваним отвором діаметром 1,8 ... 1,825 мм і відводиться по дренажній трубі 14. Муфта 17 дозволяє відключати двигун від трансмісії. Передавальне число приводу до гідронасосів дорівнює 1, тому привідні шестерні гідронасосів мають ту ж само частоту обертання, що і колінчастий вал двигуна [71].

4.6.2. Карданні передачі

Карданна передача – механізм трансмісії призначений для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, або можуть мати відносне зміщення в процесі роботи (сантиметри, десятки сантиметрів)

Наявність і розміщення карданних передач на мобільній машині визначається призначенням та колісною базою машини, кількістю ведучих мостів та типом підвіски і, з достатньою долею вірогідності може бути представлена схемою, зображеною на рис. 4.64 [27].

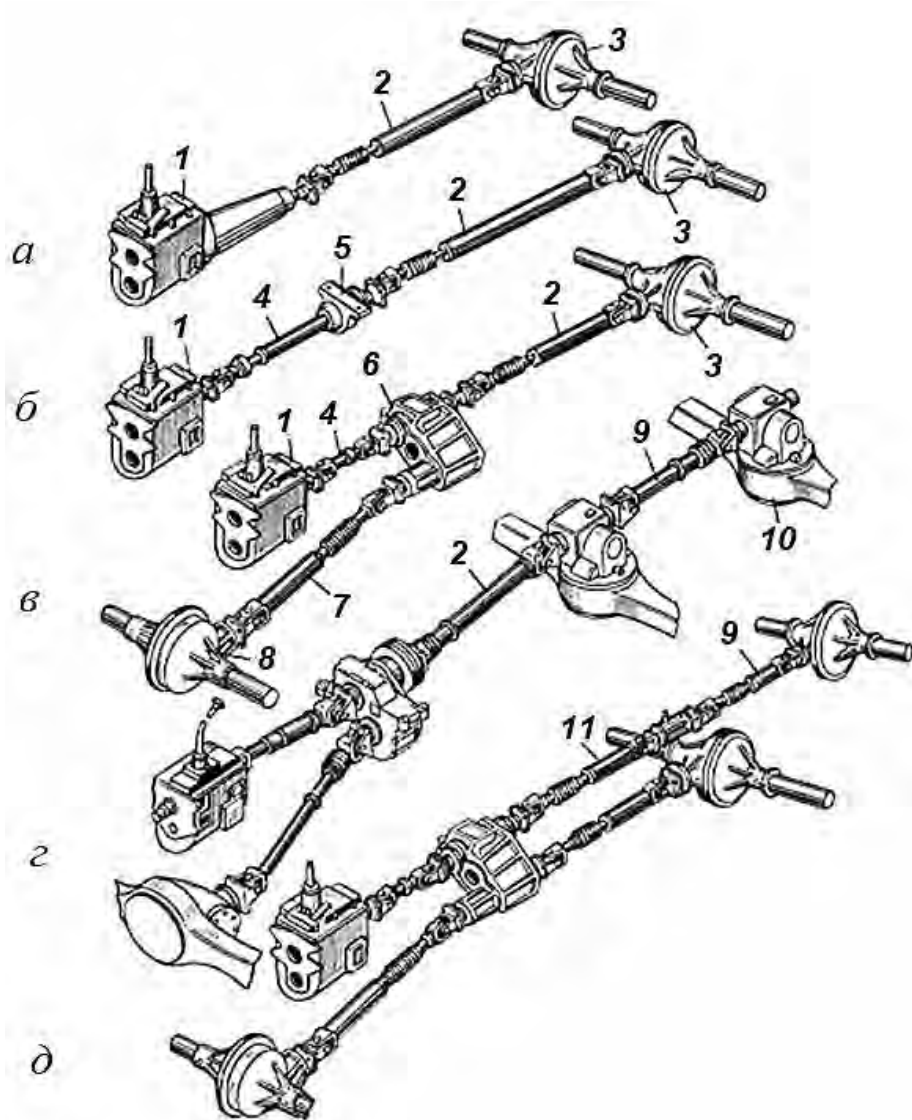


Рис. 4.64. Варіанти розташування карданних передач на автомобілях [27]:

а – легковий; б – вантажний; в ... д – вантажний підвищеної прохідності; 1 – коробка передач; 2, 4, 7, 9 і II – карданні передачі; 3 і 10 – задні ведучі мости; 5 – проміжна опора; 6 – роздавальна коробка; 8 – передній ведучий міст [27]

Як видно з рис. 4.64, схеми карданного приводу автомобілів залежать від призначення машини – легковик, чи вантажівка. У вантажівки потрібно забезпечити місце для установки вантажної платформи, що веде до збільшення колісної бази машини, а, відповідно, і появою додаткового карданного вала 4 та проміжної опори 5. Також явно проглядається залежність від колісної формули машини, яка визначається кількістю ведучих мостів. У машин підвищеної прохідності (див рис. 4.64 в, з та д) збільшується кількість ведучих мостів (позиції 8 та 10) і, відповідно, карданних передач (позиції 4, 7, 9 та 11) для їх приводу і, як наслідок, складність схеми карданного приводу підвищується.

Окремо варто проаналізувати схеми карданного приводу, приведені на рис. 4.64 з та д.

Це схеми приводу трьохосних повноприводних автомобілів типу КамАЗ (рис. 4.64 з) та ЗИЛ-157 (рис. 4.64 д). Останній з цих автомобілів вже давно не випускається і, здавалося б, не варто його розглядати в порівнянні з більш дешевою і простою конструкцією карданного приводу автомобіля типу КамАЗ з прохідним середнім ведучим мостом. Однак, якщо оцінювати машини з точки зору забезпечення надійного доїзду до пункту призначення, то конструкція на схемі рис. 4.64 д виграє, оскільки залишається мобільною навіть за умови виходу з ладу будь-якої карданної передачі, окрім тих, що з'єднують головну коробку передач та роздавальну коробку, роздавальну коробку і хоча б один ведучий міст, в той час, як конструкція на схемі рис. 4.64 з втрачає, або різко обмежує мобільність при виході з ладу карданної передачі 2. Тобто, можна зробити висновок, що незважаючи на складність схеми карданного приводу автомобіля типу ЗИЛ-157 (див. рис. 4.64 д), її конструкція більш живуча, ніж у автомобіля КамАЗ (див. рис. 4.64 з).

Складність схеми карданного приводу також підвищується і при використанні на ведучому мосту незалежної підвіски, що підтверджується схемою приводу ведучих мостів як сучасних легкових автомобілів і позашляховиків на їх базі, так і автомобілів бренду Tatra – рис. 4.65 [31].

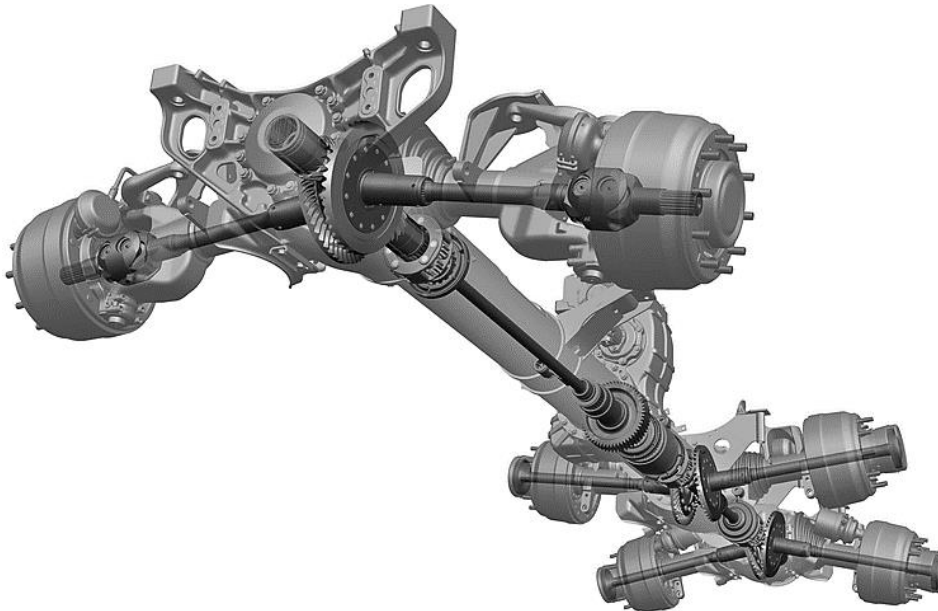


Рис. 4.65. Передній ведучий міст з незалежною підвіскою рушіїв вантажних автомобілів бренду Tatra [31]

Принципові схеми карданних передач представлені на рис. 4.66. В загальному випадку карданна передача включає власне вал трубчастий (на схемі рис. 4.66 б не позначений) з карданними шарнірами 1, додатковий вал 2, проміжну опору 3 та компенсуюче з'єднання 4. В окремих випадках конструкція карданної передачі крутного моменту від коробки передач до ведучого моста може змінюватись. Так, зокрема, для легкового автомобіля з невеликою колісною базою, чи трактора немає необхідності у додатковому карданному валі 2 та проміжній опорі 3 (див. рис. 4.66. а).

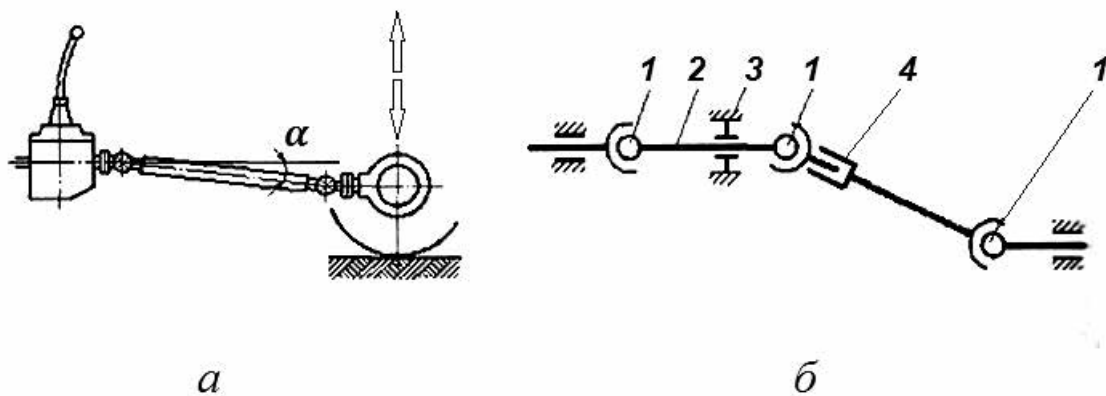


Рис. 4.66. Схеми карданної передачі:

а – загальна схема розташування карданної передачі на мобільній машині; б – принципова схема карданної передачі; 1 – карданний шарнір; 2 – додатковий вал; 3 – проміжна опора; 4 – шліцьове компенсуюче з'єднання

В процесі руху машина переїжджає нерівності різних розмірів, що викликає відхилення ведучого моста відносно остова на певний кут α і постійну зміну положення карданного вала. Це веде до зміни довжини карданного вала, що компенсується в процесі роботи шліцьовим компенсуючим з'єднанням 4.

На даний час найбільш поширеними є три види карданних передач:

- ✓ карданна передача з одним валом (характерна для короткобазових машин, легковиків тощо) – рис. 4.67 а;
- ✓ карданна передача з двома і більше валами (характерна для довгобазових машин, вантажівок тощо) – рис. 4.67 б;
- ✓ карданна передача з двома валами і пружним зчленуванням (характерна як для легковиків, так і вантажівок тощо) – рис. 4.67 в.

Основою карданної передачі є шарнір. Якщо в карданній передачі використовують один шарнір, то її називають одинарною. Якщо на валу карданної передачі встановлюється два шарніри, то її називають

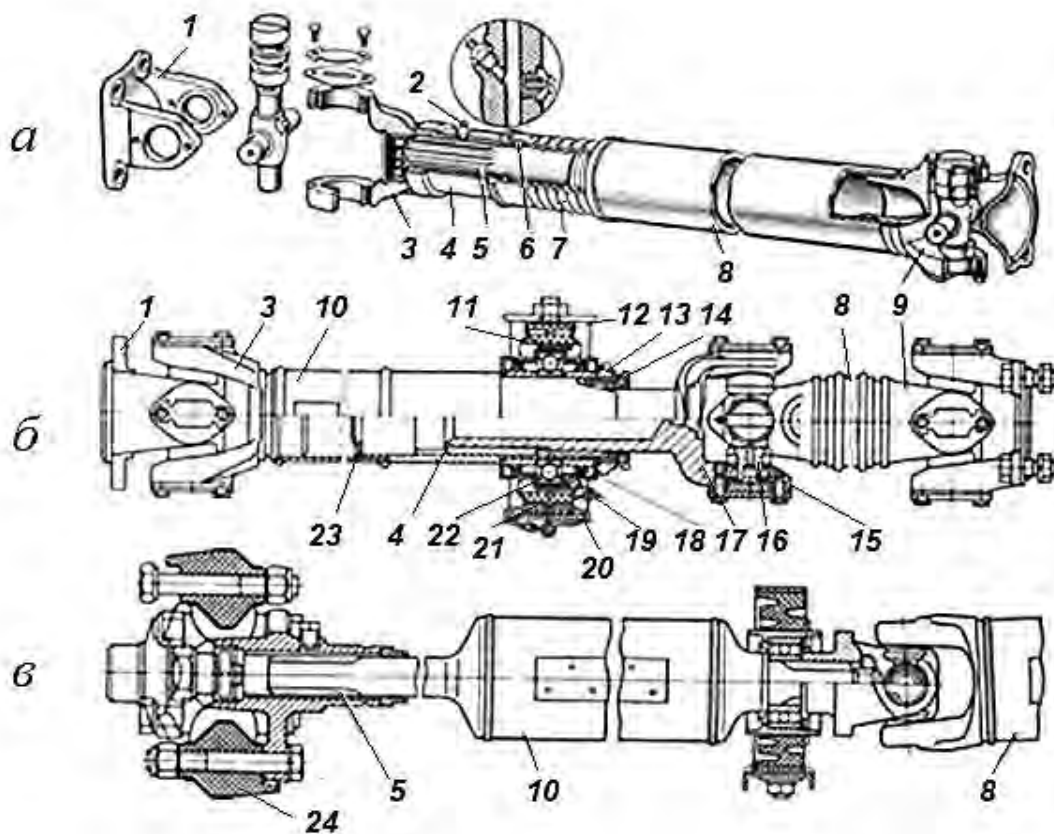


Рис. 4.67. Найбільш поширені різновиди карданних передач [27]:

а – з одним валом; *б* – з двома валами; *в* – з двома валами і пружним з'єднанням; 1 і 3 – вилки; 2 і 19 – маслянки; 4 – шліцьова втулка; 5 – наконечник з шліцами; 6, 14 і 18 – манжети; 7 – захисний чохол; 8 – карданний вал; 9 – карданний шарнір; 10 – проміжний карданний вал; 11 – подушка проміжної опори; 12 – скоба кріплення подушки проміжної опори; 13 – гайка кріплення підшипника проміжної опори; 15 – голкоподібний підшипник хрестовини; 16 – хрестовина; 17 – рухома вилка компенсуючого з'єднання; 20 – хомут; 21 – кронштейн опори; 22 – підшипник; 23 – заглушка; 24 – пружна гумова муфта [27]

подвійною. Необхідність використання двох шарнірів пояснюється необхідністю збільшення кута між валами при передачі крутного моменту. Карданна передача з простим одинарним шарніром, який показаний на рис. 4.67 *а* дозволяє передати крутний момент між валами, які розташовані під кутом $15 \dots 20^\circ$ без руйнування шарніра.

Крім того, такий шарнір має одну негативну властивість: ведена вилка двічі на один оберт відстає від ведучої і двічі випереджає її. Тобто на кожен оберт притадає чотири точки нерівномірного руху вилок. Це веде до вібрацій у механізмах, які приводяться через такий шарнір і передчасної виходу їх з ладу.

Такі шарніри називають *асинхронними* і розрізняють два їх види:

- жорсткі з елементами, що не деформуються (шарнір Гука) – рис. 4.67 а;
- пружні з елементами, що деформуються (елементи з гуми) – рис. 4.67 в.

Усунути нерівномірність обертання вилок простого карданного шарніра (шарніра Гука) можна установкою двох однакових шарнірів з умовою, що ведена вилка першого шарніра і ведуча вилка другого шарніра будуть знаходитися в одній площині. Якщо не витримати цієї умови, то кількість точок нерівномірності руху на один оберт подвоїться, тобто стане не чотири, а вісім.

Установка двох шарнірів істотно збільшує габарити карданної передачі і не дозволяє використовувати її в конструкціях з обмеженим місцем установки (наприклад, ведучі керовані мости тощо). В таких конструкціях використовують шарніри рівних кутових швидкостей (ШРКШ). Такі шарніри називають *синхронними* і розрізняють наступним чином [27]:

- чотирьохкулькові з канавками типу «Вейс» (застосовуються в приводі до передніх коліс автомобілів УАЗ, ГАЗ, ЗИЛ і ін. рис. 4.68 а) [27];
- шестиккулькові з ділильними канавками типу «Бірфільд» (застосовуються як зовнішній шарнір в приводі до передніх ведучих коліс автомобілів ВАЗ-21099, ВАЗ-2110, АЗЛК-2141 і ін.) [27];

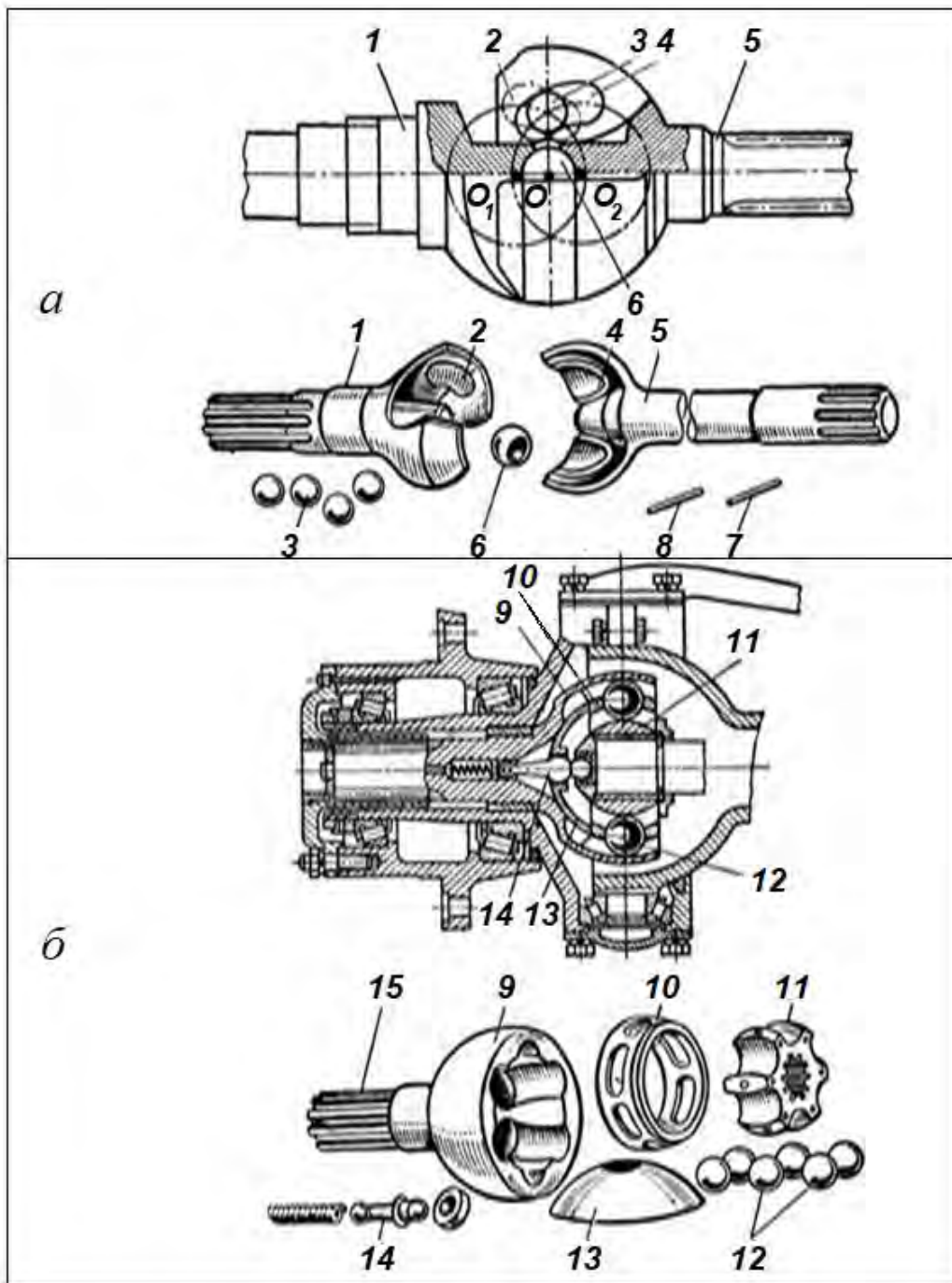


Рис. 4.68. Шарніри рівних кутових швидкостей [27]:

а – кульковий з ділільними канавками; *б* – з ділільним важелем; 1, 5 – відповідно ведучий і ведений вали; 2, 4 – кулаки з канавками; 3 – периферійні кульки передачі навантаження; 6 – центруюча кулька; 7 і 8 – фіксуючі штифти; 9 – сферична чашка; 10 – сепаратор; 11 – зірочка; 12 – кульки; 13 – направляюча чашка; 14 – ділільний важіль; 15 – вал [27]

- шестикулькові універсальні карданні шарніри типу ГКН (застосовуються як внутрішній шарнір в приводі до передніх ведучих керованих коліс автомобілів ВАЗ-21099, ВАЗ-2110, АЗЛК-2141) [27];
- шестикулькові універсальні з канавками типу «Лебро» (застосовуються як зовнішній шарнір в приводі до передніх ведучих керованих коліс автомобілів ЗАЗ-1102 «Таврія» і ін. рис.4.65 б) [27];
- шестикулькові з ділильним важелем типа «Рцепп» (рис. 4.68 б) [27];
- трьохшиповий карданний шарнір типу «Трипод» (внутрішній шарнір приводу до ведчих керованих коліс автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» і ін. рис. 4.69 а) [27];
- кулачковий дисковий карданний шарнір (застосовується в приводі до передніх керованих коліс автомобілів КамАЗ, КрАЗ, УРАЛ і ін. рис. 4.70) [27].

Кульковий карданний шарнір з ділильними канавками має два кулаки 2 і 4 (рис. 4.68 а) виготовлені як одне ціле з валами 1 і 5. У кожному кулаці виконано по чотири канавки, в які закладаються кульки 3. П'ята кулька 6 розташована між торцями кулаків і забезпечує їх центрування. Для спрощення установки четвертої кульки 3 при збірці карданного шарніра на центруючій кульці 6 зроблена лиска. Після збірки карданного шарніра центруючу кульку повертають лискою у бік торця валу кулака 2 і фіксують в цьому положенні штифтом 8, що входить в отвір кульки 6 і валу кулака 2. Штифт 8, у свою чергу, фіксують іншим штифтом 7 [27].

Крутний момент між валами 1 і 5 передається від одного кулака до іншого через дві кульки. Кожна кулька лежить одночасно в канавках обох кулаків, а їх центр обертання лежить в точці O – перетині вісей канавок. За рахунок цього при обертанні валів і з міні кута між їх осями кульки 3

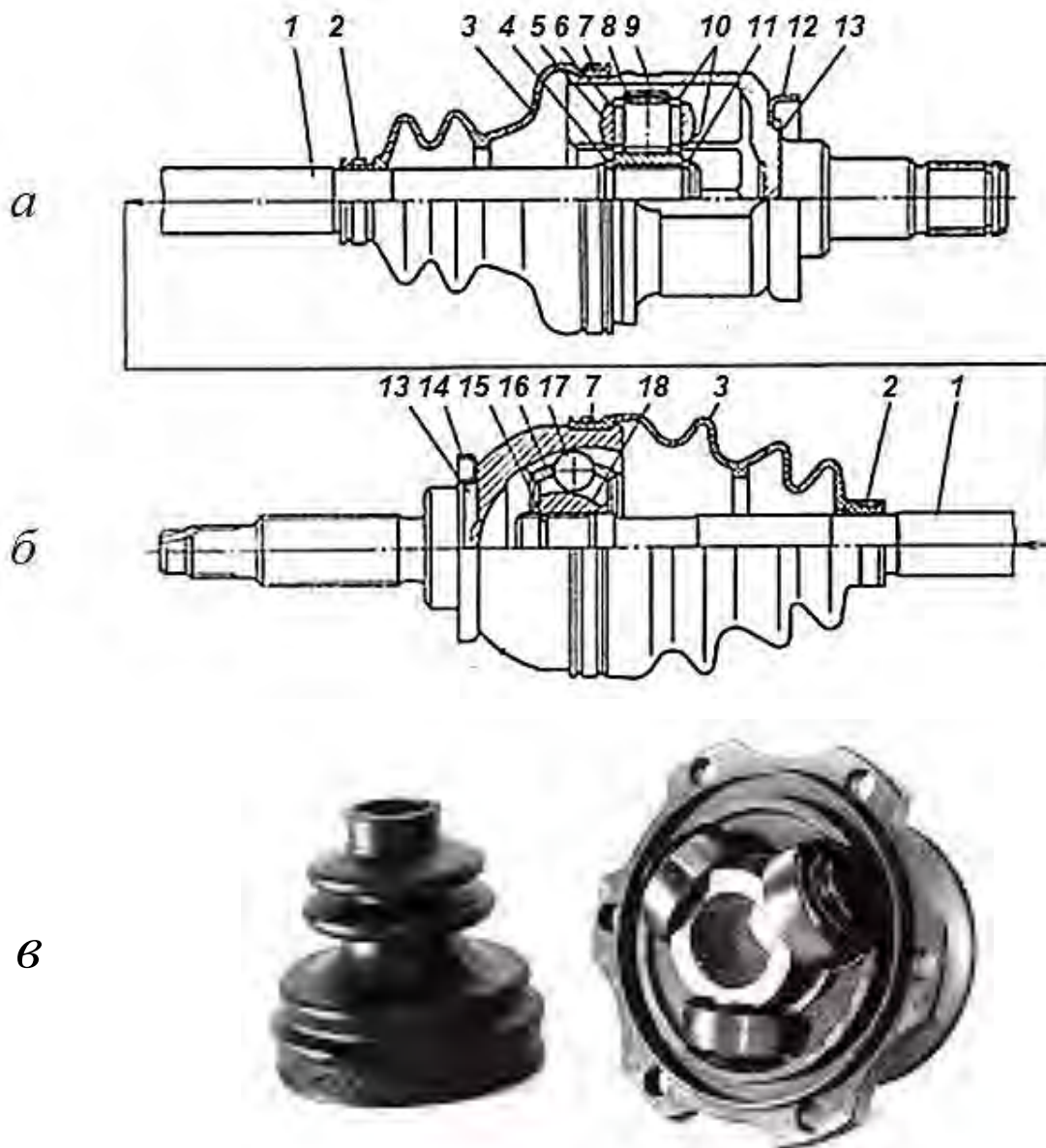


Рис. 4.69. Карданний вал автомобіля з триподом [27]:

а – внутрішній шарнір ЗАЗ-1102; *б* – зовнішній шарнір ЗАЗ-1102; *в* – трипод Volkswagen Passat; 1 – вал шарнірів; 2 – малий хомут; 3 – чохол; 4 – стопорне кільце; 5 – ролик; 6 – голка підшипника; 7 – великий хомут; 8 – стопорне кільце замочної шайби; 9 – тришиповик; 10 – замочна шайба голчатого підшипника; 11 – брудовідбивач внутрішнього шарніра; 12 – корпус внутрішнього шарніра; 13 – корпус зовнішнього шарніра; 14 – брудовідбивач зовнішнього шарніра; 15 – стопорне кільце; 16 – сепаратор; 17 – кулька; 18 – обойма внутрішня [27]



Рис. 4.70. Кулачковий карданний шарнір [27]:

1 – напіввісь; 2 і 6 – вилки карданного шарніра; 3 і 5 – напівциліндрові кулаки; 4 – центральний диск [3.52]

завжди розміщуються в бісекторній площині. Шарніри такого типу можуть працювати при кутах повороту коліс не більше $30 \dots 32^\circ$ [27].

У кульковому карданному шарнірі з ділильним важелем *14* (рис. 4.68 б) зв'язок між ведучою зірочкою *11* і сферичною чашкою *9*, виконаної як одне ціле з валом *15*, забезпечується шістьма кульками *12*, встановленими в сепаратор *10*. При повороті валу *15* відносно валу ведучої зірочки *11* ділильний важіль *14* через направляючу чашку *13* повертає сепаратор *10*, встановлюючи кульки в бісекторній площині. За такої конструкції крутний момент передається через всі кульки і, відповідно, навантаження на кульку менше, ніж у шарніра з канавками і, як наслідок, при одних і тих же розмірах шарніра з'являється можливість передавати більший крутний момент [27].

Кулачкові карданні шарніри дозволяють передавати крутний момент при значеннях кутів між осями валів до 50° . Завдяки великій контактній

поверхні деталей, через які передаються зусилля (вилки карданного шарніра 2 і 6, напівциліндрові кулаки 3 і 5; центральний диск 4 – див рис. 4.70), кулачковий карданний шарнір при незначачних розмірах може передавати крутні моменти порівняно більших розмірів і задовільно вписується в обмежені розміри поворотних вузлів керованих ведучих мостів.

Основний недолік кулачкових карданних шарнірів полягає в тому, що вони мають нижчий, порівняно з кульковими карданними шарнірами, коефіцієнт корисної дії і, як наслідок, – більший нагрів при роботі [27].

На завершення вивчення матеріалу стосовно конструкцій коробок передач, роздавальних коробок, проміжних з'єднань та карданних передач варто конкретизувати належність конструкції тій, чи іншій машині. Зважаючи на те, що найбільші зміни в конструкціях названих вузлів і агрегатів стосуються коробок передач, розглянемо особливості коробок передач на прикладі сучасних мобільних машин.

4.7. Основні несправності та операції технічного обслуговування коробок передач, проміжних з'єднань і карданних передач

В табл. 4.1 приведені основні несправності коробок передач, карданних передач та проміжних з'єднань. Варто зазначити, багато ознак несправностей для карданних передач та проміжних з'єднань схожі, що робить не обов'язковим їх окремий розгляд. Крім того, для встановлення несправностей сучасних гідромеханічних, автоматичних та роботизованих коробок передач необхідне спеціальне обладнання, робота з яким потребує спеціальної підготовки, основи якої можуть скласти сутність окремої дисципліни. Останнє унеможлиблює

Таблиця 4.1.

Основні несправності коробок передач, проміжних з'єднань та карданних передач [41]

Несправність	Причина несправності	Спосіб усунення несправності
1	2	3
<i>коробки передач</i>		
Шум у коробці передач	спрацювання підшипників	замінити підшипники
	спрацювання зубчастих вінців шестерень і синхронізаторів	замінити спрацьовані пари шестерень, замінити синхронізатори
	недостатній рівень оливи в коробці передач	долити оливу до необхідного рівня
	осьове переміщення валів	відновити фіксацію валів
Ускладнене перемикання передач	неповне виключення зчеплення	відрегулювати зчеплення
	заїдання поверхні сферичного шарніра важеля перемикання передач	очистити і змазати шарнір
	деформація важеля перемикання передач	замінити важіль перемикання передач
	тугий рух штоків вилок (задирки, забруднення гнізд штоків, заклинювання блокувальних сухарів)	ліквідувати забруднення, задири, відновити рухливість повзунів
	туге переміщення зубчастої муфти на маточині при забрудненні шліців, поломці або втраті пружності пружини синхронізатора	очистити шліци, замінити пружини, або синхронізатори
	картер заправлений оливою невідповідної марки	злити оливу, промити картер, заправити оливою згідно регламенту
	деформація вилок привода перемикання	вирівняти, або замінити вилки

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Довільне виключення передач	неповне включення передач	усунути перешкоди повного включення передач
	спрацювання шариків і гнізд штоків, втрата пружності пружин фіксаторів	замінити спрацьовані елементи, або механізм перемикавання
	спрацювання блокуючих кілець синхронізатора	замінити кільця, або синхронізатор
	поломка пружини синхронізатора	замінити пружини, або синхронізатор
	спрацювання зубів муфти синхронізатора або зубчастого вінця шестерні	замінити спрацьовані даталі
Витікання оливи	спрацювання манжет первинного і вторинного вала	замінити манжети
	ослаблення кріплення нижньої або задньої кришки картера коробки передач	підтягнути кріплення
	пошкодження ущільнювальних прокладок	замінити прокладки
	ослаблення гайок шпильок, що кріплять картер коробки передач	підтягнути кріплення
	підвищений рівень оливи в картері	встановити потрібний рівень оливи
Відсутність тиску оливи на одній передачі в гідро-механічній коробці передач	зношення ущільнень розподільника	замінити ущільнення або розподільник в зборі

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Відсутність тиску оливи на одній передачі в гідро-механічній коробці передач	зношення ущільнень в гідроциліндрі гідропідтискної муфти	замінити ущільнення, за необхідності муфту в зборі
При наявності тиску в гідросистемі гідро-механічної коробки передач і увімкненій передачі машина не рухається	зношені диски гідропідтискної муфти	замінити диски, за необхідності гідропідтискну муфту в зборі
Відсутність тиску в гідросистемі і гідро-механічної коробки передач	відсутня олива в корпусі коробки передач	залити оливу до необхідного рівня
	заліг перепускний клапан	промийте клапан, за необхідності замінити
<i>проміжні з'єднання і карданні передачі</i>		
Ривки, стуки в проміжному з'єднанні, або у карданній передавачі під час руху	зношування з'єднувальних втулок і шлицьових з'єднань;	замінити зношені деталі;
	ослаблення різьбових з'єднань;	підтягти різьбові з'єднання;
	ослаблення кріплення вилок карданних шарнірів.	підтягнути кріплення

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Ривки, стуки в проміжному з'єднанні, або у карданній передавачі під час руху	зношення пружних елементів у проміжному з'єднанні	замінити пружні елементи, або з'єднання в зборі
Вібрація карданної передачі	зношення шліцьового з'єднання та голкоподібних підшипників хрестовини;	замінити зношені деталі;
	прогин карданного вала	замінити або вирівняти карданний вал на стенді.
Підвищений нагрів хрестовин	відсутність мастила у голкоподібних підшипниках хрестовин	змазати підшипники
Викидання мастила з підшипників хрестовин	пошкодження ущільнення підшипника	замінити підшипник, або хрестовину

деталізацію даних питань в навчальному посібнику, який призначений для спеціалістів в області агроінженерії.

Основні операції технічного обслуговування коробок передач [79]:

Щозмінне технічне обслуговування(ЩТО) [79]:

- перевірити роботу коробки передач під час руху.

Технічне обслуговування №1 (ТО-1) [79]:

- перевірити і за необхідності підтягнути кріплення коробки передач;

- перевірити і за необхідності долити оливу до рівня;

- перевірити роботу коробки передач після обслуговування [41].

Технічне обслуговування №2 (ТО-2) [79]:

- провести поглиблений огляд коробки передач [79];
- перевірити і при необхідності підтягнути кріплення коробки передач до картера зчеплення і кришки картера коробки передач [79];
- перевірити і при необхідності підтягнути кріплення кришки підшипників веденого і проміжного валів [79];
- долити або замінити оливу в картері коробки передач (згідно з графіком змащення) [79].

Основні роботи з технічного обслуговування карданної передачі [79]:

Щозмінне технічне обслуговування(ЩТО) [79]:

- перевірити роботу карданної передачі при русі автомобіля [79].

Технічне обслуговування №1 (ТО-1) [79]:

- перевірити і при необхідності закріпити фланці карданних передач;
- змастити карданні передачі і проміжну опору (згідно графіка змащення) [79].

Технічне обслуговування №2 (ТО-2) [79]:

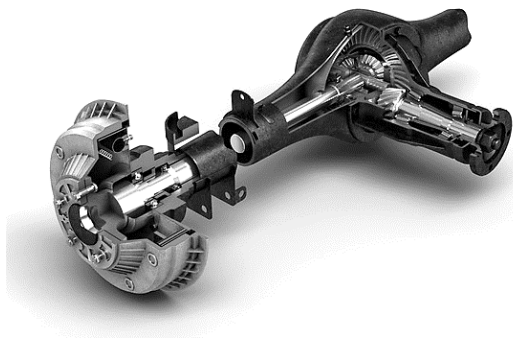
- перевірити наявність люфту в карданних з'єднаннях;
- перевірити кріплення карданних шарнірів і проміжної опори;
- змастити шліцьову муфту карданної передачі (згідно графіка змащення);
- змастити хрестовини карданних шарнірів [79].

4.8. Запитання для самоконтролю

Для закріплення матеріалу даного розділу розроблені запитання для самоконтролю. До списку таких запитань внесені ті, які найбільше можуть зустрічатися в практичній роботі, а саме:

1. Охарактеризуйте будову, дію та технічне обслуговування механічної ступеневої коробки передач (на прикладі автомобіля типу КамАЗ-5320).
2. Охарактеризуйте загальну будову та принципи дії коробки передач з гідрокеруванням (на прикладі ХТЗ-17221 та John Deere).
3. Проаналізуйте переваги і недоліки механічних ступеневих коробок передач тракторів: звичайних, з гідрокеруванням, з синхронізаторами.
4. Проаналізуйте основні відмінності коробок передач виробництва вітчизняних заводів і John Deere.
5. Вплив кількості передач на експлуатаційні якості трактора та автомобіля.
6. За якими ознаками класифікують коробки передач?
7. Відмінності в будові коробок передач із гідропідтискними муфтами і синхронізаторами.
8. Чому тракторні коробки передач мають більшу кількість передач порівняно з автомобільними?
9. Користуючись схемою, пояснити дію гідропідтискних муфт коробки передач трактора Т-150.
10. Призначення і дія синхронізаторів коробки передач.
11. Призначення замків коробки передач.
12. Принцип дії та застосування гідротрансформатора.
13. Особливості будови коробки передач автомобіля КамАЗ.
14. Користуючись схемою, пояснити дію пневмомеханічної системи керування механізмом перемикування передач подільника.
15. Як коробка передач може бути задіяна в процесі повертання тракторів типу Т-150, ХТЗ-153?

16. Відмінності у призначенні карданних передач і проміжних з'єднань.
17. Як класифікують карданні передачі?
18. Які ознаки характеризують справний технічний стан коробки передач з гідрокеруванням?
19. Які ознаки характеризують справний технічний стан механічної коробки передач із синхронізаторами?
20. Охарактеризуйте режими роботи коробки передач IVT трактора John Deere.
21. Для чого використовується функція AutoClutch в трансмісіях John Deere.
22. Для чого використовується функція PowerZero в трансмісіях John Deere.
23. Охарактеризуйте трансмісію AutoPowr.
24. Охарактеризуйте трансмісію e23.



5. ВЕДУЧИ МОСТИ МОБІЛЬНИХ МАШИН

5.1. Загальні методичні рекомендації щодо вивчення розділу

Вивчення ведучих мостів мобільних машин доцільно здійснювати в такій послідовності:

- призначення;
- вимоги;
- класифікація;
- загальна будова;
- принцип дії;
- основні операції технічного обслуговування.

Ознайомившись з призначенням ведучих мостів, вимогами до них, класифікацією та кінематичними схемами, приступають до вивчення будови ведучих мостів.

Спочатку необхідно усвідомити призначення ведучих мостів колісних тракторів і автомобілів, їх кінематику й будову. Розглянути призначення і конструктивні особливості елементів ведучих мостів: головної передачі, диференціалу, валів ведучих коліс, кінцевої передачі. Основну увагу звернути на будову і принцип дії головної передачі і диференціалу, засвоїти їх класифікацію. Звернути увагу на особливості гіпоїдної, подвійної та ступінчастої головних передач.

При вивченні диференціалів звернути увагу на розподіл частоти обертання і крутного моменту при різних умовах руху. Відмітити недоліки симетричного шестеренного диференціалу і конструктивні засоби їх усунення. Вияснити особливості кінематики і динаміки самоблокувального диференціалу вільного ходу і інших типів диференціалів. Акцентувати увагу на призначенні і дії міжмостового диференціалу та кінцевих передач.

Засвоївши призначення ведучих мостів гусеничних машин, розглянути їх конструктивні особливості. Звернути увагу на основну відмінність ведучих мостів гусеничних і колісних мобільних машин – відсутність диференціалу і наявність механізму повороту або елементів системи для його забезпечення.

