

## ***Лекція 1. Експлуатаційні властивості автомобіля***

1. Коротка історія автомобілебудування. Автомобілебудування в Україні.
2. Зміст і задачі дисципліни.
3. Основні поняття та визначення експлуатаційних властивостей.
4. Потенційні та експлуатаційні властивості автомобіля, способи їх визначення.

### ***1. Коротка історія автомобілебудування. Автомобілебудування в Україні.***

Якщо говорити загалом про історію автомобілебудування, то варто розглянути винайдення, створення і еволюцію основних складових автомобіля, які на початку навряд призначалися для використання при його створенні, але без яких неможливо уявити собі як формально перші автомобілі німецьких інженерів Даймлера і Бенца, так і найсучасніші автомобілі. Тому, насамперед, необхідно згадати звичайне колесо, завдяки якому і його взаємодії з опорною поверхнею власне і є можливим рух автомобіля. Таким чином, починаючи з винайдення колеса можна починати відлік створення автомобіля. Самим раннім «колесом» вважається знахідка в жудеці Яси (Румунія) — її датують останньою чвертю 5 тисячоліття до н. е. На одному з поселень культури Кукутень румунський археолог М. Дину знайшов глиняні модельки коліс від іграшкових візків, про що повідомив у 1981 році. В Цюшенському камерному похованні (вартберзька культура) на мегалітичній плиті середини 4 тисячоліття до н. е. були знайдені гравіювання із схематичними зображеннями запряжених у візок волів.

В дмитрівському кургані № 6 в Запорізькій області біля входу до камери поховання був знайдений дерев'яний візок катакомбної культури з колесом віком 5 тисяч років, що повністю збереглося.

Двоколісний візок з колесом діаметром 0,6 м, що збереглося, відомий з катакомбного поховання «Тягунова Могила» (біля 5 тис. р.) в запорізькому селі Марівка. Обидва колеса двоколісної дерев'яної арби зі Сторожової могили ямної культури під Дніпром (III тисячоліття до н. е.) були виготовлені з суцільної частини дерева, розсіченого поздовжньо, з круглими отворами для осі і товстими маточинами.

Попередником колеса можна вважати відомий до цього дерев'яний каток, котрий підкладався під вантаж, що переміщувався. Спочатку перші колеса являли собою дерев'яний диск, насажений на вісь і зафіксований клином. Зображення таких виробів з колесами (3000 р. до н. е.) знайдені в Месопотамії в шумерському місті Урук. До 2700 року до н. е. там же з'явилися малюнки візків. В той же час шумери починають ховати своїх царів разом з колісницями.

Зростання потреб суспільства та необхідність їх задоволення стало поштовхом для розвитку як фундаментальних так і прикладних наук без яких неможливе створення і розвиток всіх галузей виробництва починаючи від видобувної і до отримання і використання готової продукції. З часом досягнення в галузі хімії, механіки, електрики, термодинаміки, гідравліки та ін. використовувалися у виробництві різних видів продукції, що в свою чергу потребувало розвитку транспорту для переміщення людей і вантажів та переходу від поширених ручних візків і гужового транспорту до механізованого.

В 1752 р. кріпак винахідник-самоучка придворний механік Леонтій Шамшуренков змайстрував «самобіглу коляску». У 1791 р. механік і винахідник Іван Кулібін побудував триколісну «коляску-самокатка» з двома ведучими колесами. У ній винахідник застосував низку механізмів, які використовуються в сучасних тракторах і автомобілях: коробку передач, рульове керування, гальма. Теплового (або іншого) двигуна в той час ще не було, тому «самобіглу коляску» приводили в рух за рахунок м'язової сили людини. У 1830 р. майстер Янкевич розробив проект парового автомобіля. Механік Федір Блінов в 1888 р. побудував перший у світі гусеничний трактор. В якості двигуна на рамі довжиною 5 м стояв котел із двома паровими машинами. Від кожної машини через шестеренні передачі передавалося обертання до ведучих коліс, що перебували в зачепленні з гусеницями.

В той же час для тракторів та автомобілів потрібен відносно легкий і невеликий за габаритами двигун. 1862 рік - французький інженер А. Боде-Роше запропонував використати принцип попереднього стиску суміші, що дозволило суттєво підвищити ККД і надало можливість використання цього двигуна в якості силової установки автомобіля. 1876 рік - німецький комерсант М. Отто разом з французьким інженером Є.Лангеном вперше в двигунах реалізували принцип попереднього стиску суміші. Показники газового двигуна після цього значно поліпшилися. Крім світильного газу, як паливо в двигунах поступово почали застосовувати доменні, природні, й побіжні нафтові гази, а в кінці ХІХ століття, коли була організована промислова переробка нафти, й рідке нафтове паливо. Використання рідкого палива дозволило створити двигуни з відносно малою питомою масою, що відкривало їм шлях до застосування на машинах наземного транспорту.

У 1879 р. інженером О.С. Костовичем був побудований двигун внутрішнього згоряння потужністю 59 кВт (80 к.с.), масою 240 кг, що працював на бензині. У 1889 р. Б.А. Яковлев організував виробництво автомобільних гасових двигунів. Піонером вітчизняного промислового автомобілебудування можна вважати

московську велосипедну фабрику «Дукс» Ю.А. Меллера, де була зроблена спроба налагодити випуск автомобілів і навіть було виготовлено кілька машин. Ідея створення національного автомобіля займала думки передових представників технічної інтелігенції, багато з яких здобули освіту, жили і працювали за кордоном. Впродовж кількох століть Україна була у складі російської імперії і її розвиток був нерозривно пов'язаний із її розвитком.

