

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни
«Робочі процеси автомобілів»
та виконання контрольних завдань,
для студентів спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»
(«Колісні та гусеничні транспортні засоби»),
усіх форм навчання

2020

Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Робочі процеси автомобілів» та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» («Колісні та гусеничні транспортні засоби»), усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 62 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;
А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі»
Протокол № 8
від « 30 » червня 2020.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 88
від « 31 » серпня 2020.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Робоча програма дисципліни	5
2 Методичні вказівки.....	8
2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни.....	8
2.2 Задачі вивчення дисципліни	9
2.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни.....	10
2.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни	10
2.4.1 Тема 1. Вступ до курсу. Технічні основи проектування автотранспортних засобів	12
2.4.2 Тема 2. Схеми трансмісій і навантажувальні режими	15
2.4.3 Тема 3. Зчеплення	18
2.4.4 Тема 4. Коробка передач.....	20
2.4.5 Тема 5. Роздавальні і додаткові коробки передач.....	23
2.4.6 Тема 6. Безступінчасті й комбіновані передачі.....	25
2.4.7 Тема 7. Головна передача і привод до ведучих коліс	28
2.4.8 Тема 8. Диференціал	30
2.4.9 Тема 9. Карданна передача	32
2.4.10 Тема 10. Рульове управління	35
2.4.11 Тема 11. Гальмове управління.....	39
2.4.12 Тема 12. Підвіска	43
2.4.13 Тема 13. Колеса й шини.....	45
2.4.14 Тема 14. Кузов і рама.....	48
2.4.15 Тема 15. Вібрації та шум в автомобілі	52
3 Завдання на контрольні роботи	55
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	57
5 Рекомендована література	58
Базова	58
Допоміжна	59
6 Інформаційні ресурси	61

ВСТУП

В результаті інтенсивного вдосконалювання конструкцій автомобілів, більш частого відновлення моделей що випускаються, додання їм високих споживчих якостей, виникає необхідність підвищення рівня підготовки майбутніх інженерів за фахом «Колісні та гусеничні транспортні засоби».

Тому при розробці даного курсу - «Робочі процеси автомобілів», автори ставили перед собою завдання викладу основних інженерних відомостей, необхідних майбутньому інженеру для конструювання й розрахунків автомобіля.

При цьому велику увагу приділено розгляду динамічних процесів, що протікають в окремих агрегатах і автомобілі в цілому, що дає можливість повніше оцінити вплив різних конструктивних факторів і правильно підійти до вибору оптимальних параметрів при конструюванні автомобіля.

Вивченню даного курсу повинне передувати вивчення загального устрою автомобіля, а також загальнотехнічних дисциплін.

У пропонованому курсі лекцій розглядаються питання конструювання, розрахунків і практичного застосування вузлів і агрегатів автомобіля відповідно до сучасних вимог. Виклад теоретичних основ ілюструється практичними прикладами аналізу, розрахунків і конструювання сучасних агрегатів автомобіля.

Комплексний характер даного лекційного курсу, природно, не дозволяє повністю вичерпати всі питання, що відносяться до розрахунків кожного типу автомобіля. Тут розглядаються лише загальні питання проектувальних і перевірочних розрахунків, конструювання й експлуатації окремих агрегатів, які можуть знайти застосування як у навчальному процесі, так і надалі при інженерній роботі випускників.

Враховуючи величезний ріст інформації в області теорії, розрахунків і конструкції автомобілів, автори визнали за можливе не захащувати даний курс надмірним математичним апаратом, а відносно конструктивних рішень, використовуваних у серійному виробництві автомобілів, обмежилися або типовими, або найбільш новими варіантами.

Даний конспект лекцій повинен допомогти студентам легко орієнтуватися в посібниках та довідниках з питань конструювання й розрахунків на міцність агрегатів автомобіля.

1 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Наведені назви змістових модулів та найменування тем дисципліни для самостійного вивчення. Навчальним планом дисципліни, для самостійного вивчення тем лекцій, передбачено час для студентів денної форми навчання - 165 годин, заочної – 239 годин.

Далі для кожної теми вказано час самостійної роботи студентів денної форми навчання. Також наведений перелік питань, які повинні бути самостійно розглянуті студентом при вивченні обраної теми.

Змістовий модуль 1. Основи проектування автомобілів.

Тема 1. Вступ до курсу. Технічні основи проектування автотранспортних засобів (2 год.)

Предмет і завдання дисципліни. Структура курсу, його зв'язок з іншими дисциплінами. Технічні основи проектування автотранспортних засобів: стадії проектування; загальні положення; технічне завдання; ескізний проект; технічний проект; робоча документація; порядок постановки автомобілів на виробництво; стандартизація в автомобілебудуванні; уніфікація виробів; агрегування.

Тема 2. Схеми трансмісій і навантажувальні режими (4 год.)

Основні вимоги до трансмісій автомобілів. Схеми трансмісій автомобілів. Характер пошкоджень і види розрахунків деталей автомобілів. Розрахункові схеми для аналізу динамічної навантаженості трансмісій. Визначення максимальних навантажень в трансмісії. Навантажувальний режим при розрахунках трансмісії на довговічність.

Тема 3. Зчеплення (4 год.)

Класифікація зчеплень. Вимоги до зчеплень. Робочий процес фрикційного дискового зчеплення: включений та виключений стан зчеплення; включення зчеплення; вимикання зчеплення. Робочий процес комбінованого зчеплення (фрикційного з гідродинамічною передачею). Автоматизація керування зчепленням. Розрахунки на працездатність.

Тема 4. Коробка передач (4 год.)

Класифікація коробок передач. Вимоги до коробок передач. Робочий процес механічної ступінчастої коробки передач (із зубчастим механізмом з нерухливими осями зубчастих коліс). Включений стан коробки передач. Включення передач. Автоматизація механічних ступінчастих коробок передач. Особливості робочого процесу планетарної коробки передач. Розрахунки на працездатність.

Змістовий модуль 2. Елементи трансмісії.

Тема 5. Роздавальні і додаткові коробки передач (4 год.)

Вимоги до конструкції, класифікація. Кінематичні схеми і конструкції. Міжосьові диференціали. Елементи управління роздавальними коробками. Додаткові коробки передач. Вибір розмірів і розрахунків основних деталей.

Тема 6. Безступінчасті й комбіновані передачі (4 год.)

Класифікація безступінчастих і комбінованих передач. Фрикційні передачі. Гідрооб'ємні (гідростатичні) передачі. Електричні передачі. Гідродинамічні передачі. Робочий процес гідротрансформатора. Сталі режими роботи. Несталі режими роботи. Гідромеханічні коробки передач.

Тема 7. Головна передача і привод до ведучих коліс (4 год.)

Вимоги до конструкції, класифікація. Конструкції головних передач і їх елементів. Робочий процес головних передач. Вибір конструктивних параметрів і розрахунків головних передач. Міжколісні диференціали. Привод до ведучих коліс.

Тема 8. Диференціал (4 год.)

Класифікація диференціалів і вимоги до них. Робочий процес диференціала: коефіцієнт блокування й ККД; диференціали інших схем; вплив диференціала на експлуатаційні властивості. автомобілів. Розрахунки на працездатність.

Змістовий модуль 3. Системи управління і підвіска.

Тема 9. Карданна передача (4 год.)

Класифікація карданних передач і вимоги до них. Робочий процес карданних передач: карданні шарніри; вібрації карданних передач. Розрахунки на працездатність.

Тема 10. Рульове управління (4 год.)

Класифікація рулевих управлінь і вимоги до них. Робочий процес рулевого управління з керованими колесами. Основні параметри робочого процесу. Рульовий привод. Рульові механізми. Підсилювачі рулевого управління. Розрахунки на працездатність.

Тема 11. Гальмове управління (4 год.)

Класифікація гальмового управління й вимоги до нього. Робочий процес гальмових механізмів: барабанні, колодкові гальмові механізми; дискові гальмові механізми; гідродинамічні гальмові механізми. Порівняльний аналіз механічних гальмових механізмів. Розрахунки гальмових механізмів на нагрівання. Гальмові приводи. Регулятор гальмових сил. Антиблокувальна система. Розрахунки на працездатність.

Тема 12. Підвіска (4 год.)

Класифікація підвісок і вимоги до них. Робочий процес підвіски: напрямний пристрій підвіски; пружний пристрій підвіски; пристрій гасіння коливань підвіски; керовані підвіски. Розрахунки на працездатність.

Змістовий модуль 4. Елементи кузова та ходової частини.

Тема 13. Колеса й шини (2 год.)

Загальні відомості. Пневматичні шини: класифікація шин; позначення і вибір шин. Колеса: призначення, вимоги, класифікації; обіддя; позначення коліс; кріплення коліс; маточини. Регулювання тиску повітря в шинах.

Тема 14. Кузов і рама (2 год.)

Класифікація кузовів і рам, вимоги до них. Основи розрахунків кузовів і рам. Розрахунки на працездатність.

Тема 15. Вібрації та шум в автомобілі (2 год.)

Оцінка вібрацій і шуму. Вплив вібрацій і шуму в автомобілі, їх джерела: вплив вібрацій і шуму; джерела вібрацій; джерела шуму. Шляхи зниження вібрацій і внутрішнього шуму; шляхи зниження вібрацій; шляхи зниження внутрішнього шуму.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

2.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни

Метою викладання дисципліни є підготовка майбутніх фахівців в областях робочих процесів, оцінки конструкцій і розрахунку агрегатів трансмісії автомобілів відповідно до вимог надійності та формування експлуатаційних властивостей автомобіля, щоб вони могли приймати технічно обґрунтовані рішення щодо вибору способів експлуатації, сервісу і ремонту агрегатів трансмісії для рухомого складу автотранспорту з метою економії паливно-енергетичних ресурсів, інтенсифікації технологічних процесів і ефективного захисту навколишнього середовища.

На практичних та лабораторних заняттях проводиться закріплення і розширення обсягу знань, отриманих як на лекціях так і під час самостійної роботи студентів, а також отримання практичних навичок розрахунку основних систем автомобіля.

Практичні розрахунки по робочим процесам автотранспортних засобів (АТЗ) є однією з форм самостійного навчання студентів і служать для вивчення параметрів, характеристик і робочих процесів агрегатів і систем АТЗ; оцінки впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на робочі процеси АТЗ, а також для розвитку навичок розрахунку систем і агрегатів автомобілів.

Завершальним елементом підготовки є виконання курсового проекту по робочим процесам автомобілів, що дає студентові можливість самостійно застосувати отримані знання й навички при вирішенні конкретного проектного завдання по реальній тематиці.

2.2 Задачі вивчення дисципліни

Задача навчальної дисципліни полягає в ознайомленні студентів з основними вимогами до конструкцій автомобілів і причепів, їх техніко-економічною та експлуатаційною оцінкою, розвиненні навичок з критичного аналізу нових конструкцій; наданні відомостей про навантажувальні та розрахункові режими вузлів автомобілів і причепів, що мають місце в різних умовах експлуатації; у формуванні у студентів знань про робочі процеси і сучасні методи розрахунку елементів автомобіля на міцність, жорсткість, витривалість, довговічність, нагрів.

Шляхом виконання лабораторних, практичних та курсових робіт, передбачено набуття студентами практичних вмінь та навичок виконувати розрахунки функціональних параметрів систем, агрегатів і механізмів автомобіля, оцінювати величини навантажень, напруг та ймовірний знос деталей, визначати тенденції розвитку конструкції і застосування матеріалів в сучасному автомобілебудуванні.

У результаті вивчення курсу «Робочі процеси автомобілів» студент повинний **знати**:

- умови руху автомобілів та їх зв'язок з розрахунковими моделями і навантаженнями в вузлах і агрегатах;
- розрахункові моделі, навантажувальні режими автомобільного зчеплення і його приводу;
- розрахункові моделі, навантажувальні режими механічних, автоматичних коробок передач і роздавальних коробок;
- розрахункові моделі, навантажувальні режими карданних передач, головних передач та диференціалів;
- розрахункові моделі, навантажувальні режими приводу коліс, елементів рульового управління, елементів гальмівної системи та її приводу;
- розрахункові моделі, навантажувальні режими елементів підвіски автомобіля, мостів, несучих систем, вузлів та агрегатів шасі;
- причинно-наслідкові зв'язки між режимами роботи елементів шасі автомобіля та їх працездатністю (надійністю).

Вміти:

- застосовувати розрахункові моделі вузлів і агрегатів шасі автомобіля;
- встановлювати навантажувальний режим роботи вузлів і аг-

- регатів шасі автомобіля;
- аналізувати роботу вузлів і агрегатів шасі автомобіля з урахуванням застосування їх розрахункових моделей;
- проводити дослідження функціонування вузлів і агрегатів автомобіля.

2.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни «Робочі процеси автомобілів» базується на знаннях наступних курсів: «Вища математика», «Фізика», «Автомобілі. Основи конструкції», «Деталі машин», «Опір матеріалів», «Теорія автоматичних систем автомобіля», «Теоретичні основи теплотехніки».

В процесі викладання дисципліни, в якості технічних засобів, використовується клас, обладнаний персональними комп'ютерами типу IBM PC, та матеріально-технічне забезпечення кафедри Автомобілі: розрізи двигунів автомобілів, дослідні стенди, вимірювальне обладнання та інструмент. Успішне вивчення дисципліни передбачає також використання сучасних інформаційних технологій (Internet).

2.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни

Викладання дисципліни передбачає наступні форми організації навчального процесу: лекції, лабораторні та практичні заняття, самостійну роботу студента, консультації.

Робота на лабораторних та практичних заняттях передбачає активну участь студента в освоєнні поставлених завдань. Для підготовки до занять рекомендується звертати увагу на проблемні питання, що піднімаються викладачем під час лекції, і групувати інформацію навколо них.

Бажано виділяти у використовуваній літературі постановки питань, на які різними авторами можуть бути дані різні оцінки. На підставі постановки таких питань слід обирати аргументи на користь різних варіантів вирішення поставлених проблем.

У текстах авторів, таким чином, слід виділяти наступні компоненти:

- постановка проблеми;

- варіанти рішень;
- аргументи на користь тих або інших варіантів рішень.

На основі виділення цих елементів простіше становити власну аргументовану позицію по розглянутому питанню. При роботі з невідомими термінами необхідно звертатися до словників, у тому числі доступних в Інтернеті.