Вивчення ведучих мостів гусеничних мобільних машин зводиться, в основному, до вивчення механізмів повороту. Тому спочатку необхідно засвоїти призначення механізмів повороту та їх класифікацію. Вивчити будову і роботу фрикційного і планетарного механізмів повороту. Звернути увагу на особливості повертання тракторів типу Т-150, ХТЗ-153. Дати порівняльну оцінку розглянутих способів і механізмів повороту. Вивчити будову і дію приводів механізмів повороту.

Також при вивченні ведучих мостів необхідно приділити увагу кінцевим передачам, їх призначенню, класифікації та будові найбільш поширених з них.

На закінчення розділу доцільно розглянути основні несправності ведучих мостів мобільних машин, перелік та напрями реалізації основних операції технічного обслуговування і регулювання ведучих мостів мобільних машин без деталізації, враховуючи те, це є питання іншої дисципліни.

5.2. Призначення, вимоги та класифікація ведучих мостів

☞ Призначення ведучого моста. Ведучий міст призначений для трансформації, розподілу і переносу обертового руху від вторинного валу коробки передач, або роздавальної коробки до ведучих коліс (у колісних машин), або зірочок (у гусеничних машин), а також для переносу поступального руху від ведучих коліс до нісівної системи (остова) та здійснення повороту.

☞ Основні вимоги до ведучих мостів. Ведучі мости в процесі експлуатації мобільної машини сприймають різні види навантажень, природою основних серед яких є:

- вага (вага самої мобільної машини та вага вантажу, який вона перевозить);
- крутний момент (який передається від вторинного валу коробки передач до рушіїв).

Виходячи з цього, основними вимогами до ведучих мостів мобільних машин є наступні:

- ✓ достатня жорсткість;
- ✓ достатня міцність;
- ✓ забезпечення передачі крутного моменту з мінімальними втратами;
- ✓ мінімально можливі (не значні) габаритні розміри і маса;
- ✓ висока уніфікація деталей для машин подібного класу.

☞ Класифікація ведучих мостів. Чітку класифікацію щодо ведучих мостів, на даний момент знайти важко, однак ті їх різновиди, які вже використовуються і з'являються на сучасних мобільних машинах, дозволяють зробити спроби провести саме таку класифікацію за певними основними ознаками, а саме:

➤ за призначенням:

- для колісних машин (знаковою відмінністю є наявність диференціалу – рис. 5.1);

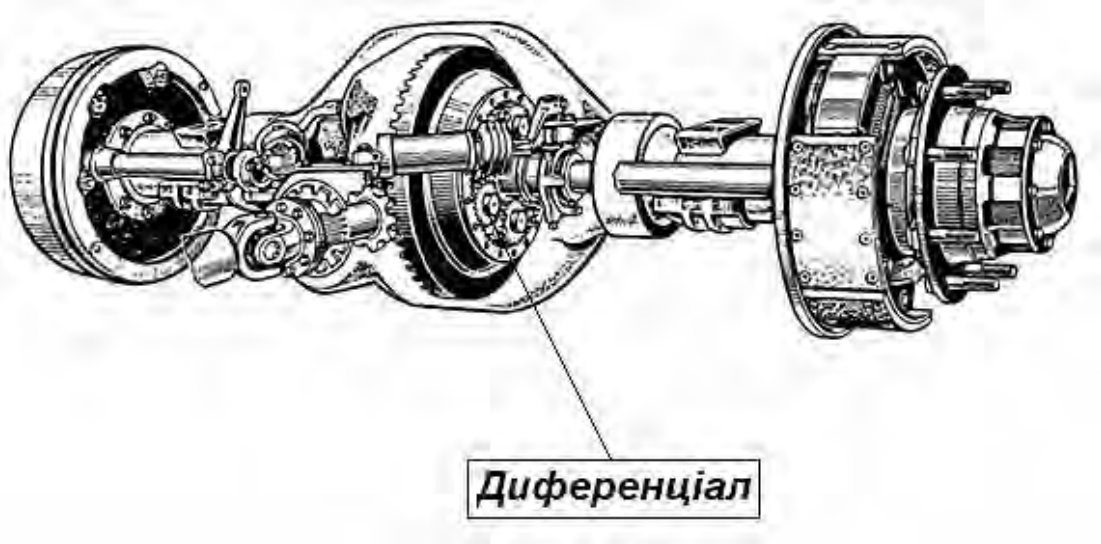


Рис. 5.1. Ведучий міст колісної машини [49]

- для гусеничних машин (знаковою відмінністю є відсутність диференціалу і наявність механізмів повороту – рис. 5.2);

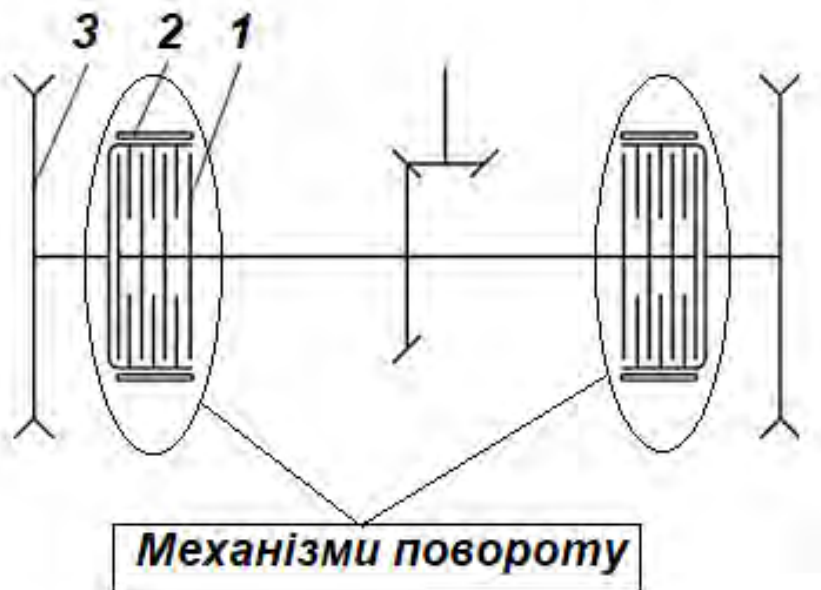


Рис. 5.2. Принципова схема ведучого моста гусеничної машини [64]:

1 – фрикційна муфта; 2 – стрічкове гальмо; 3 – ведуча зірочка

- універсальні (як правило, до цієї групи належать ведучі мости колісних машин, які можуть переобладнуватись на гусеничну ходову частину, однак, в окремих конструкціях такі ведучі мости також можуть доопрацьовуватись заводами-виробниками – рис. 5.3);

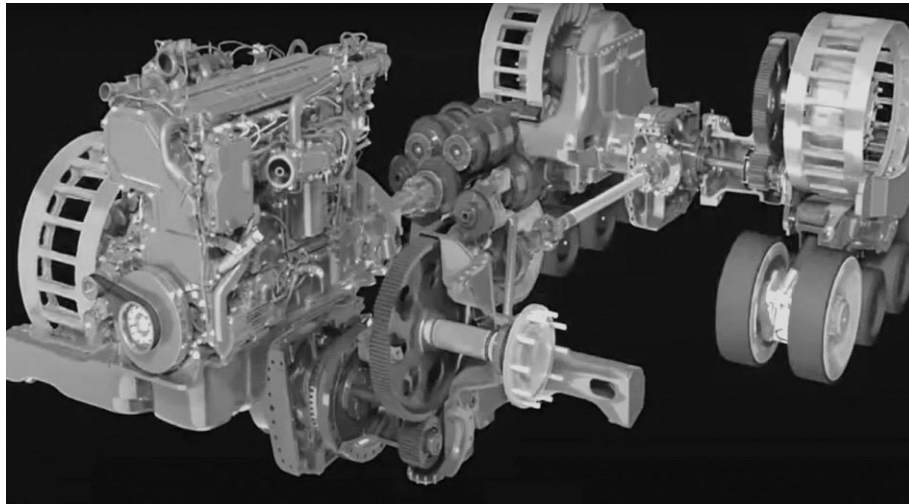


Рис. 5.3. Доопрацьовані шляхом перекомпонування кінцевої передачі ведучі мости трактора John Deere серії 9RX

- *за конструктивним оформленням:*
 - балкові – рис.5.4;

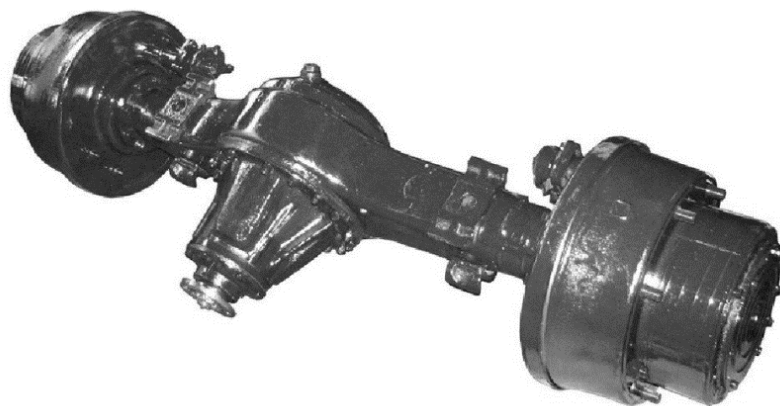


Рис. 5.4. Балковий ведучий міст трактора типу ХТЗ-170

- порталні (його особливістю є те, що він створений для забезпечення більшого агротехнічного просвіту під переднім мостом, який для високостебельних культур повинен складати 640 мм. Форма такого моста нагадує букву «П» – рис. 5.5;

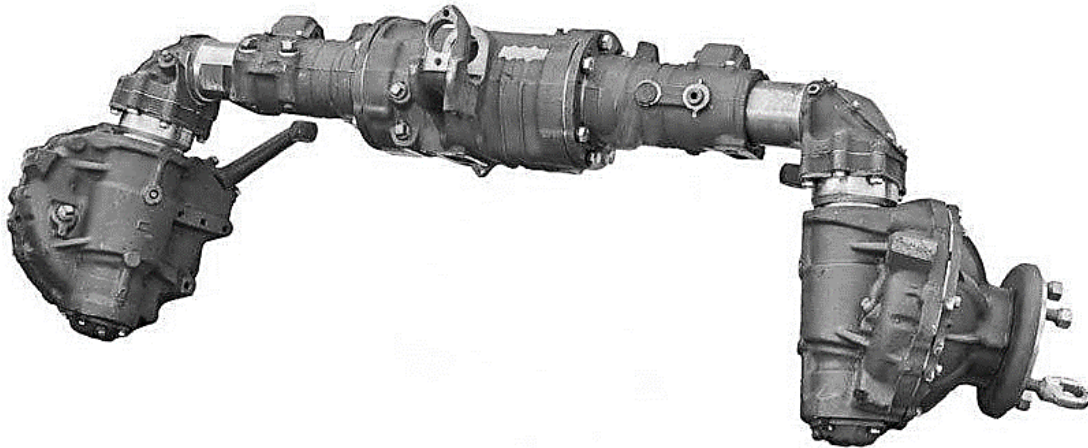


Рис. 5.5. Портальний ведучий міст трактора типу Беларус-82.1

- *залежно від типу підвіски:*
 - нерозрізні (всі різновиди балкових, порталних мостів, в яких корпус являє собою жорстку конструкцію і агрегати ведучого моста не можуть зміщуватися один відносно одного в процесі роботи. Ці мости характерні для залежних підвісок (див рис. 5.1, 5.3, 5.4, 5.5);
 - розрізні (характерні для незалежних підвісок колісних машин – рис. 5.6)
- *за конструкцією несучих елементів:*
 - з нероз'ємним несучим корпусом (всі вертикальні навантаження, які припадають на ведучий міст сприймаються його корпусом, виготовленим у вигляді суцільної балки, навіть, якщо там є шарніри керованих коліс, оскільки вертикальне навантаження передається на корпус – рис. 5.7, див. рис. 5.4);

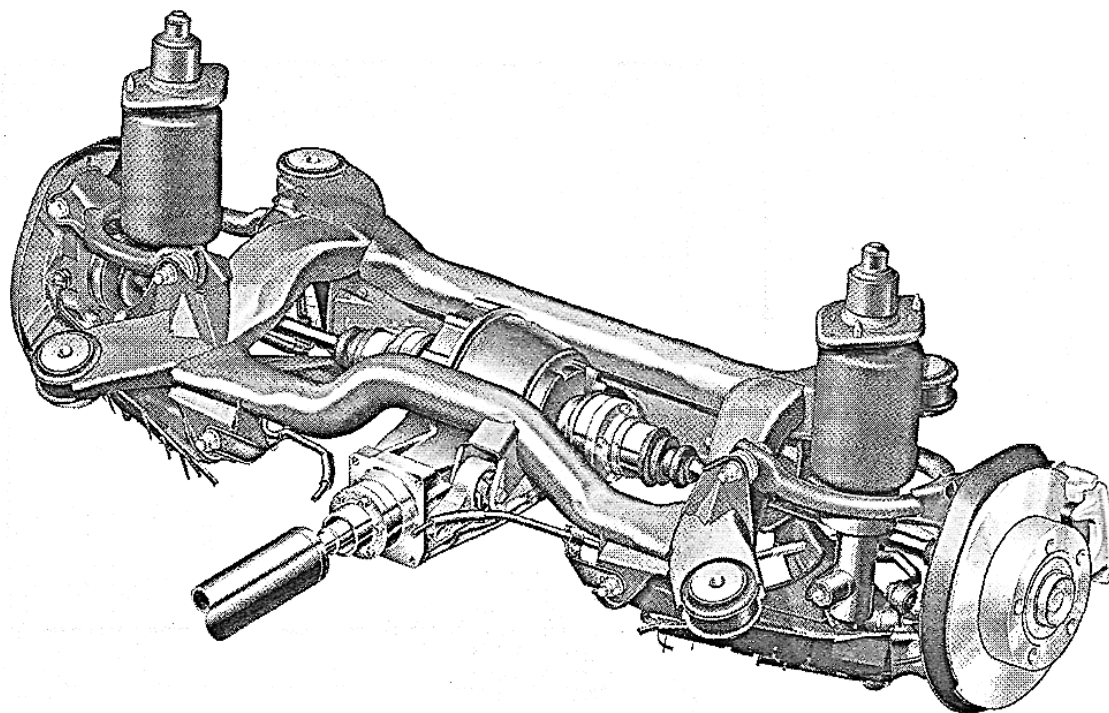


Рис. 5.6. Розрізний ведучий міст автомобіля типу Audi Allroad [39]

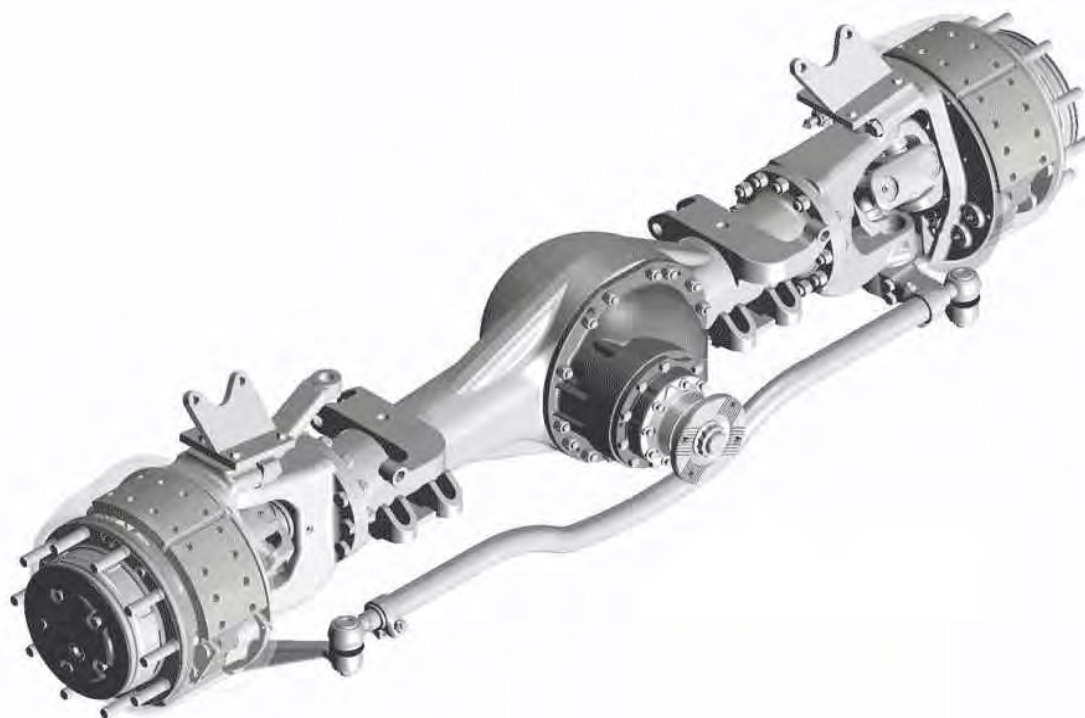


Рис. 5.7. Ведучий міст з нероз'ємним несучим корпусом автомобіля типу КамАЗ

- з роз'ємним несучим корпусом (автомобілі типу УАЗ-469, ГАЗ-24 – рис. 5.8)

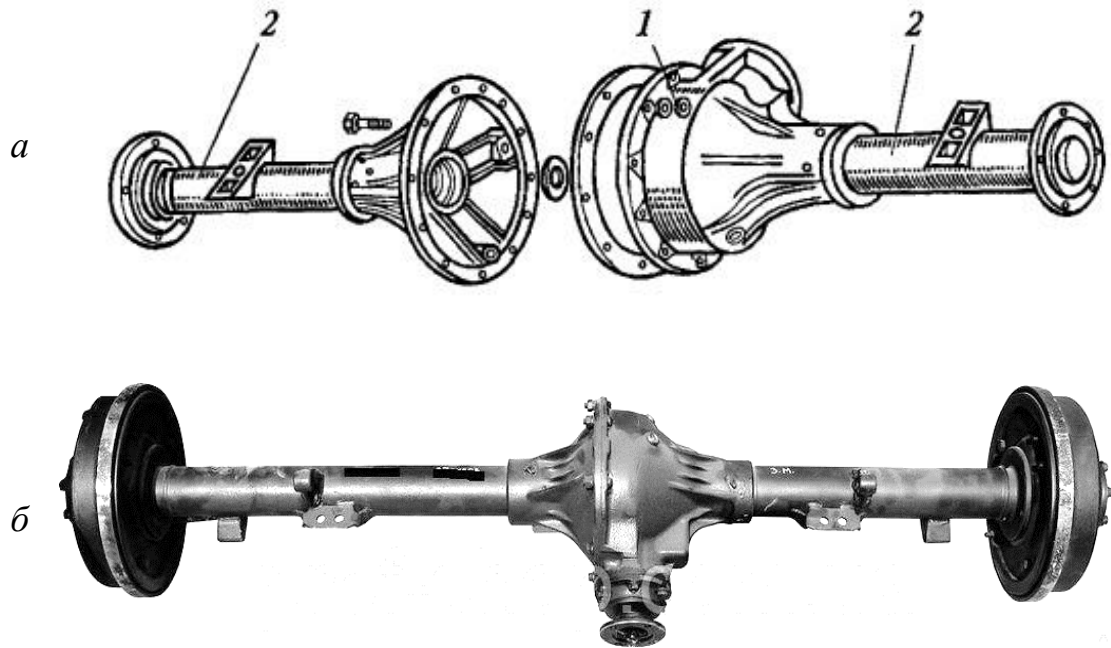


Рис. 5.8. Ведучий міст з роз'ємним корпусом:

а – корпус роз'ємного ведучого моста [91]; б – загальний вигляд роз'ємного ведучого моста; 1 – картер головної передачі; 2 – трубчасті кожухи напіввісей

- з несучою балкою (міст такого типу відноситься до нерозрізних і його називають ще «банджо», використовувався, зокрема на автомобілях типу IFA W50L – рис. 5.9 [49, 91]);

- з несучими деталями (такі мости використовуються на тракторах та легкових автомобілях. Зокрема, коли виникає необхідність змінювати ширину колії ведучих коліс трактора. Як правило, такі мости не є керованими. Використовуються у якості задніх ведучих мостів на тракторах типу ПМЗ-8240, Беларус- 80.1, John Deere 8520 тощо (рис. 5.10 а, б) та легкових задньоприводних автомобілів типу ВАЗ-2107, ГАЗ-31029, де навантаження не великі (рис. 5.10 в));

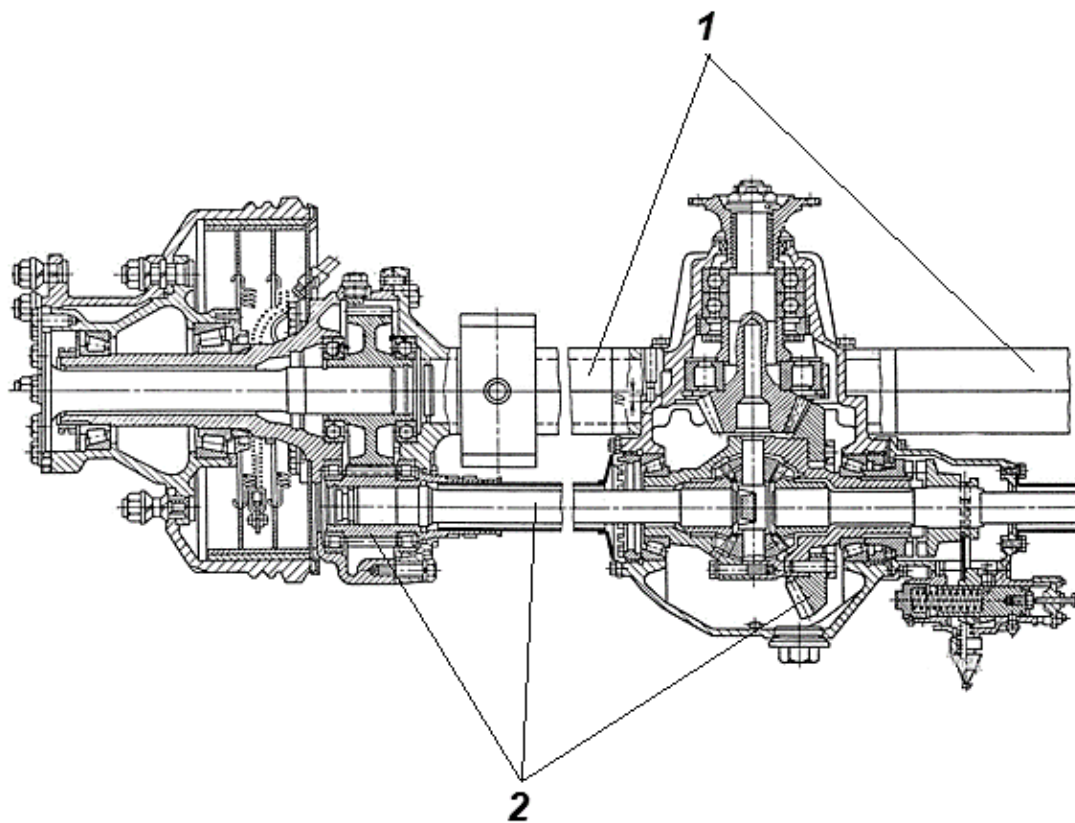


Рис. 5.9. Розріз ведучого моста з несучою балкою автомобіля типу IFA W50L [49]:

1 – несуча балка; 2 – агрегати передачі крутного моменту

Розглянемо будову і дію найбільш поширених конструкцій ведучих мостів.

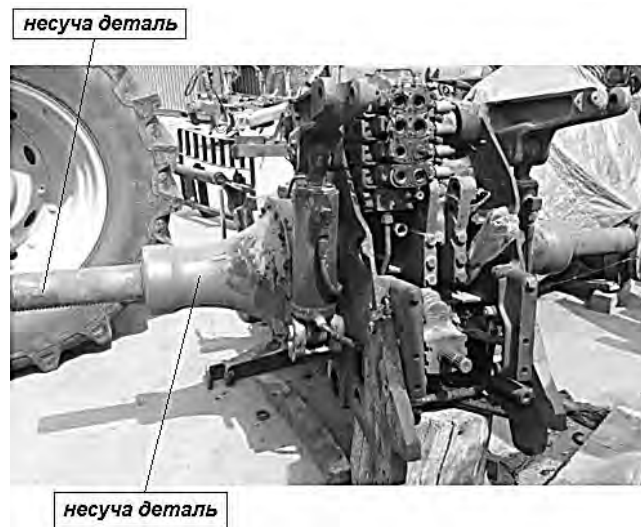
5.3. Будова і принцип дії ведучих мостів мобільних машин

Як вже вказувалось у попередньому пункті ведучі мости можуть використовуватися на колісних і гусеничних машинах. Зважаючи на відмінності, викладені вище, розглянемо конструкцію ведучих мостів колісних і гусеничних машин окремо,

а



б



в

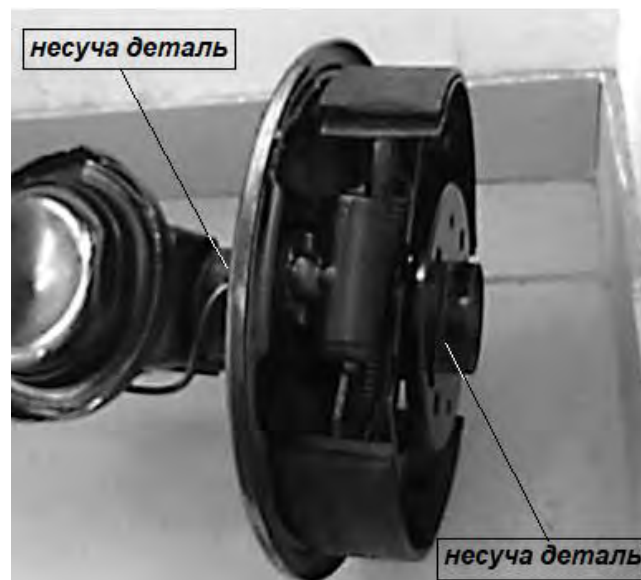


Рис. 5.10. Задній ведучий міст з несучими деталями:
а – трактора типу Беларус-80.1; *б* – трактора типу John Deere 8520; *в* – автомобіля типу ВАЗ-2107

5.3.1. Будова і дія ведучих мостів колісних машин

Загальна будова. Загальна будова ведучого моста колісної машини представлена на рис. 5.11.

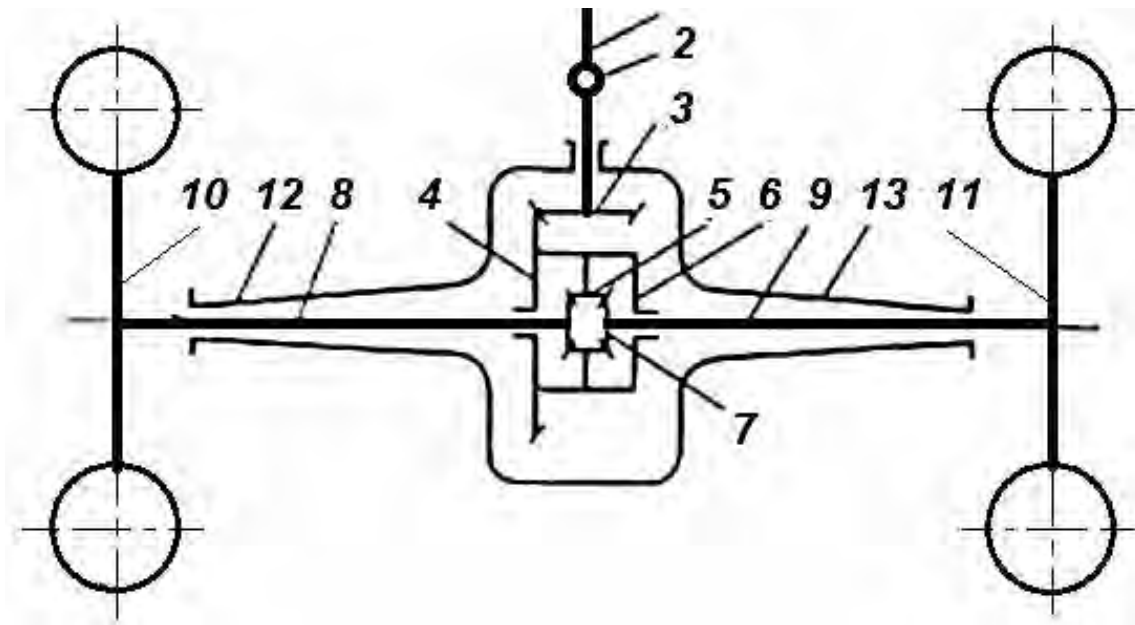


Рис. 5.11. Принципова схема ведучого моста колісної машини:

1 – карданний вал; 2 – карданний шарнір; 3 – ведуча конічна шестерня головної передачі; 4 – ведена конічна шестерня головної передачі; 5 – сателіт; 6 – корпус диференціала; 7 – конічна шестерня диференціала; 8 і 9 – напіввісі; 10 і 11 – ведучі колеса; 12 і 13 – рукави (корпус ведучого моста)

В загальному випадку ведучий міст колісної машини облаштований наступним чином. У корпусі ведучого моста, який на схемі рис. 5.11 представлений рукавами 12 і 13 розташовані ведуча 3 і ведена 4 конічні шестерні головної передачі. Ведуча шестерня 3 отримує обертовий рух і крутний момент від вторинного валу коробки передач через карданний вал 1 і карданний шарнір 2. Ведена шестерня 4 головної передачі жорстко закріплена на корпусі диференціала 6,

який встановлений у корпусі ведучого моста на підшипниках (на схемі рис. 5.11 не показані). В корпусі диференціала 6 на хрестовині (на схемі рис. 5.11 окремою позицією не виділена), з можливістю обертання, розташовані сателіти, які знаходяться в зачепленні з конічними шестернями диференціала 7. Конічні шестерні диференціала 7 з допомогою шліцевого з'єднання з ковзною посадкою з'єднані з напіввісями 8 і 9, а на інших кінцях напіввісей закріплені ведучі колеса 10 і 11.

Ланцюг передачі обертового руху і крутного моменту через ведучий міст наступний: карданний вал 1 – карданний шарнір 2 – ведуча конічна шестерня головної передачі 3 – ведена конічна шестерня головної передачі 4 – корпус диференціала 6 – сателіт 5 – конічна шестерня диференціала 7 – напіввісі 8 і 9 – ведучі колеса 10 і 11.

Нижче приведено особливості конструкції основних деталей, вузлів і агрегатів ведучого моста колісної машини.

5.3.1.1. Корпус ведучого моста

Важливість конструкції даного елемента ведучого моста полягає в тому, саме він забезпечує вантажопідйомність і начіпоздатність машин.

Призначення. Корпус ведучого моста призначений для об'єднання агрегатів в одне ціле та забезпечення заявлених показників вантажопідйомності і начіпоздатності машин.

Основні вимоги до корпусів ведучих мостів:

- ✓ достатня жорсткість;
- ✓ достатня міцність;

- ✓ висока технологічність у виготовленні;
- ✓ спрощений доступ до вузлів і агрегатів ведучого моста при обслуговуванні;

- ✓ мінімально можливі (не значні) габаритні розміри і маса.

Однак, приведені визначення і вимоги більше стосується корпусів нерозрізних мостів. Корпуси розрізних ведучих мостів – це не більше, як корпус звичайного редуктора, який об'єднує в одне ціле окремі агрегати моста.

В такому випадку варто розглянути лише корпуси нерозрізних мостів, як такі, що забезпечують виконання обох заявлених у визначенні функцій. Як видно з загальної класифікації ведучих мостів, їх корпуси можуть бути:

- нероз'ємними – рис. 5.12. Такі корпуси сьогодні найчастіше використовуються на мобільних машинах через подальшу зручність обслуговування вже комплектних мостів, зібраних на їх базі. Нероз'ємні корпуси можуть виготовлятися за кількома технологіями, а саме:

- штампування з наступним зварюванням (рис. 5.12 а) – основною перевагою таких корпусів є висока технологічність виготовлення, а недоліком – недостатня вантажопідйомність через обмежену міцність і жорсткість;

лиття (рис. 5.12 б) – основна перевага таких корпусів – висока вантажопідйомність; основні недоліки – висока вартість через низьку технологічність виробництва; висока маса:

- роз'ємними. Використання таких корпусів залежить від типу мобільної машини: якщо це автомобіль, то використовується такий корпус рідко, переважно в автомобілях попередніх років випуску типу УАЗ-452, ГАЗ-52 тощо (див. рис. 5.8 а). Однією з основних причин

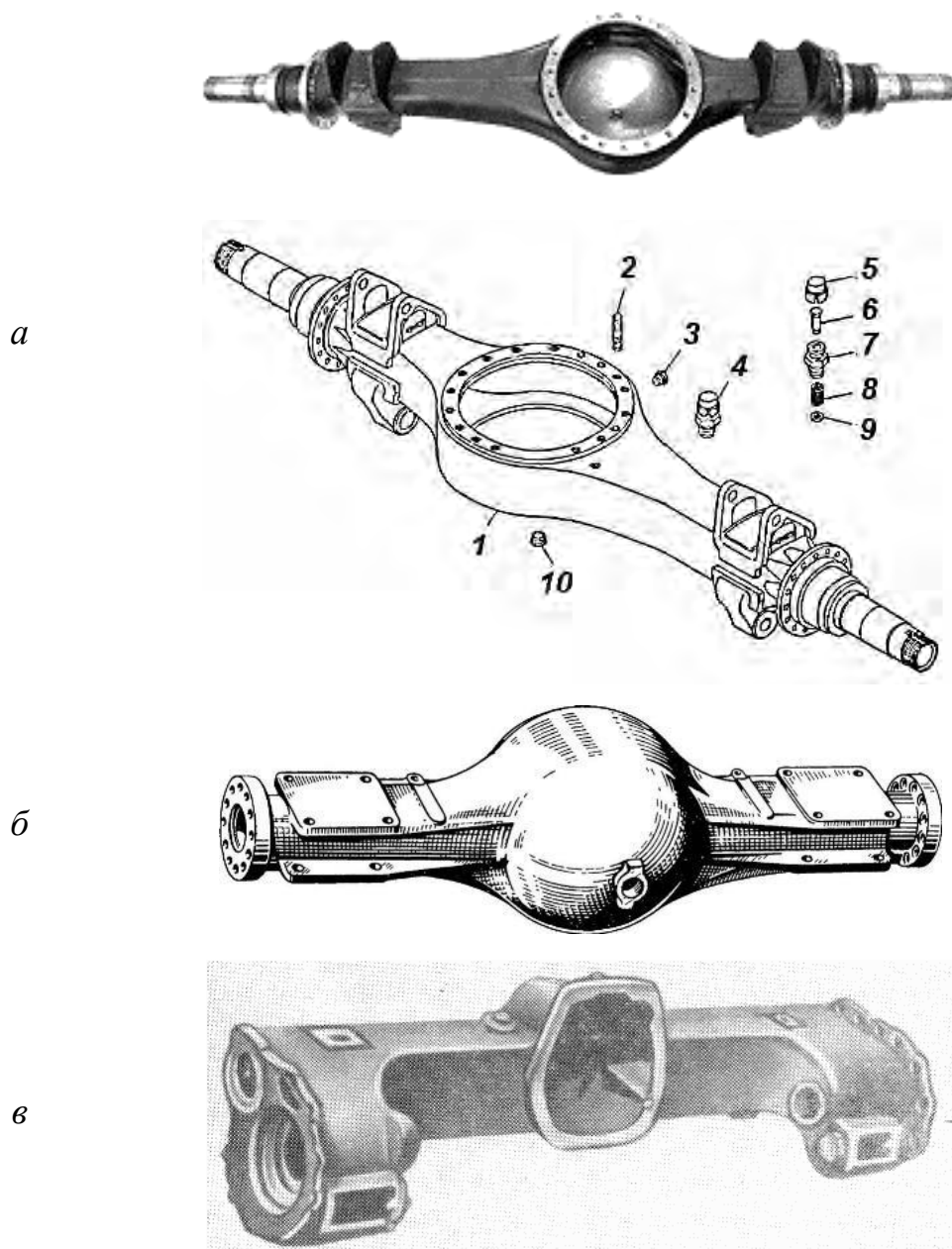


Рис. 5.12. Корпуси нероз'ємних ведучих мостів:

а – штамповано-зварний автомобіля типу КамАЗ-5320; *б* – нероз'ємний картер (сталева лиття) [49]; *в* – масивна відливка картера для автобусів і вантажних автомобілів (ведучий міст типу банджо) [49]; 1 – картер; 2 – шпилька; 3 – пробка заливна; 4 – запобіжний клапан; 5 – ковпачок запобіжного клапана; 6 – власне клапан; 7 – штуцер (корпус) клапана; 8 – пружина запобіжного клапана; 9 – спеціальна плоска шайба; 10 – пробка зливного отвору магнітна у зборі

обмеження використання таких корпусів сьогодні є нижча вантажопідйомність і ускладнення при технічному обслуговуванні комплектних вже мостів, порівняно з нероз'ємними корпусами; якщо це трактор, то такі корпуси характерні для машин, у яких передбачено регулювання ширини колії. Це трактори типу Беларус-80.1, ПМЗ-8240 тощо (рис. 5.13), John Deere 8520 (див. рис. 5.10 б).

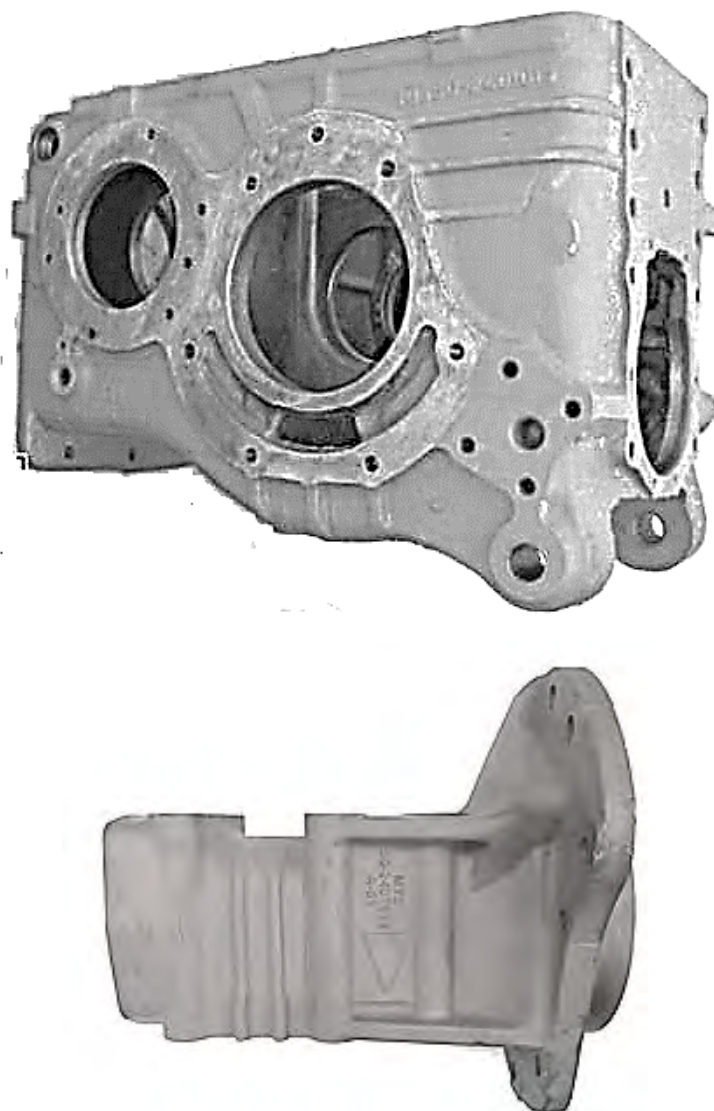


Рис.5.13. Елементи корпусу роз'ємного ведучого моста трактора типу Беларус-80.1

5.3.1.2. Головна передача

Призначення: Головна передача призначена для збільшення передаточного числа трансмісії і крутного моменту та переносу обертового руху до диференціалу.

Основні вимоги до головних передач:

- ✓ високий к.к.д. на всіх режимах роботи;
- ✓ потрібна довговічність і висока технологічність деталей;
- ✓ безшумність у роботі, зручність і простота в обслуговуванні.

Класифікація головних передач:

- *за конструкцією:*
 - ✓ конічні прямозубі;
 - ✓ конічні з спіральним зубом;
 - ✓ гіпоїдні;
 - ✓ циліндричні;
 - ✓ черв'ячні;
- *за числом пар зубчатих коліс:*
 - ✓ одинарні;
 - ✓ подвоєні.

Основні типи головних передач, які сьогодні найбільше використовуються в конструкціях ведучих мостів мобільних машин, представлені на рис. 5.14 [44].

Зважаючи на стрімкий розвиток конструкцій мобільних машин, який, зазвичай, приводить до появи у виробництві вдосконалених конструкцій тих, чи інших вузлів і агрегатів, розглянемо більш детально приведені раніше в класифікації і на рис. 5.14 типи головних передач.