Інтервенція і громадянська війна, що внесли розруху в економіку, торкнулися, звичайно, і малопотужних автоскладальних підприємств, що залишилися у спадок від старої Росії. Автомобільний парк був абсолютно зношений, хронічно але вистачало запасних частин. Механікам доводилося пускатися на неймовірні хитрощі, щоб змусити працювати машини 300 різних марок, що знаходилися в той час в експлуатації. У 1921 році питання про автомобільні заводи обговорювалося на засіданні уряду. Було поставлено завдання не тільки виконувати ремонт і випускати запасні частини, а й розпочати випуск власних автомобілів. У ті ж роки були закладені наукові основи автомобільної справи. Важливу роль у становленні його зіграв Науковий автотранспортний інститут - НАМИ. Роком народження радянського автомобілебудування можна вважати 1924 р., коли на автомобільному заводі, побудованому на базі автомобільних майстерень, був випущений перший півторатонний вантажний автомобіль АМО Ф-15, створений на базі італійської вантажівки FIAT 15 Ter, виробництво якого завод АМО здійснював з 1917 по 1919 рік. При цьому в його конструкцію були внесені суттєві зміни. У розвитку вітчизняної автомобільної промисловості можна виділити чотири основних етапи. Перший етап (1924-1941 рр.) Характеризувався спочатку дрібносерійним, а потім масовим серійним виробництвом автомобілів. У цей час заводи випускали невелике число моделей автомобілів, необхідних для народного господарства. На другому етапі (1943-1960 рр.). Створено багато нових моделей автомобілів. У третій етап (1961-1975 рр.) характерний збільшенням випуску автомобілів. На цьому етапі технічно переозброєні багато діючих автомобільні заводи і побудовані нові. З 1976 р. по теперішній час триває четвертий етап автомобілебудування.

Автомобілебудування — це відносно молода галузь машинобудування України, яка виникла в 1950—60-ті роки.

Автомобільні заводи України випускають великовантажні (Кременчук), малолітражні легкові (Запоріжжя) автомобілі.

В Луцьку налагоджено виробництво легкових автомобілів для сільської місцевості. Львівській автобусний завод (ЛАЗ) є найбільшим в СНД.

Автомобільна промисловість кооперується із заводами, які випускають двигуни, окремі вузли і агрегати автомобілів (Мелітополь, Полтава, Херсон, (Чернігів, Синельникове, Кременчук), електрообладнання (Херсон, Сутиска Вінницької обл.), запасні частини (Чернігів).

Перший же справді український автомобіль з'явився у 1959 році. Це був ЗАЗ-965, більш відомий у народі, як "горбатий запорожець". Прототипом першого українського автомобіля був італійський FIAT 600. Запорізьке дітище отримало вітчизняний двигун з повітряним охолодженням і потужністю 27 кінських сил. Усього в період з 1960 до 1969 року з конвеєра ЗАЗу зійшло 322106 таких автомобілів.

Автомобілебудування в Україні, як і в усьому колишньому Союзі, ніколи не було розвинене на належному рівні. Це стосується насамперед якості та асортименту продукції, що в умовах загострення загальної економічної кризи призвело прискорення занепаду галузі. Підприємства автомобілебудування, що дісталися Україні в спадщину (ЗАЗ, ЛуАЗ, ЛАЗ і КРАЗ), намагаються показати свою реальну життєздатність. В умовах українського ринку ці підприємства змушені шукати нові економічні формули роботи.

До недавнього часу (кінець ХХ століття) узагальнено історію розвитку автомобіля умовно поділяють на шість етапів:

- 1- створення самохідного колісного шасі-візка, оснащеного основними функціональними системами, властивими автомобілю, але рухався за рахунок м'язової сили (період до кінця 18 століття);
- 2- створення джерела механічної енергії малої металомісткості з досить високим к.к.д. (період до кінця 19 ст.);
- 3- сполучення колісного шасі та джерела енергії з механічними та іншими типами її перетворювачів, керованих людиною (кінець 19 ст.);
- 4- перші евристичні масові винаходи та пошуки раціональних конструкцій основних елементів функціональних систем автомобіля (кінець 19 – початок 20 століття);
- 5- науково обгрунтовані удосконалення і початкова автоматизація функціональних систем автомобіля (початок і середина 20 ст.);
- 6- широке впровадження систем автоматизованого керування робочими процесами механізмів і систем та автомобіля в цілому (сучасний етап).

За вимогами практики паралельно практичним удосконаленням автомобілів розвивалась теорія автомобіля – наука про механіку руху, енергетику, експлуатаційні властивості та принципи конструювання автомобіля.

Перші конструкції автомобілів створювалися на певних теоретичних засадах згідно із законами фізики, але то ще були тільки загальні положення теорії механізмів, машин та термодинаміки. Становлення теорії автомобіля як самостійної науки припадає першу третину ХХ ст. Пріоритет у формуванні цього єдиного наукового напрямку із багатьох питань практики конструювання машин і механізмів належить таким видатним ученим, академікам Жуковському М.Є., Чаплигіну С.О., Мерцалову М.І. Академік Горячкін В.П. є засновником землеробської механіки, який створив наукову базу з процесів кочення коліс по м'яких поверхнях, що є основою для конструювання автомобілів – позашляховиків. У витоках науки про автомобіль були видатні вчені Брілінг М.Р., Чудаков Є.О., Яковлев М.О.. Наука дозволяла вирішувати проблемні питання, пов'язані з конструюванням нових, оцінкою наявних машин і становленням нових напрямів, таких, як технічна експлуатація та ремонт автомобілів, автомобільні перевезення та ін..

Із зростанням потреб науки автомобілебудування та транспорту в галузі теорії автомобіля виникла низка самостійних напрямів з проблем механіки, енергетики, принципів конструювання, механіки кочення колеса, керування, стійкості, гальмівної динаміки, коливання, прохідності, економічності автомобіля та ін., розвиток яких ґрунтовно доповнили колективи провідних галузевих навчальних закладів України, конструкторських бюро заводів ЗАЗ, ЛАЗ, КраЗ, ЛуАЗ, ДП «ДержавтотрансНДІпроект» та ін..