При написанні рефератів (контрольних робіт), у матеріалі слід виділити невелику кількість (не більше 5) проблем, що зацікавили Вас, і згрупувати матеріал навколо них. Слід домагатися чіткого розмежування окремих проблем і виділення їх часткових моментів.

При підготовці до лабораторних та практичних занять Вам може знадобитися матеріал, що вивчався раніше, тому варто звертатися до відповідних джерел (підручників, монографій, статей).

Письмова домашня робота (розрахунково-графічне завдання) можуть бути як індивідуальними так і загальними.

При підготовці до іспиту необхідно опиратися насамперед на лекційні заняття, а також на джерела, які розбиралися на заняттях протягом семестру.

Самостійна робота студента виконується за завданням і при методичному керівництві викладача, але без його особистої участі. Самостійна робота підрозділяється на самостійну роботу на аудиторних заняттях і на позааудиторну самостійну роботу.

Самостійна робота студента включає як повністю самостійне освоєння окремих тем (розділів) дисципліни, так і пророблення тем (розділів), освоєваних під час аудиторної роботи. Під час самостійної роботи, студенти читають і конспектують навчальну, наукову й довідкову літературу, виконують завдання, спрямовані на закріплення знань і відпрацьовування вмінь і навичок, готуються до поточного й проміжного контролю по дисципліні.

При вивченні тем курсу наведених нижче, студентів необхідно повторити лекційний навчальний матеріал, вивчити рекомендовану літературу, а також навчальний матеріал, наявний в зазначених інформаційних ресурсах.

На завершальному етапі вивчення кожного модуля необхідно, скориставшись запропонованими питаннями для самоконтролю, перевірити якість засвоєння навчального матеріалу. У випадку утруднення у відповідях на поставлені питання рекомендується повторити навчальний матеріал.

Після вивчення всіх модулів приступити до виконання контрольної роботи, керуючись методичними рекомендаціями з її виконання.

По завершенню вивчення навчальної дисципліни в семестрі студент зобов'язаний пройти проміжну атестацію. Вид проміжної атестації визначається робочим навчальним планом. До проміжної атестації допускаються студенти, що виконали вимоги робочого навчального плану.

2.4.1 Тема 1. Вступ до курсу. Технічні основи проектування автотранспортних засобів

Література: [1]-[8]; [10] с. 10-31.

Перш ніж перейти до вивчення робочих процесів і пов'язаних з ними питань по кожному механізму або системі, розглянемо деякі загальні питання.

Кількість і якість автомобілів. Оцінюючи кількість автомобілів у якій-небудь країні, звичайно мають на увазі її автомобільну промисловість, тобто щорічне виробництво й продаж нових автомобілів, а також завезених з-за кордону (нових і старих), і її автомобільний парк, тобто кількість автомобілів, що складають зареєстрований рухомий склад автомобільного транспорту.

Автомобілі класифікують в основному по наступних ознаках:

- **призначенню:** транспортні, спеціальні, гоночні. Транспортні автомобілі ділять на вантажні (загального призначення й спеціалізовані), пасажирські (легкові й автобуси), вантажопа-сажирські;
- **вантажопідйомності** - на 5 класів для вантажних автомобілів;
- **робочому об'єму двигуна** - для легкових автомобілів;
- **габаритній довжині** - для автобусів (по класифікації ЄЕК ООН - на 3 класи або категорії: пасажирські - М₁, М₂, М₃; вантажні - N₁, N₂, N₃, а приче-пи й напівприче-пи - O₁, O₂, O₃, O₄ - на 4 класи);
- **прохідності:** обмеженої (дорожньої й позашляхової), підвищеної, високої прохідності.

Аналізуючи загальну кількість автомобілів, звичайно виділяють в окремі групи легкові автомобілі, вантажні автомобілі, автобуси.

Робочий процес. Сукупність фізичних, фізико-хімічних та інших явищ, що виникають в агрегатах і системах, їх послідовність, причинність, взаємозв'язок - називається *робочим процесом*. Вивчення робочого процесу механізмів і систем автомобіля відбувається на основі аналізу схем діючих сил і математичних залежностей з визначенням вихідних характеристик, які беруть участь у формуванні експлуатаційних властивостей автомобіля.

Для математичного опису основних особливостей робочого процесу агрегатів, механізмів і систем шасі, при використанні умови рівноваги системи, складають схему сил.

При аналізі робочого процесу систем і підсистем з автоматичним регулюванням додатково проводиться дослідження стійкості, швидкодії й точності роботи системи.

Вихідні характеристики для механічних систем звичайно мають вигляд залежностей силових параметрів: зовнішніх сил P (або моментів M) від кінематичних: f , v (або ω). У вихідні характеристики входять також функції, що дозволяють оцінити економічність агрегату або системи, наприклад питома витрата палива для теплових двигунів, ККД для передач, тощо. Коливальні процеси звичайно оцінюються за допомогою амплітудно-частотних характеристик.

Використовуються й інші види характеристик. Необхідно також мати інформацію про граничні умови для вихідних характеристик і про ступінь впливу на них умов експлуатації: температури, вологості, тривалості роботи, тощо.

Розрізняють статичні й динамічні вихідні характеристики. Перші одержують без обліку впливу фактора часу, другі - з обліком або залежно від часу.

Таким чином, у розрахунки вихідних характеристик повинні входити: визначення номінальних статичних (і динамічних) характеристик; розрахунки (якщо це необхідно) характеристик, що дозволяють оцінити коливальні процеси й роботу автоматичних підсистем; визначення ступеня впливу можливих умов експлуатації на параметри вихідних характеристик.

Загальні поняття. *Працездатність деталей* - це здатність виконувати задані функції в межах технічних вимог. Її оцінюють по міцності, твердості, зносостійкості, теплостійкості, вібростійкості, корозійній стійкості.

Різні деталі зазнають різних впливів, і в кожному конкретному

випадку якісь із впливів є основними. Так, корозія, поряд з міцністю й твердістю, повинна враховуватися при оцінці працездатності кузова й рами, а іноді й деяких інших деталей, зносу й теплостійкість - при оцінці працездатності зчеплення й гальмових механізмів (для поверхонь тертя).

Розрізняють **навантажувальні й розрахункові режими**. Навантажувальний режим характеризує реальні навантаження, які випробовують деталі й агрегати автомобіля під час експлуатації. Розрахунковим називається реальний або умовний навантажувальний режим, прийнятий при розрахунках деталей автомобіля на працездатність.

Розрахунковий режим установлюється на основі аналізу навантажувальних режимів. Для різних агрегатів і систем автомобіля використовують різні розрахункові режими.

В остаточному підсумку при використанні будь-якого виробу головним є ефективність використання цього виробу, яку можна оцінювати такими узагальненими критеріями, як продуктивність, економічність, непошкоджуваність. Підвищення ефективності використання забезпечується, зокрема, підвищенням якості виробу. Під якістю виробу звичайно розуміється сукупність усіх властивостей, необхідних для всебічної оцінки виробу на відповідність призначенню й пропонуваним вимогам.

Властивості - це кількісні або якісні характеристики виробів, властиві їм, що й проявляються в певних умовах взаємодії з іншими виробами, об'єктами, явищами. Звичайно виділяють чотири групи властивостей виробів: функціональні, техніко-економічні, надійність і споживчі.

Функціональні - властивості, необхідні для функціонування виробу й визначальні якість виконання їм своїх функцій.

Техніко-економічні - властивості, що визначають величину витрат, необхідних для створення й функціонування виробу.

Надійність - властивість виробу зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонту, зберігання й транспортування. Надійність поєднує поняття безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, зберігання.

Споживчі - властивості, що задовольняють запитам споживачів.

Питання для самоперевірки

1. По яких ознаках класифікують автомобілі?
2. Що називається робочим процесом?
3. На основі чого відбувається вивчення робочого процесу механізмів і систем автомобіля?
4. Що розуміють під працездатністю деталей?
5. В чому полягає різниця між навантажувальним й розрахунковим режимами?

2.4.2 Тема 2. Схеми трансмісій і навантажувальні режими

Література: [9], с. 4-11; [11], с. 7-43.

Трансмісія автомобіля - це сукупність агрегатів і механізмів, що передають потужність двигуна ведучим колесам, та змінюють її параметри: крутний момент, частоту й напрямок обертання.

Трансмісія повинна забезпечувати: достатній діапазон регулювання переданого до ведучих коліс моменту при високому коефіцієнті корисної дії; можливість рушання з місця; рух заднім ходом; як короткочасний, так і тривалий холостий хід двигуна.

У найпоширенішому варіанті трансмісія включає наступні агрегати й механізми: зчеплення; коробку передач; карданну передачу; головну передачу; диференціал; вали ведучих коліс.

Зчеплення передає крутний момент двигуна й служить для тимчасового від'єднання трансмісії від працюючого двигуна, а також для плавного їхнього з'єднання. Від'єднувати трансмісію від двигуна необхідно при зупинці й гальмуванні автомобіля й при перемиканні передач; плавно з'єднувати їх - при рушанні автомобіля з місця і після включення передач. Крім того, зчеплення оберігає деталі трансмісії від значних перевантажень інерційним моментом, створюваним обертовими масами двигуна при різкому уповільненні обертання колінчастого вала.

Коробка передач призначена для перетворення крутного моменту двигуна й тривалого від'єднання двигуна від ведучих коліс.

Карданна передача служить для передачі потужності агрегатам трансмісії автомобіля, осі валів яких не лежать на одній прямій або

можуть змінювати своє взаємне розташування при русі автомобіля. Карданна передача складається з карданних шарнірів, валів і проміжних опор.

Головна передача призначена для перетворення крутного моменту, переданого від коробки передач ведучим колесам. У найпоширеніших трансмісіях головна передача забезпечує передачу моменту від карданного вала ведучим колесам під кутом 90° . Головна передача являє собою шестерний редуктор з постійним або змінюваним передаточним числом.

Диференціал служить для розподілу в заданому співвідношенні підведеного до нього крутного моменту між вихідними валами. Диференціал дозволяє обертатися вихідним валам з різною кутовою швидкістю. Диференціал, установлений між правим і лівим ведучими колесами одного мосту, називається міжколісним. Диференціал, установлений між ведучими мостами автомобіля, називається міжосьовим.

Вали ведучих коліс передають момент від диференціала до ведучих коліс.

Трансмісії автомобілів розділяють по типу перетворювача моменту, по місцю розташування двигуна, числу й розташуванню ведучих мостів. По типу перетворювача моменту трансмісії діляться на дві групи: механічні східчасті й безступінчасті.

Механічна східчаста трансмісія має перетворювач моменту у вигляді коробок передач, що змінює передаточне число між вхідним і вихідним валами за рахунок перемикання шестірень. Передаточне число в таких трансмісіях на кожному ступені постійне.

Такі трансмісії є найбільш простими, мають найменшу вартість, високий ступінь надійності, тому одержали найбільше поширення. До недоліків східчастих механічних трансмісій слід віднести ступінчастість передаточного числа й, відповідно, складність керування при великій кількості ступенів у коробці передач.

Безступінчаста трансмісія має перетворювач моменту у вигляді пристрою, що плавно змінює передаточне число між вхідним і вихідними валами. Така трансмісія дозволяє плавно змінювати передаточне число між валами у всьому діапазоні регулювання або у вузькому. В останньому випадку повний діапазон регулювання забезпечується за рахунок додаткової східчастої коробки передач.

На автомобілях застосовують наступні типи безступінчастих трансмісій: гідромеханічні; електромеханічні; гідрооб'ємні; механічні.

Найбільш широке поширення одержали гідромеханічні трансмісії.

Гідромеханічна передача складається з гідродинамічної і механічної передач. Гідродинамічні передачі діляться на гідротрансформатори й гідромуфти. Гідромуфта містить два лопатеві колеса (насос і турбіну) і може змінювати тільки кінематичне передатне відношення.

Гідротрансформатор має не менш трьох лопатевих коліс (насос, турбіна й реактор), причому останній обов'язково повинен бути з'єднаний із зовнішньою опорою. Це дозволяє за допомогою гідротрансформатора безступінчасто змінювати кінематичне й силове передатні відношення між вхідним і вихідними валами.

Застосування на автомобілях гідромеханічних передач сприяє збільшенню терміну служби двигуна й трансмісії, зменшенню числа ступенів у механічному редукторі, зменшенню числа перемикачів, підвищенню прохідності автомобіля й поліпшенню комфортабельності, полегшує керування автомобілем.

Гідромеханічні передачі в порівнянні з механічними мають більш складну конструкцію, підвищену масу й вартість. При заміні механічної передачі гідромеханічною, спостерігається деяке погіршення характеристик розгону автомобіля й підвищення витрат палива.

Момент двигуна передається на насосне колесо гідромеханічної передачі безпосередньо або через редуктор. В гідромеханічних трансмісіях застосовуються східчасті редуктори, що дозволяють перемикаати передачі при збереженні силового і кінематичного зв'язків із двигуном. У цьому випадку фрикційне зчеплення в конструкції відсутнє. Якщо використовується ступінчаста коробка передач із перемикаанням і розривом потужності, зчеплення залишається.

Електро механічна трансмісія складається з електричної й механічної передач. У таких трансмісіях електрична енергія виробляється за допомогою генератора, який приводиться в обертання двигуном.

Трансмісії виконуються за схемою групового або індивідуального привода ведучих коліс. У схемі групового привода крутний момент від одного електродвигуна через механічну передачу передається на кілька коліс. У схемі з індивідуальним приводом крутний момент на кожне колесо передається від окремого електродвигуна через механічну передачу (редуктор).

Питання для самоперевірки

1. Які основні вимоги висувають до трансмісій автомобілів?

2. Чому повинен приділяти особливу увагу конструктор, при проектуванні автомобіля?
3. Що таке трансмісія автомобіля?
4. З чого складається електромеханічна трансмісія?
5. Які є принципові схеми електромеханічних трансмісій?

2.4.3 Тема 3. Зчеплення

Література: [8], с. 7-32; [9], с. 12-34; [11], с. 7-43.

Зчеплення призначене для короткочасного роз'єднання двигуна й трансмісії й наступного їхнього плавного з'єднання, що зазвичай необхідно при рушанні автомобіля з місця й при перемиканні передач під час руху.

Звичайне зчеплення використовують разом з механічною східчастою коробкою передач. Однак якщо в коробці передач, наприклад гідромеханічній, застосоване фрикційне перемикання передач, то зчеплення не застосовують.

Із усього різноманіття класифікаційних ознак відзначимо тільки самі основні.