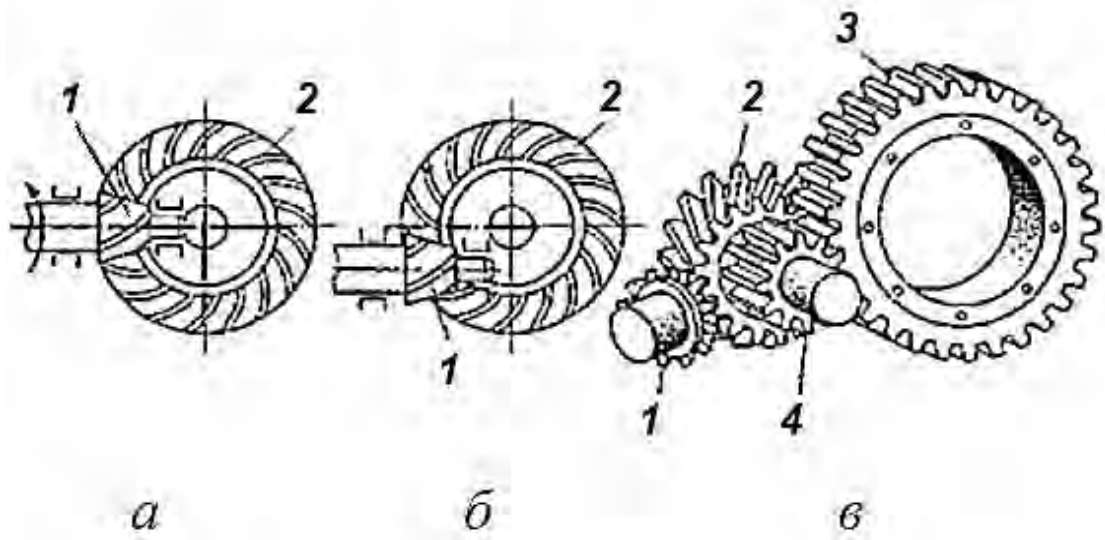


Рис. 5.14. Типи головних передач [44]:

а – проста конічна одинарна; б – гіпоїдна; в - подвійна центральна; 1, 2 – відповідно, ведуча і ведена конічні шестерні; 3, 4 – відповідно, ведена і ведуча циліндричні шестерні [44]

Проста одинарна конічна головна передача. Даний тип головної передачі найпростіший з точки зору трансформації обертового руху і зміни напрямку його передачі. Особливістю простої конічної передачі є те, що вісі валів, на яких розташовані ведена і ведуча шестерні мають точку перетину. На практиці найбільш широко використовуються два типи простих головних конічних передач, а саме:

✓ проста конічна головна передача з *прямим зубом* – рис. 5.15. Основна перевага цієї передачі – простота у виготовленні, основні недоліки – весь потік навантаження передається через один зуб, що вимагає збільшення розмірів для передачі більших навантажень; шумність під час роботи, що викликано ударом зуба об зуб при входженні в зачеплення;

✓ проста конічна головна передача з *спіральним зубом* – рис. 5.16 (див. рис. 5.14 *а*). Основні переваги цієї передачі – нижча шумність

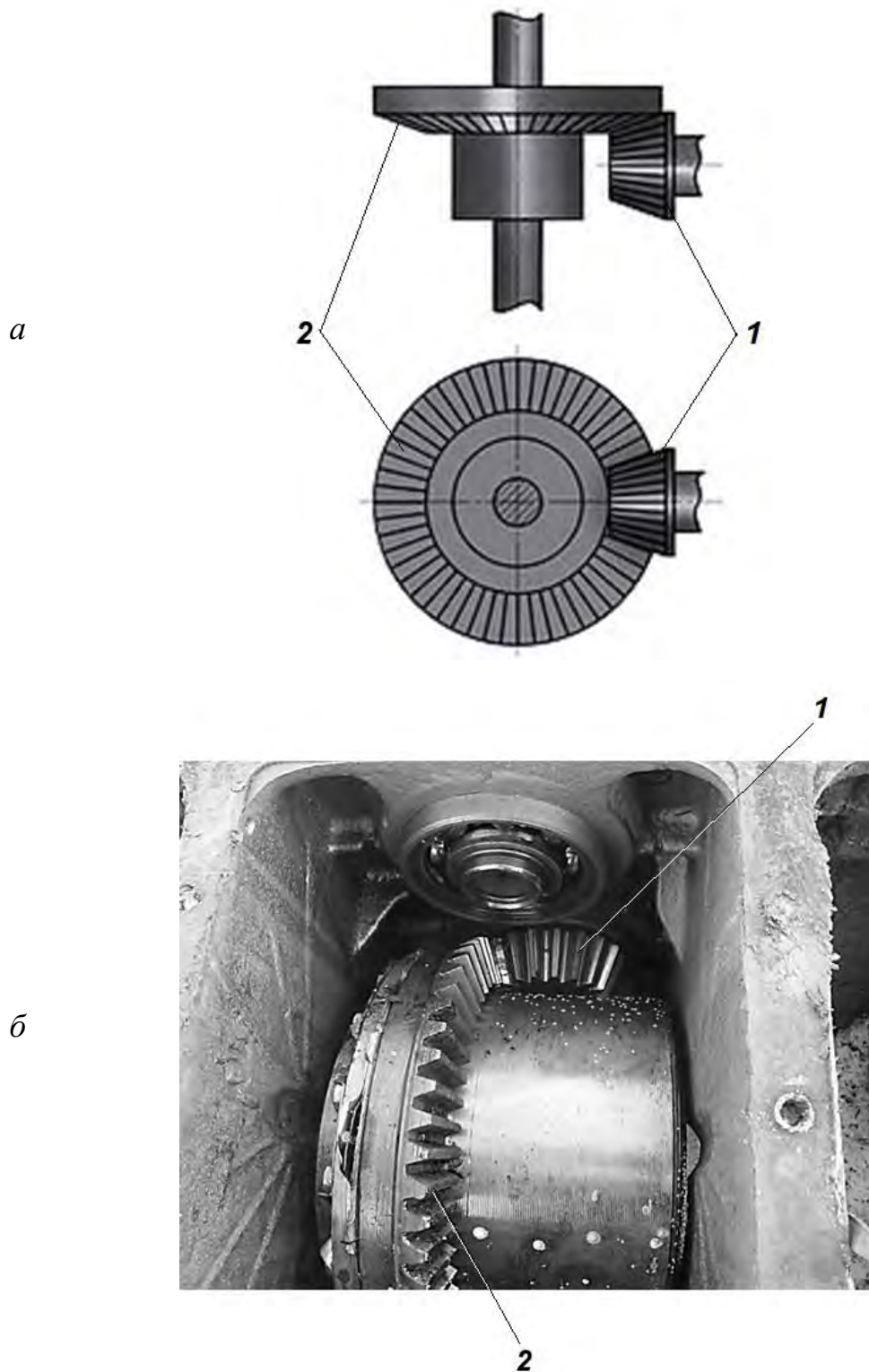


Рис. 5.15. Проста одинарна кінчна головна передача з прямим зубом:
а – принципова схема; б – головна передача у ведучому мосту гусеничного трактора; 1 – ведуча шестерня головної передачі; 2 – ведена шестерня головної передачі

при роботі, порівняно з прямозубою, за рахунок входження зуба в зачеплення з ковзанням; здатність передавати вищі навантаження за рахунок одночасного знаходження в зачепленні більшої кількості зубів, основний недолік – в зачепленні знаходиться мала довжина зуба, що обмежує рівень навантажень, які можуть бути передані через таку передачу.

Гіпоїдна головна передача. Гіпоїдні головні передачі набули значного поширення, особливо на автомобільному транспорті. Особливістю гіпоїдної головної передачі є те, що вісі валів, на яких розташовані ведена і ведуча шестерні не мають точки перетину (див. рис. 5.14 б). Зазвичай, вісь ведучої шестерні опущена вниз по відношенню до вісі веденої шестерні головної передачі на де-яку відстань e – рис. 5.17. Таке зміщення стало можливим за рахунок того, що зуби в гіпоїдній передачі мають криволінійну форму і повторюють форму гіперболоїди (скорочена назва гіперболоїди – гіпоїда, звідси і назва передачі) [99].

Головні особливості гіпоїдної передачі:

- застосовується тільки в передачах з перехресними валами зубчастих коліс (застосування гіпоїдної передачі в конструкціях, де осі валів перетинаються веде до заклинювання передачі) [99];
- вісі валів повинні бути зміщені одна відносно одної у горизонтальній площині. Величина зміщення повинна точно узгоджуватись з математичними параметрами гіпоїди, які достатньо характеризуються відстанню e (див рис. 5.17). Відстань e називають гіпоїдним зміщенням [99].

Основні переваги гіпоїдної передачі над простою [99]:

- дозволяє зменшити висоту розташування центра ваги машини;

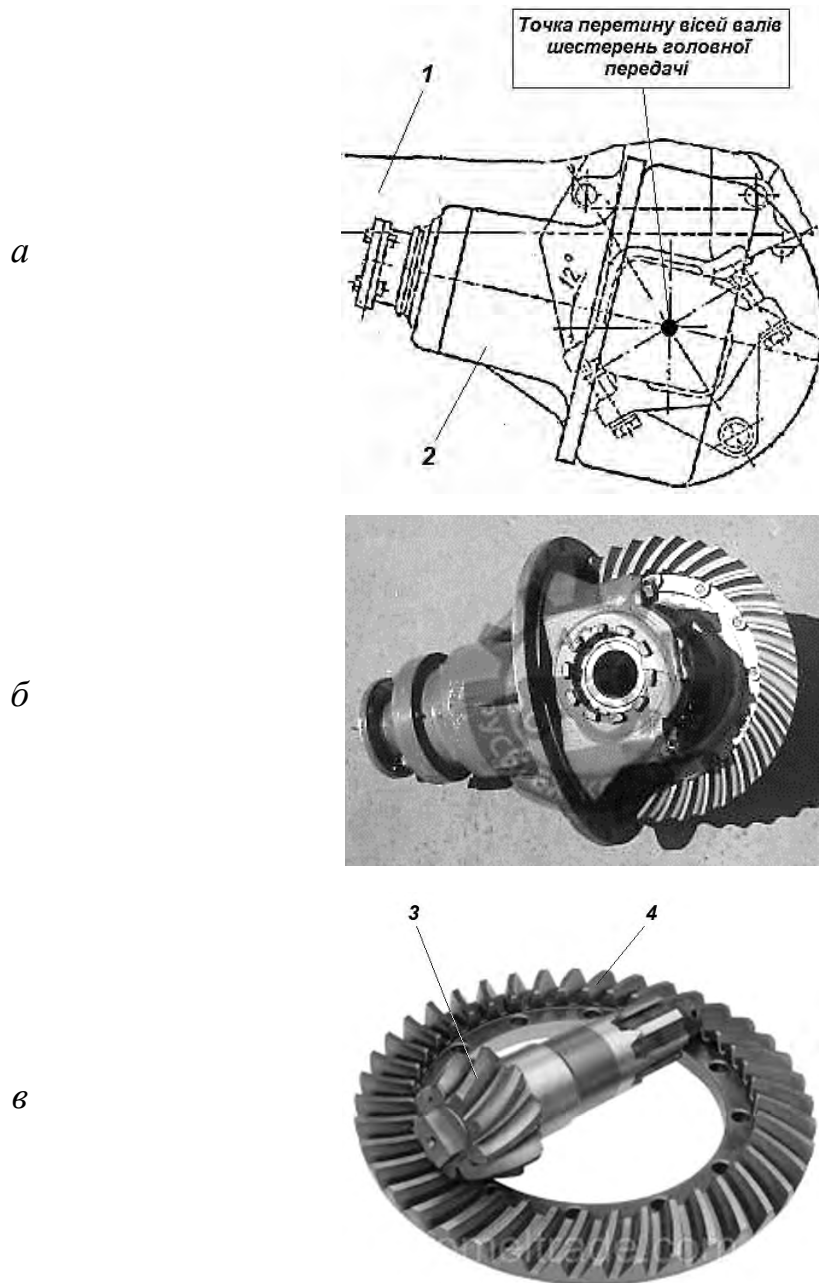


Рис. 5.16. Проста конічна головна передача з спіральним зубом трактора типу ХТЗ-170:

а – габаритне креслення установки ведучого моста трактора типу ХТЗ-170 з точкою перетину вісей шестерень головної передачі; *б* – редуктор ведучого моста трактора типу ХТЗ-170 в зборі; *в* – шестерні головної передачі ведучого моста трактора типу ХТЗ-170; 1 – озов трактора; 2 – ведучий міст; 3 – ведуча шестерня головної передачі; 4 – ведена шестерня головної передачі

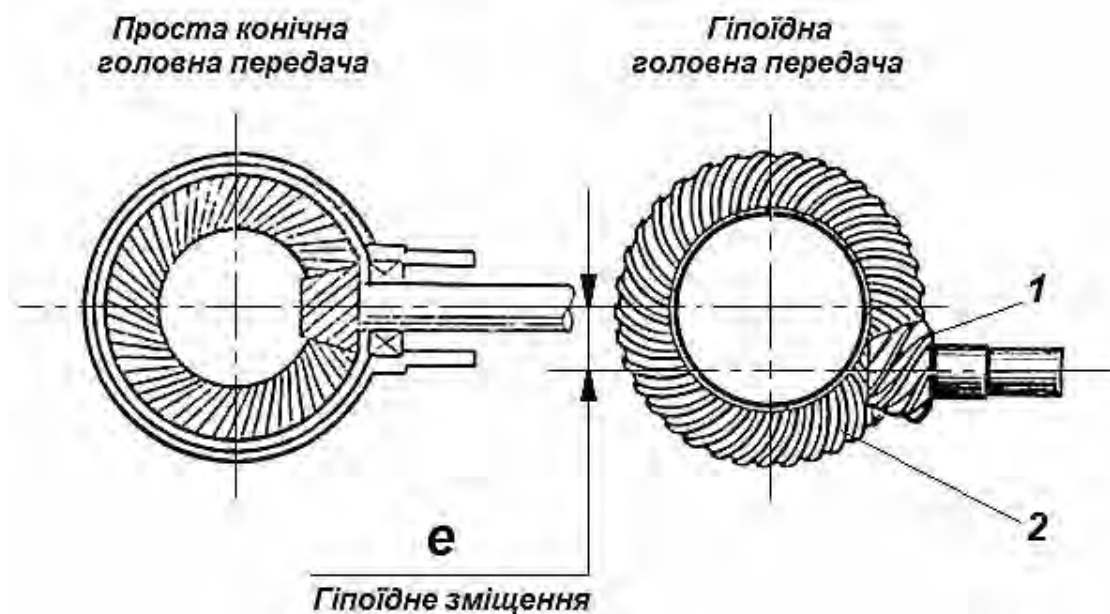


Рис. 5.17. До пояснення сутності гіпоїдної головної передачі [99]:
 1 – ведуча шестерня головної передачі; 2 – ведена шестерня головної передачі

- дозволяє передавати більший крутний момент при одних і тих же розмірах;
- більш плавна передача крутного моменту;
- менша шумність [99].

Основні недоліки гіпоїдної головної передачі [99]:

- складність виготовлення;
- підвищена вартість;
- чутливість до зносу всіх деталей передачі;
- чутливість до регулювань [99].

Відхилення в регулюваннях, або надмірний знос деталей може вести до заклинювання передачі. Ця особливість використана в чіжосьових диференціалах типу Торсен [99].

Загальний вигляд гіпоїдної передачі приведено на рис. 5.18. *Подвійна головна передача.* Довести параметри обертowego руху і

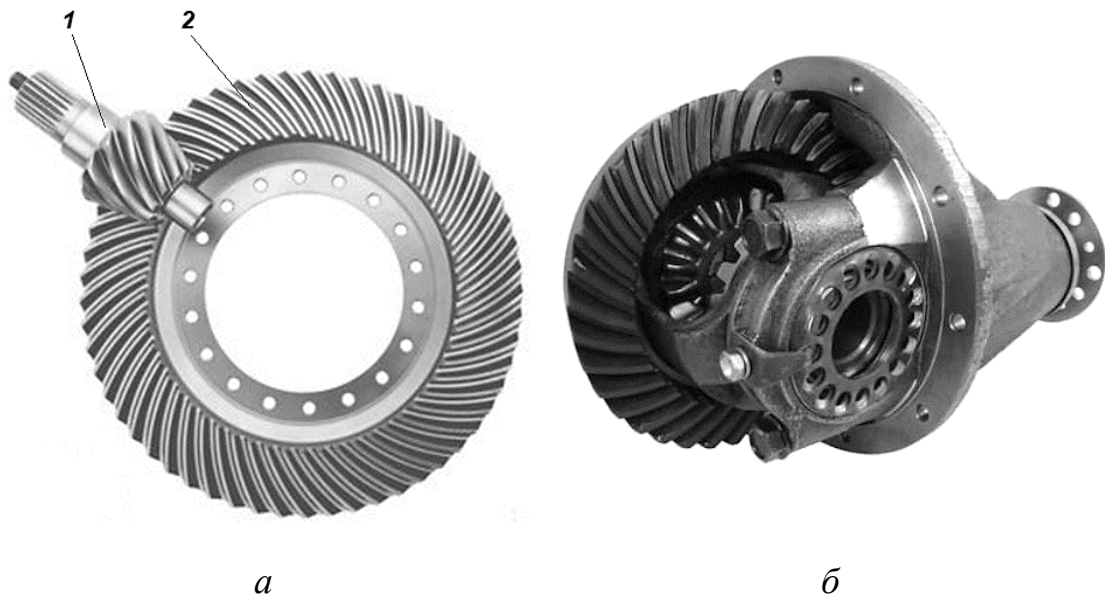


Рис. 5.18. Загальний вигляд гіпоїдної головної передачі:

а – гіпоїдна передача виробництва Arrow Gear Company; б – редуктор ведучого моста автомобіля з гіпоїдною головною передачею; 1 – ведуча шестерня; 2 – ведена шестерня

крутного моменту до бажаних на ведучих елементах рушіїв не завжди вдається через істотне зменшення дорожнього просвіту машини, який також повинен відповідати певним нормативним значенням. В таких випадках в конструкції ведучого моста використовують подвійну головну передачу (див. рис. 5.14 в).

Основна класифікація подвійних головних передач здійснюється за конструкцією, а саме:

- ✓ центральна подвійна головна передача;;
- ✓ рознесена подвійна головна передача.

Центральна подвійна головна передача. Обидві ступені такої передачі розташовуються в одному корпусі (див рис. 5.14 в). В свою чергу центральні головні передачі класифікуються за рівнем передавального числа:

- з постійним передавальним числом (рис. 5.19 а);

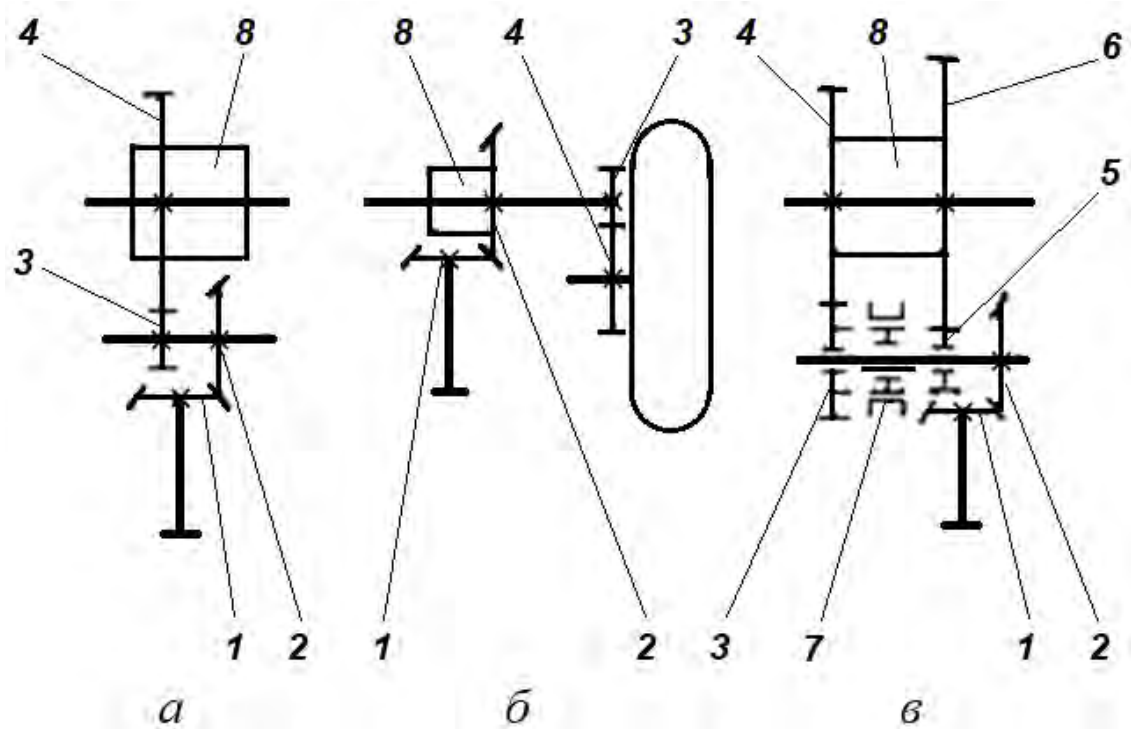


Рис. 5.19. Типи подвійних головних передач [54]:

а – двохступінчаста центральна; *б* – двохступінчаста рознесена; *в* – двохступінчаста з змінним передавальним числом (двохшвидкісна); 1 та 3, 5 – ведучі шестерні, відповідно, першої та другої ступеней; 2 та 4, 6 – ведені шестерні, відповідно, першої та другої ступеней; 7 – зубчаста муфта; 8 – диференціал [54]

Такі передачі встановлювались та встановлюються на автомобілях типу ЗИЛ (рис. 5.20), КамАЗ (рис. 5.21), Mercedes-Benz (рис. 5.22) тощо.

Ланцюг передачі обертового руху і крутного моменту в редукторі, зображеному на рис. 5.20, наступний: фланець 1 – ведуча конічна шестерня першої ступені головної передачі 11 – ведене конічне зубчасте колесо першої ступені головної передачі 12 – ведуча циліндрична шестерня другої ступені головної передачі 16 – ведене циліндричне колесо другої ступені головної передачі 21 – корпус

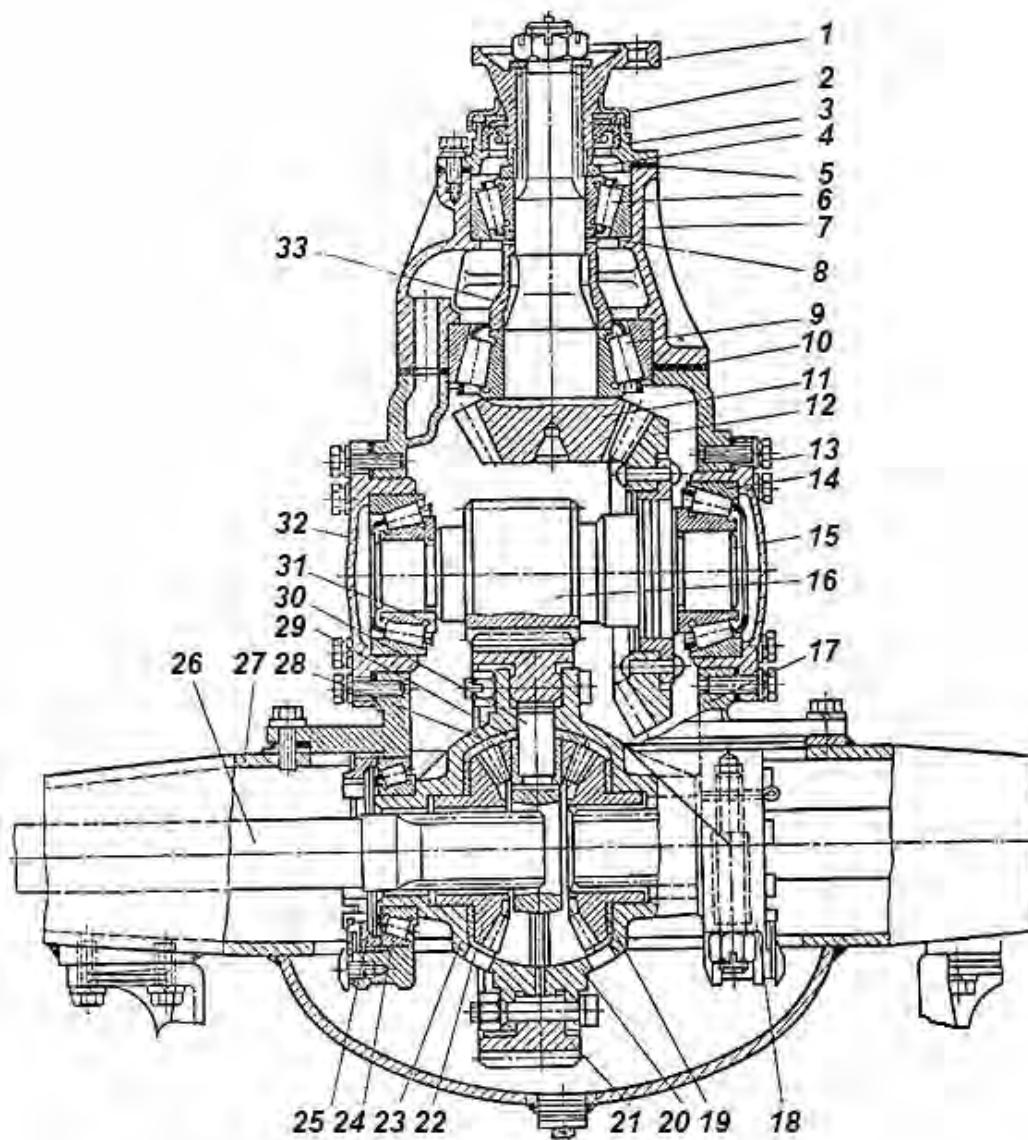
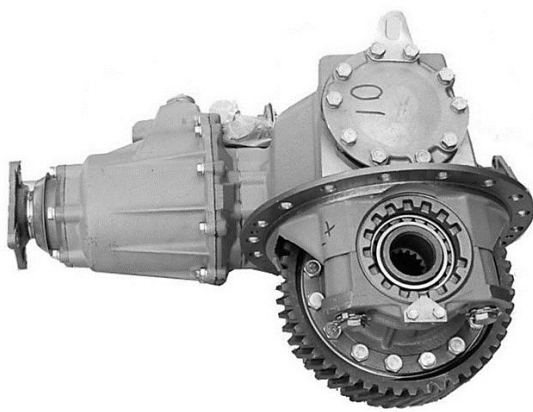
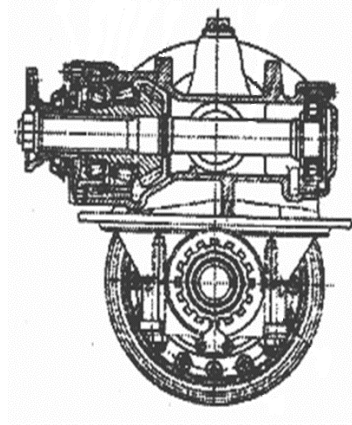


Рис. 5.20. Редуктор ведучого моста автомобіля типу ЗІЛ [54]:

1 – фланець; 2 – манжета ущільнювальна; 3, 15, 18 і 32 – кришки; 4 – шайба; 5 – ущільнювальна прокладка; 6, 9, 14, 24 і 31 – підшипники; 7 – стакан; 8 – регулювальні шайби; 10 і 13 – регулювальні прокладки; 11 – ведуча конічна шестерня першої ступені головної передачі; 12 – ведене конічне зубчасте колесо першої ступені головної передачі; 16 – ведуча циліндрична шестерня другої ступені головної передачі; 17 – картер головної передачі; 19 і 29 – опорні шайби; 20 – права чашка корпусу диференціала; 21 – ведене циліндричне колесо другої ступені головної передачі; 22 – конічна шестерня диференціала; 23 – ліва чашка корпусу диференціала; 25 – регулювальна гайка; 26 – напіввісь; 27 – картер ведучого моста; 28 – сателіт; 30 – хрестовина; 33 – розпорна втулка [54]



a



б

Рис. 5.21. Редуктор ведучого моста автомобіля типу КамАЗ-5320:

a – загальний вигляд; *б* – розріз

диференціала (представлений правою 20 та лівою 23 чашками) – сателіт 28 – хрестовина 30 – конічна шестерня диференціала 22 – напіввісь 26.

Якісна робота ведучого моста супроводжується серією регулювань, які передбачають:

- ✓ регулювання підшипників;
- ✓ регулювання повноти зачеплення;
- ✓ регулювання зазору в зачепленні.

Для виконання таких регулювань в редукторі головної передачі передбачені певні технічні рішення. На прикладі редуктора, зображеного на рис. 5.20 ці рішення наступні:

- регулювання підшипників: підшипники 6 і 9 ведучої конічної шестерні першої ступені головної передачі 11 – гайка на зворотньому кінці вала-шестерні (на рис. 5.20 окремою позицією не виділена) та регулювальними шайбами 8; підшипники 14 і 31 вала веденої шестерні першої ступені 12 і ведучої шестерні другої передачі

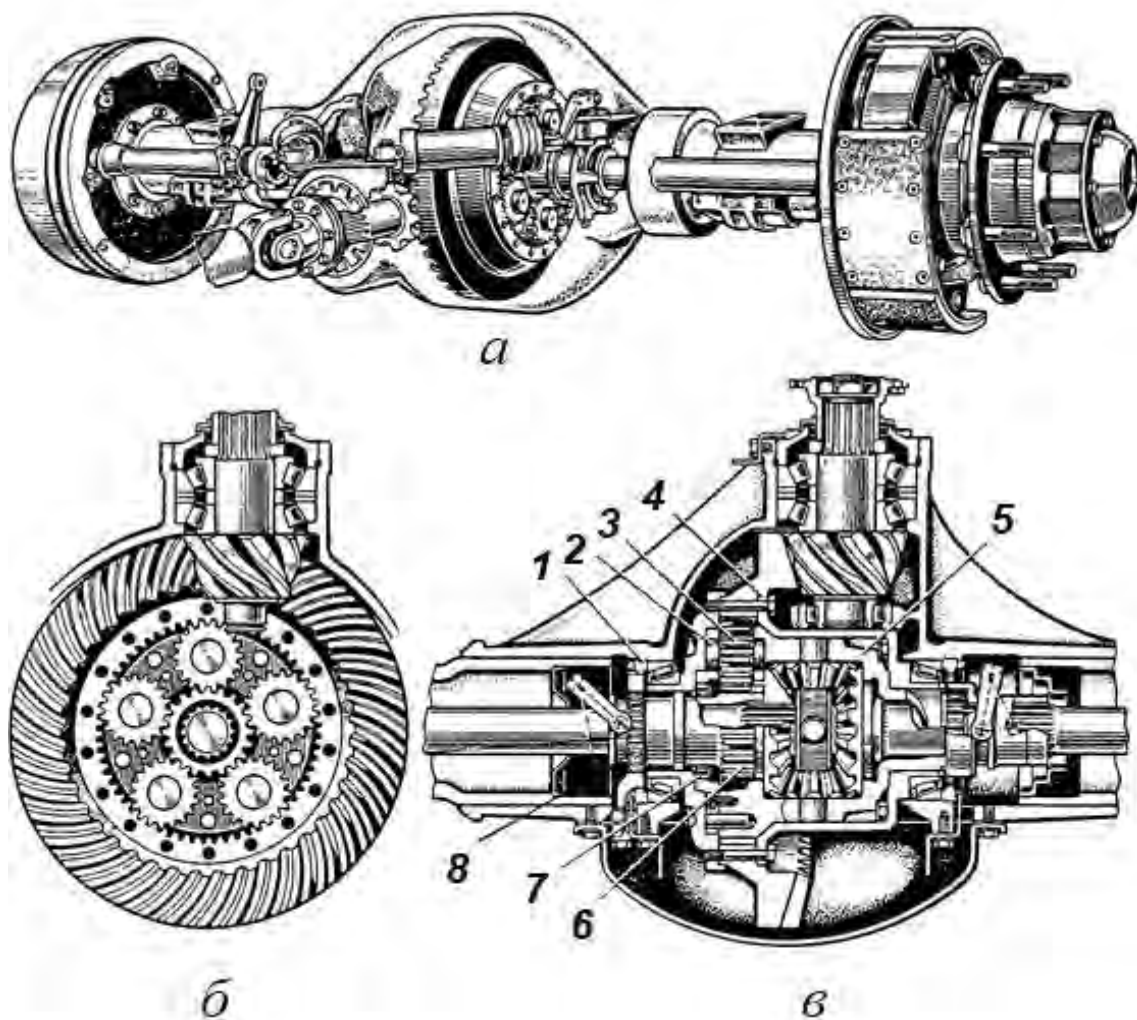


Рис. 5.22. Задній ведучий міст автомобілів Mercedes-Benz типу L, LK, LP, KPS 1418, 1413 з двохступінчастою передачею [49]:

а – загальний вигляд; *б* і *в* – розріз головної передачі; 1 – зубчастий вінець жорстко зв'язаний з корпусом; 2 – вісь сателітів; 3 – коронна шестерня; 4 – маточина веденої шестерні головної передачі; 5 – корпус диференціала; 6 – сонячна шестерня; 7 – зубчастий вінець корпусу диференціала; 8 – зубчастий вінець маточини сонячної шестірни [49]

16 – комплект прокладок 13, який встановлюється з обох боків під кришками 15 і 32; підшипників корпуса диференціала 24 (праворуч підшипник не позначений) – гайками 25 (праворуч регульовальна гайка не позначена);

- повнота зачеплення: зубчастих конічних коліс першої ступені головної передачі – прокладками 10 та прокладками 13, переміщуючи їх з під кришки 15 під кришку 32, або навпаки, залежно від того, в який бік потрібно зміщувати зубчасте колесо 12 (повнота зачеплення циліндричної пари зубчастих коліс 16 і 21 другої ступені не регулюється);

- зазор в зачепленні: зубчастих конічних коліс першої ступені головної передачі – прокладками 10 та прокладками 13, переміщуючи їх з під кришки 15 під кришку 32, або навпаки, залежно від того, в який бік потрібно зміщувати зубчасте колесо 12 (зазор в зачепленні циліндричної пари зубчастих коліс 16 і 21 другої ступені не регулюється).

Як видно з рис. 5.21, редуктор ведучого моста автомобіля типу КамАЗ-5320 має аналогічну конструкцію тій, що зображена на рис. 5.20 за тією різницею, що ступені розташовані під кутом 90 °.

З рис. 5.22 видно, що в якості другої ступені головної передачі може застосовуватися планетарний ряд, трансформуючі можливості та габаритні розміри якого значно переважають аналогічні показники простої зубчастої передачі та дозволяють реалізувати кілька передавальних чисел.

- з змінним передавальним числом (див. рис. 5.19 в). Такі головні передачі дозволяють подвоїти число передач трансмісії без установки складних багатоступінчастих коробок передач, причому нижчі передавальні числа можуть бути отримані шляхом включення другого ступеня передачі, завдяки чому карданна передача і перша ступінь не сприймають збільшеного крутного моменту і не потребують додаткового підсилення. Приклад такої головної передачі приведений на рис. 5.23 [49].

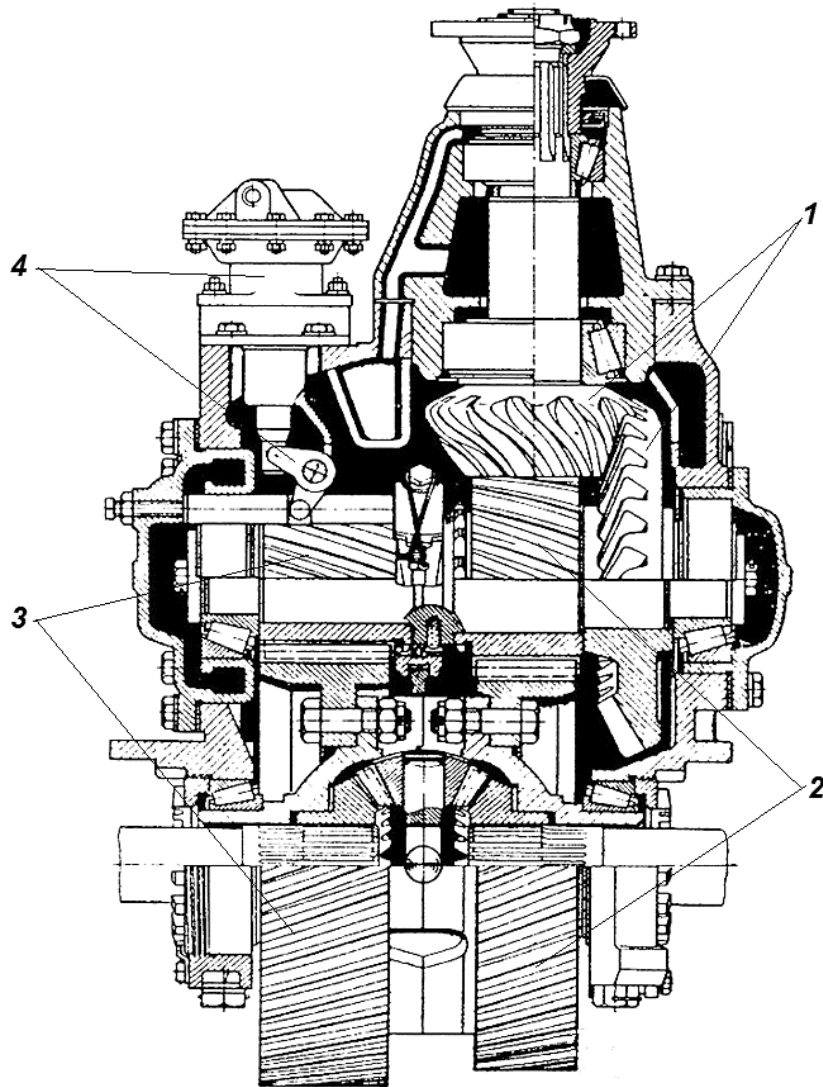


Рис. 5.23. Двохшвидкісна головна передача фірми «ZF Passau
(Цанрадфабрік Пассау)» [49]:

*1 – перша ступінь головної передачі; 2 – друга підвищуюча ступінь
головної передачі; 3 – друга понижуюча ступінь головної передачі; 4 –
механізм перемикання [49]*

Головні передачі із змінним передавальним числом використовуються на магістральних тягачах з одним ведучим мостом, створених на базі звичайних автомобілів. В таких машинах, головна передача зі змінним передавальним числом дозволяє не міняти всієї конструкції базової машини і, при цьому, істотно збільшити масу вантажу, що перевозиться [49].

На деяких вантажних автомобілях можна зустріти ступінчасті планетарні головні передачі, переважно двохшвидкісні, а останнім часом і трьохшвидкісні. Планетарні ряди сприяють підвищенню компактності вузла, але при цьому підвищують його вартість [49].

Рознесена подвійна головна передача. Для підвищення прохідності машини в різних умовах експлуатації важливим чинником виступає дорожній (агротехнічний) просвіт останньої, що напряму пов'язане з габаритами головної передачі. Для досягнення бажаних значень цього показника в конструкціях мобільних машин використовують рознесені головні передачі (див рис. 5.19 б).

Перша ступінь рознесеної головної передачі розташована в окремому корпусі, жорстко з'єднаному з корпусом ведучого моста, орієнтовно в середній його частині, а других ступеней дві з однаковими кінематичними і динамічними характеристиками і розміщені вони по обидва боки (борти) корпуса моста біля коліс (в літературі цю ступінь ще називають бортовою передачею). Один з прикладів такої передачі вже був показаний на рис. 5.9, да приведено конструкцію ведучого моста автомобіля IFA W50L.

Варто звернути увагу, що є різниця в трактовці назв ступеней зубчастих передач ведучих мостів для автомобільної і тракторної техніки, а саме:

☐ в автомобільній техніці ступінь зубчастої передачі, яка встановлюється за першою ступінню, як правило кінчною, головної передачі прийнято називати другою ступінню головної передачі. Якщо друга ступінь головної передачі встановлена безпосередньо біля коліс, то цю конструкцію називають двохступінчастою рознесеною головною передачею;

☐ в тракторній техніці ступінь зубчастої передачі, яка встановлюється за головною одноступінчастою передачею, як правило

конічною, прийнято називати кінцевою передачею. Якщо кінцева передача встановлена безпосередньо біля коліс, то цю конструкцію називають бортовою (кінцевою) передачею.

Конструктивне виконання других ступеней головних передач може бути саме різне і передавальне чило таких передач може формуватись з кількома парами зубчастих коліс – рис. 5.24 [49].