На сучасному етапі розвитку теорії автомобіля її завданнями є:

- опис мовою математики фізичних процесів взаємодії та функціонування систем і механізмів автомобіля;
- прогнозування розвитку концепції конструкцій механізмів і систем автомобіля, що підвищують рівень ефективності властивостей автомобіля з впровадженням електронних систем керування, конструктивних матеріалів з особливими покращеними властивостями;
- моделювання руху автомобіля в різних дорожніх умовах,
- обґрунтування діагностичних і контрольних параметрів технічної експлуатації автомобілів та ін..

Закономірності, встановлені цією наукою, є основою для визначення головних експлуатаційних властивостей автомобіля та розрахунку кількісних показників їх якостей.

## ***2. Зміст і задачі дисципліни***

Транспортна система України є одним з найважливіших народногосподарських комплексів, без стабільної роботи якого неможливе

функціонування економіки держави, розвитку соціальної сфери, забезпечення потреб населення у переміщенні людей і вантажів. Провідною ланкою транспортної системи є автомобільний транспорт, найголовнішою перевагою якого є можливість доставки людей і вантажів безпосередньо від відправника до отримувача без пересадок або перевантажувань.

Знання конструкції об'єктів рухомого складу автомобільного транспорту в цілому і його складових частин зокрема, а також їх функціонування і взаємодію, основні несправності і регулювання можливо за достатньої компетентності спеціалістів галузі.

Метою дисципліни «Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля» є оволодіння знаннями з експлуатаційних властивостей автомобіля, методами їх розрахунку та визначення і отримання навичок практичного використання отриманих знань.

**Завданнями вивчення дисципліни** є набуття студентами знань, умінь і здатностей (компетенцій) ефективно вирішувати завдання професійної діяльності з обов'язковим урахуванням конструктивних і експлуатаційних властивостей рухомого складу автомобільного транспорту та з максимальною ефективністю здійснювати технологічні процеси на всіх етапах експлуатації автомобіля.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей** визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» та освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт»:

**ЗК 2.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК 11.** Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

**ФК 2.** Здатність використовувати у професійній діяльності знання з основ конструкції, експлуатаційних властивостей, робочих процесів і основ розрахунку автомобільних транспортних засобів.

**ФК 3.** Здатність проведення вимірювального експерименту і обробки його результатів.

**ФК 13.** Здатність аналізувати техніко-експлуатаційні показники автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності їх використання.

**ФК 14.** Здатність брати активну участь у дослідженнях та експериментах, аналізувати, інтерпретувати і моделювати окремі явища і процеси у сфері автомобільного транспорту.

**ФК 15.** Здатність застосовувати математичні та статистичні методи збирання, систематизації, узагальнення та обробки інформації.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання визначених освітньою програмою зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»:

**РН 1.** Мати концептуальні наукові та практичні знання, необхідні для розв'язання спеціалізованих складних задач автомобільного транспорту, критично осмислювати відповідні теорії, принципи, методи і поняття.

**РН 7.** Аналізувати інформацію, отриману в результаті досліджень, узагальнювати, систематизувати та використовувати її у професійній діяльності.

**РН 8.** Розуміти і застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові та законодавчі акти України, міжнародні нормативні документи, Правила технічної експлуатації автомобільного транспорту України, інструкції та рекомендації з експлуатації, ремонту та обслуговування автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів.

**РН 9.** Аналізувати та оцінювати об'єкти автомобільного транспорту, їх системи та елементи.

**РН 10.** Планувати та здійснювати вимірювальні експерименти з використанням відповідного обладнання, аналізувати їх результати.

**РН 14.** Аналізувати технологічні процеси експлуатації, обслуговування і ремонту об'єктів автомобільного транспорту.

**РН 23.** Аналізувати техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники автомобільних транспортних засобів, їх систем та елементів.

**РН 24.** Застосовувати математичні та статистичні методи для побудови і дослідження моделей об'єктів і процесів автомобільного транспорту, розрахунку їх характеристик, прогнозування та розв'язання інших складних задач автомобільного транспорту.

### ***3. Основні поняття та визначення експлуатаційних властивостей.***

#### ***3.1. Умови експлуатації автомобіля***

*Умовами експлуатації автомобіля є сукупність незалежних факторів, які визначають його конструктивні особливості, механіку руху та економічність. Основні з цих факторів можна поділити на три групи: транспортні, дорожні, природно-кліматичні.*

Транспортні умови характеризуються дальністю та тривалістю доставки об'єктів, що перевозяться (вантажів або пасажирів); режимом роботи; механічними, фізичними, геометричними та економічними характеристиками об'єктів перевезень (наприклад, видом вантажу, що перевозиться, розмірами його упаковки та ін.); способами завантаження і розвантаження; кваліфікацією водія;

умовами зберігання автомобіля; умовами технічного обслуговування та ремонту (кваліфікацією обслуговуючого персоналу та ін.).

Дорожні умови характеризуються параметрами місцевості, в якій експлуатується автомобіль; параметрами опорної поверхні, по якій він рухається; стабільністю стану опорної поверхні; міцністю мостів; інтенсивністю та організацією руху. Деякі параметри дорожніх умов (ті, якими визначається якість опорної поверхні) будуть використані при виконанні тягового розрахунку автомобіля, оцінці його експлуатаційних властивостей та при проектуванні окремих елементів автомобіля. Це геометричні параметри, тобто параметри профілю опорної поверхні (кути підйомів або спусків, косогорів (віражів), радіуси заокруглень дороги) та її фізико-механічні характеристики (коефіцієнт опору коченню та коефіцієнт зчеплення). Рекомендовані для розрахунків значення цих параметрів наводяться у відповідних розділах методичних вказівок, зокрема у завданні.

Кліматичні умови характеризуються температурою (наприклад, мінімальною, максимальною та середньою у найбільш спекотні та холодні місяці року), вологістю, тиском та розрідженням повітря; тривалістю зимового періоду; агресивністю навколишнього середовища та ін.