1. По характеру зв'язку між ведучою й веденою частинами:

- **механічні (фрикційні) зчеплення** - сухі або працюючі в маслі; крутний момент у включеному стані передається від ведучої частини до веденої силами тертя між твердими тілами;
- **гідравлічні зчеплення (гідромуфти)** - крутний момент у включеному стані передається від ведучої частини до веденої потоком рідини; у зв'язку зі значним часом спорожнювання й заповнення, що необхідно для вимикання й включення такого зчеплення, на автомобілях у якості зчеплень вони не застосовуються;
- **електромагнітні порошкові зчеплення** із сухим або рідким наповнювачем; крутний момент у включеному стані передається від ведучої частини до веденої через металевий порошок, частки якого вибудовуються уздовж магнітних силових ліній; на автомобілях такі зчеплення застосовуються вкрай рідко;
- **комбіновані** (фрикційні з гідродинамічною передачею - гідромуфтою або гідротрансформатором); фрикційне зчеплення

забезпечує швидке вимикання й включення при мінімальній швидкості обертання, а наступне плавне збільшення крутного моменту забезпечується гідродинамічною передачею.

2. По способу керування:

- неавтоматичні (зазвичай із впливом водія на педаль) з підсилювачем або без нього;
- напівавтоматичні (зазвичай із сигналом на вимикання або включення від переміщення педалі подачі палива або важеля перемикавання передач);
- автоматичні (зазвичай з керуванням від кутової швидкості вала двигуна - відцентрові зчеплення, або від системи автоматичного керування).

Фрикційні зчеплення, що одержали найбільше застосування на автомобілях, **підрозділяють**:

- за формою деталей, що мають поверхні тертя: дискові (однодискові, дводискові й багатодискові), а також вкрай рідко застосовувані конусні, або циліндричні;
- по способу створення зусилля включення зчеплення: із пружинами (з периферійними пружинами або із центральною крученою або діафрагменною пружиною), а також вкрай рідко застосовувані напівцентрові (із пружинами й відцентровими грузиками), відцентрові, з електромагнітом;
- по типу привода вимикання зчеплення: з механічним (з тягами й важелями або із тросами), гідравлічним, електричним (електромагнітним), комбінованим приводом, а також з підсилювачем або без нього.

Вимоги до зчеплень.

Тип і конструкція зчеплення повинні забезпечувати:

- плавне включення (зменшує динамічні навантаження в трансмісії й поліпшує плавність руху);
- повне вимикання при виключеному стані (виключає «ведення» автомобіля й зменшує небезпеку зупинки двигуна при нерухливому автомобілі, а також зменшує навантаження на синхронізатори коробки передач);
- повне включення при включеному стані (виключає небезпеку пробуксовування зчеплення при передачі максимального моменту двигуна);
- мінімальний момент інерції ведених частин (зменшує роботу

тертя в синхронізаторах коробки передач, а при відсутності синхронізаторів - зменшує ударні навантаження при перемиканні передач);

- ефективний відвід теплоти (усуває порушення нормальної роботи зчеплення через перегрів);
- зносостійкість поверхонь тертя й стабільність коефіцієнта тертя при значному підвищенні температури й зношуванні поверхонь тертя (забезпечують підвищення надійності й довговічності фрикційних зчеплень);
- зручність і легкість керування (полегшує керування автомобілем).

Крім того, до зчеплень, як і до інших механізмів автомобіля, пред'являють такі загальні вимоги, як забезпечення мінімальних розмірів і маси, висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості робочого процесу фрикційного зчеплення?
2. Яка вихідна характеристика фрикційного зчеплення?
3. Як класифікують зчеплення?
4. Перелічіть вимоги до зчеплень.
5. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до зчеплень?

2.4.4 Тема 4. Коробка передач

Література: [8], с. 36-65; [9], с. 35-61; [11], с. 71-128.

Коробка передач призначена для зміни передаточного числа трансмісії з метою одержання сил тяги на ведучих колесах і швидкостей руху автомобіля в більш широких межах, чим це може бути здійснене за рахунок зміни режимів роботи двигуна.

Крім того, коробка передач дозволяє здійснити рух автомобіля заднім ходом і роз'єднати вал двигуна й ведучі колеса на тривалий час, необхідний при роботі двигуна на стоянці або при русі накатом.

Із усього різноманіття *класифікаційних ознак* відзначимо тільки самі основні:

- по способу зміни передаточного числа: східчасті (з розривом або без розриву силового потоку), безступінчасті, комбіновані;
- по характеру зв'язку між ведучим і веденим валами: механічні, гідравлічні, електричні, комбіновані;
- по способу керування: неавтоматичні (зазвичай із впливом водія на важіль), напівавтоматичні, автоматичні, з комбінованим керуванням.

Механічні східчасті коробки передач (вони зазвичай складаються із зубчастих механізмів), що одержали на автомобілях найбільше поширення, крім того, розділяють:

- по типу зубчастих механізмів: з нерухливими осями зубчастих коліс, з рухливими осями деяких зубчастих коліс - сателітів (планетарні), комбіновані;
- по числу передач переднього ходу: двох, трьох, чотириступінчасті і т.д.;
- по числу й розташуванню валів: двохвальні, трьохвальні співвісні або неспіввісні, багатовальні з нижнім розташуванням відомого вала і т.д.;
- способу включення передач: ковзними зубчастими колесами, зубчастими муфтами із синхронізаторами або без них, фрикціонами.

Крім основної коробки передач на деяких автомобілях застосовуються додаткові коробки передач: демультиплікатор, дільник і т.п.

Вимоги до коробок передач.

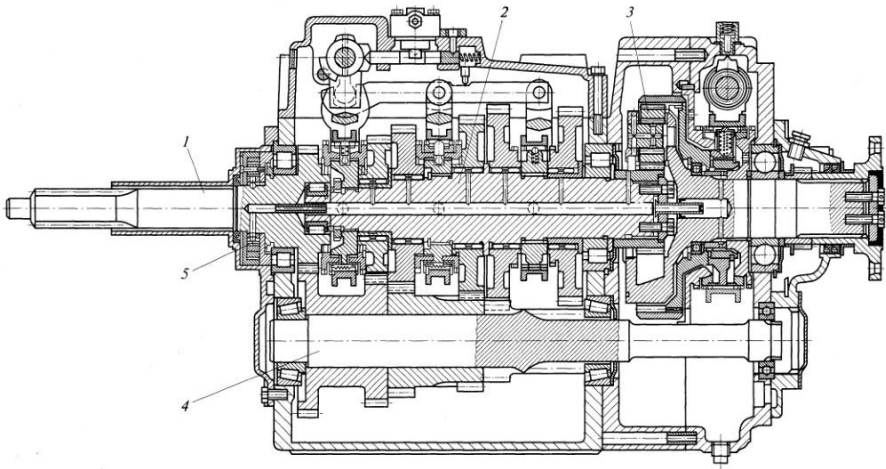
До коробок передач пред'являються наступні основні вимоги:

- забезпечення високих тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля;
- високий ККД у робочому діапазоні передаточних чисел (зменшує витрати палива);
- мінімальні вібрації й шум (поліпшують комфортабельність автомобіля);
- зручність і легкість керування;
- відбір потужності для привода додаткового устаткування (у коробках передач спеціальних і вантажних спеціалізованих автомобілів).

Крім того, до коробок передач, як і до інших механізмів автомобіля, пред'являють також загальні вимоги: забезпечення мінімальних

розмірів і маси, висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність. Розглянемо, якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до коробок передач.

Високий ККД. У механічних східчастих коробках передач високий ККД забезпечується мінімальною кількістю зачеплень для передач переднього ходу: два для трьохвальних співвісних (рис. 2.1), і одне для двохвальних, високою якістю виготовлення зубів шестірень, застосуванням підшипників кочення, підвищенням твердості основних деталей.



1 - ведучий вал; 2 - ведений вал; 3 - планетарний демультіплікатор;
4 - проміжний вал; 5 - насос для змащення шестірень і підшипників

Рисунок 2.1 - Трьохвальна дев'ятиступінчаста коробка передач з демультіплікатором вантажного автомобіля

У гідромеханічних коробках передач - застосуванням планетарних механізмів, блокуванням гідротрансформатора, заходами, що знижують величину відбору потужності на систему керування. Високий ККД у робочому діапазоні передаточних чисел, тобто при тривалому русі, необхідно забезпечити в безступінчастих або комбінованих передачах.

Питання для самоперевірки

1. В чому полягають особливості робочого процесу механічної схід-

- частої коробки передач при різних способах включення передач?
2. Яка вихідна характеристика механічної східчастої коробки передач?
 3. Як класифікують коробки передач?
 4. Перелічіть вимоги до коробок передач.
 5. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до коробок передач?

2.4.5 Тема 5. Роздавальні і додаткові коробки передач

Література: [8], с. 36-65; [9], с. 55-61; [11], с. 180-196.

Вимоги до конструкції, класифікація.

Для розподілу крутного моменту між ведучими мостами повнопривідних автомобілів устанолюється механізм, називаний роздавальною коробкою.

На автомобілях з бортовим приводом роздавальні коробки можуть устанолюватися для розподілу моменту між бортами або окремими групами ведучих коліс борту. Іноді роздавальна коробка встановлюється на неповнопривідних автомобілях бх4, вона розподіляє крутний момент між мостами візка.

Основні вимоги до конструкції роздавальної коробки:

- розподіл крутного моменту не повинен супроводжуватися циркуляцією потужності в приводі від роздавальної коробки до ведучих коліс автомобіля;
- конструкція, що не задовольняє зазначеній вище вимозі, повинна мати пристрій, що дозволяє відключати допоміжний ведучий міст в умовах, коли циркуляція потужності може бути значною;
- роздавальна коробка вантажного автомобіля повинна бути пристосована до установки механізму відбору потужності;
- при 2-х східчастому виконанні, роздавальна коробка повинна мати привод спідометра;
- механізм перемикання у двоступінчастій роздавальній коробці повинен мати пристрій для надійної фіксації включеного ступеня й нейтрального положення.

Класифікація роздавальних коробок проводиться по наступних ознаках:

- характеру розподілу силового потоку;
- кількості ступенів передаточного числа;
- кількості вихідних валів;
- взаємному розташуванню вихідних валів;
- періодичності включення привода допоміжного мосту.

По характеру розподілу силового потоку розрізняють роздавальні коробки з диференціальним приводом вихідних валів, блокованим і змішаним. Блокований привод може бути або з кінематично-жорстким зв'язком вихідних валів або зі зв'язком за допомогою муфти вільного ходу. Змішаний привод може застосовуватися при наявності трьох вихідних валів.

Кількість ступенів передаточного числа в роздавальній коробці - один або два. Двоступінчасті застосовуються для розширення діапазону передаточних чисел трансмісії. Необхідність у цьому виникає в тих випадках, коли діапазон установлюваної коробки передач недостатній для повнопривідного автомобіля.

Число вихідних валів у роздавальній коробці найчастіше два. Три вихідні вали мають роздавальні коробки автомобілів бхб з роздільним приводом мостів візка.

У роздавальних коробках із двома вихідними валами останні можуть мати співвісне або неспіввісне розташування. При неспіввісному розташуванні один з вихідних валів може встановлюватися співвісно вхідному валу. Це дозволяє здійснити пряму передачу потужності із вхідного вала на співвісний вихідний.

По періодичності включення привода допоміжного ведучого мосту, яким зазвичай є передній міст, розрізняють роздавальні коробки з постійно включеним і з переднім мостом, що періодично включається.

Питання для самоперевірки

1. При якій схемі роздавальних коробок відсутня циркуляція потужності у приводі ведучих мостів?
2. Яке призначення муфти примусового блокування міжосьового диференціала?
3. Чому не дозволяється блокувати диференціал під час руху на сухих твердих дорогах?
4. Який недолік схем роздавальних коробок із проміжним валом?
5. Для чого використовується триланковий планетарний механізм?

2.4.6 Тема 6. Безступінчасті й комбіновані передачі

Література: [8], с. 66-98; [11], с. 129-179.

Порівнюючи східчасті й безступінчасті передачі, насамперед розглядають дві проблеми: можливість реалізації максимальної тягової сили у всьому діапазоні швидкостей руху v_a й можливість одержання мінімальних витрат палива при часткових навантаженнях двигуна.

Витрати палива зменшити можна, якщо, включивши при рівномірній швидкості руху підвищувальну передачу замість прямої, перевести двигун із зони малих навантажень із великими питомими витратами палива в зону більш високих навантажень із малими питомими витратами палива.

У сучасних східчастих коробках передач легкових автомобілів з бензиновими двигунами звичайно є підвищувальна передача з передаточним числом близько 0,8, яку включають замість прямої передачі при тривалому русі з високою швидкістю. При одній підвищувальній передачі можливості поліпшення паливної економічності невеликі.

При безступінчастій передачі з досить більшим діапазоном підвищувальних передаточних чисел, приблизно від 1,0 до 0,5, можливості поліпшення паливної економічності набагато ширші.

Таким чином, безступінчаста передача з високим ККД, досить великим діапазоном передаточних чисел і автоматичною системою керування може забезпечити автомобілю більш високі швидкісні й паливно-економічні властивості в порівнянні зі східчастою коробкою передач.

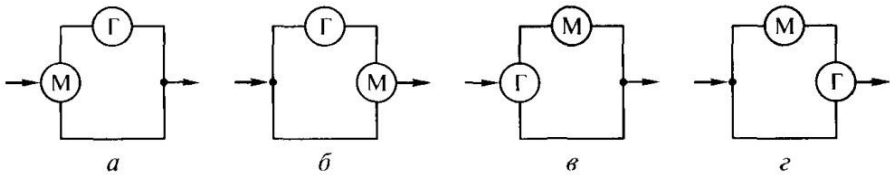
При цьому при використанні безступінчастої передачі зменшується час розгону, полегшується керування, підвищується прохідність, тому що зміна передаточного числа відбувається автоматично без розриву силового потоку. Існуючі конструкції безступінчастих і комбінованих передач у різному ступені забезпечують реалізацію зазначених переваг.

Безступінчасті передачі, як і східчасті, розділяють по характеру зв'язку між ведучим і веденим валами: механічні (фрикційні, імпульсні), гідравлічні (гідрооб'ємні, гідродинамічні), електричні. Крім того, безступінчасті передачі розділяють на дві групи: статичні й динамічні. У статичних (фрикційних, гідрооб'ємних) силові параметри (M) не залежать від кінематичних (ω), у динамічних (імпульсних, гід-

родинамічних) - залежать.