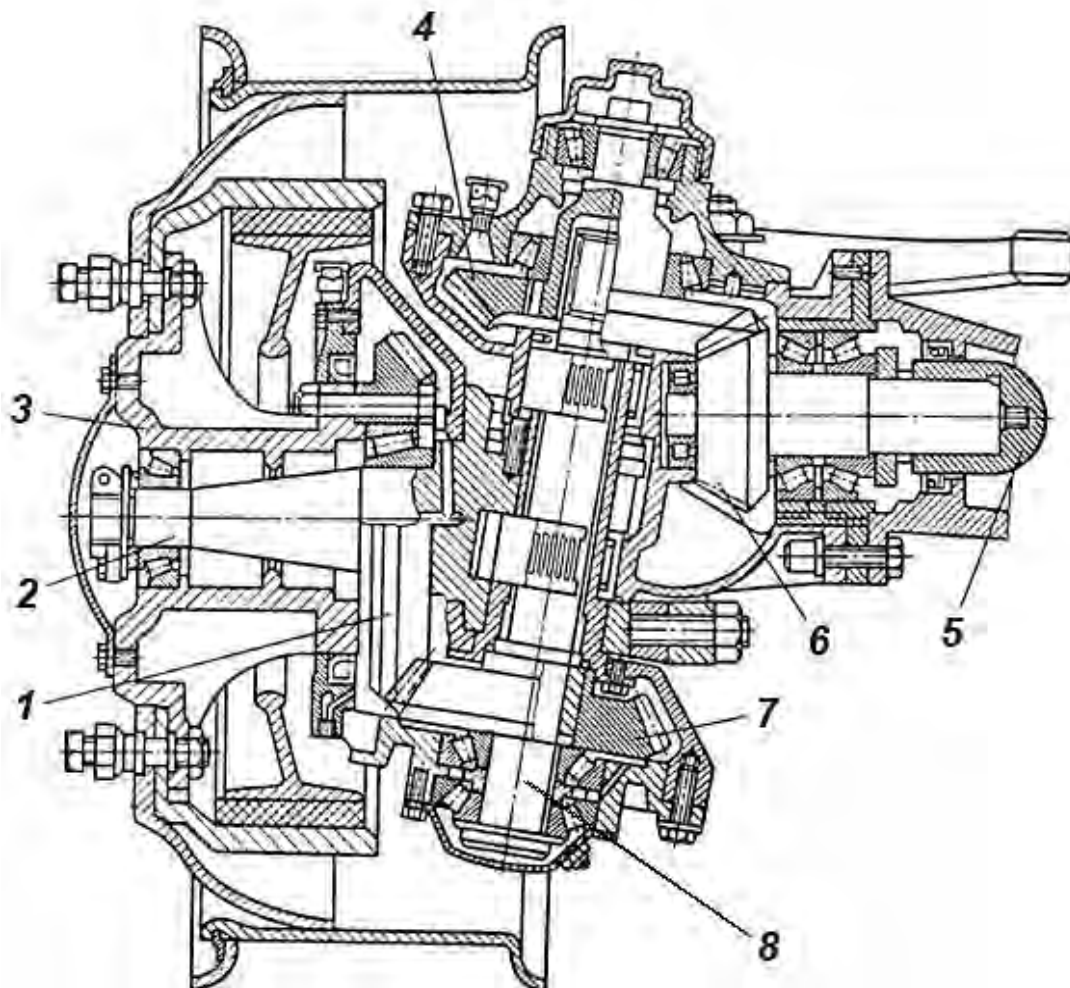


Рис. 5.24. Конічна друга ступінь головної передачі ведучого моста керованих коліс автомобіля типу Маск [49]:

1 – ведена кінчна шестерня; 2 – поворотна цапфа; 3 – маточина ведучого колеса; 4 – проміжна верхня шестерня; 5 – напіввісь; 6 – ведуча кінчна шестерня; 7 – проміжна нижня шестерня; 8 – вал поворотної цапфи [49]

Для передачі обертового руху і крутного моменту від першої ступені головної передачі до ведучого керованого колеса в автомобілів типу Mack використано дві пари конічних шестерень 6 і 4 та 7 і 1 (див. рис. 5.24). Крім того, обертовий рух і крутний момент передаються через активний, у даній конструкції, вал поворотної цапфи 8 (шворінь).

Ланцюг передачі обертового руху і крутного моменту в конструкції другої ступені головної передачі, зображеній на рис. 5.24 наступний: напіввісь 5 – ведуча конічна шестерня 6 – проміжна верхня шестерня 4 – вал поворотної цапфи 8 – проміжна нижня шестерня 7 – ведена конічна шестерня 1 – маточина 3.

В якості другої ступені головної передачі може використовуватися і планетарний редуктор (рис. 5.25), що істотно зменшить розміри як самої ступені, так і ведучого моста в цілому, але і здорожчає кінцеву вартість останнього.

Будова і робота, представленої на рис. 5.25, другої ступені головної передачі планетарного типу полягає в наступному: до корпуса ведучого моста 1 жорстко закріплена коронна шестерня 7 планетарного редуктора. На напіввісі 2 на шліцах встановлена сонячна шестерня 6. Між сонячною шестернею 6 і коронною 7 на осях, встановлених у водилі 4 планетарної передачі обертаються сателіти 5. Водило 4 жорстко з'єднане з матичиною ведучого колеса 3, встановленого на корпусі ведучого моста 1 на підшипниках 8. За рахунок того, що коронна шестерня 7 нерухома, то обертовий рух, який передається від першої ступені головної передачі через напіввісь 2, приводить в обертання сонячну шестерню 6, яка знаходиться в зачепленні з сателітом 5. Сателіт має зачеплення з сонячною шестернею, яка може обертатися і коронною шестернею, яка є нерухомою. Таке положення сателіта, при обертанні сонячної шестерні, змушує його прокочуватися

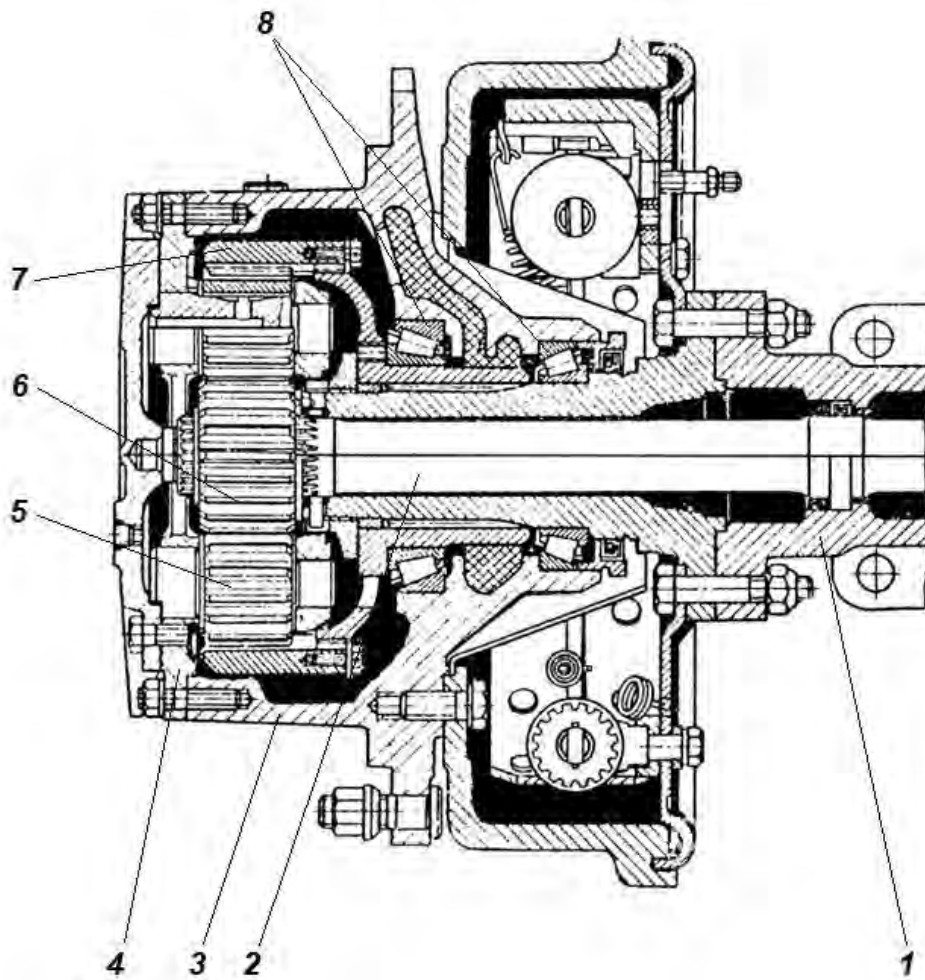


Рис. 5.25. Друга ступінь головної передачі, виконана у вигляді планетарного редуктора виробництва фірми «ZF Passau (Цанрадфабрік Пассау)» [49]:

1 – корпус ведучого моста; 2 – напіввісь; 3 – маточина ведучого колеса; 4 – водило планетарної передачі; 5 – сателіт планетарної передачі; 6 – сонячна шестерня планетарної передачі; 7 – коронна шестерня планетарної передачі; 8 – підшипники [49]

по зубах коронної шестерні, тягнучи за собою вісі сателітів і водило 4, в якому вони жорстко закріплені. При цьому, обертовий рух, який прийшов з сонячною шестернею трансформується шестернями планетарного редуктора і передається водилу 4, яке жорстко з'єднане з маточиною 3 ведучого колеса.


Ланцюг передачі крутного моменту в другій ступені головної передачі планетарного типу, представленої на рис. 5.25, наступний: напіввісь 2 – сонячна шестерня планетарної передачі 6 – сателіт планетарної передачі 5 – коронна шестерня планетарної передачі 7 – водило планетарної передачі 4 – маточина ведучого волеса 3.

Широкого застосування, особливо в конструкціях автомобілів, отримали циліндричні головні передачі. Це дозволило підвищити коефіцієнт корисної дії трансмісії та зробити більш компактним моторно-силовий агрегат мобільної машини. Загальний вигляд силової передачі з циліндричною головною передачею представлено на рис. 5.26 а, а її головні деталі – на рис. 5.26 б.

Циліндричні головні передачі в наш час використовують в конструкціях трансмісій машин з поперечним розташуванням валів коробки передач. До таких машин відносяться окремі моделі тракторів (трактори типу Т-16МГ, СШ-28, Т-40 тощо) та переважна більшість передньоприводних легкових автомобілів. Приклади циліндричних передач достатньо висвітлені при розгляді подвійних головних передач і коробок передач, тому подальша деталізація не доцільна.

Вище розглянуто найбільш поширені конструкції головних передач. Однак, останнім часом в конструкціях мобільних машин все частіше з'являються черв'ячні головні передачі – рис. 5.27 [49]. Черв'ячні головні передачі використовувались і використовуються в автобусах, багатовісних вантажних автомобілях (американські Peterbilt, англійські Atkinson, Seddon і ін.) [49], мотоблоках малого і середнього класу (рис. 5.28) тощо.

Черв'ячні головні передачі мають як значні переваги, так і істотні недоліки, а саме [49]:

 *основні переваги черв'ячних передач:*

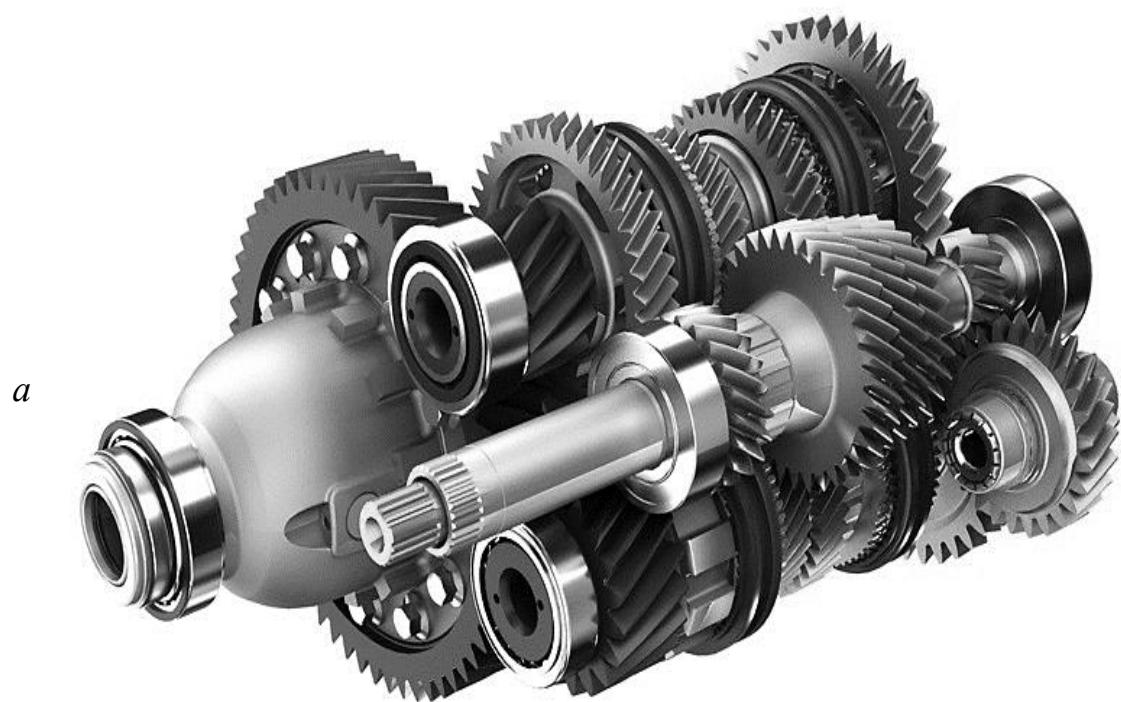


Рис. 5.26. Циліндрична головна передача:

a – загальний вигляд силової передачі з циліндричною головною передачею;

б – ведуча і ведена шестарні циліндричної головної передачі

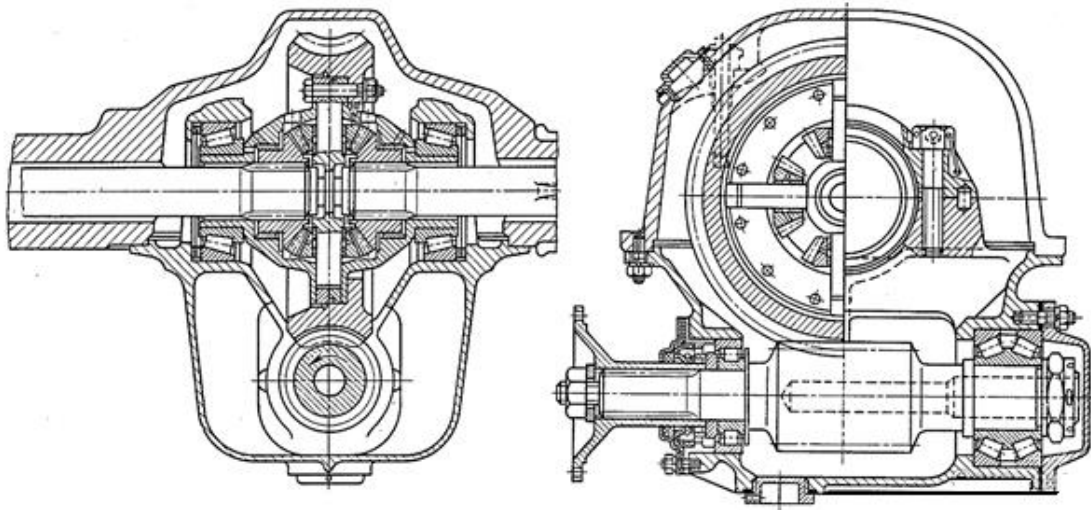


Рис. 5.27. Черв'ячна головна передача автобуса типу АЕС Regal Mark IV [49]

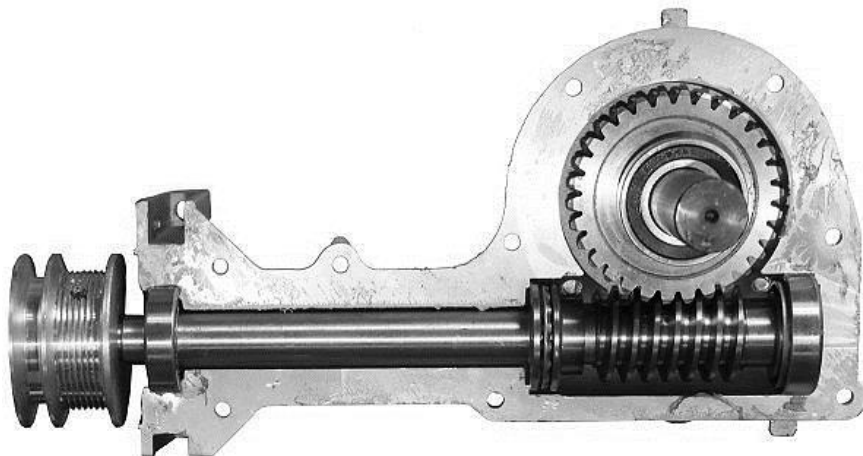


Рис. 5.28. Черв'ячна головна передача мотоблока

- не значні габаритні і масові показники при великому передавальному числі [49];
- низька шумність і висока плавність роботи, обумовлена поздовжнім ковзанням зубів, внаслідок чого динамічні навантаження,

зпричинені похибками виготовлення, в черв'ячної передачі значно менші, порівняно з конічною [49];

- можливість підвищити стійкість машини за рахунок розташування черв'яка знизу, що важливо для низькопольних машин (автобусів) [49];

- зручність використання в багатовісних машинах [49];

☞ *основні недоліки черв'ячних передач:*

- складність і висока вартість виготовлення [49];
- низький к.к.д. через значні втрати на нагрів при передачі обертового руху [49];
- висока точність виготовлення [49];
- використання дорогих матеріалів [49].

Приведені вище недоліки переважають над висвітленими перевагами, особливо в економічних питаннях, що обмежує використання черв'ячних передач.

5.3.1.3. Диференціал

Призначення: Диференціал призначений для розподілу підведеного до нього крутного моменту між вихідними валами і дозволяє їм обертатися з різними кутовими швидкостями.

Диференціал – агрегат, характерний для ведучого моста колісних мобільних машин.

Основні вимоги до диференціалів. Зважаючи на призначення диференціалів та їх місце установки в загальній конструкції мобільної машини можна визначити наступні найбільш характерні основні вимоги до них [19]:

✓ диференціал повинен забезпечувати пропорційний розподіл крутних моментів між колесами або осями (з метою підвищення прохідності мобільної машини розподіл моментів по окремих колесах і мостах повинен здійснюватися пропорційно їх вертикальним навантаженням) [19];

✓ диференціал повинен забезпечувати різні частоти обертання ведучих коліс під час руху на повороті, по не рівній дорозі тощо [5.7];

✓ диференціал повинен мати незначні габаритні розміри (з огляду на місце установки) [19];

✓ диференціал повинен мати незначну масу (з огляду на місце установки) [19].

Класифікація диференціалів. Нижче приведено два різновиди класифікації: перша з них – спрощена, а друга – більш детальна.

☞ *спрощена класифікація диференціалів:*

➤ *за конструктивною схемою:*

- ✓ проті;
- ✓ складні;

➤ *залежно від розподілу крутного моменту:*

- ✓ симетричні;
- ✓ не симетричні;

➤ *за наявністю і типом блокування:*

- ✓ без блокування;
- ✓ з вимушеним блокуванням;
- ✓ з автоматичним блокуванням (самоблокуючі);

➤ *за місцем установки:*

- ✓ міжколісні;

- ✓ міжосьові;
- ✓ міжбортові;
- за конструкцією:
 - ✓ малого тертя;
 - ✓ підвищеного тертя;
 - ✓ з гідравлічним опором;
 - ✓ пульсуючі;
 - ✓ відключаючі механізми;
 - ✓ самоблокуючі.

📖 *більш детальна класифікація диференціалів*, але однаково не повна, що підтверджує постійну динаміку їх розвитку і в наш час, приведена у вигляді схемного рисунка – рис. 5.29 [19].

Конструктивно корпус міжколісного диференціала жорстко з'єднаний з веденою шестернею головної передачі. Загальний вигляд простого міжколісного диференціала без блокування приведений на рис. 5.30 [66].

Під час прямолінійного руху колісної машини частоти обертання коліс правого і лівого бортів, напіввісей 7 і 8, корпуса диференціала 3 і веденої шестерні головної передачі 2 співпадають, оскільки навантаження на колеса правого і лівого бортів однакові. При цьому корпус диференціала 3 передає сприйнятий від веденої шестерні головної передачі 2 обертовий рух і крутний момент на сателіти 5, які, за умови рівних навантажень на колеса, утримуються від провертання навколо хрестовини 6 кінчними шестернями диференціала 4. Таке утримання сателітів 5 можливе лише за умови рівних навантажень на колеса правого і лівого бортів, оскільки кінчні шестерні 4 встановлені на напіввісях на шліцах, тобто жорстко з точки зору напрямку передачі обертового руху і крутного моменту [66].

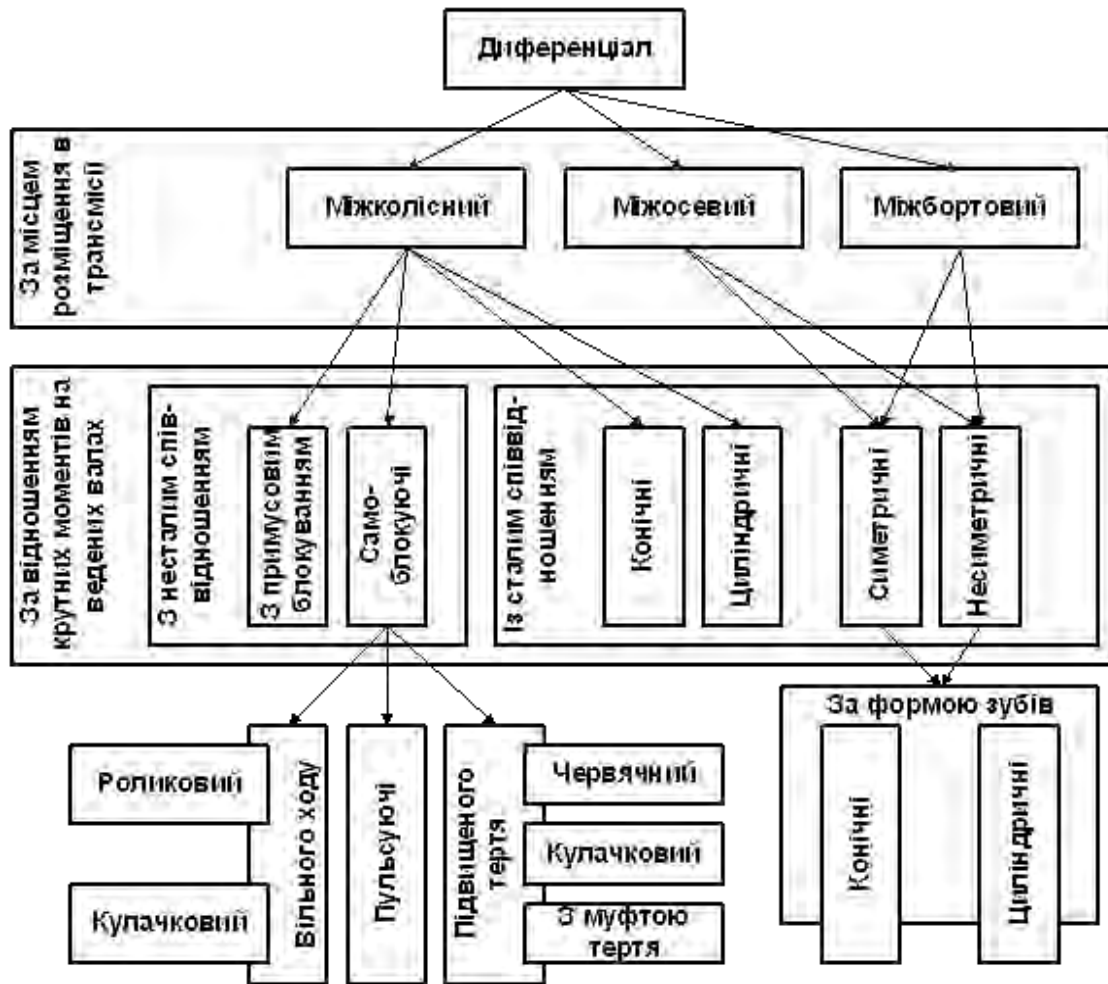


Рис. 5.29. Класифікація диференціалів [19]

Під час повороту колісної машини створюється різне навантаження на колеса правого і лівого бортів: при повороті вправо навантаження на колесо правого борта збільшується, а на колесо лівого борта зменшується і навпаки щодо повороту вліво. В такому випадку конічні шестерні диференціала 4 діють на сателіти 5 з різним навантаженням, що розблоковує останні і надає їм можливість обертатися навколо хрестовини (вісі сателітів) 6. Обертання сателітів 5 навколо хрестовини 6 характеризує уповільнення обертання однієї конічної шестерні диференціалу і прискорення обертання протилежної їй конічної шестерні диференціала, оскільки сателіти знаходяться в

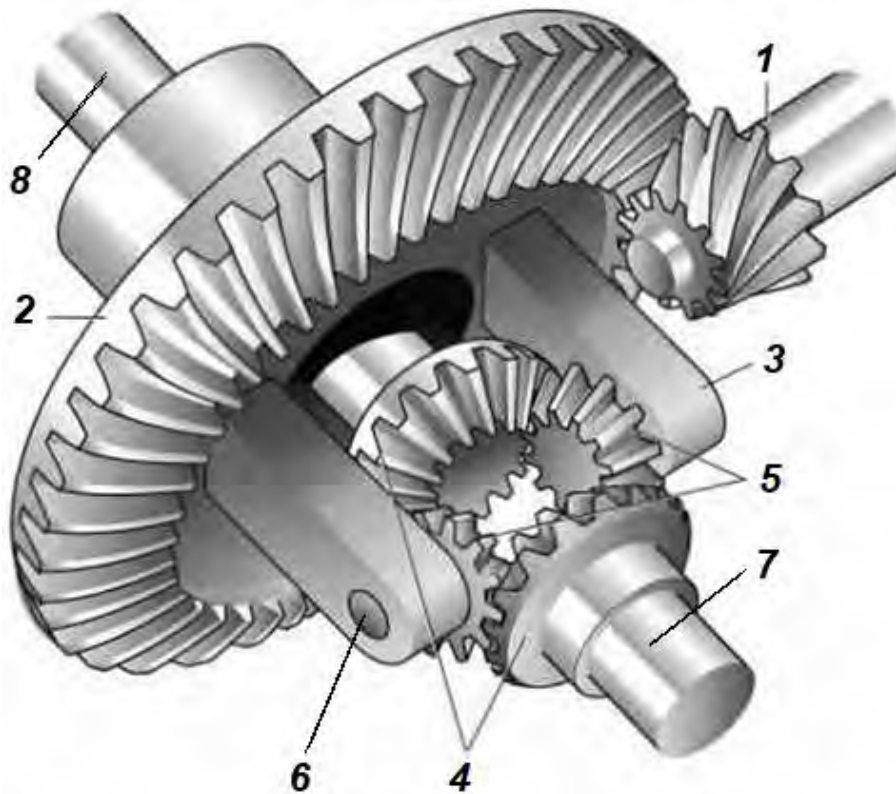


Рис. 5.30. Загальний вигляд міжколісного диференціала [66]:

1 і 2 – відповідно, ведуча і ведена шестерні головної передачі; 3 – корпус диференціала; 4 – конічні (напіввісєві) шестерні диференціала; 5 – сателіти; 6 – хрестовина (вісь сателітів); 7 і 8 – відповідно, права і ліва напіввісі [66]

зачепленні з цими шестернями. Цим і пояснюється перерозподіл обертового руху і крутного моменту при русі машини на повороті, по не рівній дорозі і в інших подібних випадках. Таким чином, потужність, що виробляється двигуном, розподіляється між колесами, але нерівномірно, а в залежності від діючого на них навантаження: те колесо, що рухається по зовнішньому радіусу, відчуває менший опір коченню, тому диференціал передає на нього більше енергії, розкручуючи швидше [66].

Принцип дії міжосьового і міжколісного диференціалів аналогічний, тільки в першому випадку розподілений крутний момент

спрямований до вісей мобільної машини, а в другому - до його коліс, розташованих на одній вісі [66].

Потреба в міжосьовому диференціалі стає помітною під час руху машини по пересіченій місцевості, коли її маса тисне на ту вісь, яка знаходиться нижче іншої, на підйомі або спуску [66].

Вище розглянуто загальну будову і принцип дії простого симетричного кінчного міжколісного диференціала.

Як вказано в класифікації, залежно від розподілу крутного моменту, диференціали бувають симетричні (це ті, які розподіляють обертовий рух і крутний момент порівну між споживачами за умови однакових умов роботи цих споживачів – приклад ліве і праве колеса ведучого моста одного типорозміру) і не симетричні (це ті, які розподіляють крутний момент між споживачами в нерівних частинах за умови однакових умов роботи цих споживачів – приклад, передній і задній ведучі мости мобільної машини з колесами різних типорозмірів).

Для симетричного диференціала характерна наступна залежність (записана у позначеннях для ведучого моста):

$$n_K = \frac{n_L + n_P}{2}, \quad (5.1)$$

де n_K – частота обертання корпусу диференціала;

$n_L + n_P$ – частоти обертання, відповідно, лівого і правого вихідного вала (напіввісі).

Перевірити роботу залежності (5.1) можна шляхом піддомкращування ведучого моста повністю і загальмовування окремих його елементів по черзі:

☐ повне загальмовування однієї з напіввісей:

➤ лівої ($n_L = 0$);

Підставляючи $n_L = 0$ в залежність (5.1) отримаємо:

$$n_{\Pi} = 2n_K. \quad (5.2)$$

Результат, записаний у вигляді залежності (5.2) вказує на те, що при передачі обертового руху через корпус диференціала, при піднятому ведучому мості і повністю загальмованому лівому колесі, праве колесо буде обертатися з частотою в двічі більшою ніж корпус диференціала.

➤ правої ($n_{\Pi} = 0$);

Підставляючи $n_{\Pi} = 0$ в залежність (5.1) отримаємо:

$$n_L = 2n_K. \quad (5.3)$$

Результат, записаний у вигляді залежності (5.3) вказує на те, що при передачі обертового руху через корпус диференціала, при піднятому ведучому мості і повністю загальмованому правому колесі, ліве колесо буде обертатися з частотою в двічі більшою ніж корпус диференціала.

☞ повне загальмовування корпуса диференціала ($n_K = 0$) надання обертового руху одному з коліс:

Підставляючи $n_K = 0$ в залежність (5.1) отримаємо:

$$n_L = -n_{\Pi}. \quad (5.4)$$

Результат, записаний у вигляді залежності (5.4) вказує на те, що при наданні обертового руху одному з коліс (наприклад, лівому), при піднятому ведучому мості і повністю загальмованому корпусі диференціала, праве колесо буде обертатися з тією ж частотою, що і ліве, тільки в зворотньому напрямку і навпаки.

Принципові схеми диференціалів можуть відрізнятися від конструкції, яка розглянута вище на рис 5.30. Можливі варіанти принципів схем диференціалів представлені на рис. 5.31.

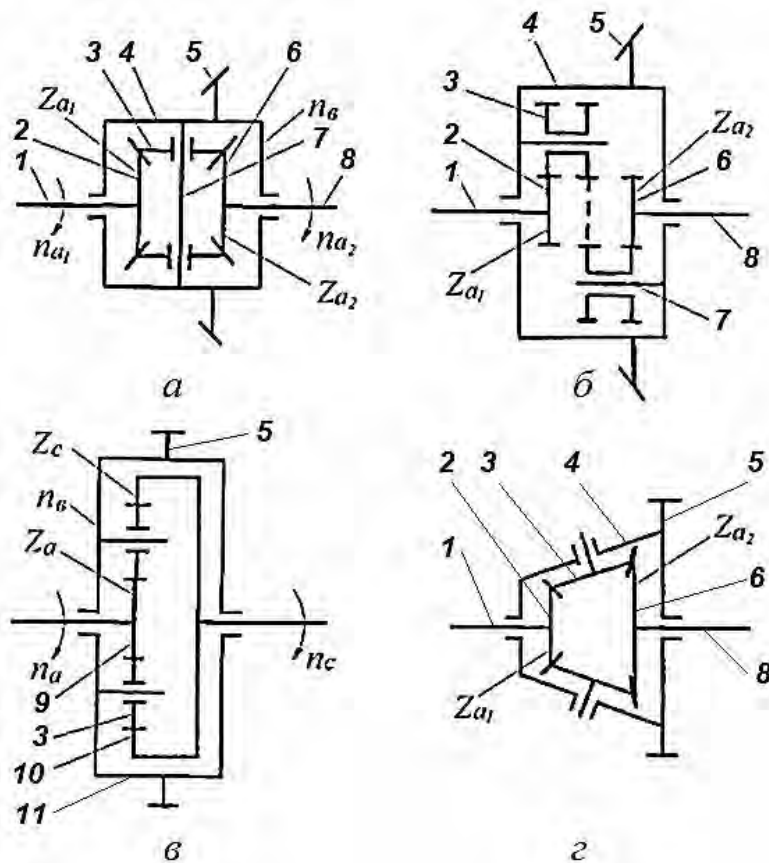


Рис. 5.31. Принципові схеми простих диференціалів з постійним співвідношенням моментів на ведених вихідних валах [66]:

а – симетричний конічний; *б* – симетричний циліндричний; *в* – несиметричний циліндричний; *г* – несиметричний конічний;
 $n_{a_1}, n_{a_2}, n_a, n_c$ – частоти обертання вихідних валів (напіввісей) диференціала; Z_{a_1}, Z_{a_2} – число зубів напіввісєвих шестерень; 1, 8 – ліва і права напіввісі (вихідні вали) диференціала; 2, 6 – ліва і права конічні (напіввісєві) шестерні; 3 – сателіт; 4 – корпус диференціала; 5 – ведене колесо головної передачі (або просто ведене зубчасте колесо); 7 – вісь обертання сателітів; 9 – сонячна шестерня; 10 – епіциклічна (коронна) шестерня; 11 – корпус диференціала-водило [66]

На рис. 5.31 *а* і *б* представлено симетричні диференціали, а на рис. 5.31 *в* і *г* – не симетричні.

Принцип дії простого симетричного конічного диференціала був розглянутий вище на прикладі схеми, представленої на рис. 5.30.

Особливістю симетричного циліндричного диференціала (див. рис. 5.31 б) є відсутність конічних шестерень в зачеплення, що підвищує його коефіцієнт корисної дії. В такому диференціалі використовуються пари шестерень, які з'єднані з різними напіввісями з однаковими параметрами.

Принцип дії диференціала, зображеного на рис. 5.31 б наступний: обертовий рух і крутний момент передаються від веденого зубчастого колеса головної передачі 5 до корпуса диференціала 4. На жорстко з'єднаних з корпусом диференціала вісях 7 встановлені, з можливістю вільного обертання, сателіти 3. Сателіти 3 встановлені таким чином, що їх зубчасті вінці одночасно входять в зачеплення один з одним та з шестернями 2 та 6 напіввісей 1 та 8. Якщо навантаження на колесах однакове, то на обидва сателіти 3 також буде надходити однакове навантаження. За таких умов, зважаючи на однакові параметри зубчастих вінців обох сателітів, які знаходяться в зачепленні, останні будуть врівноважені і обертовий рух однаково передаватиметься на обидва колеса. Якщо ж навантаження на колесах буде різним, то сателіти будуть не врівноважені та розпочнуть обертатися на своїх вісях і система працюватиме як редуктор і рівновага буде досягатися шляхом перерозподілу обертового руху і крутного моменту між колесами (або мостами, якщо диференціал міжосьовий).

Коротко розглянемо принцип дії несиметричних диференціалів. Як вже згадувалось такі диференціали використовують в конструкціях де потрібно забезпечити погодження частот обертання і крутних моментів на рушіях з різними габаритними параметрами. Життєздатними є різні конструкції несиметричних диференціалів. На рис. 5.31 представлені два різновиди таких диференціалів:

✓ циліндричний, його ще можна назвати планетарним (див рис. 5.31 в);

✓ конічний (див. рис.5.31 з).

Принцип дії циліндричного несиметричного диференціала, зображеного на рис. 5.31 в наступний: обертовий рух і крутний момент передаються від веденого зубчастого колеса 5 до корпуса диференціала 11, який одночасно виконує функцію водила планетарного редуктора. У корпус диференціала-води́ло 11 жорстко вмонтовані вісі сателітів 3 (позиціями на рис. 5.31 в вісі не позначені) планетарного редуктора. Сателіти 3 встановлені між сонячною 9 та епіциклічною (коронною) 10 шестернями. Сонячна 9 та епіциклічна 10 шестерні встановлені на різних вихідних валах (позиціями на рис. 5.31 в вали не позначені). Вихідні вали з'єднані з ведучими шестернями головних передач ведучих мостів. Передавальне число планетарного редуктора розраховане таким чином, щоб при різних розрахункових навантаженнях на рушії різних ведучих мостів, спричинених відмінностями їх параметрів, елементи планетарного редуктора знаходилися у стані спокою (сонячна шестерня, водило, сателіти, епіциклічна шестерня не рухались один відносно одного). За таких умов планетарний редуктор не буде працювати на трансформацію і диференціал не буде сам перерозподіляти крутний момент. Якщо ж навантаження на ведучі мости буде відрізнятися від розрахункових, елементи планетарного редуктора вийдуть зі стану спокою і редуктор почне працювати, перерозподіляючи обертовий рух і крутний момент, які підводяться до ведучих мостів згідно діючих навантажень.

Існує кілька схем конічних несиметричних диференціалів, але сутність їх принципу дії подібна, тому аналіз всіх існуючих схем проводити не доцільно. На рис. 5.31 з представлена принципова схема одного з найпростіших несиметричних конічних диференціалів. Сутність конструкції такого диференціалу зводиться до того, що сателіти 3 з постійною кількістю зубів входять в зачеплення з конічними шестернями 2 і 6 різного діаметра з різною кількістю зубів, тобто передавальне число між сателітом 3 і кінчною

шестернею 2 відрізняється від передавального числа між сателітом 3 і шестернею 6. Різниця в цих передавальних числах розрахована таким чином, щоб при різних розрахункових навантаженнях на рушії різних ведучих мостів, спричинених відмінностями їх параметрів, елементи диференціала 2, 3 та 6 знаходилися у стані спокою (щоб зуби сателітів 3 не прокочувалися по зубах шестерень 2 і 6). За таких умов диференціал не буде працювати і перерозподіляти обертовий рух і крутний момент. Якщо ж навантаження на ведучі мости буде відрізнятися від розрахункових, елементи 2, 3 та 6 вийдуть зі стану спокою і диференціал почне працювати (зуби сателітів почнуть прокочуватися по зубах шестерень 2 та 6, уповільнюючи, або прискорюючи відповідні вихідні вали 1 або 8), перерозподіляючи обертовий рух і крутний момент, які підводяться до ведучих мостів згідно діючих навантажень.

З метою підвищення прохідності колісних машин використовують різні способи *блокування диференціалів*. Сутність блокування зводиться до того, щоб виключити диференціал з роботи, тобто не дозволити, або обмежити йому здійснювати перерозподіл обертового руху і крутних моментів між вихідними валами. Найпростіше це досягається за рахунок з'єднання будь-якого рухомого елемента диференціала з його корпусом, або рухомих елементів між собою. Як вказувалось у класифікації, блокування диференціалу може бути:

- вимушене;
- автоматичне (самоблокуючі диференціали).

Вимушене блокування. Принципові схеми найпростіших технічних рішень, які забезпечують *вимушене блокування диференціала* представлені на рис. 5.32.

На схемі, зображеній на рис. 5.32 *a* зубчастою муфтою 4 жорстко зєднуються конічна шестерня диференціала 3, встановлена на шліцах на напіввісі 15, з корпусом диференціала 2, що унерухомлює практично всі рухомі елементи диференціала і виключає його з роботи.