Взагалі можливі найрізноманітніші сполучення факторів, які визначають умови експлуатації автомобілів, тому автомобілі проектують для найбільш розповсюджених поєднань цих факторів.

### ***3.2. Експлуатаційні властивості автомобіля та критерії їх оцінювання.***

Термін “автомобіль” (від грецького autos - сам і лат mobilis - рухомий) з’явився наприкінці 19 століття і означає самохідну машину, призначену для перевезення по безрейкових дорогах вантажів, пасажирів або спецустаткування.

Класифікація рухомого складу, згідно з вищенаведеним, подана в табл.1.1.

Таблиця 1.1

#### *Класифікація АТЗ*

Властивості АТЗ	Тип АТЗ	Підтип АТЗ
1. Функціональні	Вантажний	Загального призначення, спеціалізовані
	Пасажирський	Автобус і легковий
	Спеціальний	Класифікація за призначенням
2. Пристосованість	Дорожній	Колісний з навантаженням на вісь до 10 т

до дорожніх умов		Колісний з навантаженням на вісь більше 10 т
	Позадорожній	Всюдиходи
3. Тип рушія	Колісний	Повноприводні та неповноприводні
	Гусеничний	Металогусеничний, гумометалогусеничний, пневмогусеничний
	Спеціальний рушій	Колісно-гусеничний, котковий, планетарно-котковий, крокуючий, роторно-гвинтовий та ін.
4. Кількість автономних модулів	Автомобіль	Одиночний
	Автопотяг	Сідельний, причіпний

Ефективність використання автомобіля можна оцінювати за такими показниками :

- дійсна транспортна продуктивність

$$P_d = G_v \cdot v_a, \text{ т-км/год} \quad (1.1)$$

де:  $G_v$  – вага вантажу (вантажопідємність автомобіля), т;

$v_a$  – швидкість автомобіля, км/год.

- вартість одиниці транспортної роботи

$$P = \frac{Q}{P_d}, \text{ коп/1т-км/год} \quad (1.2)$$

де:  $Q$  – всі витрати на переміщення вантажу.

Ці показники залежать від:

- досконалості конструкцій автомобіля, якості дороги;
- досконалості технічного догляду;
- рівня планування і організації перевезень.

Потенційні властивості автомобіля закладаються ще на стадії проектування, вони можуть розрізнятися на дві групи: функціональні властивості і властивості надійності.

Функціональні або експлуатаційні властивості і забезпечують можливість використання автомобіля за призначенням.

Аналізуючи формулу (1.1) можна сказати, що для збільшення транспортної продуктивності автомобіля необхідно забезпечити певний рівень його тягово-зчіпних властивостей, гальмівних властивостей, прохідності, керованості, стійкості, плавності ходу.

В той же час, для зниження вартості перевезень (формула 1.2) необхідно зменшити витрати на перевезення вантажу, що залежить від надійності, ресурсу

автомобіля і його частин, водія, типу дороги, витрати на експлуатацію автомобіля і, в значній мірі, витрати палива.

Основними експлуатаційними властивостями автомобіля та критеріями для їх оцінювання є:

### —Тягово-швидкісні властивості

Тягово - швидкісними властивостями звать сукупність властивостей, що визначають можливі за характеристиками двигуна або зчеплення ведучих коліс з дорогою, діапазони зміни швидкостей руху і граничні інтенсивності розгону автомобіля при його роботі на тяговому режимі в різних дорожніх умовах і на бездоріжжі. Для їх оцінки використовують наступні показники:

- $D = \frac{P_p - P_w}{G_a}$  – динамічний фактор;
- сила тяги на гаку,  $H$ ;
- $P_p$  – сила тяги автомобіля,  $H$ ;
- $\gamma_p = \frac{P_p}{G_a}$  – питома сила тяги автомобіля;
- максимальний підйом, що долає автомобіль, *град.*;
- $v_{max}$  – максимальна швидкість руху автомобіля (передбачено: 120 км/год одиночний автомобіль, 100 км/год – автопоїзд), *км/год.*;
- $V_{с\text{т}ех}$  – середня технічна швидкість руху, *км/год.*;
- $v_{min}$  – мінімальна стійка швидкість руху, *км/год.*;
- $\alpha$  – максимальний підйом, який може подолати автомобіль, *град.*;
- $v_{уст}$  – усталена швидкість на зтяжних підйомах, *км/год.*;
- $S_j$  і  $t_j$  – шлях і час розгону до певної швидкості, *м* і *с*;
- прийомистість (швидкісні характеристики “розгін - вибіг”, розгін на вищих передачах, час розгону до заданої швидкості та час розгону на ділянках 400 та 1000 м);
- швидкісна характеристика на дорозі зі змінним профілем;
- $j_a$  – прискорення автомобіля,  $м/с^2$ .

### —Гальмівні властивості

Гальмуванням зветься створення і зміна штучного опору рухові автомобіля для зменшення його швидкості або утримування нерухомим щодо дороги. Для оцінки гальмівних властивостей використовують наступні показники:

- $S_\tau$  – гальмівний шлях, *м*;
- $S_{\tau'}$  – шлях зупиняння, *м*;
- $j_\tau$  – величина сповільнення під час гальмування,  $м/с^2$ ;
- $\gamma_\tau = \frac{P_\tau}{G_a}$  – питома гальмівна сила;

- для автопоїздів використовують ще один показник – час спрацювання  $\tau_{сп}$ , тобто час від моменту натискання на педаль до досягнення усталеного сповільнення, сек.

Нормативним показником допоміжної гальмової системи є усталена швидкість на спуску. Стандартом передбачено, що допоміжна гальмова система повинна без застосування інших гальмових систем забезпечити рух зі швидкістю  $30 \pm 2$  км/год на схилі 7% завдовжки 6 км.

Оцінковим показником стоянкової гальмової системи є максимальний ухил, на якому автомобіль утримується нерухомим завдяки гальмівній силі, створеній цією системою.