На легкових автомобілях з механічних безступінчастих передач в основному застосовуються клиноременні варіатори. На важких кар'єрних самоскидах застосовують електропередачі із вбудованими у ведучі колеса електродвигунами. Електропередачі застосовують на електромобілях. В останні роки з'явилися легкові автомобілі з гібридним приводом: двигун внутрішнього згоряння й акумуляторні батареї.

Комбіновані передачі (безступінчасті зі ступінчастими): гідромеханічні, електромеханічні - розділяють по способу їх з'єднання: з послідовним (однопотокові) і з паралельним з'єднанням (двох-, трьох-поточні). Останні ділять на передачі із внутрішнім (у безступінчастій передачі - Г) - рис. 2.2, в, г і з зовнішнім (у ступінчастій передачі - М) - рис. 2.2, а, б розгалуженням силового потоку.



а, б - із зовнішнім розгалуженням силового потоку;
в, г - із внутрішнім розгалуженням силового потоку;
М - механічна східчаста передача;
Г - безступінчаста передача (гідротрансформатор)

Рисунок 2.2 - Структурні схеми комбінованих передач із паралельними потоками потужностей

Передачі із внутрішнім розгалуженням забезпечують збільшення зони високих ККД в 1,5÷2 рази без підвищення максимального ККД. Передачі із зовнішнім розгалуженням забезпечують збільшення максимального ККД без збільшення зони високих ККД.

Найбільше застосування на автомобілях одержали ГМП, що складаються із послідовно з'єднаних безступінчастої гідродинамічної передачі (звичайно гідротрансформатора - ГДТ) і східчастої механічної (як правило, планетарної).

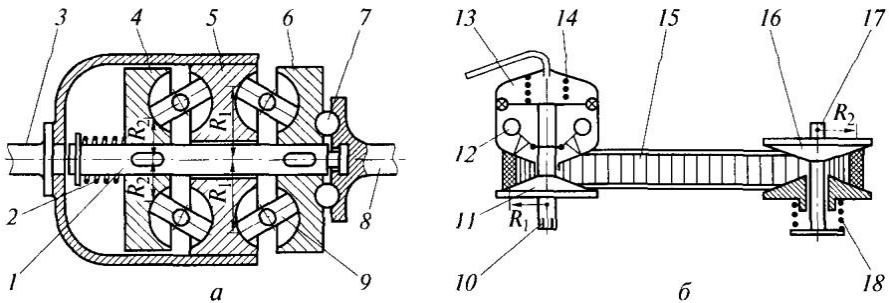
У ГМП автомобілів в основному використовують нерегульовані ГДТ прямого ходу з доцентровою турбіною, причому реактор у них установлений на механізмі вільного ходу. Це дозволяє їм працювати не тільки на режимах трансформації моменту, але й на режимах гід-

ромуфти. Такі ГДТ називають комплексними.

Торовий варіатор.

Передачі цього типу застосовувалися на англійських автомобілях малого класу, а фірмою «Ніссан» торовий варіатор був розроблений для легкових автомобілів із двигунами потужністю до 176 кВт.

Торовий варіатор звичайно складається із ведучого вала 8 (рис. 2.3, а), з'єднаного кульковим навантажувальним пристроєм 7 з валом 1, на якому закріплені ведучі диски 4 і 6, і веденого вала 3, на якому закріплений ведений диск 5. На ведучих і ведених дисках є торові поверхні, у які впираються ролики 9.



а - торового варіатора; б - клиноремінного варіатора із внутрішньою САУ; 1 - вал варіатора; 2, 14, 18 - пружини; 3, 17 - ведені вали; 4, 6 - ведучі диски; 5 - ведений диск; 7 - навантажувальний пристрій; 8, 10 - ведучі вали; 9 - ролики; 11 - ведучий шків; 12 - вантажі відцентрового регулятора; 13 - порожнина з розрідженням; 15 - ремінь; 16 - ведений шків

Рисунок 2.3 - Схеми фрикційних безступінчастих передач

Вони притиснуті пружиною 2 із зусиллям, пропорційним підведеному крутному моменту, що здійснюється пристроєм 7. Застосування двох торових передач в одному блоці дозволяє зменшити габарити й зрівноважити осеві сили на веденому диску.

Обертання ведучих дисків через ролики передається веденому диску. При цьому передаточне число визначається відношенням:

$$u_{\text{вар}} = \omega_1 / \omega_2 = s R_2 / R_1, \quad (2.1)$$

де s - відносне ковзання на поверхнях контакту;

R_1, R_2 - радіус відповідно ведучого й веденого шківа.

Передаточне число може бути більше або менше одиниці; коли площини роликів розташовуються паралельно осі передачі, $u_{\text{вар}} = 1$. Передаточне число міняється зі зміною положення роликів, установлених у загальній обоймі (аналогічної водилі планетарної передачі), відносно торових поверхонь веденого й ведучих дисків.

Загальний ККД варіатора становить близько 90÷94%. Термін служби при контактних напругах 2 000 ÷ 3 000 МПа невеликий, але різко зростає при напругах 800÷1 000 МПа. Однак при цьому габарити й маса варіатора зростають настільки, що його використання на автомобілях стає неприйнятним.

Питання для самоперевірки

1. Як класифікують безступінчасті передачі?
2. Де в основному застосовується клиноремінний варіатор?
3. Як класифікують комбіновані передачі?
4. У чому полягають переваги безступінчастих передач?
5. Як у фрикційних безступінчастих передачах відбувається передача крутного моменту?

2.4.7 Тема 7. Головна передача і привод до ведучих коліс

Література: [8], с. 99-108; [9], с. 89-103; [11], с. 211-239.

Головна передача - це механізм трансмісії автомобіля, що перетворює крутний момент і розташований перед ведучими колесами автомобіля.

Основні вимоги до головної передачі зводяться до того, що вона повинна: забезпечувати оптимальні тягово-динамічні і паливно-економічні характеристики автомобіля при відповідному виборі передаточних чисел; мати високий ККД; забезпечувати необхідний дорожній просвіт; працювати плавно й безшумно; мати високу жорсткість корпусу, опор і валів.

Головні передачі класифікують по числу, виду й розташуванню зубчастих коліс.

По числу зубчастих коліс головні передачі підрозділяються на одинарні - головні передачі з однієї парою зубчастих коліс і подвійні - із двома парами зубчастих коліс.

Одинарні головні передачі по виду зубчастих коліс підрозділяються на конічні - з конічними зубчастими колесами, гіпоїдні - з гіпоїдним зачепленням зубчастих коліс, циліндричні - із циліндричними зубчастими колесами, черв'ячні - із черв'яком і черв'ячним колесом.

Подвійні головні передачі по розташуванню зубчастих коліс підрозділяються на центральні - подвійні головні передачі, у яких обидві пари зубчастих коліс розташовані в одному картері, і рознесені - подвійні головні передачі, у яких друга пара зубчастих коліс знаходиться в приводі до кожного з ведучих коліс.

По числу ступенів головної передачі розрізняють одноступінчасті - головні передачі з одним передаточним числом і двоступінчасті - головні передачі, що мають дві передачі, що перемикаються, з різними передаточними числами (вищий і нижчий ступінь).

Конструкції головних передач та їх елементів.

Одинарна головна передача (рис. 2.4) компактна, має мінімальну масу, невисоку вартість. Вона проста у виробництві й експлуатації. Застосування її обмежується передаточним числом $u_0 \leq 7$ і несучою здатністю зубчастого зачеплення: при передачі великого крутного моменту необхідно збільшувати модуль зуба, а отже, і розміри зубчастих коліс, що призводить до зменшення дорожнього просвіту.

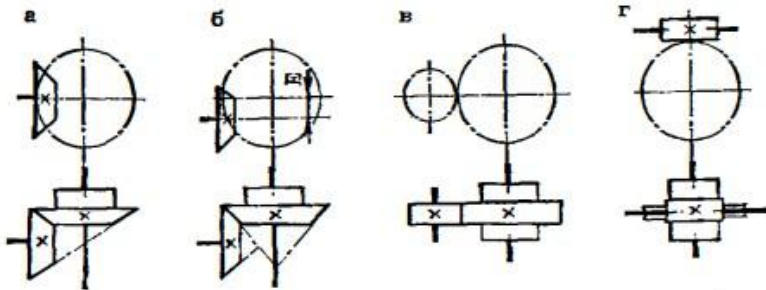


Рисунок 2.4 - Схеми одинарних головних передач автомобілів

Одинарна конічна головна передача (рис. 2.4, а) застосовується на легкових і вантажних автомобілях малої вантажопідйомності.

Більш широке поширення одержала **одинарна гіпоїдна головна передача** (рис. 2.4, б), що має ряд переваг: підвищену несучу здатність по контактних напругах, плавність роботи й безшумність. Іноді засто-

сування гіпоїдної передачі пов'язане з використанням гіпоїдного зміщення Е (рис. 2.4, б), як розширювального компонуваньні можливості автомобіля. Застосовується на легкових автомобілях з класичним компонуванням.

Одинарна циліндрична головна передача (рис. 2.4, в) широко використовується на легкових автомобілях, особливо передньоприводних, при поперечному розташуванні двигуна.

Одинарна черв'ячна передача (рис. 2.4, г) дозволяє одержати передаточне число більше 7. Однак низький ККД, у порівнянні з конічною й гіпоїдною передачами, знижена несуча здатність при тих же габаритах і трохи підвищена вартість виробництва - обмежують область застосування таких передач.

Питання для самоперевірки

1. Що таке головна передача?
2. У чому полягають особливості робочого процесу головної передачі?
3. Як класифікують головні передачі?
4. На яких типах автомобілів застосовується одинарна гіпоїдна головна передача?
5. Перелічіть вимоги до головних передач.

2.4.8 Тема 8. Диференціал

Література: [8], с. 109-122; [9], с. 104-116; [11], с. 230-237.

Диференціал призначений для розподілу крутного моменту між двома веденими валами, яким він дозволяє обертатися з різними швидкостями, зазвичай при русі автомобіля на поворотах або по нерівностях.

Диференціали підрозділяються по наступних **основних класифікаційних ознаках**:

- по призначенню (по місцю розташування): міжколісні, міжосьові, міжвізкові і т.д.;
- по співвідношенню моментів на ведених валах, симетричні (розділяють моменти на ведені вали нарівно) і несиметричні (розділяють моменти на ведені вали не нарівно, але в заданому співвідношенні);

- по типу передачі, зубчасті із циліндричними або з конічними зубчастими колесами, черв'ячні, кулачкові і т.д.;
- по можливості блокування, неблоковані й блоковані із примусовим блокуванням або самоблоковані (частково або повністю).

Основні вимоги до диференціалів наступні:

- розподіл крутного моменту між веденими валами в заданому співвідношенні;
- хороша стійкість (без заносу) при русі на поворотах і по нерівній дорозі, а також високі тягові властивості при русі поза дорогами.

На відміну від інших механізмів, що входять у трансмісію, у вимогах до диференціалів немає пункту про високий ККД.

Крім того, до диференціалів, як і до інших механізмів автомобіля, пред'являють також загальні вимоги: забезпечення мінімальних розмірів і маси, висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність.

Розглянемо, **якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до диференціалів.**

Розподіл крутного моменту між веденими валами в заданому співвідношенні звичайно забезпечується застосуванням триланкового планетарного механізму з параметром $\alpha = 1$ (симетричний диференціал) з конічними, іноді із циліндричними шестірнями. В автомобілів з колісною формулою 6х6, якщо диференціал установлюють між переднім мостом і двома задніми, застосовують у якості диференціала триланковий планетарний механізм із параметром $\alpha = 2$ (несиметричний диференціал) із циліндричними шестірнями. При цьому 1/3 моменту передається на передній міст і 2/3 - на два задні мости.

Хороша стійкість (без заносу) при русі на поворотах і по нерівній дорозі забезпечується вимогою, яка така сама як і попередня, застосуванням триланкового планетарного механізму, що розподіляє крутні моменти між веденими валами в заданому співвідношенні, незалежно від співвідношення їх кутових швидкостей. Більш високі швидкості на поворотах забезпечують керовані диференціали.

Високі тягові властивості при русі поза дорогами забезпечуються застосуванням самоблокованих або блокованих диференціалів. При цьому найбільш високі тягові властивості мають автомобілі з усіма ведучими колесами й з регульованим тиском повітря в шинах.

Робочий процес диференціала.

Автомобільний диференціал являє собою триланковий планетарний механізм, для якого слушні залежності для автоматичних коробок передач. Однак ступінь впливу диференціала на експлуатаційні властивості автомобіля суттєво залежить від коефіцієнта блокування.

Майже для всіх випадків застосування необхідний симетричний диференціал: міжколісний, міжосьовий для автомобілів з колісною формулою 4x4, міжвізковий для автомобілів 8x8 і т.д.

Зазвичай у всіх цих випадках застосовується триланковий планетарний механізм із $\alpha = 1$ і звичайно з конічними шестірнями. Для автомобілів 6x6 із двома задніми мостами, об'єднаними у візок, застосовують несиметричний диференціал із циліндричними шестірнями й $\alpha = 2$, який 1/3 моменту передає на передній міст і 2/3 - на два задні мости відповідно до розподілу мас по мостах.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості робочого процесу диференціала?
2. Як класифікують диференціали?
3. Перелічіть вимоги до диференціалів.
4. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до диференціалів?
5. Чому до диференціалів не пред'являється вимога забезпечення високого ККД?

2.4.9 Тема 9. Карданна передача

Література: [8], с. 123-142; [9], с. 62-88; [11], с. 197-210.