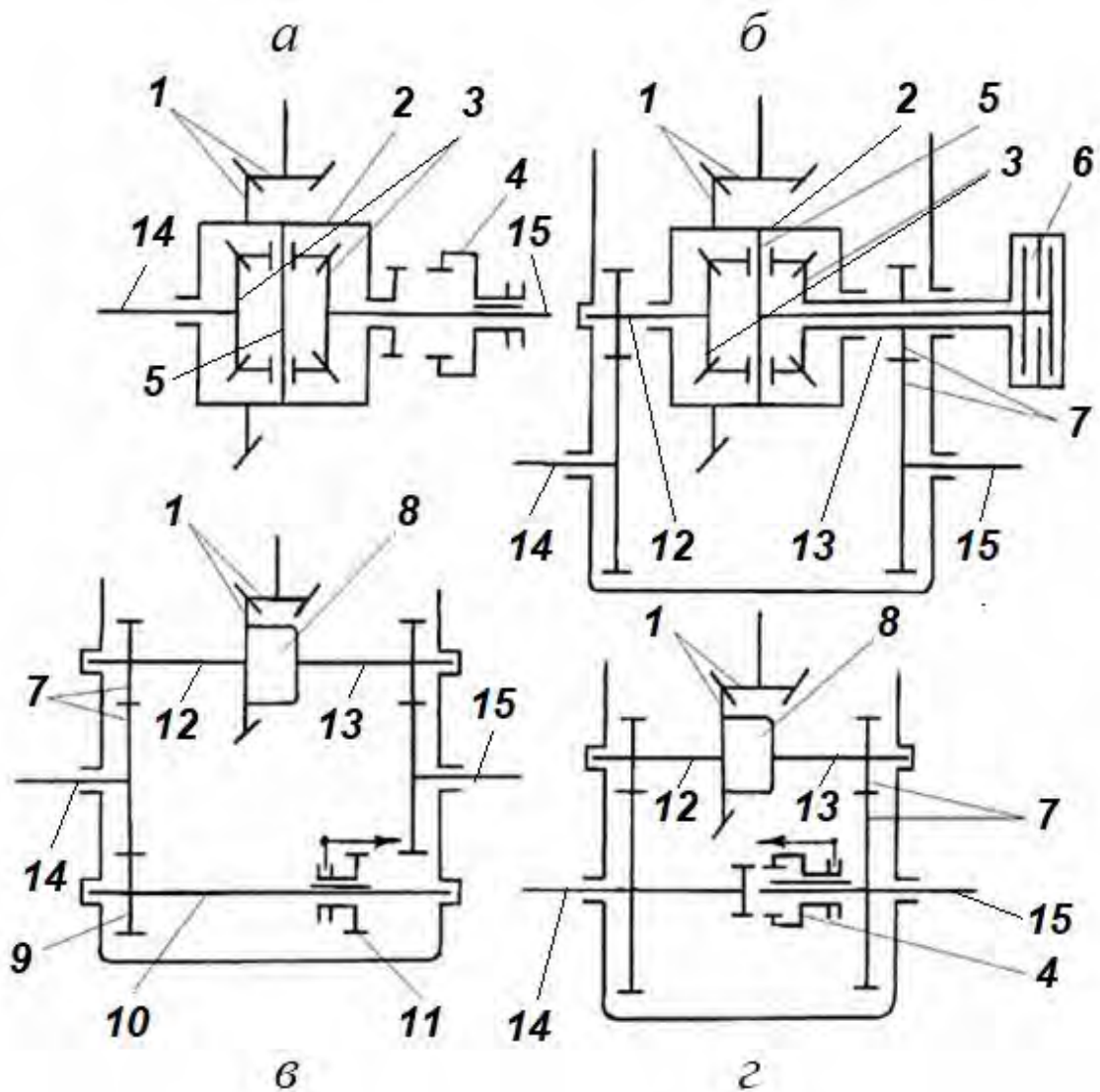


Рис. 5.32. Способи вимушеного блокування диференціалів колісних мобільних машин:

а – з'єднання корпусу диференціала з вихідним валом (напіввісью) зубчастою муфтою; *б* – з'єднання вихідного вала з корпусом через хрестовину з допомогою фрикційної муфти; *в* – з'єднання вихідних валів з допомогою блокувального валика і блокувальної шестерні-каретки; *г* – з'єднання напіввісей зубчастою муфтою; 1 – головна передача; 2 – корпус диференціала; 3 – конічна (напіввісева) шестерня диференціала; 4 – зубчаста муфта; 5 – вісь обертання сателітів (хрестовина); 6 – блокувальне фрикційне зчеплення; 7 – шестерні кінцевої передачі; 8 – диференціал; 9 – шестерня приводу блокувального валика; 10 – блокувальний валик; 11 – блокувальна шестерня-каретка; 12, 13 – вихідні вали диференціала; 14, 15 – напіввісі

На схемі, зображеній на рис. 5.32 б встановлено додаткову блокувальну фрикційну муфту 6, ведучі диски якої з'єднані з однією з конічних шестерень диференціала 3, а ведені – з хрестовиною 5, яка жорстко з'єднана з корпусом диференціала 2. В результаті жорстко з'єднується конічна шестерня диференціала 3 з корпусом диференціала 2, що унерухомлює практично всі рухомі елементи диференціала і виключає його з роботи як і в попередньому випадку, але іншим технічним рішенням.

На схемі, зображеній на рис. 5.32 в в конструкцію ведучого моста добавлено блокувальний валик 10 з блокувальною шестернею-кадеткою 11, які з допомогою шестерень жорстко з'єднують між собою напіввісі 14 і 15, кожна з яких, відповідно, з'єднана з своїми вихідними валами 12 і 13 диференціала через кінцеві передачі 7. Результатом цього є з'єднання двох рухомих елементів між собою, що, в кінцевому випадку, також унерухомлює практично всі рухомі елементи диференціала і виключає його з роботи. В даному типі диференціалів такими елементами є вихідні вали 12 і 13.

На схемі, зображеній на рис. 5.31 г в конструкції ведучого моста встановлено довші напіввісі 14 і 15, кінці яких розташовані дуже близько, а на цих кінцях нарізані шліци і встановлено рухому зубчасту муфту 4 таким чином, щоб при працюючому диференціалі цю муфту можна було розташувати на кінці лише однієї напіввісі, а в момент, коли необхідно заблокувати диференціал, зубчаста муфта 4 повинна розташовуватись на обох кінцях напіввісей 14 і 15, блокуючи їх і, в кінцевому випадку, блокуючи диференціал 8, як і в попередньому випадку.

Реалізація окремих технічних рішень блокування диференціалів приведені на рис. 5.33, рис. 5.34 та рис. 5.35.

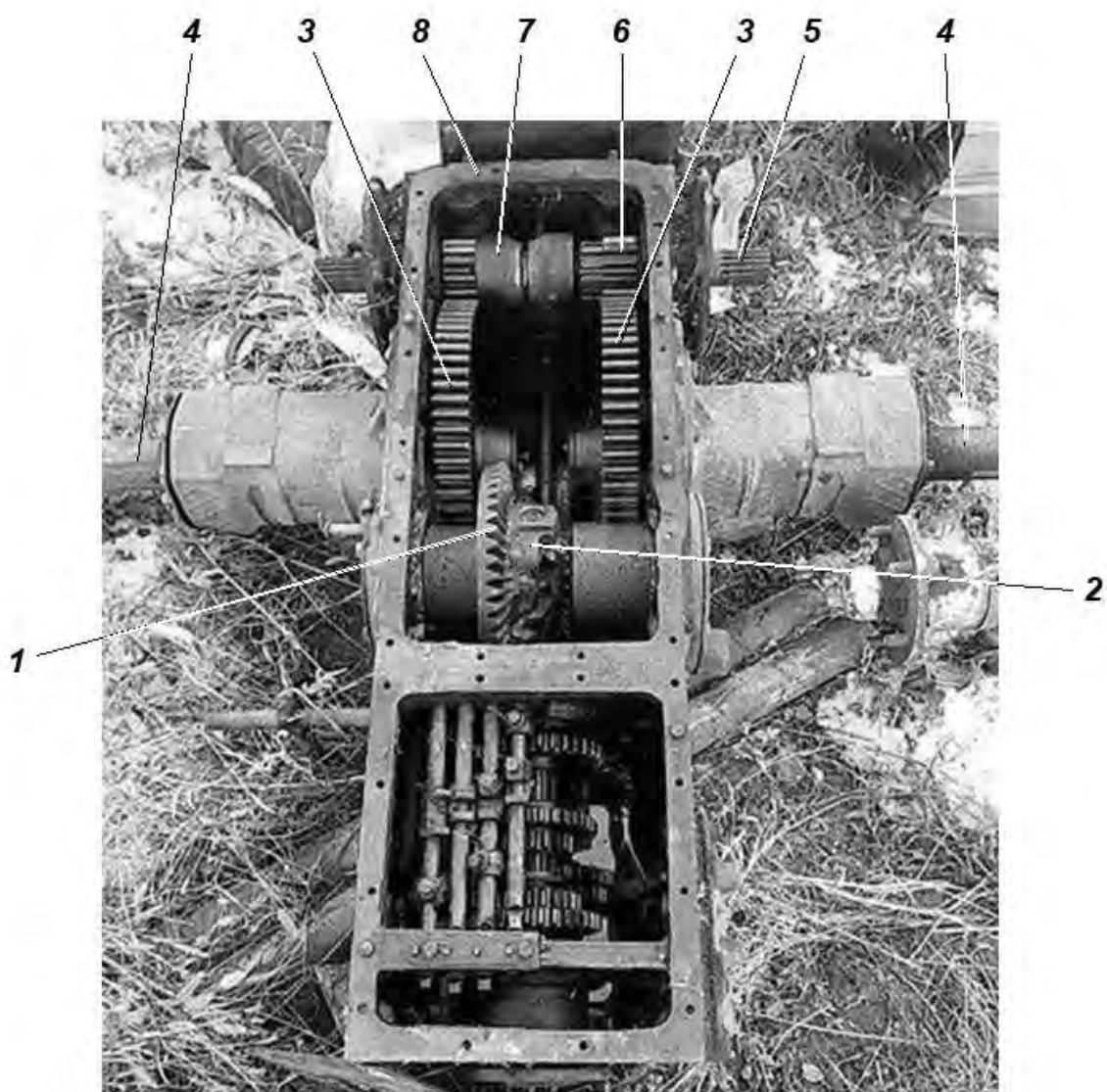


Рис. 5.33. Загальний вигляд механізму вимушеного блокування тракторів типу ПМЗ з додатковим блокувальним валом і блокувальною зубчастою муфтою:

1 – ведене зубчасте колесо головної передачі; 2 – диференціал; 3 – ведене зубчасте колесо кінцевої передачі; 4 – напіввісь; 5 – блокувальний валік; 6 – шестерня приводу блокувального валіка; 7 – зубчаста блокувальна муфта; 8 – корпус ведучого моста і коробки передач

Фрикційна муфта блокування, представлена на рис. 5.35 складається з вала блокувального 19, з'єднаного за допомогою шліців з

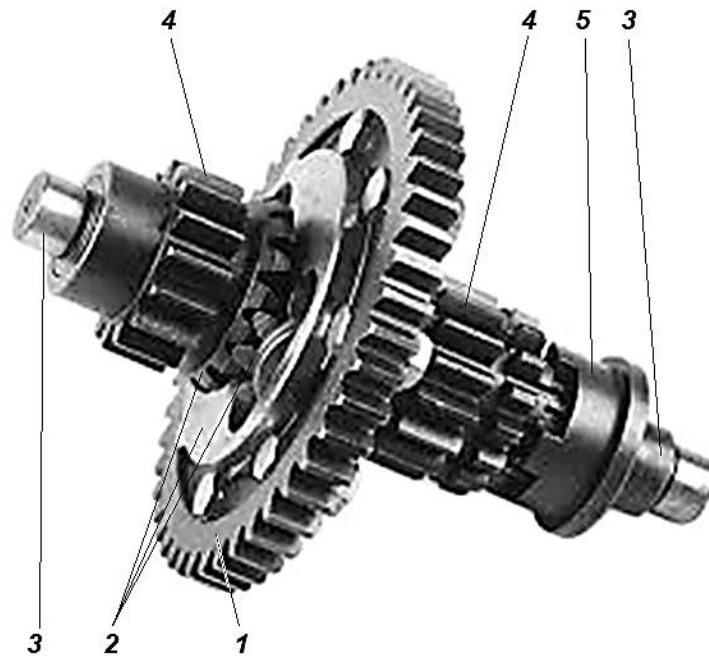


Рис. 5.34. Загальний вигляд механізму вимушеного блокування мототрактора:

1 – ведене зубчасте колесо головної передачі; 2 – диференціал; 3 – вихідний вал диференціала; 4 – ведуча шестерня кінцевої передачі; 5 – зубчаста блокувальна муфта

хрестовиною диференціала 18 корпусу 6, 14, натискного диска 9, відтискного диска 11, діафрагми 10, кришки 8, перехідника 7 і дисків 15, встановлених на шліцах лівої ведучої шестерні кінцевої передачі [9].

При подачі оливи від гідросистеми управління блокуванням диференціала під тиском в робочу порожнину «А» діафрагма 10 з натискним диском 9 переміщаються і притискають диски 15 до опорних поверхонь корпусу 6 (14), проміжного диска 12 і відтискного диска 11, блокуючи диференціал (хрестовину диференціала з лівою напіввісевою кінцевою шестернею) [9].

Самоблокуючі диференціали. Самоблокуючі диференціали працюють, в основному, за рахунок тертя, яке виникає між окремими деталями диференціала.

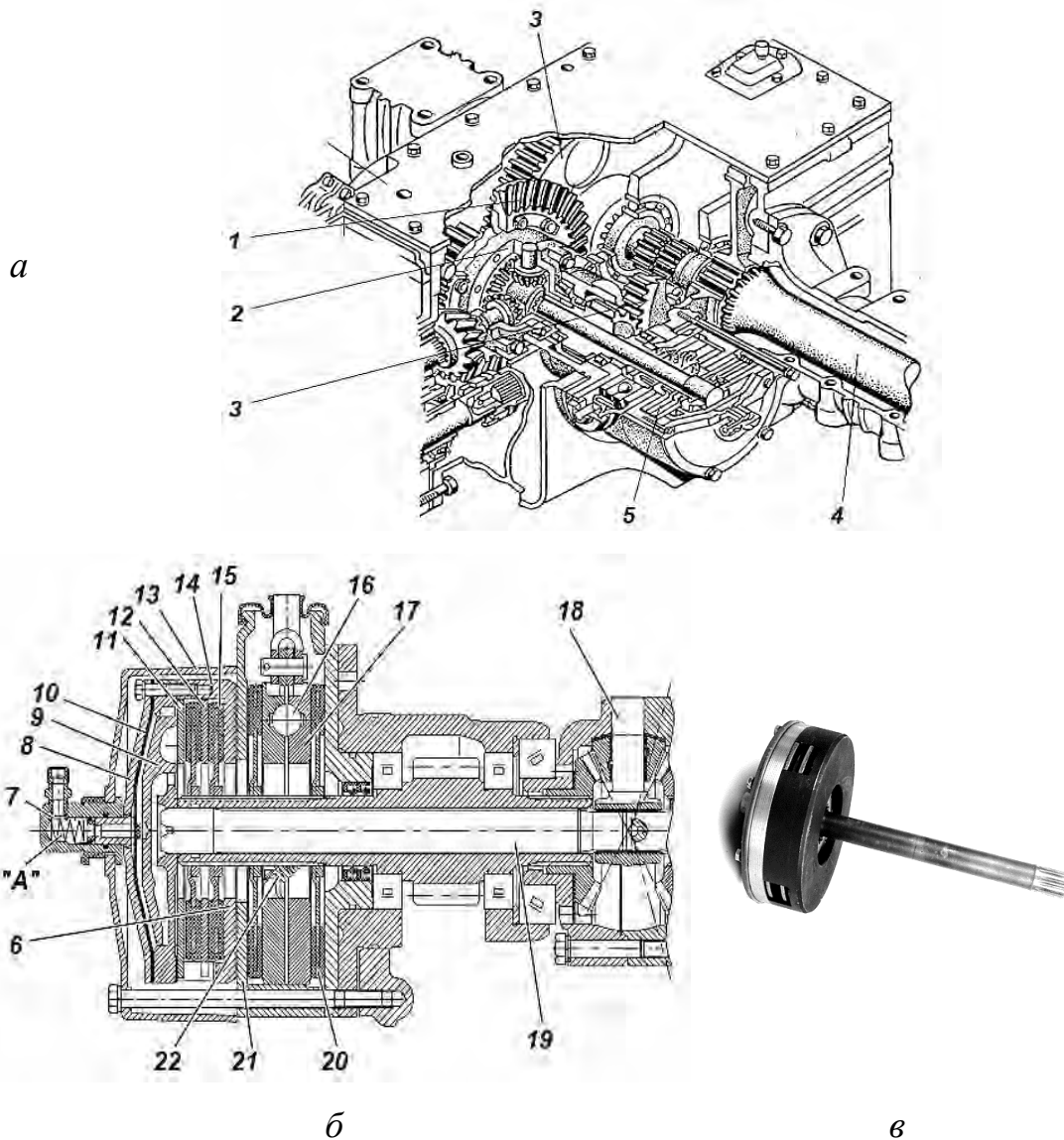


Рис. 5.35. Механізм блокування тракторів типу Беларус-82.1 [9]:
а – розташування в трансмісії; *б* – будова механізму блокування [9]; *в* – механізм блокування у зборі; «А» - робоча порожнина; 1 – ведене зубчасте колесо головної передачі; 2 – диференціал; 3 – ведене зубчасте колесо кінцевої передачі; 4 – напіввісь; 5 – блокувальне фрикційне зчеплення (муфта блокування диференціала); 6 - корпус муфти блокування; 7 - перехідник; 8 - кришка діафрагми; 9 - диск натискний; 10 - діафрагма; 11 - відтискний диск; 12 - проміжний диск; 13 - кожух муфти блокування; 14 - корпус муфти; 15 - диск фрикційний муфти блокування; 16 – кулька гальмівного механізму; 17 - диск натискний гальма; 18 - хрестовина диференціала; 19 - вал блокувальний; 20 - диск гальмівний; 21 - кожух лівого робочого гальма; 22 - пружини стяжні [9]

Самоблокуючий диференціал підвищеного тертя. Самоблокуючі диференціали підвищеного тертя найчастіше використовуються з дисками тертя (рис. 5.36).

На рис. 5.36 представлено розріз редуктора ведучого моста трактора типу ХТЗ-170 з самоблокуючим диференціалом підвищеного тертя. Основними елементами даної конструкції є корпус 12, головна передача, представлена ведучою 10 та веденою 11 шестернями, корпус диференціала, представлений правою 17 та лівою 18 чашками, вісі сателітів (хрестовина) 25, сателіти 27, напіввісеві конічні шестерні 16, фрикційні диски тертя 19-22, фланці корпусу 15. Ведена шестерня головної передачі 11 жорстко закріплена на корпусі диференціала.

Самоблокуючий диференціал підвищеного тертя працює наступним чином. Крутний момент від веденої шестерні головної передачі 11 передається на корпус диференціала, між чашками 17 і 18 якого затиснуті вісі сателітів 25. Сателіти на вісях встановлені з можливістю обертання. Якщо колеса (мости) мобільного енергетичного засобу знаходяться в однакових умовах руху, то на них діє однакове навантаження і конічні шестерні диференціала сприймають однакове навантаження, що не дозволяє їм провертатися одна відносно одної і, відповідно, сателіти не провертаються на вісях. За таких умов диференціал передає обертовий рух і крутний момент в рівних пропорціях на обидва колеса (мости).

Під час руху на повороті колеса ведучого моста сприймають різні навантаження і конічні шестерні диференціала 16 починають обертатися з різною частотою за рахунок провертання сателітів 27. Таким чином вступають в роботу конічні зубчасті передачі між сателітами 27 і конічними напіввісевими шестернями диференціала 16. В п'ятні контакту зубів конічної зубчастої передачі (рис. 5.37)

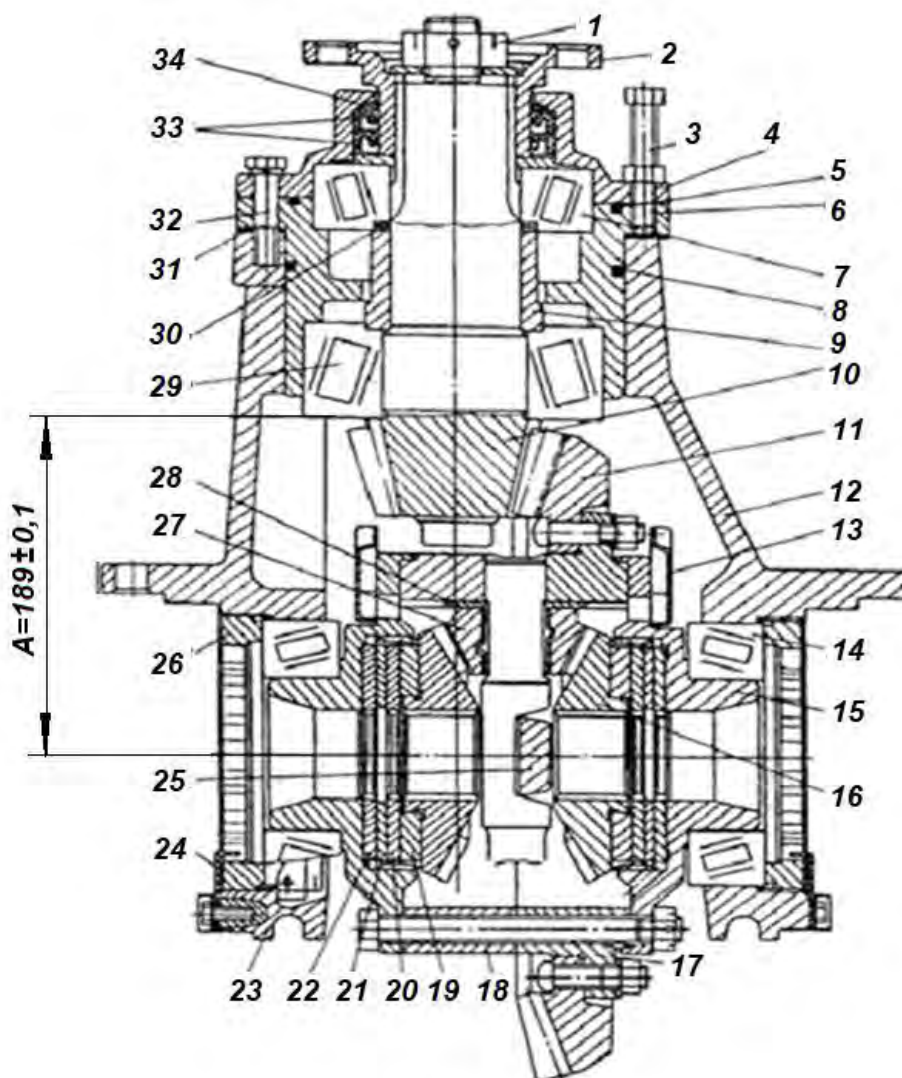


Рис. 5.36. Самоблокуючий диференціал підвищеного тертя з дисками тертя трактора типу ХТЗ-170 [42]:

1 – гайка; 2 – фланець ведучої шестерні головної передачі; 3 – болт демонтажний; 4 – кришка; 5, 8 – ущільнюючі кільця; 6 – стакан підшипників ведучої шестерні головної передачі; 7, 14, 29 – конічні підшипники; 9 – розпірна втулка; 10, 11 – відповідно, ведуча та ведена шестерні головного передавача; 12 – корпус редуктора головної передачі; 13 – черпак для примусового подавання оливи в диференціал; 15 – фланець корпусу диференціала; 16 – напіввісьова конічна шестірня диференціала; 17, 18 – чашки диференціала; 19-22 – фрикційні диски тертя; 23 – кришка підшипника; 24 – стопорна пластина; 25 – вісі сателітів (хрестовина); 26 – регульовальна гайка; 27 – сателіт; 28 – шайба упорна; 30, 31 – регульовальні прокладки, 32 – болт; 33 – ущільнювальна манжета; 34 – пильник [42]

виникають складові сили взаємодії: радіальна сила: F_r і осьова сила F_a , які намагаються виштовхнути зуби шестерень, а разом з ними і самі шестерні з зачеплення, що веде до осьового переміщення шестерень. У простому симетричному конічному диференціалі ці переміщення компенсуються упорними шайбами, на зразок упорної шайби 28 (див. рис. 5.36). У самоблокуючому диференціалі підвищеного тертя біля конічних напіввісєвих шестерень диференціала 16 встановлені фрикційні диски тертя 19-22, які розташовані між торцем конічної шестерні диференціала 16 і фланцем корпусу диференціала 15. При осьовому зміщенні конічної шестерні диференціала під дією осьової сили F_a (див. рис. 5.37), яка діє вздовж осі обертання шестерні 16 відбувається затискання фрикційних дисків 19-22 і збільшується сила тертя між конічною шестернею 16 і елементами корпусу диференціала (фланцем 15). При не значному навантаженні на диференціал (невелика різниця між частотами обертання коліс лівого і правого бортів, що характерно під час руху на поворотах на дорогах з покращеним покриттям) осьові переміщення конічних шестерень 16 також не значні і сила тертя також не значна, що дозволяє диференціалу працювати з перерозподілом обертового руху і крутного моменту, тобто як звичайному простому симетричному диференціалу. У випадку, коли різниці в частотах коліс значні (що характерно для пробуксовування коліс при значному тяговому навантаженні і русі в складних дорожніх умовах), осьові переміщення конічних шестерень 16 також значні і фрикційні диски 19-22 затискаються з більшим зусиллям, що заклинює, з допомогою сил тертя, конічну шестерню 16 і корпус диференціала через фланець 15. Таким чином диференціал виключається з роботи, тобто блокується. При зменшенні різниці між частотами обертання коліс рівень блокування також змінюється. В конструкціях таких

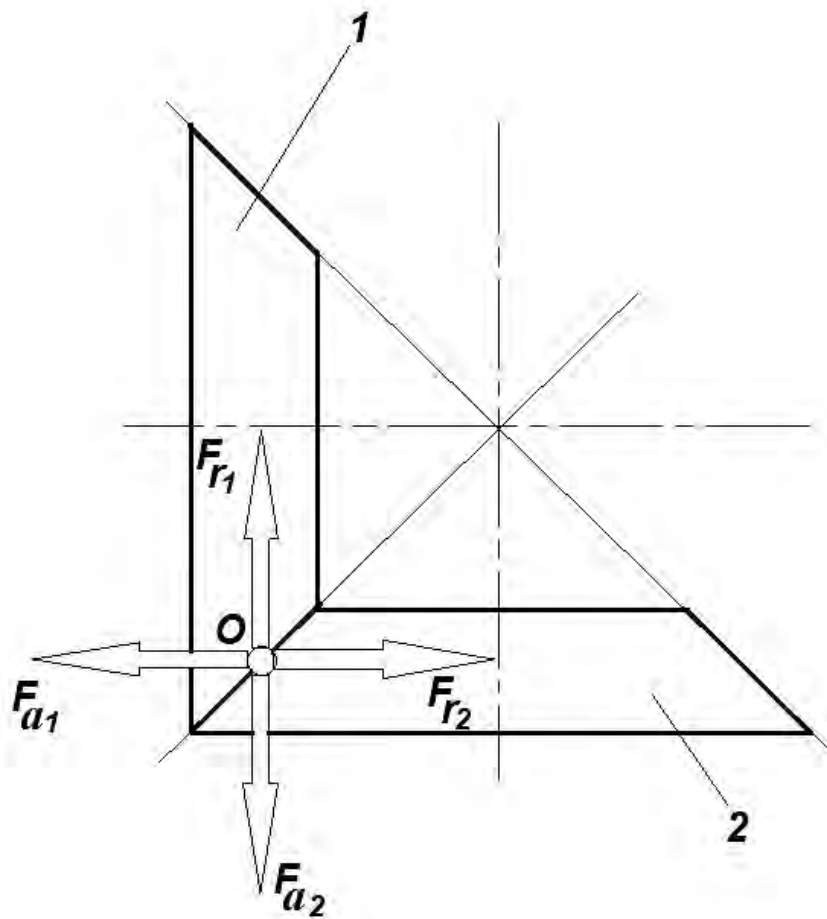


Рис. 5.37. Схема сил до пояснення дії самоблокуючого диференціалу підвищеного тертя:

F_{a1}, F_{a2} – осьові сили, відповідно, зубчастих коліс 1 і 2; F_{r1}, F_{r2} – радіальні сили, відповідно, зубчастих коліс 1 і 2; O – умовна точка прикладання сил у п'ятні контакту конічних зубчастих коліс 1 і 2; 1 і 2 – зубчасті колеса конічної зубчастої передачі

диференціалів зазор між фрикційними дисками та параметри зуба впливають на характеристики блокування.

Кулачковий самоблокуючий диференціал підвищеного тертя.

Кулачкові диференціали підвищеного тертя можуть мати різне конструктивне виконання, а саме [90]:

- за розташуванням сухарів:
 - ✓ з горизонтальним розташуванням;

- ✓ з радіальним розташуванням [90];
- за кількістю рядів сухарів:
 - ✓ однорядні (кількість кулачків на напіввісьових зірочках повинно бути різним з тією метою, щоб хоч один сухар передавав навантаження);
 - ✓ двохрядні (кількість кулачків на напіввісьових шестернях однакове, але кулачки в рядах зміщені на половину кроку кулачків з метою виключення пульсації при передачі крутного моменту) [90].

Більш поширеними є двохрядні кулачкові диференціали з радіальним розташуванням сухарів – рис. 5.38 [26].

Диференціал підвищеного тертя складається з двох чашок 1 і 7, що спираються на конічні підшипники, змонтовані в картері ведучого моста. До лівої чашки 1 жорстко прикріплений сепаратор 2, в двох рядах радіальних отворів якого, розташованих в шаховому порядку, по 12 в кожному ряду, розташовані сухарі 3. Сухарі можуть переміщатися і контактувати з внутрішньою (меншою) 5 і зовнішньою (більшою) 6 зірочками, встановленими між чашками 1 і 7. Від випадання і провертання сухарі утримуються стопорними кільцями 4. Сепаратор разом з чашкою 1 диференціала жорстко кріпиться до веденої шестірні головної передачі, а зірочки внутрішніми шліцами з'єднуються з напівосьми 8. на внутрішній поверхні зірочки 6 рівномірно розташовані шість виступів (кулачків), а на зовнішній поверхні внутрішньої зірочки 5 виготовлені два ряди кулачків, розташованих в шаховому порядку по шість кулачків в кожному ряду. У робочому положенні сухарі контактують з кулачками зовнішньої 6 і внутрішньої 5 зірочок [26].

Принцип дії диференціала в різних режимах наступний [26]:

➤ *рух мобільної машини по прямій рівній дорозі.* Частота обертання коліс однакова, всі деталі диференціала обертаються як одне

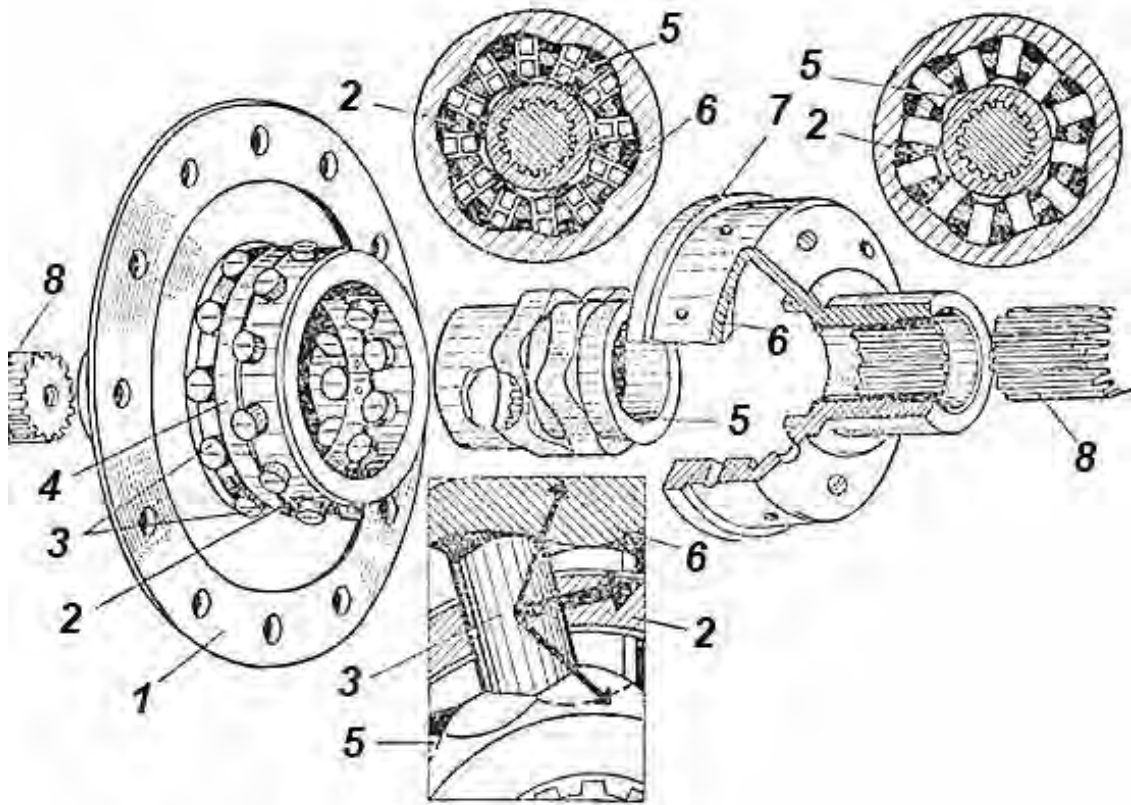


Рис. 5.38. Двохрядний кулачковий самоблокуючий диференціал підвищеного тертя з радіальним розташуванням сухарів [26]:

1, 7 – чашки корпусу диференціала; 2 – сепаратор; 3 – сухарі; 4 – стопорні кільця; 5 – внутрішня зірочка; 6 – зовнішня зірочка; 8 – напіввісь [26]

ціле разом з веденою шестернею головної передачі. Ланцюг передачі крутного моменту наступний: ведена шестерня головної передачі – сепаратор 2 – сухарі 3 – зірочки 5 і 6 – напіввісь 8. Крутний момент між колесами в цьому випадку розподіляється порівну [26];

➤ *рух на повороті або нерівній дорозі.* У випадку, коли одне з коліс обертається швидше за інше, з різною частотою обертаються напіввісі 8 і зірочки диференціала 5 і 6. Зірочка, з'єднана з відстаючим колесом, обертається повільніше і внаслідок цього своїми кулачками штовхає сухарі в бік другої зірочки, прискорюючи її обертання. При

цьому сухарі ковзають по кулачках обох зірочок, що веде до виникнення сил тертя в точках контактів сухарів і кулачків. Напрямки сил тертя відрізняються для зірочки, яка з'єднана з забігаючим колесом і зірочки, яка з'єднана з відстаючим колесом, а саме: на відстаючій зірочці рівнодіюча сил тертя спрямована в бік обертання, а на забігаючій – в бік, протилежний напрямку обертання. Оскільки сили тертя створюють момент відносно осі обертання зірочок, то на відстаючій зірочці він додається, а на забігаючій зірочці віднімається від підведеного до корпусу диференціала крутного моменту. Отже, момент, який передається на відстаюче колесо, виявляється більшим моменту, який передається на забігаюче колесо [26].

В диференціалі підвищеного тертя коефіцієнт блокування, який являє собою відношення крутного моменту, що підводиться до колеса, яке не буксує до сумарного моменту на буксуючому і не буксуючому колесах складає 0,8, тоді як у простого шестеренного диференціала він складає 0,55, що вказує на забезпечення кулачковим диференціалом кращих показників з прохідності мобільної машини [26].

Основними недоліками кулачкового диференціала є [90]:

- складність виготовлення;
- нижчі значення коефіцієнта корисної дії;
- значне тертя;
- значні контактні напруження;
- підвищений знос.

Диференціал Torsen. Диференціал Torsen – це різновид самоблокуючого диференціалу підвищеного тертя. Де основну блокуючу функцію виконують черв'ячні передачі інтегровані в конструкцію цього диференціала. Принципова схема диференціала Torsen винайдена в другій половині 20-го століття (в 1958 році)

американським інженером Верноном Глізманом. На даний момент патентом на виробництво самоблокуючого механічного диференціала цього типу володіє фірма Torsen, чие ім'я стало назвою типу диференціала. Диференціал Torsen – це скорочення від двох слів TORque SENsing, що в перекладі трактується як словосполучення «відчуття крутного моменту» [93].

В класичному диференціалі використовуються, як правило, конічні, рідше циліндричні зубчасті передачі, а в диференціалах Torsen присутні черв'ячні шестерні – рис. 5.39 [93].



Рис. 5.39. Загальний вигляд диференціалу Torsen [93]:

1 – корпус диференціала; 2 – черв'ячні шестерні; 3 – сателіти

Це пояснюється властивостями черв'ячної передачі, а саме «розклинювання» при певному співвідношенні крутних моментів. Робота цього диференціала супроводжується тим, що колесо, яке

проковзує блокується, і, при цьому, відбувається перенесення до 83% потужності на колесо, яке знаходиться в кращих умовах за зчепленням. Таким чином, на відміну від диференціалів класичної конструкції, Torsen не зрівнює крутний момент на колесах (мостах), а направляє його на колесо (ведучий міст), яке знаходиться в кращих, за зчепленням, умовах руху [93].

Принцип дії диференціала типу Torsen розглянемо на прикладі міжосьового диференціалу автомобіля типу Audi Quattro рис. 5.40 [93].

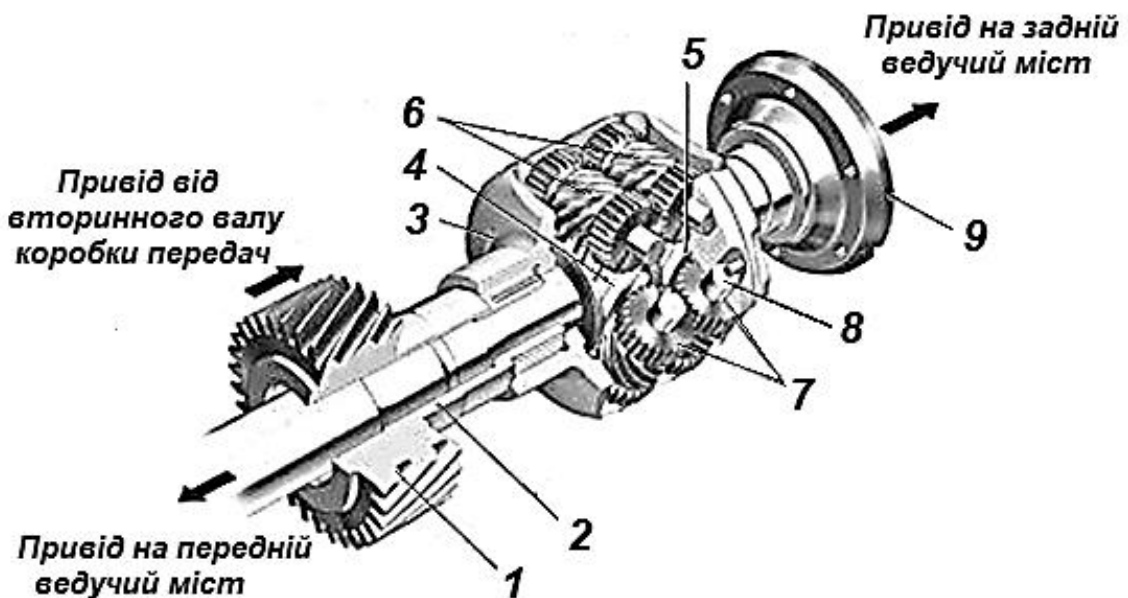


Рис. 5.40. Міжосьовий диференціал Torsen автомобіля типу Audi Quattro [93]:

1 – шестерня підведення обертового руху і крутного моменту; 2 – порожнистий вал; 3 – корпус диференціала; 4 – шестерня приводу переднього ведучого моста; 5 – шестерня приводу заднього ведучого моста; 6 – черв'ячні шестерні; 7 – сателіти; 8 – вісь черв'ячної шестерні; 9 – фланець валу приводу заднього моста [93]

При передачі обертового руху і крутного моменту від вторинного валу коробки передач, або роздавальної коробки через шестерню 1 і порожнистий вал 2 до корпусу диференціала 3 і однаковому

навантаженні на ведучі мости (у міжколісному диференціалі при однаковому навантаженні на колеса різних бортів) між черв'ячними шестернями 6, які конструктивно мають можливість обертатися на вісях 8 разом з сателітами 7, і шестернями приводу переднього 4 та заднього 5 ведучих мостів виникають однакові зусилля і тертя, яке заклинює їх між собою. При цьому механізм диференціала не працює, тобто не здійснюються відносні переміщення, чи обертання деталей в корпусі диференціала. В такому випадку крутний момент на обидва мости передається однаковий.