### **- Керованість автомобіля**

*Керованість автомобіля* - сукупність властивостей, що забезпечують автомобілю прямолінійний рух і відповідність дійсного напрямку руху напрямку, заданому керованими колесами.

Для оцінки керованості існує досить багато показників. До основних оцінних показників, відносять передбачені національними стандартами і правилами КВТ СЕК ООН, а саме:

- стійкість керування траєкторії ;
- стійкість керування траєкторією при гальмуванні;
- стійкість курсового керування;
- стійкість курсового керування при гальмуванні;
- $v_{гр}$  – гранична швидкість виконання маневра, км/год;
- $v_{тр}$  – швидкість початку зниження стійкості керування траєкторією, км/год;
- $v_{курс}$  – швидкість початку зниження стійкості курсового керування, км/год та інші.

Крім цього, є ціла низка додаткових показників і характеристик керованості, з яких можна виділити такі:

- характеристику статичної траєкторної керованості;
- характеристику “ривок керма”;
- характеристику виходу з повороту;
- характеристику легкості рульового керування;
- граничну швидкість входу в заданий поворот;
- граничну швидкість входу в задану переставку;
- середню кутову швидкість повороту кермового колеса на прямолінійній ділянці дороги.

### — *Маневреність автомобіля*

*Маневреність автомобіля* - група властивостей, яка характеризує можливість змінювати заданим чином своє положення на обмеженій площині в умовах руху по траєкторіях великої кривизни з різною зміною напрямків руху, в тому числі і заднім ходом і оцінюється такими показниками, як:

– мінімальний радіус повороту автомобіля – тягача  $R_{min}$  – відстань від центру повороту до осі сліду переднього колеса, що забігає при максимальному куті повороту керованих коліс, м;

– зовнішній габаритний радіус повороту ( $R_{габ.маx}$ ) і внутрішній габаритний радіус повороту ( $R_{габ.миn}$ ) – відстань від центру повороту відповідно до максимально і мінімально віддаленої від нього частини автомобіля, ( $R_{габ}$ ), м;

– поворотна ширина коліс автомобіля по сліду коліс  $B_n$  – різниця найбільшого і найменшого радіусів повороту відповідних коліс, м;

– габаритна смуга руху  $B_{габ}$  – різниця між максимальним мінімальним значенням габаритних радіусів повороту, м;

– питоме тягове зусилля на повороті  $\Phi_n$  – необхідна для здійснення повороту сила визначається як відношення тягового зусилля на ведучих колесах до повної ваги автомобіля при повороті з мінімальним радіусом та мінімальною сталою швидкістю  $v_{min} \approx 5$  км/год, Н;

– коефіцієнт використання зчпної сили коліс при повороті  $K_{\phi i}$ . Для одного ведучого моста  $K_{\phi i}$  – це відношення сумарної сили, яка діє в контакті цих коліс до потенційно можливої сили по зчепленню.

– зусилля на рульовому колесі. Вимірюється при плавному повороті керованих коліс автомобіля з нейтрального положення до упору в один і другі боки, Н;

– складність здійснення керованого руху заднім ходом (для автопоїздів). Оцінюється двома показниками: шляхом, пройденим автопоїздом заднім ходом до початку його складання і кількістю поворотів рульового колеса на одиницю шляху при керованому русі автопоїзда відносно прямої опорної лінії.

–

### — *Стійкість автомобіля*

*Стійкість автомобіля* - здатність автомобіля рухатись без ковзання коліс і перекидання. Для оцінки стійкості автомобіля використовуються наступні показники:

Вимірниками *поперечної стійкості* автомобіля є:

–  $V_{крк}$  – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає початку бічного ковзання коліс, км/год ;

–  $V_{крn}$  – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає початку відриву внутрішніх коліс автомобіля від опорної поверхні, *км/год*;

–  $\beta_{крк}$  – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне ковзання коліс, *град.*;

–  $\beta_{крn}$  – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне перекидання автомобіля, *град.*;

–  $\eta_n$  – коефіцієнти поперечної стійкості автомобіля.

Поздовжня стійкість автомобіля – здатність протистояти перекиданню або ковзанню відносно поперечної осі, вимірниками поздовжньої стійкості є:

–  $\alpha_n$  – поздовжній критичний кут нахилу дороги, при якому виникає поздовжнє перекидання автомобіля, *град.*;

–  $\alpha_k$  – поздовжній критичний кут нахилу дороги, за умови початку ковзання коліс автомобіля, *град.*;

–  $V_{крw}$  – критична швидкість, за умови аеродинамічної стійкості, *км/год*.

### — Плавність ходу

*Плавність ходу* – експлуатаційна властивість автомобіля, що характеризує його здатність рухатись в заданому інтервалі швидкостей по дорогах з нерівностями без значних вібраційних та ударних впливів на водія, пасажирів, вантаж. Оціночними показниками плавності ходу автомобіля є:

–  $t$  – період коливання – час, впродовж якого кузов виконує повний коливальний рух, *с*;

– амплітуда коливань – найбільше відхилення величини, яка періодично змінюється від деякого значення, умовно прийнятого за нульове, *м*;

–  $\omega_n$ ,  $\omega_H$  – власна частота коливань підресорених і непідресорених мас, *с<sup>-1</sup>*;

–  $\frac{d^2z}{dt^2}$  – прискорення при коливаннях;

–  $\delta_{ск}$  – середнє квадратичне прискорення коливань, *м/с<sup>2</sup>*;

– швидкість зростання прискорень коливань – третя похідна переміщення по часу, *м/с<sup>3</sup>*;

–  $E = 10 \lg \frac{E}{E_0}$  – енергетичний показник ,

де:  $E_0$  – допустима енергія коливань.

### — Прохідність автомобіля

*Прохідність автомобіля* – експлуатаційна властивість, що виражає можливість руху в поганих дорожніх умовах, по бездорожжю та подоланні перешкод, яку в загальному вигляді визначають за коефіцієнтом прохідності:

$$\eta_n = \frac{P_6}{P_n} \quad (1.3)$$

де:  $P_6$  і  $P_n$  – відповідно транспортна продуктивність автомобіля в умовах бездоріжжя і на дорогах з твердим покриттям.