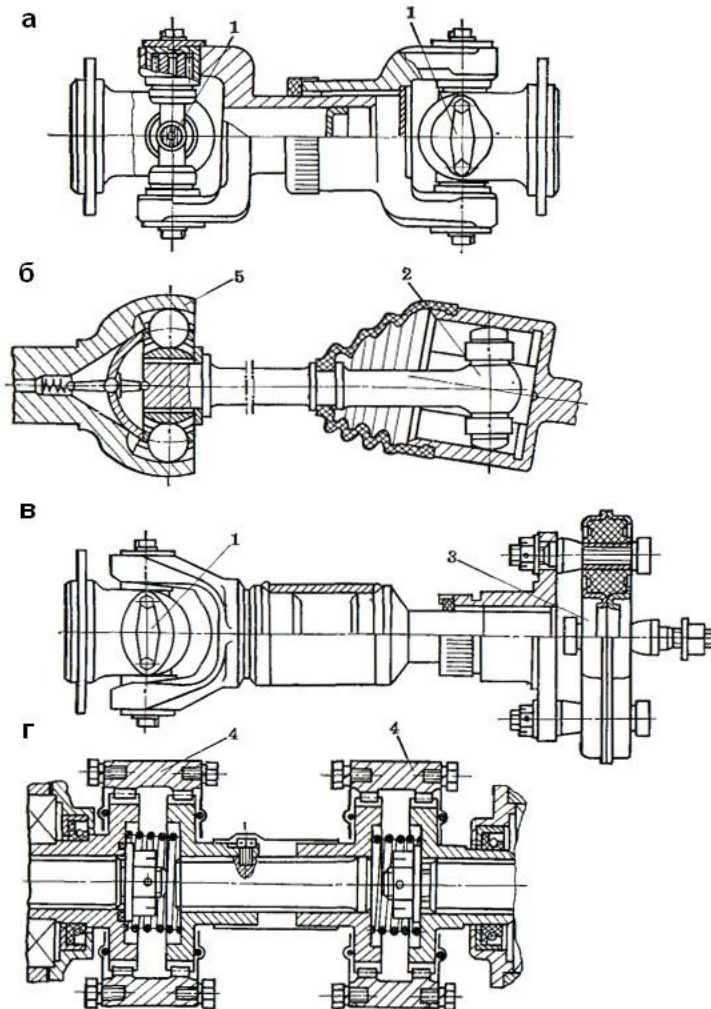
Вимоги до конструкції і класифікація.

Карданна передача включає три основні елементи: карданні шарніри, карданні вали та їх опори. Вона повинна задовольняти наступним основним вимогам: рівномірно (синхронно) передавати крутний момент між агрегатами що з'єднуються; мати високий ККД; бути довговічною; вібраційні навантаження й шум при роботі карданної передачі повинні бути мінімальними.

По числу застосовуваних шарнірів передачі бувають одношарнірні, двошарнірні, тришарнірні і т.д.

Карданні шарніри підрозділяються по кінематичних властивос-

тях на шарніри нерівних і рівних кутових швидкостей, а по наявності фіксованих осей хитання - на повні карданні й напівкарданні шарніри.



- а - із шарнірами, що мають хрестовину; б - двошарнірна передача привода ведучого керованого колеса; в - із шарніром, що має хрестовину, та із пружним напівкарданним шарніром;
г - із жорсткими напівкарданими шарнірами

Рисунок 2.5 - Карданні передачі

Карданним шарніром нерівних кутових швидкостей називають шарнір, у якого при рівномірній швидкості обертання ведучого вала кутова швидкість веденого вала нерівномірна (шарніри 1-4, рис. 2.5), а карданним шарніром рівних кутових швидкостей - такий, у якого кутові швидкості ведучого й веденого валів рівні (шарнір 5, рис. 2.5, б).

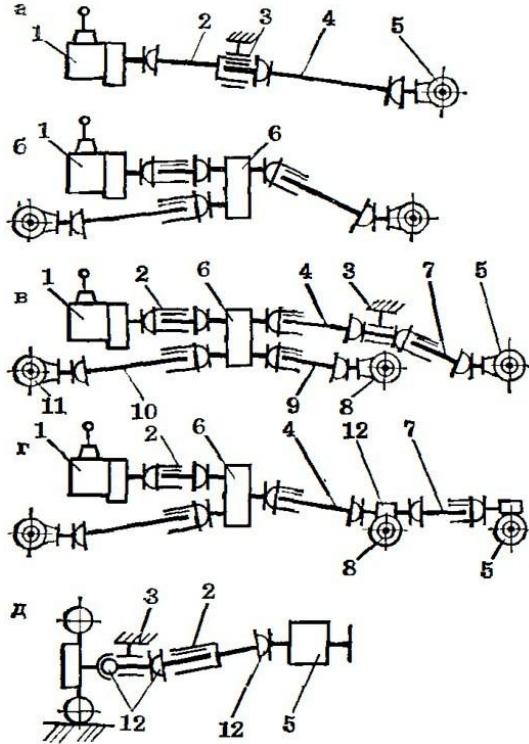


Рисунок 2.6 - Схеми карданних передач

Повним карданним називають шарнір, що має фіксовані осі хитання (шарніри 1, 2 і 5, рис. 2.5), напівкарданним - шарнір, що не має фіксованих осей хитання (шарніри 3, 4, рис. 2.5, в, г). Напівкарданні пружні шарніри 3 (рис. 2.5, в) допускають кутові відхилення осей валів до 5° , а жорсткі шарніри 4 (рис. 2.5, а) - до 2° .

На рис. 2.5, а показана схема карданної передачі, що одержала поширення на автомобілях з одним заднім ведучим мостом. Потуж-

ність від коробки передач 1 до мосту 5 передається через два карданні вали 2 і 4 і три шарніри. Вал 2 має проміжну опору 3.

Три двошарнірні передачі мають повноприводні автомобілі із двома ведучими мостами (рис. 2.5, б). Тут між карданними передачами установлена роздавальна коробка 6.

На рис. 2.6, у показана схема трансмісії автомобіля з індивідуальними приводами мостів. При цьому карданна передача заднього мосту 5 має два карданні вали 4 і 7, чотири шарніри й проміжну опору 3. Карданні вали 2, 9 і 10 забезпечують привод відповідно до роздавальної коробки 6, середнього 8 і переднього 11 мостів.

У сучасних великовантажних автомобілях застосовується схема із середнім прохідним мостом (рис. 2.6, з). У цьому випадку карданний вал 4 забезпечує привод додаткового редуктора 12, від якого потужність роздається до мостів: до середнього 8 - безпосередньо, а до заднього - через карданний вал 7.

Для привода ведучого керованого колеса використовується схема, зображена на рис. 2.6, д, де встановлюється кілька шарнірів 12, із проміжною опорою 3 і шліцьовим з'єднанням на валу 2.

Питання для самоперевірки

1. В чому полягають особливості робочого процесу карданної передачі?
2. Як класифікують карданні передачі й карданні шарніри?
3. Перелічіть вимоги до карданних передач.
4. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до карданних передач?
5. В чому особливість схеми сил шарніра нерівних кутових швидкостей?

2.4.10 Тема 10. Рульове управління

Література: [8], с. 143-166; [9], с. 186-229; [12], с. 5-38.

Класифікація рулевих управлінь і вимоги до них.

Рульове управління призначене для зміни напрямку руху автомобіля. Рульові управління колісних машин підрозділяються по наступних **основних класифікаційних ознаках:**

по способу повороту (рис. 2.7):

- керованими колесами;
- керованою віссю;
- складанням ланок;
- бортовим поворотом (примусовим обертанням ведучих коліс одного борту з іншою кутовою швидкістю, ніж у ведучих коліс іншого борту);

розташуванню місця водія:

- праве - при лівосторонньому русі;
- ліве - при правобічному русі.

Крім того, для рульового управління що одержало найбільше застосування на автомобілях з керованими колесами (воно складається з рульового колеса, рульового механізму, рульового привода, а також часто й підсилювача) виділяють класифікацію рульових механізмів і рульових приводів.

Класифікація рульових механізмів:

по типу передачі:

- механічний,
- гідравлічний (рульовий механізм або рульове управління);

передаточному числу:

- змінюване;
- незмінне;

оборотності:

- оборотний;
- на межі оборотності.

Класифікація рульових приводів (рульових трапецій):

по розташуванню:

- передня - перед віссю;
- задня - за віссю;

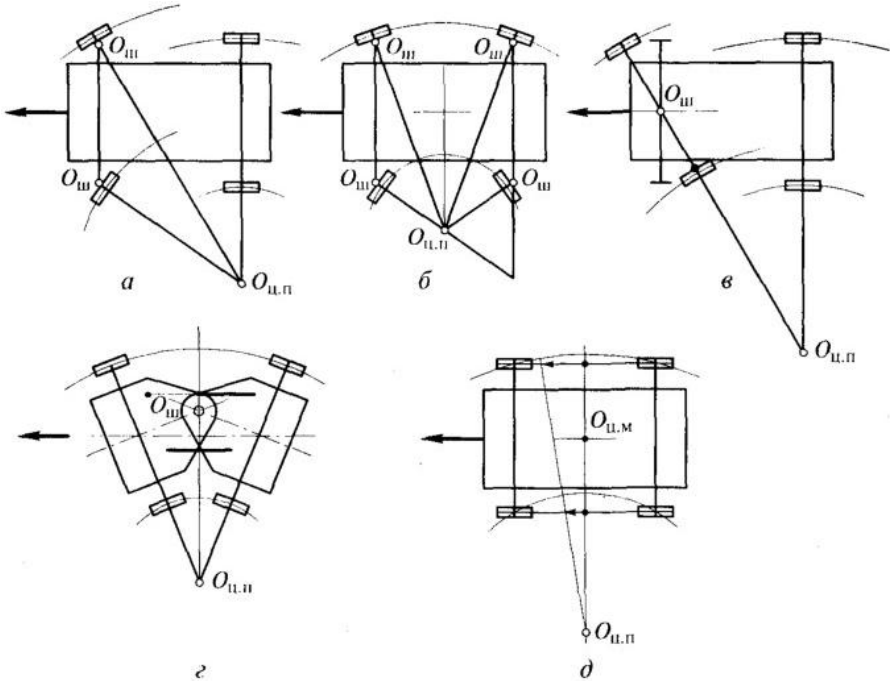
залежно від типу підвіски:

- цільна (при залежній підвісці);
- розрізна (при незалежній підвісці).

Основні вимоги до рульового управління наступні:

- забезпечення високої маневреності автомобіля;
- зручність і легкість управління, у тому числі мінімальна передача поштовхів від дороги на рульове колесо;
- відповідність радіуса повороту керуючому впливу водія;
- висока надійність;
- мінімальне бічне ковзання коліс при повороті автомобіля;

- стабілізація повернених керованих коліс;
- мінімальні вібрації, у тому числі відсутність автоколивань керованих коліс;
- кінематична погодженість із підвіскою.



а, б - керованими колесами; *в* - керованою віссю;
г - складанням ланок; *д* - бортовий поворот; $O_{ш}$ - вісь шворня;
 $O_{ц.п}$ - центр повороту, $O_{ц.м}$ - центр мас

Рисунок 2.7 - Схеми типових способів повороту колісних машин

Крім того, до рульових управлінь, як і до інших механізмів і систем автомобіля, пред'являють також **загальні вимоги**:

- забезпечення мінімальних розмірів і маси, висока надійність (тут вона виділена окремим пунктом, оскільки з механізмів і систем автомобіля рульове управління й гальмове управління насамперед впливають на безпеку руху);
- мінімальне обслуговування;
- технологічність.

Висока маневреність (малий радіус повороту й мала ширина коридору) забезпечується в основному зменшенням бази й збільшенням кута повороту керованих коліс. Зазвичай мінімальний радіус повороту легкових автомобілів становить 4,5...5,5 м, вантажних - 8...12 м. Маневреність суттєво поліпшується, якщо, крім передніх керованих коліс, використовуються ще й задні керовані колеса.

Зручність і легкість управління, як і для будь-якого органа управління, визначаються зручним розташуванням органа управління (рульового колеса), величиною його повного ходу (який не повинен перевищувати 5 обертів від одного до іншого крайнього положення), невисокими значеннями зусилля, необхідного для переміщення рульового колеса. Зазвичай вважається, що це зусилля не повинне перевищувати 100 Н для легкових автомобілів і 250 Н для вантажних. Зручність розташування визначається зокрема відповідністю розташування площини рульового колеса посадці водія.

Відповідність радіуса повороту керуючому впливу водія забезпечується в основному використанням жорсткого кінематичного зв'язку між керованими колесами й кермовим колесом. Крім того, сумарний люфт рульового колеса повинен перебувати в заданих мінімальних значеннях. При цьому керуючий вплив водія не повинен викликати бічних ковзань керованих і некерованих коліс.

Висока надійність рульового управління забезпечується в основному досить великими запасами по напругах у деталях рульового управління. Застосування дублюючих систем у рульовому керуванні, як і в гальмовому керуванні, поки не представляється можливим.

Мінімальне бічне ковзання коліс при повороті автомобіля забезпечується в основному застосуванням рульових трапецій у приводі керованих коліс, а при трьох і більше осях, крім того, розташуванням осей, що забезпечують мінімальне бічне ковзання. Менша висота профілю й більш широкий протектор шини зменшують кути відведення зовнішніх коліс при русі на повороті.

Стабілізація повернених керованих коліс забезпечується в основному при малих швидкостях руху застосуванням поперечного нахилу осі шворня, а при великих швидкостях руху - пружністю шин і позовжнім нахилом осі шворня.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості робочого процесу рульового

управління?

2. Як класифікують рульові управління, а також рульові приводи і механізми (при керованих колесах)?
3. Перерахуйте вимоги до рульових управлінь.
4. Якими конструктивними заходами забезпечуються ці вимоги?
5. Перерахуйте основні типи рульових механізмів, та їх особливості.

2.4.11 Тема 11. Гальмове управління

Література: [8], с. 167-198; [9], с. 230-289; [12], с. 39-108.

Гальмове управління призначене для ефективної затримки автомобіля аж до зупинки, для втримання його в нерухливому стані, а також для підтримки постійної швидкості на тривалому ухилі.

Гальмування забезпечується гальмовими системами, складених з гальмових механізмів і приводів.

Гальмові системи класифікуються по наступних **основних класифікаційних ознаках:**

- робоча або основна; повинна забезпечувати мінімальний гальмовий шлях і максимально можливі затримки (для нових автомобілів - $5,5...7,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$ залежно від типу автомобіля);
- стоянкова; повинна втримувати нерухливий автомобіль на ухилі (для нових автомобілів - $12...25 \%$ залежно від типу автомобіля);
- запасна або резервна; повинна забезпечувати гальмування автомобіля при виході з ладу робочої гальмової системи, маючи не менше 40% ефективності в порівнянні з останньою;
- допоміжна (для автобусів повною масою понад 5 т і вантажних автомобілів - понад 12 т); повинна забезпечувати рух автомобіля під ухил 7% і довжиною 6 км зі швидкістю 30 км/год .

Гальмові механізми підрозділяються:

а) за принципом дії (по характеру зв'язку між нерухливими частинами, й тими що рухаються);

- 1) фрикційні (дискові, барабанні: колодкові й стрічкові);
- 2) гідравлічні (гідродинамічні);
- 3) електричні (індукційні, генераторні);
- 4) компресорні - протитиск у двигуні;

- 5) аеродинамічні (закрилки, парашути);
- б) по розташуванню:
 - 1) колісні;
 - 2) трансмісійні;
 - 3) на кузові (закрилки, парашути);
 - 4) у двигуна (протитиск у двигуні).