Якщо ж один з мостів потрапляє в менш важкі умови руху ніж інший (в простих симетричних класичних диференціалів це супроводжується пробуксовуванням моста, який потрапив у менш важкі умови руху), та черв'ячна пара, яка передає крутний момент на міст з меншим навантаженням розклинюється і починає трансформувати крутний момент, призначений для передачі на цей міст, ознакою чого є відносне прокручування відповідної черв'ячної шестерні 6 і відповідної шестерні 4, або 5, залежно від того, на який міст припадає менше навантаження. Оскільки черв'ячні шестерні 6 переднього і заднього мостів знаходяться в зачепленні між собою через сателіти 7, то провертання черв'ячної шестерні ведучого моста, на який припадає манше навантаження, веде до підсилення крутного моменту, який припадає на ведучий міст з більшим навантаження. Таким чином показники прохідності машини покращуються.

В науковій літературі зустрічається три покоління диференціалів Torsen [93]:

➤ *Покоління T-1.* У конструкції диференціалів, віднесених до першого покоління в якості черв'ячних пар виступають сателіти і шестерні напіввісей. Осі сателітів перпендикулярні полуосям. Сателіти

напіввісей зв'язані прямозубим зачепленням. Міжколісний диференціал Торсен першого покоління дозволяє колесам автомобіля обертатися з різною швидкістю (див. рис.5.40) [93].

➤ *Покоління T-2.* Головні відмінності від першого покоління:

- осі сателітів тут розташовані уздовж напіввісей;
- сателіти розташовані в спеціальних кишнях корпусу диференціала;

- шестерні парних сателітів виконані косозубими [93];

➤ *Покоління T-3.* Має планетарну конструкцію. Третє покоління Торсен використовується, в основному, в якості міжосьового диференціала на автомобілях, які мають повний привід. Механізм має компактні габарити в зв'язку з тим, що ведуча шестерня і осі сателітів розташовані в конструкції паралельно [93].

Як і будь-яка конструкція, диференціали Torsen мають свої переваги і недоліки.

- переваги диференціалів Torsen [93]:

- ✓ висока точність коригуючих дій;

- ✓ плавність роботи;

- ✓ низький рівень шуму;

- ✓ розподіл потужності двигуна автомобіля між колесами або

мостами відбувається автоматично і не вимагає участі водія;

- ✓ миттєвий перерозподіл крутного моменту не впливає на

процес гальмування;

- ✓ за умов коректної експлуатації практично не потребує

обслуговування (окрім контролю рівня трансмісійної оливи і її своєчасної заміни) [5.10];

- недоліки диференціалів Torsen [93]:

- ✓ висока вартість;

- ✓ збільшення витрати палива через втрати на тертя;
- ✓ низький к.к.д.;
- ✓ схильність до заклинювання;
- ✓ значний знос навантажених елементів;
- ✓ застосування особливих мастильних матеріалів .
- ✓ прискорений знос деталей при використанні коліс однієї осі з різними характеристиками (наприклад, при установці запасного колеса, що відрізняється від встановлених коліс) [93].

5.3.1.4. Напіввісі

З корпуса диференціала крутний момент відводиться далі до ведучих елементів ходової частини з допомогою вихідних валів.

Якщо на іншому кінці вихідного валу безпосередньо встановлене ведуче колесо, то такий вал називається *напіввіссю*.

В окремих конструкціях колісних тракторів напіввісями називають вихідні вали кінцевих передач, на кінці яких встановлюють ведучі колеса (ПМЗ-8240, Беларус 82.1, John Deere 7130, John Deere 8520 тощо).

Класифікація напіввісей. Існуюча сьогодні класифікація напіввісей більше стосується автомобільної техніки. Однак, окремі її аспекти, повністю стосуються і тракторної техніки. Для спеціалістів експлуатаційного спрямування важливою є класифікація напіввісей за розміром і типом навантажень, які вони сприймають, а саме:

- розвантажена на половину (повністю сприймає навантаження кручення від підведеного до неї крутного моменту та навантаження на згинання від бічних ударів при заносах і вертикальні навантаження від маси машини та вантажу – рис. 5.41 а);

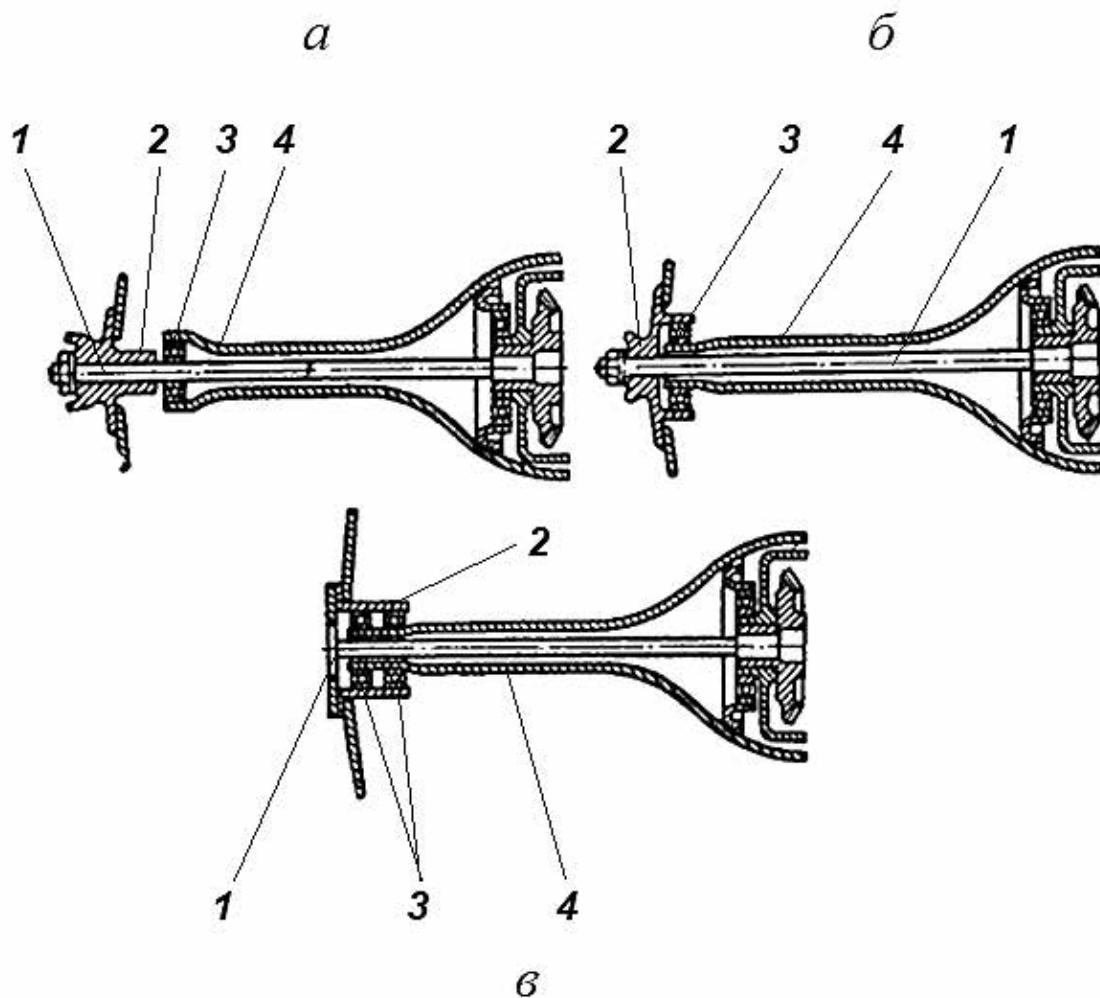


Рис. 5.41. Типи напіввісей:

а – напіврозвантажена (сприймає навантаження кручення і згинання); б – розвантажена на $\frac{3}{4}$ (сприймає навантаження кручення і частково згинання). в – повністю розвантажена (сприймає навантаження кручення); 1 – напіввісь; 2 – маточина ведучого колеса; 3 – підшипник; 4 – трубчастий кожух напіввісі

➤ розвантажена на $\frac{3}{4}$ (повністю сприймає навантаження кручення від підведеного до неї крутного моменту та частково сприймає навантаження на згинання від бічних ударів при заносах і вертикальних навантажень від маси машини та вантажу за рахунок установки одного підшипника між маточиною колеса і кінцем трубчастого кожуха напіввісі (див. рис. 5.8) – рис. 5.41 б);

➤ розвантажена повністю (повністю сприймає навантаження кручення від підведеного до неї крутного моменту та взагалі не сприймає навантаження на згинання від бічних ударів при заносах і вертикальні навантаження від маси машини та вантажу за рахунок установки маточини ведучого колеса на двох упорних конічних підшипниках, розташованих на кінцях трубчастого кожуха напіввісі (див. рис. 5.8) – рис. 5.41 в);

5.3.1.5. Кінцеві передачі

Кінцевою передачею називається агрегат трансмісії, розміщений між ведучим колесом і диференціалом колісного трактора або механізмом повороту гусеничного трактора і призначений для збільшення загального передавального числа трансмісії і, в окремих випадках, дорожнього і агротехнічного просвіту мобільної машини.

Число кінцевих передач трактора залежить від кількості його ведучих коліс.

Класифікація кінцевих передач. Кінцеві передачі класифікують за наступними ознаками:

- за типом передач:
 - шестеренні;
 - ланцюгові (ланцюгові кінцеві передачі мають обмежене застосування, як правило, в спеціальних тракторах для роботи в міжряддях високостеблових культур і в порталних тракторах);
- за видом шестеренних передач:
 - шестеренні з нерухомими осями валів;

- планетарні;
- комбіновані;
- за кінематичною схемою:
 - одинарні;
 - подвійні;
- за розміщенням передачі:
 - розміщення всередині корпусу ведучого моста трактора;
 - розміщені в окремих картерах;
 - жорстко або шарнірно з'єднаних з ведучими мостами;
 - з комбінованим розміщенням (коли одна ступінь передачі розміщена в корпусі ведучого моста, а інша - в окремому картері. На гусеничних тракторах кінцеві передачі завжди розміщуються в окремих картерах);

Конструкція кінцевих передач визначається призначенням трактора, номінальним тяговим зусиллям і типом рушія. Принципові кінематичні схеми найбільш поширених конструкцій кінцевих передач представлені на рис. 5.42.

Загалом же в конструкціях як вітчизняних, так і закордонних тракторів можуть використовуватися кінцеві передачі різних кінематичних схем – рис. 5.43.

Одинарні планетарні кінцеві передачі (рис. 5.43 *в і з*) і комбіновані (рис. 5.43 *е*) застосовують тільки в потужних колісних і гусеничних тракторах. Це пов'язано з тим, що порівняно з кінцевими передачами з нерухомими осями валів (рис. 5.43 *а і б*), за умови однакових передавальних чисел, для них характерні:

- менші габаритні розміри;
- вищі значення коефіцієнта корисної дії;

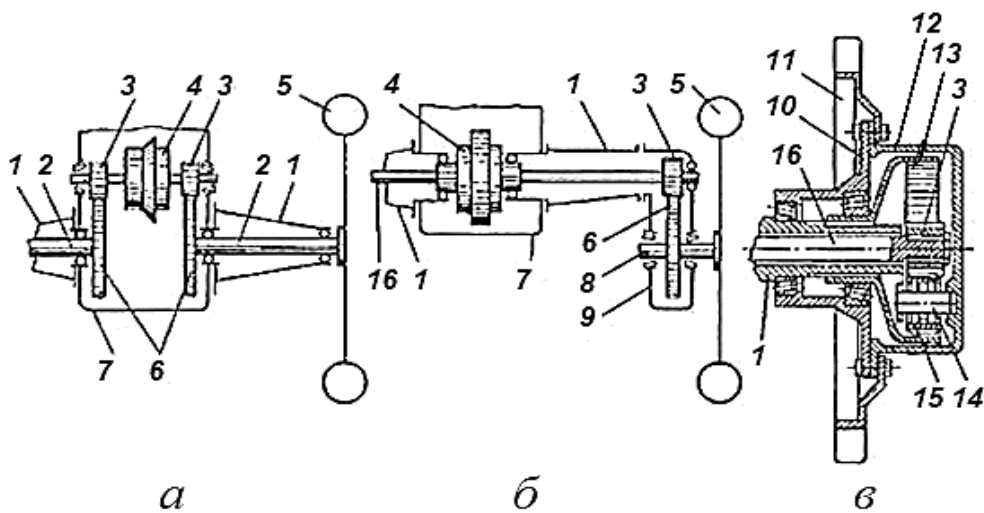


Рис. 5.42. Кінцеві передачі:

а – суміщена; *б* – рознесена; *в* – планетарна; 1 – рукав моста; 2 – напіввісь; 3, 6 – відповідно ведуча і ведена шестерні кінцевої передачі; 4 – диференціал; 5 – ведуче колесо; 7 – корпус заднього моста; 8 – вал ведучого колеса; 9 – картер кінцевої передачі; 10 – маточина; 11 – ведуча зірочка (колесо); 12 – водило; 13 – коронна шестерня; 14 – осі; 15 – сателіти; 16 – вихідний вал диференціала

- повністю розвантажені підшипники центральних ланок планетарних рядів (рис. 5.43 *в* і *е*).

Подвійні планетарні кінцеві передачі (рис. 5.43 *д*) можливі до застосування у потужних промислових тракторах і не набули поширення на вітчизняних сільськогосподарських мобільних енергетичних засобах через складність конструкції у виготовленні і, в результаті цього, її дороговизну.

5.3.2. Будова і дія ведучих мостів гусеничних машин

Конструкція ведучих мостів гусеничних машин обумовлена типом механізму повороту, який в ній застосований. Загалом, на

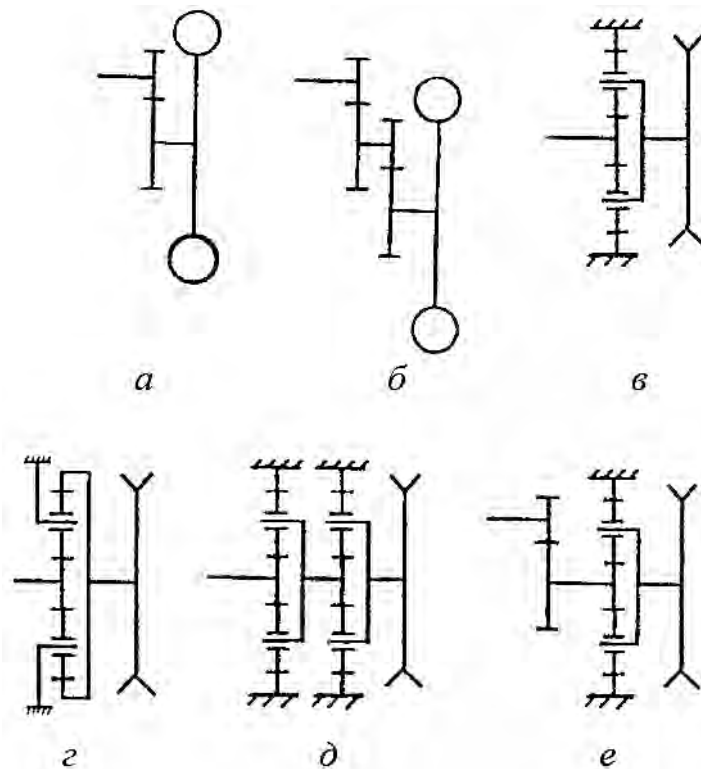


Рис. 5.43. Варіанти кінематичних схем кінцевих передач:

- з нерухомими осями валів: а – одинарна; б – подвійна;
- планетарні (з рухомими осями валів): в – одинарна з приводом через водило; г – одинарна з приводом через епіциклічне зубчасте колесо; д – подвійна з приводом через водила;
- комбіновані: е – двохступінчаста (1-а ступінь - з нерухомими осями валів, 2-га ступінь – планетарна)

мобільних гусеничних машинах, які використовуються в сільськогосподарському виробництві, розрізняють три основні типи механізмів повороту, а саме:

- *фрикційний* – рис. 5.44.

Особливістю фрикційного механізму повороту є наявність двох бортових фрикційних зчеплень 5 і 11, які забезпечують від'єднання від передачі крутного моменту ведучої зірочки 1, яка приводить в рух гусеничну стрічку, в бік якої здійснюється поворот. Такі зчеплення, як правило сухі і монтуються у внутрішній порожнині корпуса ведучого

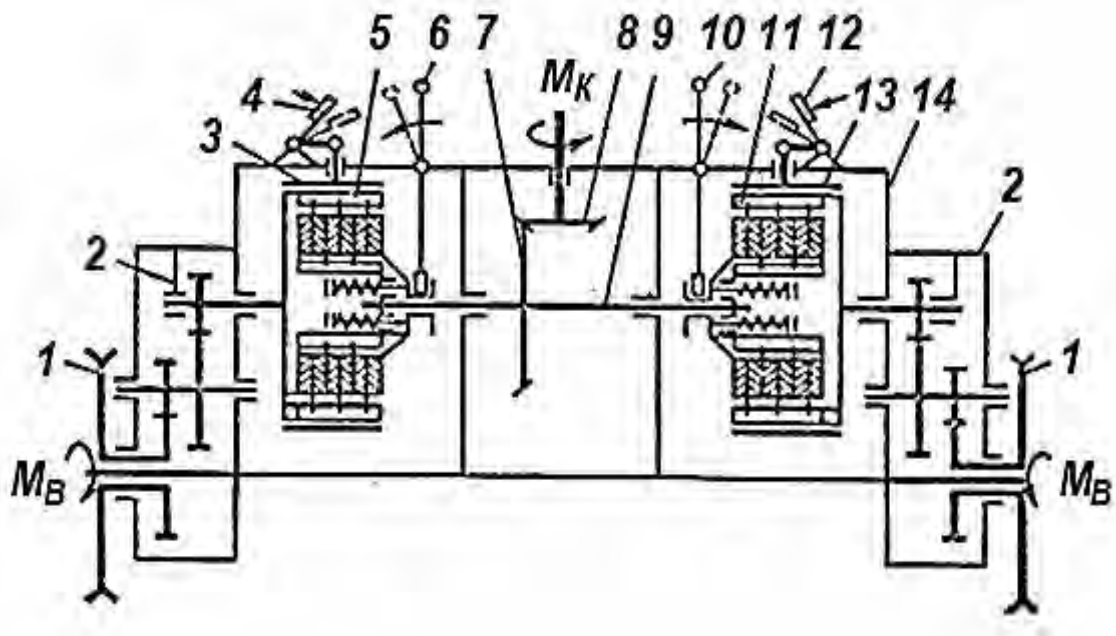


Рис. 5.44. Ведучий міст гусеничної машини з фрикційним механізмом повороту:

1 – ведуче колесо (зірочка); 2 – кінцева передача; 3, 13 відповідно, ліве і праве гальмо; 4, 12 – відповідно, ліва і права педалі керування гальмами; 5, 11 – відповідно, лівий і правий механізми повороту у вигляді фрикційних зчеплень; 6, 10 – відповідно, лівий і правий важелі керування зчепленнями механізмів повороту; 7 – ведена шестерня головної передачі; 8 – ведуча шестерня головної передачі; 9 – ведений вал; 14 – корпус ведучого моста

моста 14, тому мають обмеження в габаритних розмірах і виконуються багатодисковими, та вимагають герметизації від потрапляння оливи і інших рідин з навколишнього середовища та від інших вузлів і агрегатів.

Принцип дії фрикційного механізму повороту полягає в наступному. Крутний момент M_K підводиться до ведучої шестерні головної передачі 8, яка знаходиться в зачепленні з веденою шестернею головної передачі 7, встановленою на веденому валу 9, на лівому і правому кінцях якого встановлені, відповідно, лівий 5 і правий 11 механізми повороту виконані у вигляді багатодискових

постійнозамкнених фрикційних зчеплень, які керуються, відповідно, лівим *б* і правим *10* важелями керування.

За умови прямолінійного руху важелі керування *б* і *10* не задіяні і фрикційні зчеплення замкнуті. Крутний момент передається в однакових співвідношеннях до лівої і правої кінцевих передач *2* та ведучих зірочок *1*.

За необхідності здійснення повороту під час руху вперед, наприклад вліво, оператор переміщує важіль *б* і розмикає багатодискове фрикційне зчеплення *5*. При цьому крутний момент буде передаватися лише на праву ведучу зірочку *і*, відповідно, на праву гусеничну стрічку. Зважаючи на те, що права ведуча зірочка буде перемотувати праву гусеничну стрічку використовуючи крутний момент двигуна, трансформований у коробці передач, то правий борт машини буде рухатися поступально вперед. Ліва ж ведуча зірочка в цей час від'єднана від передачі крутного моменту двигуна, трансформованого в коробці передач і правий борт мобільної машини не буде підтримувати поступального руху вперед, а лише буде підкорятися прямолінійному руху вперед забезпеченого правою гусеничною стрічкою з певним запізненням через додатковий опір перекочуванню елементів не активного лівого рушія. За таких умов не активна ліва гусенична стрічка буде відставати від активної правої гусеничної стрічки, в наслідок чого гусенична мобільна машина буде здійснювати поворот вліво. За необхідності зменшення радіуса повороту, аж до розвороту «на місці», окрім переміщення («вижимання, відтягування») важеля *б* оператор додатково натискає педаль *4*, яка керує гальмом *3* лівого борта (лівої гусеничної стрічки). При цьому можна розвернути машину навколо центру тиску лівої гусеничної стрічки.

Поворот вправо буде здійснюватися аналогічно, але з використанням вже важеля 10 та педалі 12, яка керує гальмом правого борта 13.

Гальма 3 і 13 використовуються і для регулювання швидкості руху гусеничної машини.

Основними перевагами фрикційного механізму повороту є:

- простота конструкції;
- порівняно не висока вартість.

Основними недоліками фрикційного механізму повороту є:

- зниження тягових властивостей машини через відключення однієї з гусеничних стрічок;
- велика кількість фрикційних елементів для забезпечення передачі значного крутного моменту;
- швидкий знос фрикційних елементів;
- швидке порушення стабільності регулювань;
- відмова в роботі при замаслюванні фрикційних дисків.

➤ *планетарний* – рис. 5.45.

Планетарний механізм повороту, як і фрикційний, також забезпечує поворот гусеничної машини шляхом відключення однієї з гусеничних стрічок, однак в його конструкції відсутні фрикційні елементи передачі крутного моменту за рахунок сил тертя. Тут крутний момент від веденої шестерні головної передачі 7 передається до кінцевих передач 2 і далі до ведучої зірочки 1 зубчастими передачами, які реалізовані з допомогою лівої і правої планетарних передач (планетарних редукторів), основними елементами яких є коронна шестерня 21, водило 20, сателіт 22, сонячна шестерня 19 тощо. Фрикційні ж елементи в планетарному механізмі повороту працюють в якості стопорів сонячних, правої 16 і лівої 23, шестерень та вихідних валів водил правого 18 та лівого (номер позиції

затиснуті і розтискаються за командою оператора), а фрикційні стопори вихідних валів водил правого 18 та лівого планетарних редукторів постійно розімкнуті і затискаються за командою оператора. Фрикційні стопори вихідних валів водил правого 18 та лівого планетарних редукторів використовуються в якості головних гальм мобільної машини. Така конструкція механізму повороту істотно підвищує його надійність.

Планетарний механізм повороту працює наступним чином.

За умови прямолінійного руху крутний момент M_K підводиться до ведучої шестерні головної передачі 8, яка знаходиться в зачепленні з веденою шестернею головної передачі 7, жорстко встановленою на копусі коронної шестерні планетарного редуктора 17, що забезпечує її обертання. Обертання корпусу коронних шестерень 17 веде до прокочування сателітів лівого 22 і правого (позицією на рис. 5.45 не позначені) планетарних редукторів по зубам заблокованих з допомогою фрикційних гальм-фіксаторів 16 і 23 сонячних шестерень правого 19 і лівого (позицією на рис. 5.45 не позначена) планетарних редукторів. Вісі сателітів укріплені на водилах правого 20 і лівого (позицією на рис. 5.45 не позначене) планетарних редукторів, які обертаються навколо вісей сонячних шестерень. При цьому крутний момент порівну розподіляється між вихідними валами водила правого 18 і лівого (позицією на рис. 5.45 не позначений) планетарних редукторів і мобільна машина здійснює прямолінійний рух.

За умови здійснення повороту, наприклад праворуч, крутний момент M_K , як і при прямолінійному русі, підводиться до ведучої шестерні головної передачі 8, яка знаходиться в зачепленні з веденою шестернею головної передачі 7, жорстко встановленою на копусі коронної шестерні планетарного редуктора 17, що забезпечує її обертання. Однак, для здійснення повороту оператор переміщує (натискає) важіль 10, що

розблоковує гальмівний барабан 16, а разом з ним і сонячну шестерню 19 і, при значному навантаженні на праву гусеничну стрічку водило 20 зупиняється, а обертовий рух і крутний момент гасяться за рахунок обертання розблокованої сонячної шестерні 19. До лівої ж гусеничної стрічки крутний момент буде підводитися без змін і машина буде плавно повертати праворуч. При необхідності здійснення більш крутого повороту, аж до розвороту на місці, оператор натискає на педаль 12 керування правим головним гальмівним механізмом, барабан 15 якого жорстко з'єднаний з вихідним валом водила правого планетарного редуктора 18. При цьому перемотування правої (згідно рис. 5.45) гусеничної стрічки уповільниться, або припиниться взагалі (залежно від зусилля натискання на педаль 12) і радіус повороту машини буде зменшуватись аж до розвороту навколо середини правої гусеничної стрічки.

Поворот ліворуч здійснюється аналогічно, але вже з використанням важеля 6 та педалі 4.

Основною перевагою планетарного механізму повороту є:

- підвищена надійність.

Основними недоліками планетарного механізму повороту є:

- зниження тягових властивостей машини через відключення однієї з гусеничних стрічок;
- наявність значної кількості регулювань;
- низька стабільність регулювань в процесі експлуатації;
- погіршення роботи при замаслюванні фрикційних елементів.

➤ *кінематичний – рис. 5.46.*

Особливістю ведучих мостів гусеничних машин з кінематичним механізмом повороту є відсутність фрикційних елементів, які швидко зношуються. Зміна частоти обертального руху при перемотуванні

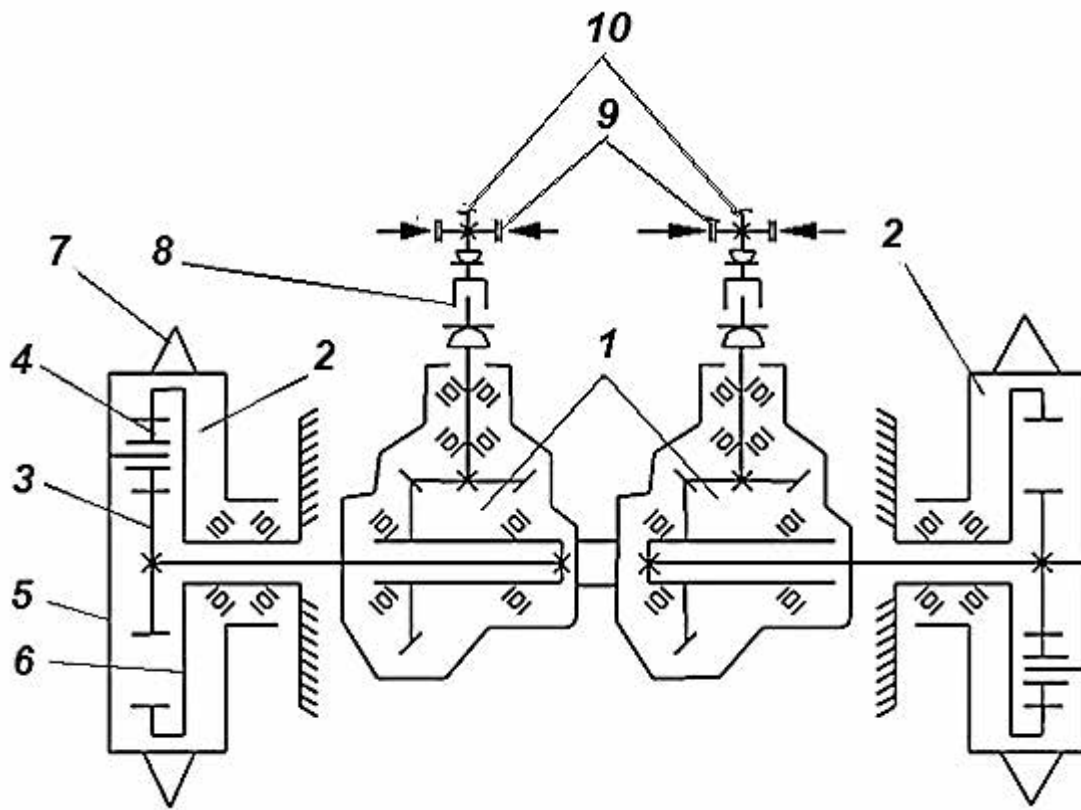


Рис. 5.46. Ведучий міст гусеничної машини з кінематичним механізмом повороту:

1 – головна передача; 2 – кінцева передача планетарного типу; 3 – сонячна шестерня кінцевої передачі; 4 – сателіт планетарного редуктора кінцевої передачі; 5 – водило (корпус) планетарного редуктора кінцевої передачі; 6 – коронна шестерня планетарного редуктора кінцевої передачі; 7 – ведуче колесо (зірочка); 8 – карданна передача; 9 – головні гальма; 10 – вторинні вали коробки передач

гусеничної стрічки і крутного моменту, який при цьому передається здійснюється шляхом зміни передавальних чисел при підведенні крутного моменту до гусеничних стрічок різних бортів машини. Кінематичний механізм повороту не передбачає відключення однієї з гусеничних стрічок від передачі крутного моменту, як це реалізовано у конструкціях механізмів повороту, описаних вище. Це істотно покращує тягові властивості машини на повороті. В даному випадку, як

вже вказувалось вище, поворот здійснюється за рахунок різниці швидкостей перемотування гусеничних стрічок, що досягається шляхом підведення до ведучих шестерень головних передач I , якими обладнана кожна з гусеничних стрічок, різної частоти обертання від різних валів, наприклад від двох вторинних валів 10 (див рис. 5.46) коробки передач тракторів типу Т-150, ХТЗ-153.

Принцип дії такого механізму повороту зводиться до наступного. Крутний момент двигуна розподіляється на дві коробки передач порівну, крутні моменти від вторинних валів 10 цих коробок передач підводиться окремо до двох головних передач I , кожна з яких передає його кінцевій передачі 2 і далі на гусеничні стрічки відповідних бортів. Дві коробки передач можуть бути об'єднані в одному корпусі, як це реалізовано в трансмісії тракторів типу Т-150, ХТЗ-153 тощо. В трансмісіях тракторів типу Т-150, ХТЗ-153 використано чотирьохвальні (первинний вал, проміжний вал та два вторинні вали) коробки передач з шестернями постійного зачеплення і гідропідтискними муфтами. Встановлюючи різні передавальні числа на різних вторинних валах коробки передач досягають різної швидкості перемотування гусеничних стрічок, різної швидкості поступального переміщення бортів машини і, відповідно, різного ведучого моменту на ведучих зірочках, що і є умовою здійснення повороту, але вже без відключення гусеничних стрічок.

Використання гідропідтискних муфт дозволяє реалізувати розворот трактора навколо середини однієї з гусеничних стрічок. Здійснюється це з допомогою клапанів плавного скидання тиску, які встановлені в гідросистемах вторинних валів коробки передач і керуються поворотом рульового колеса в бік розвороту та головних гальм 9 , які встановлені на вторинних валах коробки передач. При

цьому з допомогою клапана плавного скидання тиску для гідромуфти вторинного вала коробки передач, керування яким здійснюється рульовим колесом і з'єднаного з головною передачею відповідного борта скидається тиск у гідропідтискній муфті увімкненої передачі та затискаються гальма 9 борта мобільної машини, в бік якого здійснюється поворот. До гусеничної стрічки забігаючого борта крутний момент передається без змін, оскільки клапан плавного скидання тиску на вторинному валу приводу гусеничної стрічки забігаючого борта не спрацьовує.

Основною перевагою кінематичного механізму повороту є:

- покращення тягових показників гусеничної машини на повороті.

Основними недоліками кінематичного механізму повороту є:

- ступінчаста зміна частоти обертання і крутного моменту на гусеничних стрічках;

- складність конструкції як ведучого моста, так і агрегатів, які забезпечують його роботу (коробок передач, редукторів тощо).

➤ *безступінчастий* – рис. 5.47.

В конструкціях сучасних гусеничних машин виробництва Caterpillar, Fendt, John Deere тощо, використовують кінематичний механізм повороту на основі гідроприводу, який дозволяє безступінчасто змінювати швидкості руху гусеничних стрічок аж до повного реверсування напрямку руху однієї з них. Останнє дозволяє здійснювати розворот машини навколо вертикальної осі обертання.

Механізм повороту, конструкція якого приведена на рис. 5.47, передбачає наявність трьох планетарних редукторів 2, 3 та 4. При цьому допоміжний планетарний редуктор 2 має жорстко закріплене в корпусі ведучого моста не рухоме коронне зубчасте колесо, а

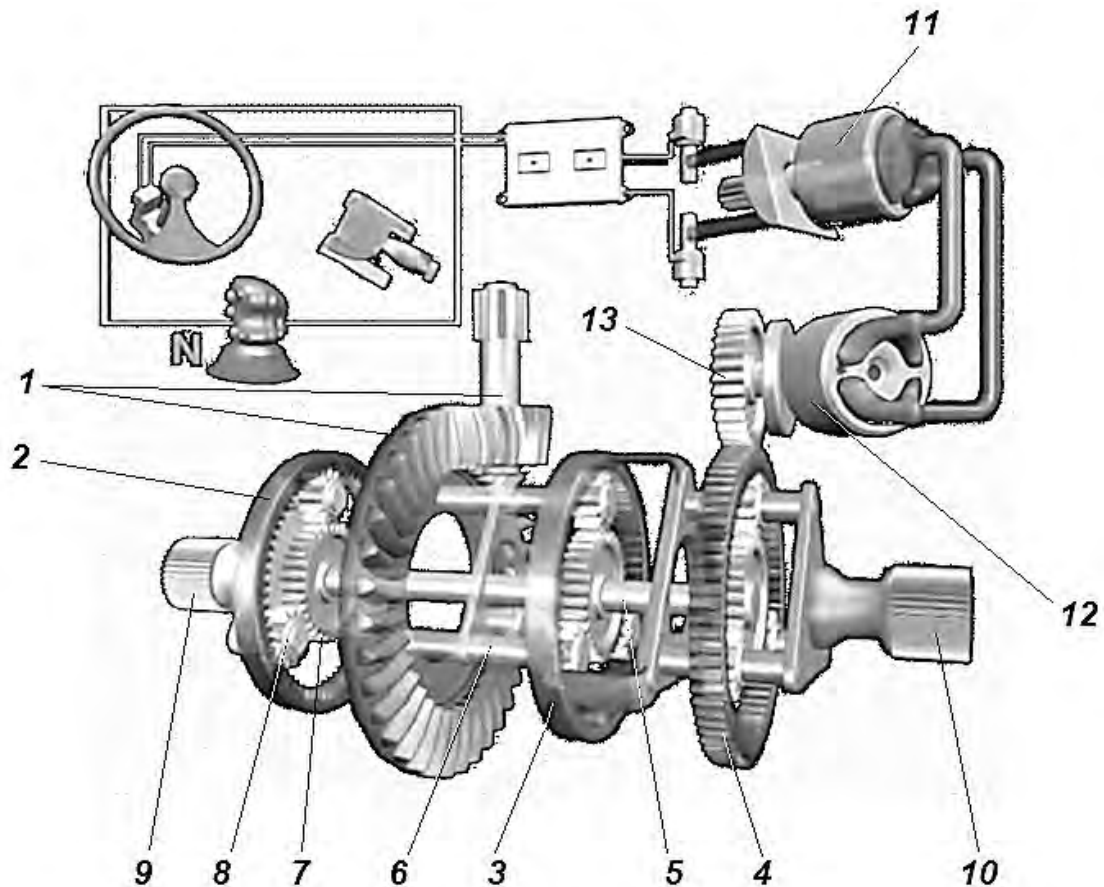


Рис. 5.47. Безступінчастий механізм повороту трактора типу
Челенджер 865:

1 – головна передача; 2 – допоміжний планетарний редуктор механізму повороту з не рухомим коронним зубчастим колесом; 3 – допоміжний планетарний редуктор механізму повороту з рухомим коронним зубчастим колесом; 4 – головний планетарний редуктор механізму повороту; 5 – вал сонячних шестерень; 6 – водило допоміжного планетарного редуктора механізму повороту з рухомим коронним зубчастим колесом; 7 – сонячне зубчасте колесо; 8 – сателіт; 9 і 10 – відповідно, лівий і правий вихідні вали механізму повороту; 11 – гідравлічний насос змінної продуктивності; 12 – гідромотор; 13 – шестерня приводу коронної шестерні головного планетарного редуктора механізму повороту

допоміжний планетарний редуктор 3 має рухоме коронне зубчасте колесо жорстко зв'язане з водилом головного планетарного редуктора

механізму повороту 4. Коронне зубчасте колесо головного планетарного редуктора 4 механізму повороту також рухоме і може обертатися навколо осі цього планетарного редуктора в обидва боки. Привід коронного зубчастого колеса головного планетарного редуктора механізму повороту 4 здійснюється шестернею 13, яка приводиться в рух гідромотором 12 при подачі на нього оливи від гідронасоса змінної продуктивності 11. Крім того, водила редукторів 2 і 4 жорстко з'єднані, відповідно, з лівим 9 і правим 10 вихідними валами механізму повороту. Сонячні зубчасті колеса 7 всіх трьох планетарних редукторів жорстко закріплені на одному спільному валі. Планетарні редуктори 2, 3 та 4 використовуються як для повороту мобільної гусеничної машини, так і для трансформації обертового руху в якості кінцевих передач, причому планетарний редуктор 3 виконує функцію першої ступені кінцевих передач, а планетарні редуктори 2 та 4 виконують функцію других ступеней кінцевих передач.

Працює механізм повороту, представлений на рис. 5.47, наступним чином:

❖ *розворот в горизонтальній площині навколо вертикальної осі обертання мобільної машини. Сутність етапів такого розвороту:*

☐ крутний момент від коробки передач не передається з допомогою зубчастих коліс головної передачі 1;

☐ гідромотор 12 з допомогою потоку рідини від насоса змінної продуктивності 11 приводить в дію шестерню 13, обертаючи її в напрямку, який характерний для здійснення розвороту в потрібний бік;

☐ коронне зубчасте колесо головного планетарного редуктора механізму повороту 4 обертається за рахунок шестерні 13 і через сателіти змушує обертатися водило, а з ним разом коронне

зубчасте колесо допоміжного планетарного редуктора 3 механізму повороту та правий вихідний вал механізму повороту 10, зв'язаний через ведуче колесо, або зірочку з гусеничною стрічкою (напряму обертання визначається шестернею 13);

☞ рухоме, за рахунок жорсткого з'єднання з водилом редуктора 4, коронне зубчасте колесо редуктора 3 приводить до обертання сателіти редуктора 3, осі яких закріплені на водилі жорстко з'єднаному з не рухомим веденим зубчастим колесом головної передачі 1, що приводить в рух сонячні шестерні 7 всіх трьох планетарних редукторів у напрямку протилежному до напрямку обертання коронного зубчастого колеса планетарного редуктора 3;

☞ за рахунок того, що коронне зубчасте колесо допоміжного планетарного редуктора 2 є не рухомим, напрямок обертання водила цього редуктора, а відповідно і жорстко з'єданого з ним лівого вихідного вала 9 механізму повороту, буде протилежний напрямку обертання правого вихідного вала 10;

☞ зміна напрямку обертання шестерні 13 приведе до зміни напрямку розвороту гусеничної машини;

❖ *керування напрямом руху під час поступального переміщення мобільної гусеничної машини.* Сутність етапів такого керування напрямом руху:

☞ за умови прямолінійного поступального руху крутний момент від вторинного вала коробки передач підводиться до головної передачі 1, ведене зубчасте колесо якої жорстко з'єдане з водилом допоміжного планетарного редуктора 3. Шестерня 13 приводу коронного колеса головного планетарного редуктора механізму повороту 4 знаходиться в заблокованому стані і, цим самим, блокує

коронне зубчасте колесо головного редуктора механізму повороту 4. Планетарні редуктори 2, 3 та 4 працюють як кінцева передача;

☞ за умови здійснення повороту розблоковується і вводиться в дію шестерня 13 приводу коронного зубчастого колеса головного планетарного редуктора механізму повороту 4 наступним чином:

✓ для здійснення повороту *праворуч* (якщо дивитися на рис. 5.47) шестерня 13 обертає коронне зубчасте колесо головного планетарного редуктора 4 у напрямку протилежному напрямку обертання водила планетарного редуктора 4 і, відповідно, вихідного вала 10, збільшуючи, при цьому, передавальне число у приводі вала 10 і крутний момент на ньому, що приводить до отримання нижчої частоти обертання останнього і, відповідно, до зменшення швидкості відстаючої правої гусеничної стрічки;

✓ для здійснення повороту *ліворуч* (якщо дивитися на рис. 5.47) шестерня 13 обертає коронне зубчасте колесо головного планетарного редуктора 4 у напрямку, який співпадає з напрямком обертання водила планетарного редуктора 4 і, відповідно, вихідного вала 10, зменшуючи при цьому передавальне відношення у приводі вала 10 і крутний момент на ньому, що приводить до вищої частоти обертання останнього і, відповідно, до збільшення швидкості забігаючої правої гусеничної стрічки.