Розрізняють показники опорно-зчіпної і профільної прохідності автомобілів.

До показників *опорно-зчіпної прохідності* відносяться:

- $M_{зч}$  – зчіпна маса автомобіля – частина маси автомобіля, що припадає на його ведучі колеса і створює нормальні навантаження на них, кг;
- $k_\varphi$  – коефіцієнт зчіпної маси, який визначається як відношення зчіпної маси до повної маси автомобіля

$$k_\varphi = \frac{M_{зч}}{M_a} = \frac{G_{зч}}{G_a} \quad (1.4)$$

де:  $G_{зч} = M_{зч} \cdot g$  – зчіпна вага автомобіля, Н.

- $N_g$  – питома потужність автомобіля, що визначається як відношення максимальної потужності двигуна до повної маси автомобіля, кВт/т;
- $N_{ук}$  – потужність, що витрачається на утворення колії, тобто на ущільнення ґрунту під колесами, кВт;
- $p_c$  – середній тиск колеса на опорну поверхню, Па:

$$p_c = \frac{R_z}{F_k} \quad (1.5)$$

де:  $F_k$  – площа контакту шини колеса з опорною поверхнею, м<sup>2</sup>.

Для дорожніх автомобілів припустиме значення середнього тиску колеса на дорогу  $[p_c] = 0,6 \text{ МПа}$ , позадорожніх – не більше, ніж  $0,1 \text{ МПа}$ .

- $p_{пр}$  – середній тиск по виступах рисунка протектора, Па:

$$p_{пр} = \frac{R_z}{F_{пр}} \quad (1.6)$$

де:  $F_{пр}$  – площа частин протектора в площині контакту, що виступають, м<sup>2</sup>.

Для дорожніх автомобілів припустиме значення середнього тиску по виступах рисунка протектора  $[p_{пр}] = 0,85 \text{ МПа}$ .

До показників *профільної прохідності* відносяться:

- $h_i$  – дорожній просвіт, м;
- $L_1$  і  $L_2$  – передній і задній звиси, м;
- $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  – кути переднього і заднього звісів, град.

Для автомобілів звичайної прохідності кут переднього звісу повинен бути не меншим  $25^\circ$ , кут заднього звісу не меншим  $20^\circ$ . Для автомобілів підвищеної прохідності обидва кути повинні бути не меншими за  $30^\circ$ . Найбільші значення кутів звісу мають автомобілі високої прохідності:  $\gamma_1 = 60 \dots 70^\circ$ ;  $\gamma_2 = 50 \dots 60^\circ$ ;

- $R_{пз}$  – поздовжній радіус прохідності, м;

- $R_{mn}$  – поперечний радіус прохідності, м;
- $\alpha_{max}$  – найбільший кут подоланого підйому, град.;
- $\beta_{max}$  – найбільший кут подоланого косогору, град..

Стосовно до автопоїздів (крім перерахованих показників) додатково використовують в якості оціночних кути гнучкості у вертикальній  $\beta_v$  і горизонтальній  $\beta_h$  площині. За міжнародним стандартом ISO для забезпечення взаємозамінності тягово-зчіпних пристроїв причіпних автопоїздів вертикальний кут гнучкості повинен бути не меншим  $\pm 40^\circ$ , а горизонтальний кут гнучкості не менше  $\pm 55^\circ$ . Для сідлових автопоїздів кут вертикальної гнучкості повинен бути не меншим  $\pm 8^\circ$ , а кут горизонтальної гнучкості не меншим  $\pm 90^\circ$ .

Часто до оціночними показниками профільної прохідності додатково відносять:

- $Y_p$  і  $Y_z$  – кут перекосу мостів, відповідно переднього і заднього, град.;
- $r_3$  – коефіцієнт збігу слідів передніх і задніх коліс:

$$r_3 = B_{zn} / B_{zz} \quad (1.7)$$

де:  $B_{zn}, B_{zz}$  – ширина сліду відповідно за передніми і задніми колесами автомобіля.

Для повнопривідних автомобілів основними оціночними показниками профільної прохідності є також ширина подоланого в поперечному напрямку рову, висота подоланої вертикальної стінки (ескарпу) і глибина броду, який може подолати автомобіль.

### — *Стійкість автомобіля*

*Стійкість автомобіля* - здатність автомобіля рухатись без ковзання і перекидання. Для оцінки стійкості автомобіля використовуються наступні показники:

Вимірниками поперечної стійкості автомобіля є:

- $V_{крк}$  – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає початку бічного ковзання коліс, м/с;
- $V_{крn}$  – критична швидкість руху автомобіля по колу, яка відповідає початку відриву внутрішніх коліс автомобіля від опорної поверхні, м/с;
- $\beta_{крк}$  – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне ковзання коліс, град.;
- $\beta_{крn}$  – критичний кут поперечного ухилу дороги, за якого починається бічне перекидання автомобіля, град.;
- $\eta_n$  – коефіцієнти поперечної стійкості автомобіля.

Поздовжня стійкість автомобіля – здатність протистояти перекиданню або

ковзанню відносно поперечної осі, вимірниками поздовжньої стійкості є:

- $\alpha_n$  – поздовжній критичний кут нахилу дороги, при якому виникає поздовжнє перекидання автомобіля, *град.*;
- $\alpha_k$  – поздовжній критичний кут нахилу дороги, за умови початку ковзання коліс автомобіля, *град.*;
- $V_{кр_w}$  – критична швидкість, за умови аеродинамічної стійкості, *град.*

### — Паливна економічність автомобіля

*Паливна економічність автомобіля* – сукупність властивостей, які визначають витрату палива при виконанні автомобілем транспортної роботи в різних умовах експлуатації, для оцінки якої використовуються наступні критерії:

- $G_2$  – годинна витрата палива, кг/год;
- $g_e$  – питома годинна витрата палива, г/квт·год;
- $Q_s$  – шляхова витрата палива, л/100км ;
- $Q_w$  – витрата палива на одиницю транспортної роботи, л/100 т·км, (л/100 пас·км).