Гальмові приводи підрозділяються:

- а) по способу передачі енергії до гальмових механізмів:
 - 1) механічні (стоянкова гальмова система);
 - 2) гідравлічні (зазвичай при повній масі $m_a < 8 \text{ т}$);
 - 3) пневматичні;
 - 4) комбіновані (гідропневматичні, пневмоелектричні);
- б) по джерелу енергії:
 - 1) водій;
 - 2) водій і підсилювач (зазвичай при $8 \text{ т} > m_a > 4 \text{ т}$, для легкових автомобілів зазвичай при $m_a > 1,0 \text{ т}$);
 - 3) майже повністю підсилювач (зазвичай при $m_a > 8 \text{ т}$).

Основні вимоги до гальмового управління наступні:

- а) висока ефективність, у тому числі:
 - 1) мінімальний гальмовий шлях при мінімальному часі спрацьовування робочої й запасної гальмових систем;
 - 2) стійкість при гальмуванні, синхронність збільшення й зменшення гальмового моменту всіх гальмових механізмів даної системи (зазвичай допускається різниця найбільших значень не більше 15 %);
 - 3) стабільні й високі значення коефіцієнта тертя в гальмових механізмах у всьому діапазоні можливих в експлуатації температур і тисків;
- б) легкість і зручність управління;
- в) висока надійність, безвідмовність роботи протягом усього терміну служби при будь-яких умовах експлуатації;
- г) гарний відвід теплоти від пар тертя гальмових механізмів і захист їх від зволоження й забруднення;
- д) мінімальний шум при спрацьовуванні;
- е) автоматична зупинка при розриві зчіпки автопоїзда.

Крім того, до гальмових систем, як і до інших механізмів і систем автомобіля, пред'являють також загальні вимоги: забезпечення мінімальних розмірів і маси, висока надійність (тут вона виділена

окремим пунктом, оскільки з механізмів і систем автомобіля рульове управління й гальмові системи насамперед впливають на безпеку руху), мінімальне обслуговування, технологічність.

Розглянемо, якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до гальмових систем.

Вимога **високої ефективності** насамперед відноситься до робочої гальмової системи й забезпечується в основному за рахунок механічних гальмових механізмів, установлених в усі колеса автомобіля (автопоїзда). Застосування регулятора гальмових сил підвищує ефективність робочої гальмової системи.

В ідеальному випадку ефективність гальмових систем і, насамперед, робочої гальмової системи повинна бути не тільки високою, але й приблизно однаковою для всіх типів автомобілів. Насправді цього поки добитися не вдається.

Найбільшою ефективністю (найменший гальмовий шлях) мають легкові автомобілі, найменшу ефективність (найбільший гальмовий шлях) - автопоїзди. Правилком № 13 ЄЕК ООН пасажирські автомобілі розділені на категорії: M_1 , M_2 , M_3 , вантажні - на N_1 , N_2 , N_3 , причепи й напівпричепи на O_1 , O_2 , O_3 , O_4 , для яких установлені припустимі значення гальмового шляху й затримки.

Стійкість при гальмуванні в основному забезпечується високим опором шин бічним зсувам і застосуванням антиблокувальної системи.

Синхронність збільшення й зменшення гальмового моменту забезпечується високою якістю роботи гальмового привода, а також однаковим станом гальмових механізмів.

Стабільні значення коефіцієнта тертя забезпечуються добором пар тертя в гальмових механізмах при проектуванні автомобіля.

Легкість і зручність управління визначаються зручним розташуванням органа управління (педалі, рукоятки) і величиною його повного ходу, який не повинен перевищувати приблизно 200 мм для педалі робочої гальмової системи; невисокими значеннями зусилля, необхідного для переміщення органа управління.

Зазвичай для службових гальмувань зусилля на педалі робочої гальмової системи не повинне перевищувати 200 Н. Застосування підсилювача полегшує роботу водія при гальмуванні. При аварійному гальмуванні на сухому асфальті зусилля на педалі може досягати значень 600 Н і більше.

Висока надійність гальмових систем забезпечується в основному досить великими запасами по напругах у деталях. Для забезпечення затримки автомобіля аж до його зупинки при відмовах у робочій гальмовій системі введена запасна гальмова система.

Насправді цієї системи на автомобілях немає, але її вимоги перенесені на робочу гальмову систему (у неї повинно бути не менше двох незалежних контурів) і на стоянкову гальмову систему (її конструкція повинна забезпечувати можливість її використання для гальмування при русі автомобіля; цій вимозі не відповідає трансмісійний гальмовий механізм і храповий пристрій - «паркінг»).

Уведення допоміжної гальмової системи на вантажних автомобілях і автобусах дозволяє з її допомогою забезпечувати затримку автомобіля, хоча й не до повної зупинки.

Гарний відвід теплоти від пар тертя гальмових механізмів робочої гальмової системи не потрібен при однократному аварійному гальмуванні, але він необхідний при частих і тривалих підгальмуваннях. Забезпечується застосуванням різних каналів і оребрень, що збільшують обдув повітрям пар тертя. Сучасні механічні гальмові механізми робочої гальмової системи виконані відкритими, не захищеними від влучення вологи й бруду.

Мінімальний шум при спрацьовуванні механічних гальмових механізмів забезпечується добором пар тертя й підвищеною жорсткістю деталей, що брали участь у створенні гальмового моменту.

Автоматична зупинка - спрацьовування гальмової системи причепа при розриві зчіпки забезпечується установкою на причепі (і напівпричепі) автономної гальмової системи, з'єднаної з гальмовою системою тягача таким чином, що якщо це з'єднання порушується, то це приводить до спрацьовування гальмової системи причепа, що забезпечує його зупинку.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості робочого процесу гальмового керування?
2. Як класифікують гальмові системи, гальмові механізми, гальмові приводи ?
3. Перелічіть вимоги до гальмових систем.
4. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до гальмових систем автомобілів?

5. Перелічіть основні типи гальмових механізмів, їх особливості, критерії оцінки.

2.4.12 Тема 12. Підвіска

Література: [8], с. 199-222; [9], с. 145-173; [12], с. 109-175.

Підвіска здійснює пружний зв'язок рами або кузова з колесами, пом'якшуючи поштовхи й удари, що виникають при наїзді коліс на нерівності, передаючи всі сили й моменти між колесами й рамою.

Зазвичай класифікацію підвіски розглядають залежно від типу напрямного, пружного й пристроїв гасіння, що складають підвіску.

Основними *класифікаційними ознаками підвісок* є наступні:

а) по типу напрямного пристрою:

- 1) незалежна підвіска (важільна, телескопічна, комбінована) з переміщенням колеса:
 - у поздовжній площині (з поперечними важелями);
 - у поперечній площині (з поздовжніми важелями);
 - в обох площинах;
 - уздовж напрямної (свічкова телескопічна підвіска);
 - комбінована (важільно-телескопічна підвіска);
- 2) залежна підвіска для коліс даної осі:
 - із жорсткою балкою між лівим і правим колесами (балка мосту, або додаткова поперечна балка)
 - без реактивних штанг або з ними;
- 3) залежна підвіска для коліс різних осей (блокована), причому колеса кожної осі можуть мати залежну або незалежну підвіску. Зазвичай застосовують зрівняльні важелі-балансири для з'єднання коліс сусідніх осей - такі підвіски називають балансирними;

б) по типу основного пружного елемента в пружному пристрої:

- 1) металевий (листова ресора, кручена пружина, торсіон);
- 2) неметалічний (гумовий, пневматичний, гідравлічний);
- 3) комбінований однорідний (пневмогідравлічний, ресорно-пружинний);
- 4) різнорідний (ресорно-пневматичний);
- 5) без пружного елемента (жорстке кріплення до рами осі)

колеса, або балки мосту, або осі балансира);

в) по типу пристрою гасіння коливань, з тертям:

- 1) тільки в ресорі й шарнірах;
- 2) тільки в амортизаторах;
- 3) в амортизаторах та в інших елементах, наприклад, у ресорах.

Основні вимоги до підвісок наступні:

- плавність ходу;
- рух автомобіля по нерівних дорогах без удару в обмежник;
- ефективне згасання коливань кузова;
- протидія нахилу кузова при розгонах, гальмуваннях, поворотах;
- узгодження з кінематикою рульового управління;
- передача на кузов або раму зусиль і реактивних моментів від коліс.

Крім того, до підвісок, як і до інших механізмів і систем автомобіля, пред'являють також загальні вимоги: забезпечення мінімальних розмірів і маси, висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність.

Розглянемо, якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до підвісок.

Плавність ходу в основному визначається величиною статичного прогину f_p . Однак для різних умов експлуатації поліпшення плавності ходу забезпечується при різному значенні f_p , що можна одержати за допомогою керованих підвісок зі змінюваними характеристиками пружного пристрою, та пристрою гасіння. Поки що розробка керованих підвісок не досягла рівня, необхідного для їхнього широкого застосування.

Рух автомобіля без удару в обмежник при значних нерівностях в основному визначається величиною динамічного прогину $f_{дв}$. Вважається, що величина вертикального навантаження при $f_{дв}$ повинна в 3-4 рази перевищувати вертикальне навантаження при статичному прогині. Ця умова поки ще не виконується на багатьох автомобілях.

Ефективне загасання коливань кузова для різних типів автомобілів і різних вантажів потрібно в різному ступені. Найкраще загасання коливань при різних умовах експлуатації забезпечують амортизатори зі змінюваною характеристикою, що входять у керовані підвіски, поки що зрідка застосовувані. У багатьох випадках досить ефекти-

вні звичайні телескопічні амортизатори.

Вважається, що для задніх підвісок вантажних автомобілів, призначених для перевезення вантажів, нечутливих до вертикальних коливань, достатнє загасання забезпечується міжлистовим тертям ресор.

Протидія нахилу кузова при розгонах, гальмуваннях, поворотах в основному забезпечується пружною характеристикою підвіски й типом напрямного пристрою. Якщо цього недостатньо, застосовується стабілізатор поперечної стійкості.

Передача на кузов або раму зусиль і реактивних моментів від коліс здійснюється в такий спосіб. Вертикальні зусилля передаються пружним пристроєм (при використанні ресор із закріпленими кінцями в багатьох конструкціях усі зусилля й моменти передаються в основному ресорами). Інші зусилля й моменти передаються напрямним пристроєм.

Питання для самоперевірки

1. У чому полягають особливості робочого процесу підвіски?
2. Як класифікують підвіски по напрямному пристрою?
3. Як класифікують підвіски по пружному пристрою?
4. Перелічіть вимоги до підвісок.
5. Якими конструктивними заходами забезпечуються вимоги до підвісок автомобілів?

2.4.13 Тема 13. Колеса й шини

Література: [8], с. 223-225; [9], с. 174-185; [12], с. 176-185.

Зазвичай автомобільне колесо складається із шини, обода, маточини.

Класифікація коліс проводиться залежно від їхнього призначення й конструкції:

- **по призначенню:** ведучі, ведені, керовані;
- **по конструкції:** дискові, бездискові (зі спицевими або барабанними маточинами).

Класифікація шин проводиться по наступним основним параметрам:

- **по способу герметизації:** камерні, безкамерні;
- **формі профілю:** звичайного $H/B=1,0\dots0,9$, широкопрофільні

(низькопрофільні) - $H/B=0,6...0,8$, арочні - $H/B=0,4...0,5$, пневмокати - $H/B=0,25...0,4$;

- **можливості зміни внутрішнього тиску:** з нерегульованим тиском, з регульованим тиском;
- **по конструкції каркаса:** з діагональними нитками, з радіальними нитками.

Основні вимоги до коліс наступні:

- повна відповідність застосовуваній шині по розмірах, твердості й конструкції обода;
- надійне кріплення до маточини, що забезпечує легкість монтажу й демонтажу колеса;
- високі міцність, довговічність і корозійна стійкість;
- мінімальні биття й дисбаланс.

Основні вимоги до шин наступні:

- гарне зчеплення з дорогою;
- малий опір коченню;
- відповідність пружних властивостей параметрам автомобіля й умовам руху;
- низький рівень шуму при русі автомобіля;
- високі міцність і довговічність;
- малий тиск на ґрунт (для автомобілів підвищеної й високої прохідності).

Крім того, до автомобільних шин і коліс, як і до інших механізмів і систем автомобіля, пред'являють також **загальні вимоги**: забезпечення мінімальної маси (маса колеса легкового автомобіля зі сталевих листів становить близько 6,5 кг, лите алюмінієве колесо на 1 кг легше, а штамповане - на 1,5 кг), висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність.

Розглянемо, якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до шин.

Гарне зчеплення з дорогою забезпечується в основному добром складу гуми в шині, оптимальним для даних умов експлуатації малюнком протектора, підтримкою необхідного тиску в шині. Однак збільшення коефіцієнта зчеплення шини з дорогою за рахунок зміни складу гуми в деяких випадках може призвести до значного скорочення терміну служби шини через її швидке зношування.

Малий опір коченню забезпечується в основному тими ж заходами, що й гарне зчеплення з дорогою, але зменшення опору коченню

може в деяких випадках супроводжуватися зменшенням коефіцієнта зчеплення шини з дорогою.