Конструктивно змінена схема безступінчастого механізму повороту (БМП) реалізована і в останніх розробках гусеничних тракторів виробництва ВАТ «ХТЗ». Це такі моделі, як ХТЗ-100, ХТЗ-200 – рис. 5.48. Безступінчастий механізм повороту містить два планетарних редуктора, кожен з яких включає в себе епіциклічну шестерню 1, сонячну шестерню 3 і водило 2, а також гідрооб'ємну передачу 4, що складається з нерегульованого гідромотора 5 і регульованого

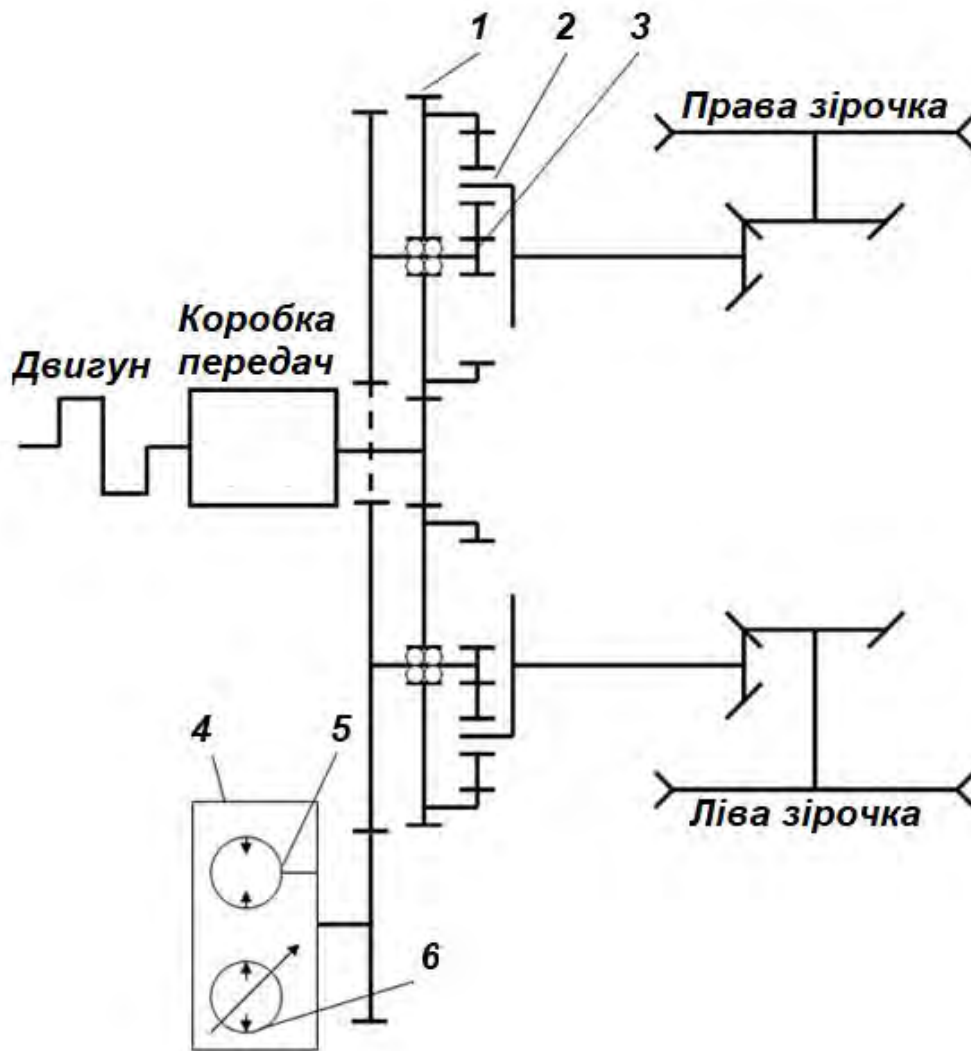


Рис. 5.48. Безступінчастий механізм повороту трактора ХТЗ-200 [1]:

1 – епіциклічна шестерня; 2 – водило; 3 – сонячна шестерня; 4 – гідрооб'ємна передача; 5 – не регульований гідромотор; 6 – регульований гідронасос [1]

гідронасоса 6. Епіциклічна шестерня 1 приводяться від коробки передач і обертаються в одну сторону, сонячні шестерні 3 приводяться від гідромотора і обертаються в різні боки, водила 2 приводять в обертання ліву і праву ведучі зірочки гусеничних ланцюгів [1].

При прямолінійному русі сонячні шестерні зупинені. При повороті сонячна шестерня забігаючого борту обертається в ту ж

сторону, що і епіциклічна, на водилі їх рухи додаються – водило забігаючого борту обертається швидше. Сонячна шестерня відстаючого борту обертається в бік, зворотний епіциклічній, на водилі їх рухи віднімаються – водило відстаючого борту обертається повільніше. Швидкість трактора на повороті не змінюється. При вимкненій передачі в коробці передач (КП) одна гусениця рухається вперед, інша - назад, забезпечуючи поворот на місці. Таким чином, на повороті не відключається гусениця відстаючого борту і, отже, не зменшується тягове зусилля (не «втрачається» половина зчіпної ваги машини) [1].

У безступінчастому механізмі повороту, представленому на рис. 5.48, відсутні фрикційні елементи (муфти і гальма) як в традиційних фрикційних та планетарних механізмах повороту, де кінетична енергія трактора перетворюється в тепло. В представленому на рис. 5.48 безступінчастому механізмі повороту кінетична енергія відстаючого борту «перетікає» на забігаючий борт (один з проявів явища рекуперації енергії) [1].

5.4. Основні несправності та операції технічного обслуговування ведучих мостів мобільних машин

Ведучі мости мобільних машин дуже склані агрегати, що включають вузли, які зношуються і потребують періодичного регулювання. Висвітлення несправностей, причин їх виникнення та операцій з усунення є предметом вивчення дисциплін сервісного спрямування. В рамках даного посібника висвітлено лише основні операції технічного обслуговування та несправності, перелік яких

варто пам'ятати при розгляді конструкції таких агрегатів. Зупинимося на них нижче більш детально.

Перед виїздом з парку при щозмінному контрольному огляді техніки з'ясовують відсутність підтікання змазуючих речовини з картерів мостів [53].

На зупинках на дотик перевіряють нагрівання редукторів мостів.

Під час руху потрібно на слух контролювати шумність роботи ведучих мостів [53].

Під час щоденного обслуговування виконується видалення бруду, пилу, снігу з зовнішніх частин ведучих мостів [53].

При ТО-1 контролюють фіксацію фланців напіввісей, чистять вентиляційні трубки і сапуни, контролюють і при необхідності доливають до нормативного рівня оливу в картерах мостів, в корпусах поворотних кулаків, кінцевих передач тощо [52].

При ТО-2 роблять підтяжку болтів фіксації редукторів мостів, змінюють оливу та інші змазуючі речовини у вузлах і агрегатах (за умови дотримання термінів заміни) [53].

Найбільш поширеними несправностями ведучих мостів є [53]:

- зношення поверхонь зубів шестерень;
- зношення шліців напіввісей;
- зношення підшипників;
- зношення деталей диференціала;
- виломування зубів шестерень;
- обрив шпильок фіксації фланців напіввісей або ослаблення їх гайок;
- скручування напіввісей;
- підтікання оливи ;
- пошкодження корпуса тощо [53].

При значному зносі або поломці елементів ведучого моста свідчить стукіт або надмірний шум в редукторі моста під час руху машини [53].

Якщо олива проникає в гальмівні та інші фрикційні механізми, це говорить про знос ущільнюючих манжет [53].

Зношення зубів шестерень веде до збільшення зазору в зачепленні, наступних ударів при рушанні зміщі, або зупинці та надмірного шуму під час роботи [53].

Сильний знос деталей редукторів може бути викликаний недостатньою кількістю змащуючих речовин в їх картерах або присутності в змащуючому матеріалі бруду. Несвоєчасний вихід з ладу редуктора буває також через використання оливи з відмінними від бажаних характеристиками [53].

Перевантаження машини і різке рушання з місця можуть стати причиною виходу з ладу зубів шестерень головної передачі, скручування напіввісей тощо [53].

5.5. Запитання для самоконтролю

Для закріплення матеріалу даного розділу розроблені запитання для самоконтролю. До списку таких запитань внесені ті, які найчастіше можуть зустрічатися в практичній роботі, а саме:

1. Поясніть будову, дію та технічне обслуговування ведучих мостів автомобілів.
2. Охарактеризуйте типи і принципи дії диференціалів ведучих мостів.
3. Проаналізуйте типи головних передач автомобілів.

4. Поясніть будову, дію та технічне обслуговування кінцевих передач тракторів.

5. Проілюструйте кінематичними схемами і поясніть конструкцію найбільш поширених типів ведучих мостів тракторів виробництва John Deere.

6. Проілюструйте кінематичними схемами і поясніть конструкцію найбільш поширених типів головних передач ведучих мостів тракторів виробництва John Deere.

7. Проілюструйте кінематичними схемами і поясніть конструкцію найбільш поширених типів кінцевих передач тракторів виробництва John Deere.

8. Охарактеризуйте типи головних передач.

9. Поясніть призначення диференціалу.

10. Користуючись схемою, пояснити дію головної передачі та диференціалу автомобіля типу ГАЗ-3307.

11. Блокувальні пристрої диференціалів.

12. Особливості самоблокувальних диференціалів.

13. Особливості застосування гіпоїдних передач у ведучих мостах автомобілів.

14. Переваги і недоліки одинарних і подвійних головних передач.

15. Особливості блокування диференціалу ведучого моста трактора типу МТЗ-80.

16. Проілюструвавши схемою, поясніть будову і дію планетарної кінцевої передачі.

17. Користуючись схемою, поясніть дію міжмостового диференціалу.

18. Вкажіть тип і охарактеризуйте головну передачу переднього ведучого моста трактора John Deere 6830.

19. Назвіть переваги і недоліки передніх ведучих мостів тракторів John Deere.

20. Назвіть типи і надайте кінематичні схеми кінцевих передач тракторів John Deere.

21. Опишіть принцип дії кінцевої передачі трактора John Deere 6830.

22. Опишіть принцип дії кінцевої передачі заднього ведучого мосту трактора John Deere серії 5R.

23. Поясніть будову, дію та основні операції технічного обслуговування фрикційного механізму повороту трактора.

24. Поясніть будову, дію та основні операції технічного обслуговування планетарного механізму повороту трактора.

25. Поясніть будову, дію та основні операції технічного обслуговування кінематичного механізму повороту трактора.

26. Поясніть будову і дію ведучого моста трактора John Deere серії 9RX.

27. Поясніть будову і дію системи керування поворотом трактора John Deere серії 9RX.

28. Які функції у гусеничного трактора виконує ведучий міст (крім трактора типу ХТЗ-153)?

29. Користуючись схемою, пояснити дію кінцевої передачі трактора типу ХТЗ-153.

30. Користуючись схемою, пояснити дію механізму повороту трактора типу ХТЗ-153.

31. Користуючись схемою, пояснити дію фрикційного механізму повороту під час повертання трактора.

32. Користуючись схемою, пояснити дію планетарного механізму повороту під час повертання трактора.

33. Який тип і кінематична схема кінцевої передачі використано на тракторах John Deere серії 9RX.

34. За рахунок чого здійснюється поворот гусеничного трактора типу Challenger MT865 на місці.

35. Поясніть функцію гідромотора в безступінчастому механізмі повороту.

36. Яка мета використання циліндричної кінцевої передачі в тракторі John Deere серії 9RX.



6. ТЕСТОВІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Процес навчання вважається ефективним, коли він розширює кругозір того, хто навчається в запланованому напрямку. Фіксація такого явища проводиться шляхом складання останнім випробувань як теоретичних, так і практичних з використанням відповідних тестів, основою яких є наявність банку контрольних запитань, значна частина яких вже була запозичена і апробована іншими авторами [65].

6.1. Контрольні запитання для швидкого опитування

В процесі вивчення матеріалу необхідно періодично проводити контроль рівня засвоєння знань, перевіряти готовність до виконання лабораторних робіт, захищати лабораторні роботи тощо. Названі елементи навчального процесу потрібно проводити якомога частіше, однак вони забирають багато часу. Нижче пропонується перелік одновибіркових тестових запитань, відповіді на які максимально наближені до схеми «так», або «ні», а звідси і мінімізують згадані витрати часу. Відповіді на приведені нижче запитання в тому чи іншому вигляді надані в посібнику і, за умови уважного ознайомлення

з викладеним матеріалом, проблем, з підготовкою правильних відповідей, виникати не повинно.

6.1.1. Трансмисії мобільних машин

Запитання № 1.

Які складальні одиниці включає шасі трактора або автомобіля?

1	трансмисія, ходова система, рульове керування, гальмівна система;
2	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач;
3	остов, підвіска, рушій;
4	ведучий міст, кінцева передача, рушій

Запитання № 2.

Для чого призначена трансмісія тракторів і автомобілів?

1	для перетворення крутного моменту двигуна і запобігання його перевантаження;
2	для плавного рушання з місця трактора або автомобіля, зміни його швидкості і напрямку руху, забезпечення тривалої зупинки без вимикання двигуна, виконання, або покращення повороту та для передачі крутного моменту робочим органам агрегатуємих з трактором сільськогосподарських машин і приводу робочого обладнання;
3	для передачі крутного моменту двигуна до рушіїв трактора, або автомобіля;
4	для зменшення навантаження на двигун.

Запитання № 3.

Як розрізняються трансмісії за способом трансформації обертового руху?

1	механічні, гідравлічні, електричні, комбіновані;
2	фрикційні, гідравлічні, електричні;
3	гідростатичні, гідродинамічні;
4	ступінчасті, безступінчасті, комбіновані

Запитання № 4.

Як розрізняються трансмісії за принципом дії?

1	механічні, гідравлічні, електричні, комбіновані;
2	фрикційні, гідравлічні, електричні;
3	гідростатичні, гідродинамічні;
4	ступінчасті, безступінчасті, комбіновані

Запитання № 5.

Як за принципом дії розрізняються ступінчасті трансмісії?

1	з розривом потоку потужності, без розриву потоку потужності;
2	гідростатичні, гідродинамічні;
3	гідромеханічні, електромеханічні;
4	механічні, гідравлічні, електричні

Запитання № 6.

Як за конструкцією розрізняються безступінчасті трансмісії?

1	з розривом потоку потужності, без розриву потоку потужності;
2	гідромеханічні, електромеханічні;
3	фрикційні, гідравлічні, електричні;
4	гідростатичні, гідродинамічні

Запитання № 7.

Як за конструкцією розрізняються комбіновані трансмісії?

1	гідростатичні, гідродинамічні;
2	гідромеханічні, гідростатичні, гідродинамічні;
3	гідромеханічні, електромеханічні;
4	гідростатичні, гідродинамічні, гідромеханічні, електромеханічні

Запитання № 8.

Як за конструкцією розрізняються гідравлічні трансмісії?

1	з розривом потоку потужності, без розриву потоку потужності;
2	гідростатичні, гідродинамічні;
3	ступінчасті, безступінчасті, комбіновані;
4	гідромеханічні, електромеханічні

Запитання № 9.

В якій трансмісії передача механічної енергії здійснюється з допомогою рідини?

1	в механічній;
2	в електричній;
3	в гідравлічній;
4	в комбінованій.

Запитання № 10.

Які трансмісії забезпечують плавність (неперервність) процесу зміни крутного моменту?

1	ступінчаті;
2	безступінчасті;
3	комбіновані;
4	ланцюгові, шестеренні.

Запитання № 11.

Вкажіть трансмісії, зміна крутного моменту в яких відбувається через певні інтервали, обумовлені передаточними числами:

1	ступінчаті;
2	безступінчасті;
3	комбіновані;
4	ланцюгові, шестеренні, пасові.

Запитання № 12.

Вкажіть трансмісії, які забезпечують безступеневе регулювання крутного моменту в межах однієї передачі:

1	ступінчаті;
2	безступінчасті;
3	комбіновані;
4	ланцюгові, шестеренні, пасові.

Запитання № 13.

Вкажіть складальні одиниці, які характеризують механічну ступінчасту трансмісію:

1	гідромуфта, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача;
2	гідротрансформатор, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача;
3	проміжне з'єднання, генератор, струмопровідна арматура, електродвигун;
4	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача

Запитання № 14.

Які складальні одиниці характерні для трансмісії гусеничного трактора?

1	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, головна передача, диференціал, вали ведучих коліс, кінцева передача;
2	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, головна передача, механізм повороту, вали ведучих коліс, кінцеві передачі;
3	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, головна передача, механізм повороту, вали ведучих коліс;
4	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача

Запитання № 15.

Які конструктивні елементи характерні для гідротрансформатора?

1	насосне колесо, турбінне колесо;
2	насосне колесо, турбінне колесо, реактор;
3	ведуче колесо, насосне колесо, турбінне колесо;
4	насосне колесо, турбінне колесо, ведене

Запитання № 16.

До яких типів гідравлічних машин відносяться гідромуфта і гідротрансформатор?

1	лопатеві;
2	поршневі;
3	шестеренні;
4	діафрагмові

Запитання № 17.

Яким показником характеризується перетворююча дія трансмісії?

1	частотою обертання вихідного вала;
2	крутним моментом;
3	потужністю, яка передається;
4	передавальним числом

Запитання № 18.

Для якої з двох конструктивно однакових машин коефіцієнт корисної дії трансмісії має вищі значення?

1	колісної;
2	гусеничної;
3	напівгусеничної;
4	чотирьох гусеничної.

6.1.2. Зчеплення

Запитання № 19.

Продовжіть визначення: «Зчеплення трактора або автомобіля призначене ...»

1	для забезпечення роз'єднання і плавного з'єднання трансмісії з двигуном;
2	для забезпечення роз'єднання і плавного з'єднання трансмісії з двигуном та запобігання перевантажень двигуна і деталей трансмісії;
3	для запобігання перевантажень двигуна і трансмісії;
4	для забезпечення плавного рушання машини з місця

Запитання № 20.

Вкажіть основну причину застосування багатодискових зчеплень:

1	необхідність підведення крутного моменту до різних споживачів (до різних складальних одиниць трансмісії);
2	можливість відбору крутного моменту двигуна різної величини;
3	необхідність передачі значного крутного моменту при обмежених розмірах зчеплення;
4	забезпечення задовільної віддачі тепла при пробуксовці зчеплення

Запитання № 21.

Вкажіть причину застосування двохпотокових зчеплень:

1	необхідність підведення крутного моменту до різних споживачів (до різних складальних одиниць трансмісії);
2	можливість відбору крутного моменту двигуна різної величини;
3	необхідність передачі значного крутного моменту при обмежених розмірах зчеплення;
4	забезпечення задовільної віддачі тепла при пробуксовці зчеплення

Запитання № 22.

Як розрізняють зчеплення за видом замикання?

1	постійно замкнуті, не постійно замкнуті;
2	головні, додаткові;
3	без підсилювача, з підсилювачем;
4	з силовим; з динамічним

Запитання № 23.

Як розрізняються зчеплення за родом тертя?

1	однодискові, дводискові, багатодискові;
2	сухі, мокрі;
3	однопотокові, двопотокові;
4	головні, додаткові

Запитання № 24.

До яких негативних наслідків у роботі зчеплення приведе зменшення вільного ходу педалі керування, замаслювання поверхонь тертя, знос фрикційних накладок, прослаблення натискних пружин?

1	не повне вимикання зчеплення (зчеплення «веде»);
2	пробуксовка зчеплення;
3	заклинювання ведучої частини;
4	заклинювання відомої частини.

Запитання № 25.

До яких негативних наслідків у роботі зчеплення приведе збільшення вільного ходу педелі керування, короблення ведених дисків, поломка натискного важеля, обрив маточини веденого диска?

1	не повне вимикання зчеплення (зчеплення «веде»);
2	пробуксовка зчеплення;
3	заклинювання ведучої частини;
4	заклинювання відомої частини.

Запитання № 26.

В яких межах для сучасних тракторів і автомобілів вибирають значення коефіцієнта запасу зчеплення?

1	0...5;
2	1...2;
3	1,5...4;
4	3...4

Запитання № 27.

Який тип підсилювача механізму керування зчепленням встановлюють на тракторі типу ХТЗ-153?

1	гідравлічний;
2	пневматичний;
3	механічний;
4	гідропневматичний
5	електричний
6	електромеханічний

Запитання № 28.

Який тип підсилювача механізму керування зчепленням встановлюють на автомобілі типу КамАЗ-5320?

1	гідравлічний;
2	пневматичний;
3	механічний;
4	гідропневматичний
5	електричний
6	електромеханічний

Запитання № 29.

Який тип підсилювача механізму керування зчепленням встановлюють на автомобілях типу М-2140?

1	гідравлічний;
2	пневматичний;
3	механічний;
4	гідропневматичний.
5	електричний
6	електромеханічний

Запитання № 30.

Який тип підсилювача механізму керування зчепленням встановлюють на тракторі типу ХТЗ-172?

1	гідравлічний;
2	пневматичний;
3	механічний;
4	гідропневматичний.
5	електричний

Запитання № 31.

В яких межах для вітчизняних тракторів і автомобілів регулюється зазор між відтискними важелями зчеплення і відводкою?

1	1,0...3,0 мм;
2	2,0...5,0 мм;
3	2,5...4,0 мм;
4	3,0...4,0 мм

Запитання № 32.

Вкажіть допуск на відхилення розміщення відтискних важелів зчеплення в одній площині?

1	0...0,2 мм;
2	0...1,0 мм;
3	0,3...0,4 мм;
4	0,1...0,4 мм

6.1.3. Коробки передач, карданні передачі та проміжні з'єднання

Запитання № 33.

Продовжіть визначення: «Проміжні з'єднання у тракторах і автомобілях призначені ...»

1	для з'єднання валів трансмісії, які обертаються;
2	для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, а розміщені під певним кутом, або можуть мати відносне зміщення;
3	для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, а розміщені під певним кутом, або можуть змінювати своє положення в процесі роботи;
4	для передачі крутного моменту між валами, осі яких паралельні
5	для передачі крутного моменту між вузлами і агрегатами трансмісії
6	для зменшення навантаження між контактними деталями агрегатів трансмісії

Запитання № 34.

Продовжіть визначення: «Карданні передачі у тракторах і автомобілях призначені ...»

1	для з'єднання валів трансмісії, які обертаються;
2	для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, а розміщені під певним кутом, або можуть мати відносне зміщення;
3	для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, а розміщені під певним кутом, або можуть змінювати своє положення в процесі роботи;
4	для передачі крутного моменту між валами, осі яких паралельні

Запитання № 35.

Як розрізняються проміжні з'єднання за будовою?

1	прості, рівних кутових швидкостей;
2	жорсткі, м'які, комбіновані;
3	закриті, відкриті;
4	з одним шарніром, з двома шарнірами і валом між ними

Запитання № 36.

Продовжіть визначення: «Коробки передач призначені ...»

1	для зміни передаточного числа трансмісії;
2	для перетворення крутного моменту за значенням і напрямком;
3	для розподілу крутного моменту між споживачами;
4	для перетворення крутного моменту за значення і напрямком, а також для тривалої зупинки трактора або автомобіля з працюючим двигуном

Запитання № 37.

На які групи поділяються передачі тракторів?

1	вищі, нижчі;
2	основні, транспортні;
3	основні, робочі, транспортні, допоміжні;
4	уповільнені, робочі, транспортні

Запитання № 38.

На які групи поділяються передачі автомобілів?

1	вищі, нижчі;
2	основні, транспортні;
3	основні, робочі, транспортні, допоміжні;
4	уповільнені, робочі, транспортні

Запитання № 39.

Яке з наведених значень передаточних чисел коробки передач характеризує пряму передачу?

1	$i = 0...1$;
2	$i > 1$;
3	$i < 1$;
4	$i = 1$

Запитання № 40.

Яке з наведених значень передаточних чисел коробки передач характеризує нижчу передачу?

1	$i = 1$;
2	$i < 1$;
3	$i > 1$;
4	$i = 0...1$

Запитання № 41.

Яке з наведених значень передаточних чисел коробки передач характеризує підвищуючу передачу?

1	$i = 1;$
2	$i < 1;$
3	$i > 1;$
4	$i = 0...1;$
5	$i \leq 1;$
6	$i \geq 1$

Запитання № 42.

Продовжіть визначення: «Механізм блокування в коробці передач призначений ...»

1	для блокування роботи механізму перемикавання;
2	для попередження самовільного переміщення повзунів;
3	для запобігання самовиключення передач;
4	для безударного і безшумного вмикання передач
5	для запобігання перевантаження коробки передач

Запитання № 43.

Продовжіть визначення: «Замкни-фіксатори механізму перемикавання передач коробки передач призначені ...»

1	для блокування роботи механізму перемикавання;
2	для попередження самовільного переміщення повзунів;
3	для запобігання самовиключення передач;
4	для безударного і безшумного вмикання передач
5	для запобігання перевантаження коробки передач

Запитання № 44.

Продовжіть визначення: «Синхронізатор в коробці передач призначений ...»

1	для блокування роботи механізму перемикавання;
2	для попередження самовільного переміщення повзунів;
3	для запобігання самовиключення передач;
4	для безударного і безшумного вмикання передач
5	для запобігання перевантаження коробки передач
6	для вирівнювання частот обертання валів

Запитання № 45.

Як розрізняються коробки передач за типом зубчатих передач?

1	з нерухомими осями валів, планетарні;
2	двохвальні, трьохвальні, чотирьохвальні;
3	з подовжнім розміщенням валів, з поперечним розміщенням валів;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 46.

Як розрізняються коробки передач за розміщенням валів відносно осі трактора або автомобіля?

1	з нерухомими осями валів, планетарні;
2	двохвальні, трьохвальні, чотирьохвальні;
3	з подовжнім розміщенням валів, з поперечним розміщенням валів;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 47.

Як розрізняються коробки передач за кількістю валів?

1	з нерухомими осями валів, планетарні;
2	двохвальні, трьохвальні, чотирьохвальні;
3	з подовжнім розміщенням валів, з поперечним розміщенням валів;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 48.

Як розрізняються коробки передач за принципом перемикування передач?

1	двохходові, трьохходові, чотирьохходові і т.д.;
2	двохвальні, трьохвальні, чотирьохвальні;
3	з подовжнім розміщенням валів, з поперечним розміщенням валів;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 49.

Як розрізняються коробки передач за конструктивним оформленням?

1	двохходові, трьохходові, чотирьохходові і т.д.;
2	в окремому знімному корпусі, у загальному корпусі з іншими механізмами трансмісії;
3	основна, роздавальна, понижуючий (підвищуючий) редуктор, ходозменшувач;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 50.

Як розрізняються коробки передач за призначенням?

1	двохходові, трьохходові, чотирьохходові іт.д.;
2	в окремому знімному корпусі, у загальному корпусі з іншими механізмами трансмісії;
3	основна, роздавальна, понижуючий (підвищуючий) редуктор, ходозменшувач;
4	з рухомими зубчатими колесами, з нерухомими зубчатими колесами постійного зачеплення

Запитання № 51.

На якому тракторі встановлюється чотирьохвальна коробка передач?

1	Т-25А;
2	К-701;
3	Т-150;
4	Т-150К
5	Беларус-2103
6	ХТЗ-3511

Запитання № 52.

Які механізми коробки передач забезпечують передачу крутного моменту через шестерні постійного зачеплення?

1	рухомі зубчаті колеса;
2	механізми блокування;
3	замки-фіксатори;
4	рухомі зубчаті муфти з синхронізаторами, гідропідтискні муфти

Запитання № 53.

Вкажіть значення робочого тиску у гідросистемі коробки передач трактора типу ХТЗ-17221 (Т-150К)

1	(0,95...1,05) МПа;
2	(1,65...2,30) МПа;
3	(0,50...0,60) МПа;
4	(4...10) МПа
5	(14...15) МПа

Запитання № 54.

Вкажіть значення тиску відключення гідропідтискної муфти у гідросистемі коробки передач трактора типу ХТЗ-17221 (Т-150К)

1	(0,95...1,05) МПа;
2	(1,65...2,30) МПа;
3	(0,50...0,60) МПа;
4	(4...10) МПа
5	(14...15) МПа

Запитання № 55.

Вкажіть тиск спрацювання запобіжного клапана гідросистеми коробки передач трактора типу ХТЗ-17221 (Т-150К)

1	(0,95...1,05) МПа;
2	(1,65...2,30) МПа;
3	(0,50...0,60) МПа;
4	(4...10) МПа
5	(14...15) МПа
6	(14...25) МПа

Запитання № 56.

З якою метою використовують реверсування трансмісії в конструкціях сучасних тракторів?

1	для зміни напрямку руху;
2	для зміни крутного моменту за напрямком ;
3	для зміни крутного моменту за величиною;
4	для зміни крутного моменту за напрямком і величиною

Запитання № 57.

Як називаються вали двохвальної коробки передач (на прикладі ХТЗ-17221)?

1	первинний, вторинний;
2	первинний, проміжний;
3	вторинний, проміжний;
4	основний, додатковий

Запитання № 58.

Як називаються вали трьохвальної коробки передач (на прикладі ГАЗ-3307)?

1	первинний, вторинний, допоміжний;
2	основний, проміжний, допоміжний;
3	первинний, проміжний, вторинний;
4	первинний, допоміжний, проміжний

Запитання № 59.

Як називаються вали чотирьох вальної коробки передач?

1	первинний, проміжний, вторинний, допоміжний;
2	первинний, проміжний, основний, допоміжний;
3	основний, допоміжний, вихідний, вхідний;
4	первинний, проміжний, вторинний, вторинний

Запитання № 60.

З якою метою зконструйовано чотирьохвальну коробку передач трактора типу ХТЗ-153?

1	для забезпечення передачі більшого крутного моменту;
2	для здійснення повороту гусеничного трактора;
3	для забезпечення приводу робочих органів машин;
4	для забезпечення реверсу

Запитання № 61.

Для чого призначений збільшувач крутного моменту трактора?

1	для забезпечення розгону трактора з навантаженням на гаку до підвищених робочих швидкостей у два етапи та переборювання короткочасних перенавантажень без перемикання передач;
2	для зміни швидкості руху;
3	для збільшення крутного моменту на тривалий час;
4	для забезпечення передачі крутного моменту до робочих органів машини
5	для збільшення крутного моменту на колінчастому валу двигуна

Запитання № 62.

Вкажіть розмір передаточного числа планетарного редуктора збільшувача крутного моменту трактора типу ДТ-75М?

1	2;
2	2,5;
3	1,25;
4	3

Запитання № 63.

Які фіксовані положення має важіль керування роздавальною коробкою трактора типу Беларус-82.1?

1	передній міст увімкнений, передній міст вимкнений;
2	передній міст увімкнений, нейтральна, передній міст вимкнений;
3	передній міст увімкнений, передній міст підключається автоматично;
4	передній міст вимкнений, передній міст підключається автоматично, передній міст постійно увімкнений;
5	передній міст увімкнений, передній міст підключається не автоматично;

6.1.4. Ведучі мости мобільних машин

Запитання № 64.

Продовжіть визначення: «Ведучі мости тракторів і автомобілів призначені ...»

1	для передачі крутного моменту від коробки передач до ведучих коліс;
2	для розподілу крутного моменту між ведучими колесами;
3	для передачі крутного моменту від коробки передач до ведучих коліс розподілу його між ведучими колесами;
4	для трансформації, розподілу і переносу обертового руху від вторинного валу коробки передач або роздавальної коробки до ведучих коліс, а також для переносу поступального руху від ведучих коліс до остова

Запитання № 65.

При якому значенні буксування коліс заднього моста трактора типу Беларус-82.1 (МТЗ-82) передній міст вмикається автоматично:

1	3%;
2	5% і вище;
3	10% і вище;
4	15% і вище
5	20% і вище

Запитання № 66.

Який вигляд має колісна формула автомобіля типу КамАЗ-5320?

1	3 x 2;
2	4 x 4;
3	6 x 4;
4	10 x 8
5	10 x 10

Запитання № 67.

Який вигляд колісної формули характерний для трактора типу К-701:

1	3К2;
2	4К4;
3	4К2;
4	6К6
5	6К4

Запитання № 68.

Продовжіть визначення: «Головна передача колісних машин призначена для ...»

1	збільшення передаточного числа трансмісії;
2	збільшення передаточного числа трансмісії і крутного моменту і переносу обертового руху до диференціалу;
3	зміни напрямку обертового руху на 90^0 ;
4	збільшення передаточного числа трансмісії і зміни напрямку обертового руху на 90^0

Запитання № 69.

Продовжіть визначення: «Диференціал призначений для ...»

1	розподілу підведеного до нього крутного моменту між вихідними валами і дозволяє обертатися їм з різними кутовими швидкостями;
2	зміни передаточного числа трансмісії;
3	зміни напрямку руху ведучих коліс;
4	забезпечення обертання ведучих коліс з різними кутовими швидкостями

Запитання № 70.

Як розрізняють головні передачі за кількістю пар зубчатих коліс?

1	одинарні, подвоєні;
2	центральні, рознесені;
3	конічні з спіральним зубом, гіпоїдні, циліндричні;
4	одинарні, конічні з спіральним зубом, гіпоїдні, циліндричні

Запитання № 71.

Як розрізняють головні передачі за конструкцією?

1	одинарні, подвоєні;
2	центральні, рознесені;
3	конічні з спіральним зубом, гіпоїдні, циліндричні;
4	одинарні, конічні з спіральним зубом, гіпоїдні, циліндричні;

Запитання № 72.

Яка особливість гіпоїдної головної передачі?

1	зубчаті колеса однакового розміру;
2	осі зубчатих коліс не перетинаються;
3	зубчаті колеса мають спіральний зуб;
4	ведуча шестерня головної передачі меншого діаметра ніж ведена

Запитання № 73.

Як розрізняються диференціали за конструктивною схемою?

1	прості, складні;
2	симетричні, несиметричні;
3	без блокування, з вимушеним блокуванням, самоблокуючі;
4	міжколісні, міжосьові, міжбортові

Запитання № 74.

Як розрізняються диференціали в залежності від розподілу крутного моменту?

1	прості, складні;
2	симетричні, несиметричні;
3	без блокування, з вимушеним блокуванням, самоблокуючі;
4	міжколісні, міжосьові, міжбортові

Запитання № 75.

Як розрізняються диференціали за наявністю і типом блокування?

1	прості, складні;
2	симетричні, несиметричні;
3	без блокування, з вимушеним блокуванням, самоблокуючі;
4	міжколісні, міжосьові, міжбортові

Запитання № 76.

Як розрізняються диференціали за місцем установки?

1	прості, складні;
2	симетричні, несиметричні;
3	без блокування, з вимушеним блокуванням, самоблокуючі;
4	міжколісні, міжосьові, міжбортові

Запитання № 77.

На яких автомобілях встановлюють напіврозвантажені напіввісі?

1	М-2140, ГАЗ-53А, ГАЗ-2410;
2	М-2140, ВАЗ-2106, ГАЗ-2410;
3	ЗІЛ-130, ГАЗ-53А, КамАЗ-5320;
4	М-2141, ГАЗ-53А, ВАЗ-2106

Запитання № 78.

На яких автомобілях встановлюють повністю розвантажені напіввісі?

1	М-2140, ГАЗ-53А, ГАЗ-2410;
2	М-2140, ВАЗ-2106, ГАЗ-2410;
3	ЗІЛ-130, ГАЗ-53А, КамАЗ-5320;
4	М-2141, ГАЗ-53А, ВАЗ-2106

Запитання № 79.

Який тип механізму повороту встановлюють у ведучому мосту трактора типу ВТ-90 (ДТ-75)?

1	фрикційний;
2	планетарний;
3	кінематичний;
4	шарнірний
5	комбінований

Запитання № 80.

Який тип механізму повороту встановлюють у ведучому мосту трактора типу Т-70С?

1	фрикційний;
2	планетарний;
3	кінематичний;
4	шарнірний
5	комбінований

Запитання № 81.

Вкажіть особливість ведучого моста гусеничного трактора з кінематичним механізмом повороту:

1	наявність планетарного механізму повороту;
2	наявність фрикційних муфт;
3	наявність двох головних передач;
4	наявність диференціалу
5	Наявність головної передачі, трьох планетарних передач, насоса змінної продуктивності, гідромотора

Запитання № 82.

Який тип кінцевої передачі використано у ведучому мосту трактора типу ХТЗ-17121 (Т-150К)?

1	ланцюгова;
2	двохступінчата шестеренна;
3	одноступінчата шестеренна;
4	планетарна
5	пасова

Запитання № 83.

Який тип кінцевої передачі використано у ведучому мосту трактора типу ВТ-90 (ДТ-75)?

1	ланцюгова;
2	двохступінчата шестеренна;
3	одноступінчата шестеренна;
4	планетарна
5	пасова

Запитання № 84.

Який тип кінцевої передачі використано у ведучому мосту трактора типу ХТЗ-2511?

1	ланцюгова;
2	двохступінчата шестеренна;
3	одноступінчата шестеренна;
4	планетарна
5	пасова

Запитання № 85.

Який з ведучих мостів трактора К-700 відключається на транспортних операціях?

1	передній;
2	задній;
3	середній;
4	всі
5	жоден

Запитання № 86.

Яка з приведених залежностей використовується для визначення коефіцієнта блокування диференціала?

1	$\frac{M_{відст}}{M_{забіг}}$;
2	$\frac{M_{забіг}}{M_{відст}}$;
3	$\frac{M_T}{M_{k\max}}$;
4	$\frac{M_{k\max}}{M_T}$

Запитання № 87.

Які значення коефіцієнта блокування характерні для диференціалів підвищеного тертя?

1	1...4;
2	2,5...4;
3	2...3;
4	2...5

Запитання № 88.

Який тип диференціала встановлюють у передньому мосту трактора Беларус-82.1 (МТЗ-82)?

1	кулачковий вільного ходу;
2	несиметричний:
3	підвищеного тертя;
4	малого тертя
5	звичайний конічний симетричний

Запитання № 89.

Який тип диференціала встановлюють на тракторі типу ХТЗ-17221 (Т-150К):

1	кулачковий вільного ходу;
2	несиметричний:
3	підвищеного тертя;
4	малого тертя
5	звичайний конічний симетричний

Запитання № 90.

На якому тракторі встановлюють диференціал з механізмом вільного ходу кулачкового типу?

1	Т-150К;
2	К-700;
3	МТЗ-80;
4	ХТЗ-2511
5	ХТЗ-17221
6	ХТЗ-243К

Запитання № 91.

В яких тракторах кінцева передача використовується для зміни дорожнього просвіту?

1	Т-150К, ХТЗ-17221;
2	Т-150, Т-70С;
3	МТЗ-80, ПМЗ-8240;
4	Т-25А, Т-40
5	John Deere-7130
6	ХТЗ-243К

Запитання № 92.

Який з названих тракторів має двохступінчасту кінцеву передачу?

1	Т-150К;
2	ХТЗ-200;
3	Т-70С;
4	Т-40
5	John Deere-7130
6	ХТЗ-243К

Запитання № 93.

У ведучому мосту якого з названих автомобілів використано двохступінчасту головну передачу?

1	ГАЗ-3308;
2	КамАЗ-5320;
3	М-2140;
4	ГАЗ-2410

Запитання № 94.

Яке з коліс трактора типу К-701 відключається від передачі крутного моменту при здійсненні повороту?

1	забігаюче;
2	відстаюче;
3	ліве;
4	праве

6.2. Запитання для підсумкового контролю знань

6.2.1. Трансмисії мобільних машин

1. Доповніть визначення: «Для плавного рушання з місця трактора або автомобіля, зміни його швидкості і напрямку руху, забезпечення тривалої зупинки без вимикання двигуна, виконання або покращення повороту та передачі крутного моменту робочим органам агрегованих із трактором сільськогосподарських машин і приводу робочого обладнання призначена ...».