Для порівняльної оцінки паливної економічності та непрямой оцінки технічного стану автомобілів використовують оціночні показники паливної економічності:

– *контрольна витрата палива* - середня витрата палива АТЗ при русі з номінальним навантаженням але рівній горизонтальній дорозі з твердим покриттям на вищій передачі із заданою постійною швидкістю. Для визначення КВП автомобіль повинен здійснити пробіг в двох протилежних напрямках по вимірювальному ділянці дороги на вищій передачі із заданою швидкістю, а також зі швидкостями менше і більше заданої на 5 км / год. Рекомендовані значення задаються швидкостей регламентуються стандартами. Для АТЗ повною масою більше 3,5 т (крім магістральних автопоїздів, міських, міжміських і туристичних автобусів) КВП визначають при  $v_a = 60$  і  $80$  км/год, а якщо  $v_{max} = 80$  км/год, то при  $40$  і  $60$  км/ч. Для міських автобусів КВП визначають при  $v_a = 40$  і  $60$  км/год, для магістральних автопоїздів, міжміських і туристичних автобусів - при  $60$  і  $80$  км/год (якщо  $v_{max} = 80$  км/год, то при  $40$  і  $60$  км / год );

– *витрати палива в магістральному і міському циклах на дорозі* є середніми витратами палива при русі автомобіля по вимірювальній ділянці відповідно до спеціальних карт та схем циклів, що відповідають категорії АТЗ. Ці цикли включають ділянки розгону, руху з постійною швидкістю і уповільнення. Відмінністю є лише характеристика операцій з операційної карти і схема циклу.

ВПММЦ визначають для АТЗ усіх категорій, крім міських автобусів. ВПММЦ визначають для АТЗ усіх категорій, за винятком магістральних автопоїздів, міжміських і туристичних автобусів.

Відлік витрати палива і часу руху проводяться в моменти перетину меж початку і кінця вимірювальної ділянки. Розгін в інтервалах заданих швидкостей починають на тій передачі, на якій максимальна швидкість вище початкової швидкості розгону не менше ніж на 5 км/год, і здійснюють при повній подачі палива. Після досягнення максимальної швидкості циклу рух здійснюється з постійною швидкістю на можливо більш високій передачі, при якій частота обертання колінчастого вала двигуна перевищує мінімально стійку не менше ніж на 20 рад/с. Вища передача повинна включатися при швидкості більше 40 км/год. Уповільнення в заданому інтервалі швидкостей і на заданому шляху здійснюється при включеній передачі на режимі примусового холостого ходу двигуна. Витрати палива в їздових циклах вельми схожі з результатами експлуатаційних витрат палива на типових маршрутах. На основі результатів випробувань в їздових циклах для кожного автомобіля визначають так звані базисні витрати палива, за якими і виробляють порівняльну оцінку паливної економічності, а також використовують базисні витрати в якості вихідних при встановленні експлуатаційних норм витрати палива.

– *витрата палива в міському циклі на стенді (МЦС)* – визначається тільки для автомобілів повною масою менше 3,5 т. Випробування проводяться на стенді з біговими барабанами, по їздовому циклу відповідно до операційної карти і схеми циклу. Інерційні маси вибираються в залежності від маси автомобіля. Операційна карта випробувань включає одинадцять безперервних їздових циклів, що складаються з пуску холодного двигуна, холостого ходу, розгону, постійної швидкості і уповільнення;

– *паливна характеристика усталеного руху* – залежність витрати палива від швидкості при сталому русі в заданих дорожніх умовах. Точки характеристики знаходять шляхом вимірювання витраченого палива при проїзді автомобілем із заданою, сталою швидкістю вимірювальної ділянки в прямому і зворотному напрямках. Випробування проводяться на рівній горизонтальній ділянці дороги з удосконаленим покриттям. Рух здійснюється на вищій передачі, починаючи з максимально можливою швидкістю до мінімально стійкої. Проміжні значення швидкості повинні бути кратні десяти. Паливна характеристика усталеного руху використовується також для дослідження впливу на витрату палива різних факторів.

Зі збільшенням швидкості руху шляховий витрата палива, як правило, спочатку дещо зменшується і досягає мінімуму при певній, що залежить від умов руху, швидкості. Потім у міру збільшення швидкості витрата палива досить швидко зростає. При малій швидкості руху і, відповідно, малої потужності, що розвивається двигуном, витрата палива збільшений внаслідок низького механічного ККД двигуна (збільшується відносна частка механічних втрат) і погіршення умов згорання горючої суміші в циліндрах двигуна через погане перемішування суміші і значного коефіцієнта залишкових газів. При великій швидкості руху автомобіля зростають опору руху і повітря, при досягненні потужності двигуном понад 80% від максимальної спрацьовує економайзер (при наявності карбюратора), що призводить до збагачення горючої суміші і, відповідно, зменшення ефективного ККД двигуна, а значить, до збільшення витрати палива .