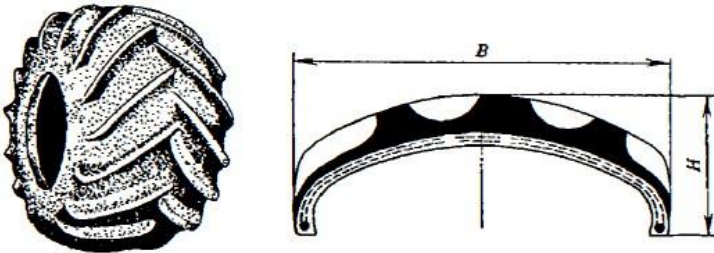


Рисунок 2.8 - Арочна шина

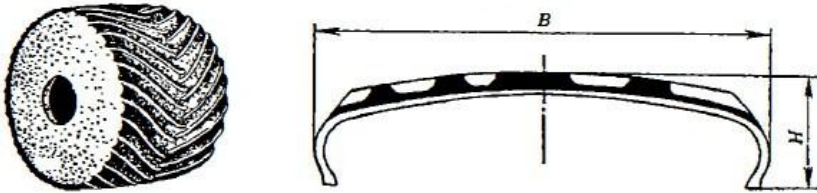


Рисунок 2.9 - Пневмокаток

Високі міцність і довговічність містять у собі й вимоги безпеки, а саме:

- виключення розриву шини від підвищення тиску понад заданий (зазвичай гарантується збереження міцності при підвищенні тиску в шинах легкових автомобілів на 0,2 МПа) - забезпечується в основному конструкцією каркаса шини;
- виключення розриву шини від відцентрових сил, що виникають при високих швидкостях руху - забезпечується в основному конструкцією каркаса шини; при цьому на шинах проставляється маркування, відповідно до максимальної швидкості, при якій може застосовуватися дана шина;
- надійність герметичного й міцного прилягання бортів шини до бортів обода - забезпечується в основному високою якістю виготовлення обода й відсутністю на ньому дефектів, що виникають у процесі експлуатації;
- затримка або запобігання різкого падіння тиску при проколі шини - найбільш безпечна безкамерна шина, тому що герметизуючий шар заповнює прокол, для легкових автомобілів

деякі фірми пропонують шини із внутрішньої торовою вставкою, опираючись на яку при повному падінні тиску в шині автомобіль може проїхати кілька десятків кілометрів.

Малий тиск на ґрунт забезпечується збільшенням поверхні контакту за рахунок збільшення ширини, діаметра шини й зниження в ній тиску. Останнє найбільше ефективне й застосовується у вигляді системи регулювання тиску в шинах.

Автомобільне колесо виконує різноманітні функції: це опора, через яку передається вага автомобіля на дорогу, це рушій, який взаємодіючи з дорогою, передає тягову і гальмівну сили, протидіє боковим силам, забезпечує зміну напрямку руху. Автомобільні шини мають значну еластичність та їх деформації в радіальному, поздовжньому і поперечному напрямках значно впливають на експлуатаційні властивості автомобіля.

Автомобільні шини випускаються у відповідності зі стандартами й підрозділяються на легкові; вантажні (включаючи причепа, напівпричепа й автобуси); з регульованим тиском; для великовантажних автомобілів, будівельних, дорожніх і підйомно-транспортних машин. Шини виготовляють із різними малюнками протектора: дорожнім (Д), універсальним (В), підвищеної прохідності (ПП), зимовим (З), кар'єрним (Кар). Шини випускаються у звичайному, тропічному й північному виконанні.

Питання для самоперевірки

1. По яких основних ознаках класифікують шини?
2. Перелічіть вимоги до шин. Якими конструктивними заходами вони забезпечуються?
3. Перелічіть вимоги до автомобільних коліс. Якими конструктивними заходами вони забезпечуються?
4. Яка шина вважається найбільш безпечною?
5. За рахунок чого забезпечується надійність герметичного й міцного прилягання бортів шини до бортів обода?

2.4.14 Тема 14. Кузов і рама

Література: [8], с. 226-235; [12], с. 191-197.

Рама, а часто й кузови являють собою несучі системи, що

сприймають вагові й ударні - перевантажувальні навантаження. Кузов автомобіля служить для розміщення вантажу, пасажирів і водія й для захисту їх від кліматичних впливів.

Із усього різноманіття класифікаційних ознак відзначимо тільки самі основні.

Несучі системи класифікують залежно від того, що сприймає вагові навантаження:

- рама (кузов розвантажений);
- кузов - несучий кузов (каркасний, з несучою основою, панельний);
- кузов, об'єднаний з рамою - інтегральна несуча система.

Рами ділять на лонжеронні (периферійні, Х-образні, сходові, з Х-образними поперечками) і хребтові - центральні.

Кузова по призначенню ділять на пасажирські (автобусні й легкових автомобілів), вантажні, вантажопасажирські, спеціальні.

Кузова легкових автомобілів класифікують залежно від числа дверей і конструкції дахів: закриті (седан, лімузин, купе та ін.), відкриті (фаєтон, кабріолет та ін.), комбіновані (ландо, тарга та ін.). Крім того, виділяють однооб'ємні, двооб'ємні, триоб'ємні кузова. Назва того самого кузова в різних країнах може бути різним.

Кузова вантажних автомобілів класифікують на кузови загального призначення (бортова платформа) і спеціалізовані (самоскиди, фургони, цистерни, контейнеровози і т.д.).

Основні вимоги до кузовів і рам наступні:

- мінімальна маса при довговічності, включаючи й корозійну стійкість, відповідну до строку служби автомобіля;
- достатня для роботи агрегатів і вузлів автомобіля жорсткість;
- форма рами (кузова) повинна забезпечувати зручність монтажу агрегатів, малу висоту центру ваги й малу навантажувальну висоту;
- форма й конструкція кузова повинні забезпечувати необхідні комфортабельність, травмобезпечність, а також вимоги моди.

Крім того, до кузовів і рам, як і до інших механізмів і систем автомобіля, пред'являють також загальні вимоги: забезпечення мінімальної маси, висока надійність, мінімальне обслуговування, технологічність.

Розглянемо, якими конструктивними заходами забезпечується виконання вимог до кузовів і рам.

Мінімальна маса кузовів легкових автомобілів і кабін вантажних автомобілів забезпечується застосуванням м'якої низьковуглецевої (через глибоке штампування) листової сталі, товщина якої звичайно зменшено до 0,8 мм. Рами виготовляють із листової сталі товщиною 2...4 мм (рами великих легкових автомобілів), 5...12 мм (лонжерони рам автобусів і вантажних автомобілів), 4...8 мм (поперечки рам автобусів і вантажних автомобілів). Іноді для зниження маси рами вантажних автомобілів виготовляють із легованої листової сталі.

Підвищення корозійної стійкості й, отже, довговічності кузовів легкових автомобілів забезпечується застосуванням листової сталі з додаванням міді або оцинкованої. Ненавантажені панелі кузова виготовляють із пластмас. Іноді кузова легкових автомобілів і кабін спеціальних вантажних автомобілів виготовляють із алюмінієвого листа або із пластмас. Для зовнішніх панелей кузовів автобусів усе частіше застосовують алюмінієві листи.

Достатня жорсткість рам в основному забезпечується при вигині лонжеронами (при крутінні також і поперечками) необхідної висоти й товщини.

Для підвищення жорсткості кузовів використовують закриті або відкриті профілі, що утворюють каркас, або виштампувані або додаткові ребра.

Травмобезпечність кузова (внутрішня) забезпечується зменшенням інерційних навантажень при наїздах попереду й позаду (наприклад, створення більш твердого салону при менш жорсткій передній й задній частинах легкового автомобіля), обмеженням переміщення людей при аваріях (застосування ременів і подушок безпеки), усуненням травмонебезпечних деталей, збереженням життєвого простору при перекиданні.

Травмобезпечність кузова (зовнішня) забезпечується вдосконалюванням бамперів, усуненням травмонебезпечних деталей і виступів, застосуванням бічних і задніх огорожень на кузовах вантажних автомобілів, а в деяких випадках застосуванням захисних пристосувань, що зменшують травми пішоходів при наїзді на них.

Основи розрахунків кузовів і рам.

В статичному положенні при опорі на всі колеса вагові навантаження діють симетрично поздовжній осі й викликають вигин рами (або кузова), причому напруги невеликі.

Навантажувальні режими рами визначаються динамічними

навантаженнями, що діють на ніс у русі. При цьому для розрахунків звичайно розглядають два режими.

Приблизно вертикальні динамічні навантаження можна вважати симетричними, а, отже, лонжерони працюють на вигин, але в місцях кріплення агрегатів можливі значні крутні моменти. Для багатовісних автомобілів розглядають найнебезпечніший випадок: опора на колеса тільки крайніх осей. При розрахунках на вигин раму розглядають як балку на опорах - осях автомобіля.

Навантажувальні режими й розрахунки кузова значно складніші, тому що несучий кузов, являє собою складну оболонкову конструкцію з різними прорізами й стійками.

До недавнього часу основним методом оцінки міцності кузова легкового автомобіля й автобуса вважалися стендові й дорожні випробування на вигин і крутіння з тензометрируванням напруг у безлічі точок.

Напруги в кузові легкового автомобіля при крутінні в 2-4 рази вищі, ніж при вигині, причому окремі елементи працюють на вигин, розтягання, стиск, крутіння. Нормальною вважається жорсткість при куті закручування на 1 м довжини не більш $0^{\circ}15'$.

Деформації й напруги, що діють у несучому кузові, можна визначати різними аналітичними методами:

- **наближенням** - методом потенційної енергії, використовуваним при порівняльних розрахунках на початковій стадії проектування кузова;
- **точним** - методом, заснованим на теорії тонкостінних стрижнів, застосовуваним звичайно після завершення проектування кузова;
- **методом кінцевих елементів**, що представляють практично необмежені можливості для аналізу напруг і деформацій (вібрацій) у кузові, але потребуючим застосування ЕОМ з досить великим об'ємом пам'яті.

Розроблені методи наближеного розрахунку деформацій або ушкоджень кузова від удару при аварії (попереду, позаду, збоку або зверху - перекидання).

Метод кінцевих елементів полягає в тому, що реальна конструкція замінюється структурною моделлю, що складається з найпростіших елементів, таких як стрижні, пластини й т.п. з відомими пружними властивостями. Розрахунки здійснюється в кілька етапів. Спочатку

конструкцію розбивають на прості елементи.

Питання для самоперевірки

1. По яких основних ознаках класифікують кузова й рами?
2. Перелічіть вимоги до кузовів і рам. Якими конструктивними заходами вони забезпечуються?
3. Які особливості розрахунків рам і кузовів на працездатність?
4. З яких марок сталей виготовляють рами?
5. В чому суть методу кінцевих елементів?

2.4.15 Тема 15. Вібрації та шум в автомобілі

Література: [8], с. 236-249.

Вібрації - це механічні коливання з відносно малими амплітудами й частотою 17...25 Гц і більше. Останнім часом усе частіше вібраціями називають механічні коливання з будь-якою частотою.

Шум - це безладна комбінація звуків різного тону (частоти) і сили (інтенсивності), що мають суцільний спектр у деякому діапазоні частот.

Звук - це механічні коливання в пружних середовищах, суб'єктивно сприймані спеціальним органом почуттів людини й тварин.

Рівень вібрацій, що діють на водія й пасажирів, і рівень внутрішнього шуму в кабіні або кузові є основними показниками комфорбельності автомобіля. Вібрації через стомлюваність водія впливають на активну безпеку автомобіля, обмежують швидкість автомобіля, а виходить, і його продуктивність. Вібрації впливають на справність агрегатів автомобіля й схоронність перевезеного вантажу.

Рівень зовнішнього шуму регламентований Правилom СЕК ООН № 51 поправка 2 (ГОСТ Р41.51-2004). Рівень зовнішнього шуму є показником негативного впливу автомобіля на навколишнє середовище.

Вібрації. Вплив на людину вібрацій визначається їхньою інтенсивністю, спектральним складом, напрямком і тривалістю впливу.

Інтенсивність вібрацій на автомобілях оцінюється звичайно середнім квадратичним значенням віброприскорення σ (в м/с^2), або відношенням (називаним рівнем вібрацій) обмірюваного значення σ до значення $\sigma_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$, що відповідає умовному нульовому рівню. Це відношення беруть під знаком десяткового логарифма.

Одиниця виміру називається *белом* (Б), а її десята частина - *децибелом* (дБ): $L = 20 \lg(\sigma/\sigma_0)$ [дБ].

Спектральний склад вібрацій представляють значеннями σ для середньо-геометричних частот f октавних (відношення верхньої частоти в смузі до нижньої $\omega_v/\omega_n = 2$) або третьоктавних смуг (в Гц).

Оцінка впливу охоплює перші сім октавних смуг, причому перші п'ять смуг $f = 1; 2; 4; 8; 16$ Гц - це механічні коливання й лише смуги $f = 32; 64$ Гц - вібрації в колишньому розумінні.

Напрямки, по яких оцінюють вібрації й механічні коливання, ділять на вертикальне (вісь Z), горизонтальне поздовжнє (вісь X) і горизонтальне поперечне (вісь Y). Зазвичай виміри виконують тільки уздовж осей Z і X.

Вплив вібрацій і шуму в автомобілі, їхні джерела.

Вплив вібрацій на деталі автомобіля. Вібрація призводить до утомного руйнування деталей. Вона може виникнути в одному місці автомобіля, а вібраційні руйнування - в іншому. Особливо небезпечні резонанси. Тому особливу важливість набуває вивчення джерел виникнення вібрації й особливостей її передачі різними частинами автомобіля на різних режимах роботи.

Крім того існують і інші впливи вібрації на деталі автомобіля: ослаблення нерухливих з'єднань, зношування й зміна дисипативних властивостей сполучених з'єднань, зіткнення й збільшення зазорів у з'єднаннях із зазорами.

Вібраційні впливи, не викликаючи руйнувань вузлів, можуть призводити до порушення їх нормального функціонування (порушення контактних з'єднань в електроустаткуванні, порушення роботи систем автоматичного керування і т.д.).

Здатність вузла не руйнуватися при вібраційному впливі називається **віброміцністю**, а здатність нормально функціонувати - **вібростійкістю**.

Ціль віброзахисту вузлів - підвищення їх віброміцності й вібростійкості.

Утомне руйнування зазвичай починається з появи мікротріщин, які під впливом циклічного навантаження починають збільшуватися. Послабляється кристалічна структура металу. Після того, як утомна тріщина досягає критичної довжини, її швидкість поширення різко зростає, і настає утомне руйнування. Поверхня зламу - характерна

грубозерниста, кристалічна.

Довговічність деталей при утомному руйнуванні визначається числом циклів N навантаження до руйнування. Для чорних металів і сплавів крива втоми в логарифмічних координатах $\sigma-N$, де σ - напруга, відповідає до похилої прямої з різким переходом до горизонтальної ділянки після мільйона циклів (для кольорових металів і сплавів - кривої лінії з повільним зменшенням при збільшенні N).

Мільйон циклів для півосей автомобіля зазвичай відповідає 3 000 км пробігу. За границю витривалості часто ухвалюють напругу, що відповідає $10 \cdot 10^6$, тобто 10 млн. циклів, для алюмінієвих сплавів - $5 \cdot 10^8$ циклів.

Часто матеріал зазнає не тільки змінних, але й статичних навантажень. При цьому небезпека утомного руйнування зростає, причому в тим більшому ступені, чим вищі статичні напруги.

Вплив вібрацій на водія й пасажирів.