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом у називному відмінку)

2. Шасі трактора або автомобіля включає наступні складальні одиниці:

1	трансмисія, ходова частина, рульове керування, гальмівна система
2	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач
3	остов, підвіска, рушій
4	ведучий міст, кінцева передача, рушій

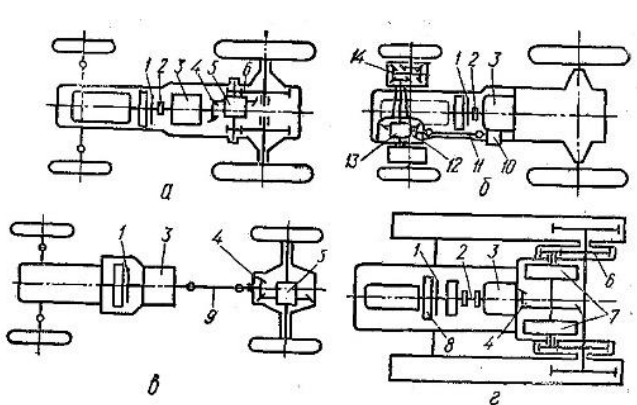
3. Механічну ступінчасту трансмісію характеризують наступні складальні одиниці:

1	гідромурфта, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача
2	гідротрансформатор, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача
3	проміжне з'єднання, генератор, струмопровідна арматура, електродвигун
4	зчеплення, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача
5	гідромурфта, проміжне з'єднання, коробка передач, карданна передача, ведучий міст, кінцева передача, карданна передача
6	проміжне з'єднання, генератор, струмопровідна арматура, електродвигун, кінцева передача

4. Встановіть відповідність принципів схем трансмісій конструктивним особливостям машин:

1. Колісного трактора з двома ведучими мостами	
2. Автомобіля з одним ведучим мостом	
3. Гусеничного трактора	
4. Колісного трактора з одним ведучим мостом	

5. Якими номерами на рисунку позначені:

<p>А. Зчеплення Б. Коробка передач В. Головна передача Г. Диференціал Д. Кінцева передача Е. Карданна передача Є. Проміжне з'єднання Ж. Механізми повороту К. Роздавальна коробка</p>	 <p>The drawing shows a top-down view of a vehicle's drivetrain. It includes a front differential (1), a transmission (2), a driveshaft (3), a rear differential (4), and a rear axle assembly (5). Other components like the front axle (6), steering knuckles (7, 8), and suspension parts (9, 10, 11, 12, 13, 14) are also labeled.</p>
---	--

6. Якими номерами на рисунку позначені:

<p>А - Зчеплення Б - Коробка передач В - Головна передача Г - Проміжне зєднання Д - Кінцева передача Е – Ведуча зірочка Є - Роздавальна коробка Ж - Механізми повороту</p>	 <p>The drawing shows a detailed view of a mechanical transmission. It features a main shaft (1) with gears (2, 3, 4, 5) and a secondary shaft (6) with gears (7, 8). The components are labeled with numbers 1 through 8.</p>
---	--

7. Передача крутного моменту з допомогою рідини здійснюється

1	в механічній трансмісії
2	в електричній трансмісії
3	в гідравлічній трансмісії
4	в комбінованій трансмісії

8. Перетворююча дія трансмісії характеризується

1	частотою обертання вихідного валу
2	крутним моментом
3	потужністю, яка передається
4	передавальним числом

6.2.2. Зчеплення

9. Добираючи необхідні слова, або словосполучення закінчіть визначення: «Для забезпечення роз'єднання і плавного з'єднання трансмісії з двигуном та запобігання перевантажень двигуна і трансмісії служить ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом у називному відмінку)

10. Запишіть залежність для визначення коефіцієнта запасу зчеплення β , якщо момент тертя позначається як M_T , а максимальний крутний момент двигуна - $M_{K \max}$:

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь з допомогою редактора формул)

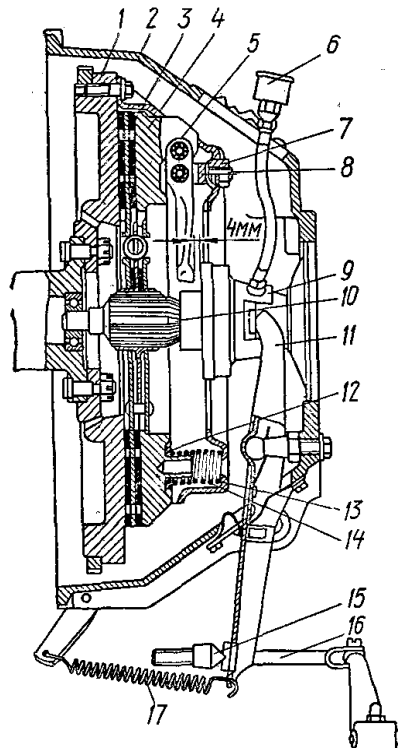
11. Дайте відповідь на запитання: «Яких числових значень набуває коефіцієнт запасу зчеплення для сучасних тракторів і автомобілів?»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь числовими межами у вигляді а...б)

12. Розпізнайте типи зчеплень зображені на рисунку:

<p>1. Двопотокове 2. Непостійно замкнуте 3. Однодискове 4. Дводискове</p>	
---	--

13. Які деталі зчеплення змінюють своє положення під час регулювання вільного ходу педалі зчеплення?



14. Вкажіть значення показників для зчеплення:

А. Зазор між відводкою і відтискними важелями, мм	1. 0,1...0,4
Б. Неплощинність відтискних важелів, мм	2. 1...2
В. Коефіцієнт запасу зчеплення сучасних тракторів і автомобілів	3. 1,5...4,0
	4. 2,5...4,0

15. Застосування багатодискових зчеплень пов'язано з ...:

1	необхідністю підведення крутного моменту до різних споживачів
2	необхідністю відбору крутного моменту двигуна різної величини
3	необхідністю передачі значного крутного моменту при обмежених розмірах зчеплення
4	забезпеченням задовільної віддачі тепла при пробуксовці зчеплення

16. Застосування двопотокових зчеплень пов'язане з ...:

1	необхідністю підведення крутного моменту до різних споживачів
2	необхідністю відбору крутного моменту двигуна різної величини
3	необхідністю передачі значного крутного моменту
4	забезпеченням задовільної віддачі тепла

6.2.3. Коробки передач, карданні передачі, проміжні з'єднання

17. Доповніть визначення: «Для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, а розміщені під певним кутом, або можуть мати відносне зміщення служить ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів у називному відмінку)

18. Доповніть визначення: «Для передачі крутного моменту між валами, осі яких не співпадають, або можуть змінювати своє положення в процесі роботи служить ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів у називному відмінку)

19. Яку кількість валів має коробка передач трактора ХТЗ-17221?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь цифрою)

20. Яку кількість валів має коробка передач трактора Т-150?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь цифрою)

21. Яку кількість валів має коробка передач автомобіля ГАЗ-53?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь цифрою)

22. Які значення передаточного числа коробки передач i характерні для ...:

А. Прямої передачі	1. $i < 1$
Б. Підвищуючої передачі	2. $i = 1$
В. Понижуючої передачі	3. $i > 1$
	4. $i = 0$

23. Розставте у відповідності до прийнятих позначень назви конструктивних елементів коробки передач:

<p>А. Первинний вал Б. Вторинний вал В. Нерухомі зубчаті колеса Г. Рухомі зубчаті колеса (каретки) Д. Зубчата муфта Е. Проміжна шестерня заднього ходу</p>	
---	--

24. Встановіть відповідність відомих способів перемикавання передач наведеним на рисунку схемам:

<p>1. Фрикційною муфтою 2. Переміщенням зубчатого колеса (каретки) 3. Зубчатою муфтою</p>	
---	--

25. Розставте у відповідності до прийнятих позначень назви конструктивних елементів коробки передач:

<p>А. Первинний вал Б. Вторинний вал В. Нерухомі зубчаті колеса Г. Рухомі зубчаті колеса (каретки) Д. Зубчата муфта Е. Зубчатий вінець маточини Є. Зубчаті колеса постійного зачеплення Ж. Фрикційні диски</p>	
--	--

26. Вкажіть позиції, якими на малюнку позначено:

<p>А - Карданний вал Б - Компенсуюче з'єднання В - Проміжна опора Г - Карданний шарнір</p>	
--	--

6.2.4. Ведучі мости мобільних машин

27. Доповніть визначення: «Для трансформації, розподілу і переносу обертового руху від вторинного валу коробки передач або роздавальної коробки до ведучих коліс, а також для переносу поступального руху від ведучих коліс до остова служить ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів називному відмінку)

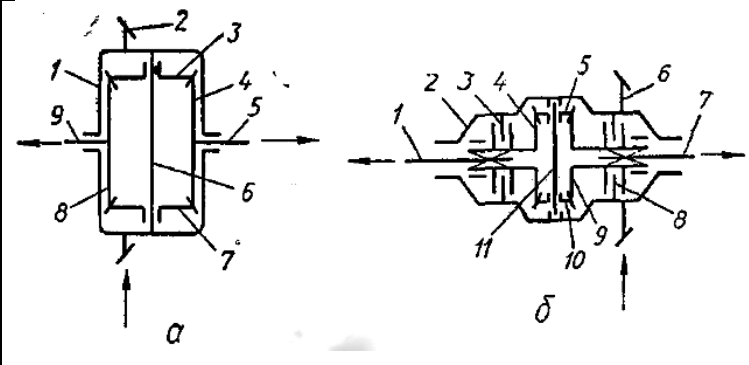
28. Доповніть визначення: «Для збільшення загального передаточного числа трансмісії і, в деяких випадках, для збільшення загального дорожнього просвіту служить ...»

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з двох слів називному відмінку)

29. Назвіть особливість гіпoidної головної передачі

1	зубчаті колеса однакового розміру
2	зубчаті колеса мають спіральний зуб
3	ведуча шестерня меншого діаметру ніж ведена
4	осі зубчатих коліс не перетинаються

30. Вкажіть типи диференціалів ведучих мостів показаних на рисунку:

<p>1. Підвищеного тертя 2 З вимушеним блокуванням 3 Симетричний 4 Простий</p>	
---	--

31. Розставте у відповідності до марок тракторів і автомобілів принципові схеми їх ведучих мостів:

<ol style="list-style-type: none"> 1. ГАЗ-53 2. ЗІЛ-130 3. Т-150 4. Т-150К 5. Т-70С 6. ДТ-75 7. МТЗ-80 8. КамАЗ-5320 9. К-701 	
--	--

32. Який тип диференціалу встановлено у ведучому мосту трактора К-700?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь словосполученням з трьох слів)

33. Спираючись на кінематичну схему трансмісії вкажіть яку кількість ведучих мостів має трактор ХТЗ-17221?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь цифрою)

34. Який з двох ведучих мостів (передній чи задній) трактора К-701 відключається?

(у бланку відповідей впишіть вірну відповідь одним словом у називному відмінку)

6.2.5. Приклади побудови структури правильних відповідей на підсумкові запитання

Запитання № 1.

Встановіть відповідність зображень запропонованим назвам процесів, що протікають у свинцево-кислотному акумуляторі

<p>Вміст H_2SO_4 і H_2O в електроліті ↑ Збільшення ↓ Зменшення</p>	<p>1 – сульфітація; 2 – зарядка; 3 – розрядка; 4 – окислення.</p>
--	--

УВАГА! Правильна відповідь: а-2; б-3.

Запитання № 2.

Вкажіть кількісні значення окремих характеристик системи запалювання:

<p>1. Вкажіть розрахункову напругу мережі на борту машини для задовільної роботи котушки запалювання, В</p> <p>2. Вкажіть оптимальну ємність конденсатора у первинному колі класичної контактної системи запалювання, мкФ</p> <p>3. Вкажіть робочу напругу на електродах свічок запалювання, В</p>	<p>А. 10000...12000 Б. 7...8 В. 0,17...0,25 Г. 12...14</p>
--	---

УВАГА! Правильна відповідь: 1-Б, 2-В, 3-А.

Запитання № 3.

Встановіть відповідність запропонованих назв елементів системи запалювання від магнето позиціям рисунка (одній назві може відповідати кілька позицій рисунка):

<p>А – провідник високої напруги; Б – первинна обмотка котушки запалювання; В – вторинна обмотка котушки запалювання; Г – кулачок переривника; Д – механізм регулювання зазору між контактами переривника;</p>	
--	--

УВАГА! Правильна відповідь: А-7; Б-9; В-10; Г-18; Д-17,20,21.

Запитання № 4.

Розшифруйте маркування акумуляторної батареї:

<p>А – тип акумуляторної батареї; Б – номінальна ємність акумуляторної батареї, А•год; В – кількість акумуляторів в батареї, шт; Г – виконання (конструктивна особливість акумуляторної батареї); Д - матеріал моноблока; Е – матеріал сепаратора.</p>	<p>6 ТСТ – 180 Т МС Н</p>
---	---------------------------

УВАГА! Правильна відповідь: А-тракторна стартерна; Б-180; В-6; Г-несухозаряджена; Д-термопласт; Е-міпласт і скловолокно.

Запитання №5.

Проведіть комплектацію термометрів для вимірювання температури охолодних рідин автомобілів:

Марка автомобіля	Марка датчика	Марка приладу
А - ГАЗ-66-11;	1-ТМ 100 А,В;	а-УК145А;
Б - ВАЗ-2109;	2-11.3842;	б-20.3807;
В – КамАЗ-4310	3-ТМ 106;	в-УК 173;
	4-ТМ 100А	г-36.387

УВАГА! Правильна відповідь: А-1,а; Б-3,б; В-4,г.

6.2.6. Приклад заповнення бланку відповідей на білет

НУБіП України

Ф-7.5-2.1.6-25

«Бланк відповідей на білет»

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
 Факультет інженерії агробіосистем
 Напрямок підготовки 6.100102 - "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва"
 Спеціальність _____
 ОКР бакалавр Курс 2 Група 1
 ПІБ студента БАЛАГАНОВ Борис Петрович
 Дисципліна «Трактори і автомобілі»

Бланк відповідей на білет № 1

№ тестового завдання	Відповіді	Кількість правильних елементів
1	<i>a-2; б-3</i>	
2	<i>1-Б, 2-В, 3-А</i>	
3	<i>А-7; Б-9; В-10; Г-18; Д-17,20,21</i>	
4	<i>А-тракторна стартерна; Б-180; В-6; Г-несухозаряджена; Д-термопласт; Е-міпласт і скловолокно</i>	
5	<i>А-1,а; Б-3,б; В-4,г</i>	
...		
27		
28		
29		
30		
Кількість правильних елементів, $K_{\text{прав}}$		
Загальна кількість еталонних елементів, $K_{\text{заг}}$		
Підсумкова оцінка за атестацію, $R_{\text{ат}} = (K_{\text{прав}}/K_{\text{заг}}) \times 30$		

Підпис студента _____

Підписи НПП,

які проводили атестацію _____ (_____)

_____ (_____)

Дата атестації «__» _____ 20__ р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абдула С.Л. О применении бесступенчатого механизма поворота на гусеничном тракторе общего назначения ХТЗ-200 / С.Л.Абдула, С.П.Гудзь, З.Э.Забельшинский, В.Б.Самородов // Вести академии инженерных наук Украины. – 2006. – №1 (28). Те ж [Електронний ресурс] // www.techstory.ru: [сайт]. – Режим доступа: https://www.techstory.ru/fin/new_xtz_200.htm (дата звернення 29.08.2021). – Назва з екрана.
2. Автобуси ЛАЗ. Автобус ЛАЗ-695Ж [Електронний ресурс] // «LAZ-Legend» [сайт]. – Режим доступу: <http://laz-legend.ru/avtobusy-laz-695/avtobus-laz-695zh.html> (дата звернення 25.07.2021). – Назва з екрана.
3. Автоматическая коробка передач 9G-TRONIC [Електронний ресурс] // «Mercedes-Benz» [сайт]. Режим доступу: <https://www.mercedes-benz.ru/passengercars/mercedes-benz-cars/models/c-class/saloon-w205/comfort.pi.html/mercedes-benz-cars/models/c-class/saloon-w205/comfort/driving-characteristics/9g-tronic> (дата звернення 20.07.2021). – Назва з екрана.
4. Муфта (корзина) сцепления трактора Т-40: схема и регулировка [Електронний ресурс] // «АГРОМАНИЯ» [сайт]. Режим доступу: <https://agromania.com.ua/mufta-korzina-scepleniya-traktora-t-40-skhema-i-regulirovka/>. (дата звернення 19.05.2021). – Назва з екрана.
5. Айтцетмюллер Хайнц. Функциональные свойства и экономичность тракторной и специальной техники с трансмиссиями VDC / Айтцетмюллер Х. //Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 1 (6). – С.20 – 24.

6. Базар Б. Муфти зчеплення. Методичний посібник для учнів ПТНЗ [Електронний ресурс] / Б. Базар під редакцією Каньковського І.Є. // «StudFiles» [сайт]. – Хмельницький: ХНУ, – 2011. – 80 с., іл. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5485141/> (дата звернення 17.05.2021). – Назва з екрана.

7. Бенсинг Тобиас. Трансмиссія VarioDrive [Електронний ресурс] / Тобиас Бесинг // «AGROREPORT»/ Журнал сільхозтехники и обладования. – 27 марта 2018. [сайт]. – Режим доступу: <https://agroreport.ru/columns/ivanov-s/transmissiya-variodyrive/> (дата звернення 22.03.2021). – Назва з екрана.

8. Блог викладача спеціальних дисциплін Забчука Івана Омеляновича. Будова та принцип роботи передніх ведучих мостів [Електронний ресурс]. // [сайт]. – Режим доступу: <https://zabchuk.blogspot.com/2020/03/49.html> (дата звернення 26.08.2021). – Назва з екрана.

9. Блокировка дифференциала заднего моста МТЗ-82.1 // [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://mtz-sibir.ru/traktor_mtz_82.1_blokirovka_differenciala.html (дата звернення 22.08.2021). – Назва з екрана.

10. Бурков В.В. Эксплуатация и техническое обслуживание трактора / К-700 / В.В. Бурков, М.С. Горбунов, В.Е. Гореликов и др. 1969, - 160 с. // Силовая передача трактора К-700 «Кировец». [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://zinref.ru/000_uchebniki/05300_traktora/004_expluatacia_traktora_k_700_burkov_1969/014.htm (дата звернення 09.08.2021). – Назва з екрана.

11. Важливі функції трансмісії e23 від John Deere [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://agroexpert.ua/vazlivi-funkcii->

[transmisii-e23-vid-john-deere/](#) (дата звернення 12.09.2021). – Назва з екрана.

12. Вариатор Мультиатроникс: что внутри у бесступенчатой коробки Audi? [Электронний ресурс] // [сайт]. Режим доступу: <https://auto-ru.ru/variator-multitronik.html> . (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

13. Гидромеханические коробки передач [Электронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://autodoc24.ru/tekhnicheskoe-obsluzhivanie/transmissiya-avtomobilya/gidromehaniicheskie-korobki-peredach-gidrotransformator-planetarnaya-korobka-peredach-ustrojstvo-shemy-princip-i-opisanie-raboty/> . (дата звернення 25.07.2021). – Назва з екрана.

14. Гидромукфта [Электронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%83%D1%84%D1%82%D0%B0> . (дата звернення 08.07.2021). – Назва з екрана.

15. Гидромукфта. Энциклопедия «За рулем» [Электронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://wiki.zr.ru/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%83%D1%84%D1%82%D0%B0> . (дата звернення 08.07.2021). – Назва з екрана.

16. Гидротрансформатор [Электронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80> . (дата звернення 09.07.2021). – Назва з екрана.

17. Головчук А.Ф., Гапченко О.І., Денисюк В.М., Семикоз І.І., Процьков В.З., Трактори. Навчально-наочний посібник для професійно-технічного навчання трактористів-машиністів сільськогосподарського виробництва категорії А [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <http://kras-dnz.org/gallery/%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8.pdf> (дата звернення 11.03.2021). – Назва з екрана.

18. Демультіплікатор [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80> . (дата звернення 02.08.2021). – Назва з екрана.

19. Диференціали [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: http://zinko.lviv.ua/articles/1470899755/_private/Dyferencial.htm (дата звернення 18.08.2021). – Назва з екрана.

20. Электромагнитное сцепление [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://carspec.info/elektromagnitnoe-sceplenie> . (дата звернення 10.05.2021). – Назва з екрана.

21. Элементы трансмиссии в автомобилях – online presentation [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://www.google.com/search?q=%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0+%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9+%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8&tbm=isch&ved=2a>

hUKEwjSxo-CpfvvAhX94bsIHU2TAMEQ2-cCegQIABAA&oq=%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0+%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9+%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8&gs_lcp=CgNpbWcQDFCVo_YC WPLN9gJgmOX2AmgAcAB4AIABmwGIAb0MkgEEMTQuMpgBAKA BAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&sclient=img&ei=lZd1YJKoOv3D7_U PzaaCiAw&bih=937&biw=1920&rlz=1C1SQJL_ruUA789UA789#imgrc=9OB0BTRvKm-f5M (дата звернення 13.04.2021). – Назва з екрана.

22. Загальні відомості про трансмісії і типи трансмісій [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://studopedia.org/index.php?vol=1&post=35408> (дата звернення 15.03.2021). – Назва з екрана.

23. Знакомимся с недостатками и надежностью коробки X-Tronic CVT [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://akppwiki.ru/znakomimsya-s-nedostatkami-i-nadezhnostyu-korobki-x-tronic-cvt.html> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

24. Зчеплення. Зчеплення автомобіля [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://dandm.ru/the-plot-and-garden/sceplenie-sceplenie-avtomobilya-predohranenie-detalei/> (дата звернення 19.05.2021). – Назва з екрана.

25. Как устроен вариатор [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://www.drive.ru/technic/4efb330200f11713001e32e2.html> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

26. Как устроен и работает дифференциал повышенного трения? [Электронный ресурс] // [сайт] – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1689059/> (дата звернення 27.08.2021). – Назва з екрана.

27. Карданні передачі - загальний устрій, типи і застосування карданних передач. Лекція тема: Карданні передачі. Загальний устрій, типи і застосування карданних передач. Типи шарнірів карданних передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://mehanik-ua.ru/lektsiji-transmisiya-i-khodova-chastina/1482-kardanni-peredachi-zagalnij-ustrij-tipi-i-zastosuvannya-kardannikh-peredach.html> (дата звернення 09.08.2021). – Назва з екрана.

28. Колеса гибридных автомобилей [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE> . (дата звернення 03.05.2021). – Назва з екрана.

29. Конспект з предмету будова автомобіля. Технічне обслуговування зчеплення [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://studopedia.org/4-162993.html> . (дата звернення 12.07.2021). – Назва з екрана.

30. Конструкция автомобилей и тракторов. Механизмы управления коробками передач [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: https://studme.org/187871/tehnika/mehanizmy_upravleniya_korobkami_peredach . (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

31. Концепция автомобилей TATRA [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://www.tatra.ru/pochemu-tatra/konceptija->

[avtomobilejj-tatra/koncepcija-avtomobilejj-tatra/](#) . (дата звернення 09.08.2021). – Назва з екрана.

32. Коробка передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://studepedia.org/index.php?vol=3&post=7588> . (дата звернення 20.07.2021). – Назва з екрана.

33. Коробка передач. Сравнение трансмиссий, плюсы и минусы [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://liquimoly.ru/servis/info/korobka-peredach-sravnenie-transmissiy-plyusy-i-minusy/> . (дата звернення 20.07.2021). – Назва з екрана.

34. Коробка передач (МКП и АКП) [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://prokiaceed.ru/kia-ceed/3-9.html> . (дата звернення 23.07.2021). – Назва з екрана.

35. Коробка передач КПП Т-150 устройство [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://loskzapchast.com.ua/index.php?route=journal2/blog/post&journal_blog_post_id=72 (дата звернення 22.07.2021). – Назва з екрана.

36. Коробка передач з подвійним зчепленням [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <http://zauto.com.ua/korobka-peredach-z-podviinym-zcheplenniam/> (дата звернення 27.07.2021). – Назва з екрана.

37. Коробки передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://bstudy.net/747434/tehnika/korobki_peredach. (дата звернення 13.04.2021). – Назва з екрана.

38. Краткие сведения о новинках зарубежного тракторостроения [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://bstudy.net/644064/tehnika/kratkie_svedeniya_novinkah_zarubezhno_go_traktorostroeniya (дата звернення 22.03.2021). – Назва з екрана.

39. Лабораторна робота №12 [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5131081/> (дата звернення 12.08.2021). – Назва з екрана.

40. Лебедєв А. Трактори і автомобілі. Частина II. Електронний підручник / А. Лебедєв, М. Макеренко, С. Савчук та ін [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: http://192.162.132.48:5000/MyWeb/manual/agroingenerija/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/5/5_4.htm (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

41. Лебедєв А. Трактори і автомобілі. Частина II. Електронний підручник / А. Лебедєв, М. Макеренко, С. Савчук та ін [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: http://192.162.132.48:5000/MyWeb/manual/agroingenerija/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/5/5_5.htm (дата звернення 10.08.2021). – Назва з екрана.

42. Лебедєв А. Трактори і автомобілі. Частина II. Електронний підручник / А. Лебедєв, М. Макеренко, С. Савчук та ін [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: http://192.162.132.48:5000/MyWeb/manual/agroingenerija/traktoru_i_avtomobili_I%D0%86_g/5/5_6.htm (дата звернення 24.08.2021). – Назва з екрана.

43. Лебедєв А.Т. Трактори та автомобілі. Частина 3. Шасі / А.Т. Лебедєв, В.М. Антощенков, М.Ф. Бойко та ін [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: https://www.studmed.ru/view/lebedyev-at-antoschenkov-vm-boyko-mf-ta-n-traktori-ta-avtomobl-chastina-3-shas_bf62202f5b0.html?page=8 (дата звернення 21.06.2021). – Назва з екрана.

44. Лебедєв А.Т. Трактори і автомобілі. Частина 3. Шасі. // А.Т. Лебедєв, В.М. Антощенко, М.Ф. Бойко та ін [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <https://docplayer.net/68985581-Dopushcheno-ministerstvom-agrarnoyi-politiki-ukrayini-yak-navchalniy-posibnik-dlya-pidgotovki-fahivciv-z-napryamu-mehanizaciya-ta-elektrifikaciya-silskogo.html> (дата звернення 23.07.2021). – Назва з екрана.

45. Лекция 13. Трансмиссия тракторов и автомобилей [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://www.belstu.by/Portals/0/userfiles/217/lekcii/13-Lekciya-Transmissiya-traktorov-i-avtomobilej.pdf> (дата звернення 07.04.2021). – Назва з екрана.

46. ЛУКИН А. Бесступенчатые коробки передач тракторов: что используют фермеры Западной Европы? [Електронний ресурс] // [сайт] – Режим доступу: <https://glavpahar.ru/articles/besstupenchatye-korobki-peredach-traktorov-chno-ispolzuyut-fermery-zapadnoy-evropy> (дата звернення 29.03.2021). – Назва з екрана.

47. Магопець С.О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу „Автомобілі” для студентів напряму 6.070106 „Автомобільний транспорт / С.О. Магопець, М.В, Красота, О.В.Бевз, І.В. Шепеленко, О.О. Матвієнко, Аль Соодані Салем М. Муташаїр. Кіровоград: КНТУ, 2014.- 77 [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8701/3/%D0%9C.%D0%B2.%20%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%20%D0%BB.%D1%80.%20%D1%87.%201.pdf> (дата звернення 07.04.2021). – Назва з екрана.

48. МАКАРЕНКО М. Удосконалення тракторних трансмісій / М. Макаренко. The Ukrainian Farmer. – лютий 2011. [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <https://agrotimes.ua/article/udoskonalennya-traktornih-transmisij/> (дата звернення 30.03.2021). – Назва з екрана.

49. Мамедов В. Ведущие мосты грузовиков / В. Мамедов. Основные средства. – 29 сентября 2016. [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <https://os1.ru/article/7105-vedushchie-mosty-gruzovikov> (дата звернення 11.08.2021). – Назва з екрана.

50. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ з вивчення дисципліни «Основи конструкції трактора» та виконання контрольної роботи для студентів спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (Колісні та гусеничні транспортні засоби) усіх форм навчання [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/3407/1/M06631.pdf> (дата звернення 17.03.2021). – Назва з екрана.

51. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. 1. По курсу «Коммутационная аппаратура» необходимо выполнить контрольную работу [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <https://studopedia.info/10-11657.html> (дата звернення 13.04.2021). – Назва з екрана.

52. 5.1.3. Механізм керування ступінчастими коробками передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5775562/page:31/> (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

53. Механизмы ведущих мостов: техобслуживание и основные неисправности [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу:

<https://uralstz.ru/info/mehanizmy-vedushchih-mostov-tehobsluzhivanie-i-osnovnye-neispravnosti> . (дата звернення 11.09.2021). – Назва з екрана.

54. Механізми і технології. Головна передача - типи, види [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://mehanik-ua.ru/leksiji-transmisiya-i-khodova-chastina/1498-golovna-peredacha-tipi-vidi.html> (дата звернення 16.08.2021). – Назва з екрана.

55. Механизмы и технологии. Механізм управління коробкою передач. Управління коробкою передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://mehanik-ua.ru/leksiji-transmisiya-i-khodova-chastina/1492-mekhanizm-upravlinnya-korobkoju-peredach.html> (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

56.. Механическая коробка передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87 (дата звернення 20.07.2021 р.). – Назва з екрана.

57. Мобіло Л.В. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Будівельна техніка» для студентів всіх спеціальностей НУВГП всіх форм навчання / Л.В. Мобіло. НУВГП. – 2017. – 56 с. [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/7677/1/02--01-409.pdf>. (дата звернення 16.03.2021). – Назва з екрана.

58. Многоступенчатые коробки передач [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://studme.org/354310/tehnika/mnogostupenchatye_korobki_peredach . (дата звернення 02.08.2021). – Назва з екрана.

59. Мотор-колесо [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/19_81934_ustroystvo-i-printsip-rabotigibridov.html (дата звернення 03.05.2021). – Назва з екрана.

60. Неисправности и техническое обслуживание сцепления [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://carspec.info/neispravnosti-scepleniya> (дата звернення 12.07.2021). – Назва з екрана.

61. Обозначение вариатора: какие КПП лучше, плюсы и минусы, описание, видео — Рамблер/авто [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://pkfst.ru/raznoe/oboznachenie-variatora-kakie-kpp-luchshe-plyusy-i-minusy-opisanie-video-rambler-avto.html> . (дата звернення 13.04.2021). – Назва з екрана.

62. Описание конструкции автоматической трансмиссии [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <http://www.peugeotbook.ru/40X/405/transmission/automatic/opisanie-konstrukcii-avtomaticheskoy-transmissii> (дата звернення 13.04.2021). – Назва з екрана.

63. Планетарные зубчатые передачи [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: https://studme.org/327605/tehnika/planetarnye_zubchatye_peredachi (дата звернення 26.07.2021). – Назва з екрана.

64. Поворот гусеничных тракторов. Кинематика поворота гусеничного трактора [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: https://ozlib.com/816463/tehnika/povorot_gusenichnyh_traktorov (дата звернення 11.08.2021). – Назва з екрана.

65. Помощничек. (Тема 5. Система живлення. Тема 5. Система живлення. Тема 12. Рульове керування). З А П И Т А Н Н Я для проведення іспиту з дисципліни «Трактори і автомобілі» (Розділ 1.

Конструкція тракторів і автомобілів) для студентів механіко-технологічного факультету (Укладач доцент Шкарівський Г.В.) [Електронний ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступу: <https://mykonspekts.ru/1-122093.html> (дата звернення 19.05.2021). – Назва з екрана.

66. Почему называется дифференциал в автомобиле. Конструкции и принцип работы самоблокирующегося межосевого дифференциала [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://globusks.ru/pochemu-nazyvaetsya-differencial-v-avtomobile-konstrukcii-i/> (дата звернення 18.08.2021). – Назва з екрана.

67. Проміжне з'єднання та карданна передача [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9924324/page:42/> (дата звернення 08.08.2021). – Назва з екрана.

68. Раздаточные коробки [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: https://studref.com/314510/tehnika/razdatochnye_korobki (дата звернення 29.07.2021). – Назва з екрана.

69. Раздаточные коробки [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <https://vostok-agro.info/dokumentatsiya/295-razdatochnye-korobki.html> (дата звернення 01.08.2021). – Назва з екрана.

70. Раздел 2. Трансмиссия [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <http://www.gadt.donntu.org/index.files/studentu/aveltsev/transmissia.pdf> (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

71. Ремонт тракторов К-700, К-700А, К-701, К-702, К-744, Т-150К, МТЗ-1221, Амкодор. Часть 3. Трансмиссия К-700, К-701 [Електронний ресурс] // [сайт]. – Режим доступу: <http://www.k700.biz/articles/remont-i-obsluzhivanie-k-700,-k-701/chast-3.->

[transmissiya-k-700,-k-701.html](#) (дата звернення 09.08.2021). – Назва з екрана.

72. Руководство по ремонту ГАЗель - ГАЗ-2705, 3213, 33021. Картеры ведущих мостов [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://gazel-rukovodstvo.ru/GAZ/kartery-vedusshih-mostov.html> (дата звернення 14.08.2021). – Назва з екрана.

73. Самородов В.Б. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Автомобильный транспорт. – 2012. Вып. 30. – С. 13-22. [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/295/1/02.pdf> (дата звернення 14.03.2021). – Назва з екрана.

74. Синхронизатор (автомобиль) [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_\(%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8C)) (дата звернення 20.07.2021). – Назва з екрана.

75. Строение вариатора [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://www.autoezda.com/2014-08-03-12-15-30/%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80.html> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

76. Строительные машины и оборудование, справочник [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <http://stroytechnics.ru/article/mekhanizmy-transmissii-traktora-i-ikh-naznachenie> (дата звернення 15.03.2021). – Назва з екрана.

77. Строительные машины и оборудование, справочник. Главная муфта сцепления трактора Т-150 [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/glavnaya-mufta-stsepleniya-traktora-t-150> (дата звернення 08.08.2021). – Назва з екрана.

78. Таран І.О. Тенденції та перспективи застосування безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій в шахтних дизелевозах / І.О. Таран, І.Ю. Клименко // НГУ України - С. 206-214. [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://core.ac.uk/download/pdf/132415242.pdf> (дата звернення 04.04.2021). – Назва з екрана.

79. Технічне обслуговування автомобілів: технічне обслуговування механізмів і агрегатів трансмісії. Технічне обслуговування та поточний ремонт агрегатів трансмісії. Ремонт агрегатів трансмісії [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://oborudow.ru/uk/elektrooborudovanie/tehnicheskoe-obsluzhivanie-avtomobilei-tehnicheskoe-obsluzhivanie/> (дата звернення 10.08.2021). – Назва з екрана.

80. Техническое обслуживание механизмов силовой передачи [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://carspec.info/neispravnosti-scepleniya> (дата звернення 12.07.2021). – Назва з екрана.

81. Техническое обслуживание и ремонт сцепления. Ремкам - ремонт автомобилей КамАЗ [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://www.remkam.ru/kammust-16/> (дата звернення 12.07.2021). – Назва з екрана.

82. Техническое обслуживание сцепления. Техническое обслуживание автомобилей [Электронный ресурс] // Строй-Техника.ру

D1%80%2C%20%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%20%D0%BC%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%82%20%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8E,%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%20%D0%B8%20%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BC%20%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F (дата звернення 07.04.2021). – Назва з екрана.

84. Трансмиссия для электромобилей. Lucid представляет характеристики высокоэффективного силового агрегата Air [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://hevcars.com.ua/lucid-predstavlyayet-transmissiyu-air-moshhnostyu-1080-1-s/> (дата звернення 03.05.2021). – Назва з екрана.

85. Трансмиссия для электромобилей. Немецкая компания Bosch запускает производство энергоэффективной трансмиссии USP e-axle для электромобилей [Электронный ресурс] // [сайт]. – Режим доступа: <https://hevcars.com.ua/bosch-zapuskaet-proizvodstvo-energoeffektivnoy-transmissii-usp-e-axle-dlya-elektromobiley/> (дата звернення 03.05.2021). – Назва з екрана.

86. Трансмиссия e23 с функцией Efficiency Manager — Высокая производительность во всем [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://www.facebook.com/agrotek.in.ua/posts/1761153924108148> (дата звернення 19.09.2021). – Назва з екрана.

87. Трансмиссия John Deere [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <http://partneragro-tehnika.com.ua/news/118-transmissija-john-deere> (дата звернення 19.09.2021). – Назва з екрана.

88. Увеличители крутящего момента [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://vostok-agro.info/dokumentatsiya/293-uvelichiteli-krutyashchego-momenta.html> (дата звернення 02.08.2021). – Назва з екрана.

89. Устройство автомобиля. Конструкция, строение, узлы и агрегаты автомобиля. Устройство раздаточной коробки, принцип работы и для чего нужна раздатка [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://znanieavto.ru/uzly/razdatochnaya-korobka.html> (дата звернення 29.07.2021). – Назва з екрана.

90. Устройство автомобилей. Кулачковый дифференциал [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: http://k-a-t.ru/mdk.01.01_transmissia/mosty_7/index.shtml (дата звернення 27.08.2021). – Назва з екрана.

91. Устройство авто. Мосты колесных машин [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/podveska/mosty-kolesny-h-mashin/> (дата звернення 12.08.2021). – Назва з екрана.

92. Устройство авто. Шестиступенчатая механическая коробка передач [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/transmissiya/mechanicheskie-korobki-peredach/> (дата звернення 20.07.2021). – Назва з екрана.

93. Устройство и принцип работы дифференциала Torsen [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/transmissiya/differentsial-i-glavnaya-peredacha/torsen.html> (дата звернення 24.08.2021). – Назва з екрана.

94. Устройство и принцип работы современного гидротрансформатора [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://techautoport.ru/transmissiya/korobka-peredach/gidrotransformator.html> . (дата звернення 09.07.2021). – Назва з екрана.

95. Формула 1 с вариатором и 100 км/ч задним ходом. С чего начались вариаторы и откуда пошли все их победы и беды [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://motor.ru/stories/fl-s-variatorom.htm> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

96. Хелпикс.Орг - Интернет помощник. Лабораторна робота № 3. Зчеплення автомобілів [Электронный ресурс] // HELPIKS.ORG [сайт]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/7-36728.html> . (дата звернення 10.05.2021). – Назва з екрана.

97. Читальный зал. Лабораторная работа — Коробки передач. Раздаточные коробки. Ходоуменьшители [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <http://chitalky.ru/?p=965> (дата звернення 21.07.2021). – Назва з екрана.

98. Что такое вариатор в машине? Плюсы и минусы коробок CVT [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://auto-pos.ru/147-chto-takoe-variator-v-mashine-ego-plyusy-i-minusy.html> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

99. Что такое гипоидная передача [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://completerepair.ru/chto-takoe-gipoidnaya-peredacha> (дата звернення 16.08.2021). – Назва з екрана.

100. Что такое CVT коробка перемены передач [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://akppgid.ru/vse-ob-akpp/cvt-cto-takoe.html> (дата звернення 28.07.2021). – Назва з екрана.

101. ЩЕЛЬЦЫН Н. А. Российский трактор: реальность и перспективы / Н.А. Щельцын. // Тракторы и с.-х. машины. – 2004. – № 5. – С. 3 – 9.

102. Щеренков Г.М. Автотракторные трансмиссии с неразрывным потоком мощности [Текст]: монография / Г.М. Щеренков, Д.С. Карпов. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2015. – 60 с. [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: http://www.yaragrovuz.ru/images/ygsha/employees/tservice/metod_doc/sherrenkov.pdf. (дата звернення 07.04.2021). – Назва з екрана.

103. Fendt Vario - уже 250 000. Пользующаяся успехом трансмиссия теперь установлена на четверти миллиона машин [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: https://www.fendt.com/ru/page_5939_web_ru-RU (дата звернення 22.03.2021). – Назва з екрана.

104. Fendt 900 Vario [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: <https://www.fendt.com/ua/geneva-assets/article/92421/585198-fendt900vario-1901-uk-v2.pdf> (дата звернення 22.03.2021). – Назва з екрана.

105. Карпенко В. В. Аналіз конструкцій приводів зчеплення / В.В. Карпенко [Электронный ресурс] // Те ж [сайт]. – Режим доступа: https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97/2020/Scientific_works_of_students_2020/%D0%9A%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B0_%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1i%D0%BBi%D0%B2_%D1%96%D0%BC.%D0%90.%D0%91.%D0%93%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%81%D0%BA

%D1%83%D0%BB%D0%B0/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D
0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D1%81%D1%82%D0%B0%D1
%82%D1%8C%D1%8F.pdf . (дата звернення 10.05.2021). – Назва з
екрана.

Навчальне видання

Шкарівський Григорій Васильович

ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Навчальний посібник

Видавець ФОП Ямчинський О.В.
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 6554 від 26.12.2018 р.

Формат 60×84 1/16. Тираж 300 пр. Ум. друк. арк. 29,1. Зам. № 87

Виготовлювач ТОВ ЦП «КОМПРИНТ»
03150, Київ, вул. Предславинська, 28
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 0408.2011 р.,