Залежність витрати палива від швидкості більш сильно виражена у автомобілів з бензиновими двигунами, оскільки питома ефективна витрата палива в тих значно сильніше, ніж у дизелів, і залежить від ступеня використання потужності. Зазвичай мінімальне значення витрати палива на ТХ для автомобіля з номінальним навантаженням є контрольний витрата палива. Паливна характеристика усталеного руху дає лише наближену оцінку паливної економічності автомобілів. У той же час є певний зв'язок між цією характеристикою і експлуатаційним витратою палива. Дослідженнями, виконаними в ряді країн, встановлено, що експлуатаційний шляховий витрата палива приблизно на 10% більше витрат по ТХ по дорогах з удосконаленим покриттям при русі зі швидкістю, що становить  $\frac{2}{3}$  від  $V_{\max}$  для автомобілів з дизельними двигунами і  $\frac{3}{4}$  - з бензиновими;

*– паливно-швидкісна характеристика на магістрально-горбкуватій дорозі є залежність середньої шляхової витрати палива від середньої швидкості руху по дорозі з удосконаленим покриттям і заданим у вертикальній площині профілем. Використовується ця характеристика для оцінки та аналізу паливної економічності автомобілів, що працюють на дорогах магістрально-горбистого типу (магістральні автопоїзда, міжміські та туристичні автобуси), а також для дослідження впливу різних чинників на витрата палива.*

При визначенні ПШХ автомобіль здійснює пробіг по вимірювальному ділянці з різними швидкостями. При визначенні кожної точки цієї характеристики рух має відбуватися при можливо більшій швидкості, але без перевищення допустимої для даної точки (навіть на спусках) швидкості. Швидкість для вантажних автомобілів і автопоїздів задається меншою від максимальної до 30

км/год і має бути кратна десяти. Рух має здійснюватися на можливо вищій передачі, а перемикання на нижчу передачу необхідно проводити тоді, коли частота обертання колінчастого вала двигуна при включенні цієї передачі буде відповідати  $a > \omega_{eN}$ . Розгони здійснюються при повній подачі палива.

За кордоном в різних країнах методи оцінки паливної економічності автомобілів дуже різні. У ряді країн Західної Європи (ФРН, Великобританія, Франція) оцінка паливної економічності проводиться по витраті палива в літрах на 100 км для сталого і несталого руху. Паливна економічність при сталому русі визначається на вищій передачі на горизонтальній дорозі з удосконаленим покриттям або на динамометричному стенді при русі з певною швидкістю (90 і 120 км/год - Німеччина і Франція; 80 км/год - Великобританія). Паливну економічність несталого руху оцінюють за результатами імітації на динамометричному стенді умов руху автомобілів в місті з використанням їздового циклу ЕСЕ і діючих Європейських правил щодо визначення токсичності відпрацьованих газів. У Німеччині для оцінки паливної економічності автомобілів використовується також випробувальний їздовий цикл ЕСЕ із середньою швидкістю руху 19 км/год. Крім того, практикуються регулярні дорожні випробування автомобілів і автопоїздів по 6-7 типовим дорогах загальною протяжністю 600...700 км з визначенням середніх експлуатаційних витрат палива на кожній дорозі, а також середньозваженої витрати.

У США практично кожна велика автомобілебудівна фірма має свої методи оцінки паливної економічності, що принципово відрізняються один від одного. В останні роки товариство інженерів-автомобілебудівників, американське товариство випробувань і матеріалів і агенція з охорони навколишнього середовища (ЕРА) спільно розробили і затвердили в якості стандарту (SAE) федеральну методикку випробувань (FTP) для визначення паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів.

За цією методикою при дорожніх випробуваннях визначається витрата палива легкових автомобілів в трьох їздових циклах - міському, приміському та магістральному. В якості вимірювача паливної економічності автомобілів в США, на відміну від загальноприйнятого в Європі (л/(100км)), використовується пройдений шлях на певному обсязі палива. За одиницю довжини зазвичай приймають милю (1,609 км), а за одиницю об'єму - галон (3,785 л) (1 галон / 1 милю = 2,35 л / км).

Технічні фахівці США вважають, що максимально можливе значення показника паливної економічності закритого чотиримісного легкового

автомобіля з дизелем з наддувом і нерозділеного камерою згоряння складе 100 миль / галон.

— *Загальна оцінка конструкції і компоновки автомобіля*

Крім цього для оцінки конструкції і компоновки автомобіля використовують критерії використання вантажу і габаритів:

- коефіцієнт використання ваги:

$$\eta_G = \frac{G_B}{G_a} \quad (1.8)$$

- коефіцієнт тари:

$$q_m = \frac{M_0}{M_B} \quad (1.9)$$

де:  $M_0$  – власна маса автомобіля;

$M_B$  – маса вантажу.

Графічна залежність коефіцієнта тари від вантажопідйомності автомобіля представлена на рис.1.1 :

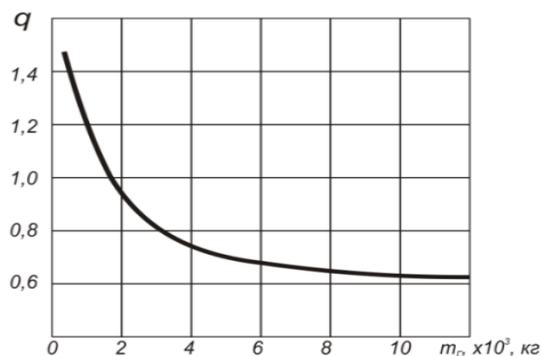


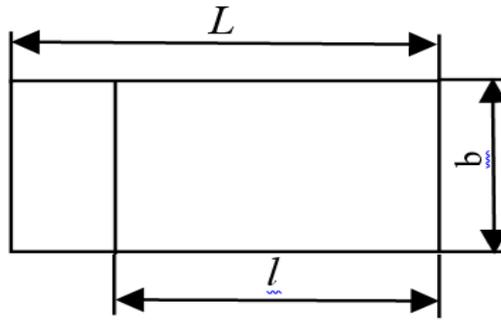
Рис.1.1. Графічна залежність коефіцієнта тари від вантажопідйомності автомобіля.

- коефіцієнт використання габаритів (за схемою, представленою на рис.1.2):

$$\eta_F = \frac{F_B}{F_a} \quad (1.10)$$

де:  $F_B = l \cdot b, \text{ м}^2$  – площа проекція розмірів вантажної платформи;

$F_a = L \cdot b, \text{ м}^2$  – габаритна площа проекції автомобіля на горизонтальну площину.



*Рис.1.2. До визначення коефіцієнта використання габаритів*