Вібрації не завжди виявляють на людину шкідливий вплив. Помірна вібрація в певній дозі поліпшує живлення тканин тіла, стимулює трудову діяльність, але в автомобілі вібрація погано впливає на людину.

Людина сприймає вібрації вестибулярним апаратом, очима, суглобами, м'язами, шкірою. Сприйняття вібрацій людиною залежить від частоти: при низьких частотах сприйняття пропорційне прискоренням, при середніх - швидкостям, при високих - частотам. Чим більше амплітуди вібрацій, тем неприємніше відчуття.

Чутливість людини до вібрацій до деякої міри залежить від положення тіла, способу впливу вібрацій на тіло, психологічних факторів, індивідуальних особливостей, але найбільше - від частоти.

Вважається, що звичайно людина відчуває вібрації в діапазоні частот $10^{-1} \dots 10^5$ Гц. Шкідливі наслідки (запаморочення, порушення зору, порушення мови і т.д.) зазвичай спостерігаються при тривалому впливі вібрацій у діапазонах частот $1 \dots 10^2$ Гц. Людський організм найбільш чутливий до вертикальних вібрацій у діапазоні частот $4 \dots 8$ Гц і до горизонтальних - у діапазоні $1 \dots 2$ Гц.

Вплив внутрішнього шуму на водія й пасажирів.

Шум не завжди виявляє шкідливий вплив на людину. Для нормального існування, щоб не вважати себе ізольованим від зовнішнього світу, людині потрібний шум в $20 \dots 30$ дБ. Однак у салоні автомобіля рівень шуму при швидкості 50 км/год може становити $60 \dots 70$ дБ і бі-

льше, при 100 км/год - 70...80 дБ і більше.

Сприйняття шуму людиною залежить від рівня шуму й частоти, а також від його зміни в часі, психологічних та інших факторів, індивідуальних особливостей людини. Підвищений шум є причиною погіршення чутності, передчасного стомлення й зниження продуктивності праці.

Хоча людське вухо чує звуки в діапазоні частот 16...20 000 Гц, однак на людський організм виявляють шкідливий вплив і нечутні інфразвуки. Слабкі інфразвуки, діючи на внутрішнє вухо, викликають відчуття морської хвороби. Сильні інфразвуки, викликаючи вібрацію внутрішніх органів, можуть призвести до їх ушкодження і навіть до зупинки серця.

Рівень шуму автомобіля звичайно оцінюють у дБ А, враховуючи характер суб'єктивного сприйняття гучності звуку людиною. При вимірі цієї величини використовують шумомір з відповідним контуром (корекцією А, що частково зрізує складові спектра із частотами менше 500 Гц).

Питання для самоперевірки

1. Якими параметрами оцінюються вібрації й шум?
1. У чому особливості впливу вібрацій на деталі автомобіля?
2. У чому особливості впливу вібрацій на водія й пасажирів?
3. Перелічіть джерела вібрацій в автомобілі. Яку участь у формуванні вібрацій приймають силовий агрегат, трансмісія та інші частини автомобіля?
4. Перелічіть джерела внутрішнього шуму в автомобілі.

3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Студенти заочної форми навчання відповідно до програми курсу «Робочі процеси автомобілів» самостійно вивчають літературу, що рекомендується, і виконують дві контрольні роботи: № 1 в 7-му і № 2 в 8-му семестрі. Завдання а потім і залік по виконаних контрольних роботах, студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

Для виконання контрольних робіт № 1-2 слід використовувати наступні методичні вказівки:

- Методичні вказівки для виконання контрольної роботи № 1 з дисципліни «Робочі процеси автомобілів», для студентів спе-

- ціальності 133 «Галузеве машинобудування» («Колісні та гусеничні транспортні засоби»), заочної форми навчання / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 38 с.;
- Методичні вказівки для виконання контрольної роботи № 2 з дисципліни «Робочі процеси автомобілів», для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» («Колісні та гусеничні транспортні засоби»), заочної форми навчання / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 34 с.

Також навчальною програмою курсу «Робочі процеси автомобілів», для студентів денної і заочної форм навчання, передбачено виконання одного розрахунково-графічного завдання. Для його виконання слід використовувати методичні вказівки:

Методичні вказівки для виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Робочі процеси автомобілів», для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» («Колісні та гусеничні транспортні засоби»), усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 50 с.

Свій варіант завдання а потім і залік по виконаному розрахунково-графічного завданню, студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

Оформляти роботи рекомендується на аркушах формату А4 (210х297), зброшурованих і закріплених у швидкозшивачі. При оформленні робіт слід керуватися вимогами ДСТУ 3008:2015 - «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» (Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016).

При виконанні контрольних робіт необхідно пояснювати текст схемами і рисунками в масштабі. На обкладинці робіт треба вказати: назву предмета; прізвище, ім'я, по батькові студента; шифр; спеціальність; номер залікової книжки; домашню адресу (для іногородніх) з поштовим індексом; дату виконання. Контрольні роботи повинні бути підписані студентом. Матеріал у контрольних роботах розташовується в наступному порядку:

- титульний лист;
- теоретична частина;
- графічна частина;

- висновки;
- перелік посилань.

Наприкінці кожної роботи обов'язково необхідно привести список використаної літератури та електронних джерел, на які наведені посилання в контрольній роботі, з обов'язковим зазначенням по кожному літературному джерелу прізвища та ініціалів автора, назви книги, місця видання, видавництва і року видання, URL електронного ресурсу.

Кожна письмова робота повинна бути особисто підписана студентом. Залік по кожній виконаній роботі студент одержує окремо, при особистій співбесіді з викладачем.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог організації навчального процесу, кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни. Контрольні заходи з дисципліни «Робочі процеси автомобілів» передбачають наступне:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання тестових письмових робіт на рубіжному контролі;
- виконання та захист лабораторних і практичних робіт;
- виконання та захист контрольних робіт;
- виконання та захист розрахунково-графічного завдання;
- виконання та захист курсового проекту;
- складання іспиту та заліку.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку.

При виконанні письмової роботи, студенти одержують завдання по висвітленню певних теоретичних питань або розв'язку завдань. Робота виконується студентом письмово й здається викладачеві. При цьому оцінюються володіння матеріалом по темі роботи, аналітичні здатності студента, його володіння методами, уміння й навички, необ-

хідні для виконання завдань.

Залік націлений на комплексну перевірку освоєння дисципліни. Залік проводиться в усній або письмовій формі по білетах, у яких наводяться питання (завдання) по всіх темах курсу. Студенту дається час на підготовку. Оцінюється володіння матеріалом, його системне освоєння, здатність застосовувати потрібні знання, навички й уміння при аналізі проблемних ситуацій і вирішенні практичних завдань.

Слід зазначити, що всі заплановані заходи мають бути складені студентом позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни допускається до складання заліку.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається основний перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні та самопідготовці до дисципліни «Робочі процеси автомобілів».

Базова

1. Автомобілі. Теорія : навчальний посібник / В. П. Сахно, В. І. Сирота, В. М. Поляков. Одеса : Військова академія, 2017. 414 с.
2. Гащук П. Автомобіль. Теорія колісного рушія : навч. посібник. Київ : Кондор, 2018. 328 с.
3. Сахно В. П., Григорашенко О. В., Вакуліч А. В. Автомобілі. Всеколісне керування. К. : Національний транспортний університет, 2013. 200 с.
4. Оборський Г. О. Засоби та методи діагностування підвіски та ходової частини автомобіля в умовах станції технічного обслуговування : навч. посіб. Одеса : Наука і техніка, 2012. 265 с.
5. Кравець С. В., Лук'янчук О. П., Тимейчук О. Ю. Дослідження робочих процесів машин і методи оптимізації : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2011. 240 с.

6. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
7. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посіб. К. : КВІЦ, 2004. 174 с.

Допоміжна

8. Нарбут А. Н. Автомобили : Рабочие процессы и расчет механизмов и систем : учебник для студ. высш. учеб. заведений М. : Академия, 2007. 256 с.
9. Скутнев В. М. Основы конструирования и расчета автомобиля. Тольятти : ТГУ, 2012. 295 с.
10. Автомобили: Основы проектирования : Учеб. пособие для вузов / А. Г. Выгонный и др. ; под ред. М. С. Высоцкого. Мн. : Высшая школа, 1987. 152 с.
11. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия : Учеб. пособие для спец. «Автомобили и тракторы» / А. И. Гришкевич и др. ; под ред. А. И. Гришкевича. Мн.: Высшая школа, 1985. 240 с.
12. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть : Учеб. пособие для вузов / А. И. Гришкевич и др. ; под ред. А. И. Гришкевича. Мн.: Высшая школа, 1987. 200 с.
13. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин: учеб. для вузов. М. : Машиностроение, 1990. 352 с.
14. Лукин П. П., Гаспарянц Г. А., Родионов В. Ф. Конструирование и расчет автомобиля. М. : Машиностроение, 1984. 376 с.
15. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости : учебник для вузов / И. С. Цитович и др. ; под общ. ред. Н. Ф. Бочарова. М. : Машиностроение, 1983. 299 с.
16. Чичекин И. В. Конструирование и расчет шасси автомобиля. Проектирование сцепления. М. : МГИУ, 2010. 115 с.
17. Бухарин Н. А., Прозоров В. С., Щукин М. М. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля : учеб. пособие для вузов. Л. : Машиностроение, 1973. 504 с.
18. Peter Lugner. Vehicle dynamics of modern passenger cars. Vienna :

- CISM International Centre for Mechanical Sciences, 2019. 382 p.
19. Xiubin Zhang, Muhammad Mansoor Khan. Principles of intelligent automobiles. Shanghai : Shanghai Jiao Tong University Press, 2019. 286 p.
 20. David Crolla. Encyclopedia of automotive engineering. New York : John Wiley & Sons, 2015. 2697 p.
 21. Ansel C. Ugural. Mechanical design of machine components. Boca Raton : CRC Press, 2015. 1008 p.
 22. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini. Vehicle dynamics modeling and simulation. Berlin : Springer-Verlag, 2014. 417 p.
 23. Giampiero Mastinu. Road and off-road vehicle system dynamics handbook. Boca Raton : CRC Press, 2014. 1678 p.
 24. Giancarlo Genta. Motor vehicle dynamics modeling and simulation. London : World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2006. 537 p.
 25. Hocine Imine. Sliding mode based analysis and identification of vehicle dynamics. Berlin : Springer-Verlag, 2011. 138 p.
 26. Joseph Katz. Automotive aerodynamics. New York : John Wiley & Sons, 2016. 611 p.
 27. Masato Abe. Vehicle handling dynamics, theory and application. Waltham : Butterworth-Heinemann, 2015. 305 p.
 28. Reza N. Jazar. Vehicle dynamics theory and applications. New York : Springer Science+Business Media, LLC, 2014. 1074 p.
 29. Richard Stone, Jeffrey K. Ball. Automotive engineering fundamentals. Warrendale : SAE International, 2004. 637 p.
 30. Robert L. Norton design of machinery. New York : McGraw-Hill College, 2011. 541 p.
 31. Victoria A. Banks, Neville A. Stanton. Automobile automation distributed cognition on the road. Boca Raton : CRC Press, 2017. 189 p.
 32. Jo Yung Wong. Theory of ground vehicles. New York : John Wiley & Sons, 2001. 558 p.
 33. Brad Schofield. Model based vehicle dynamics control for active safety Lund : Media-Tryck, 2008. 186 p.
 34. Hans B. Pacejka. Tire and vehicle dynamics. Burlington : Butterworth-Heinemann, 2012. 629 p.
 35. Harald Naunheimer, Bernd Bertsche, Joachim Ryborz. Automotive transmissions : fundamentals, selection, design and application. Dordrecht : Springer Science + Business Media, 2011. 742 p.
 36. Joseph Katz. Race car aerodynamics designing for speed (engineering

- and performance). Cambridge : Robert Bentley Inc., 1995. 279 p.
37. Karl Popp, Werner Schiehlen. Ground vehicle dynamics. Berlin : Springer-Verlag, 2010. 357 p.
 38. Massimo Guiggiani. The science of vehicle dynamics handling, braking, and ride of road and race cars. Dordrecht : Springer Science + Business Media, 2014. 364 p.
 39. Moustapha Doumiati, Ali Charara, Alessandro Victorino. Vehicle dynamics estimation using kalman filtering experimental validation. New York : John Wiley & Sons, 2013. 250 p.
 40. Rajesh Rajamani. Vehicle dynamics and control. New York : Springer Science + Business Media, 2006. 485 p.
 41. Rill Georg. Road vehicle dynamics fundamentals and modeling. Boca Raton : CRC Press, 2012. 363 p.
 42. Thomas D. Gillespie. Fundamentals of vehicle dynamics. Warrendale : SAE International, 1992. 486 p.
 43. William F. Milliken, Douglas L. Milliken. Race car vehicle dynamics. Warrendale : SAE International, 1995. 466 p.

6 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Електронно-пневматична гальмівна система транспортного засобу. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/1871> (дата звернення: 31.03.2020).
2. Теоретичні основи створення та вдосконалення пневматичних апаратів гальмівного керування, підвіски та зчеплення автотранспортних засобів. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/2415> (дата звернення: 31.03.2020).
3. Система контролю вихідних параметрів руху транспортного засобу. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/2183> (дата звернення: 31.03.2020).
4. Теоретичні основи створення та вдосконалення пневматичних апаратів гальмівного керування, підвіски та зчеплення автотранспортних засобів. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/handle/123456789/2630> (дата звернення: 31.03.2020).
5. Керованість та стійкість руху автомобілів та тракторів. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/44154> (дата звернення: 31.03.2020).
6. Обзор современных трансмиссий многоосных транспортных

- средств. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/11507> (дата звернення: 31.03.2020).
7. Особливості розподілу потоків потужності у безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісіях. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/43826> (дата звернення: 31.03.2020).
 8. Порівняльний аналіз безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/43799> (дата звернення: 31.03.2020).
 9. Порівняльний аналіз математичних моделей процесу розгону універсальних самохідних машин. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/42189> (дата звернення: 31.03.2020).
 10. Прочностной расчет методом конечных элементов звеньев бесступенчатых двухпоточных гидрообъемно-механических трансмиссий. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/3789> (дата звернення: 31.03.2020).
 11. Управление потоками мощности ДВС как средство улучшения технико-экономических показателей автомобиля. URL: [http:// repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/17610](http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/17610) (дата звернення: 31.03.2020).