МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

курс лекцій для студентів денної форми навчання напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва»

МИКОЛАЇВ
2015

УДК 629.3.004

ББК 39.3

Е - 45

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 30.04.2015 р., протокол № 7.

Укладачі:

Д. Д. Марченко – канд. тех. наук, асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

В. О. Артюх – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Г. О. Іванов – канд. тех. наук, доцент кафедри загально технічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет;

В. С. Наливайко – канд. тех. наук, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова.

© Миколаївський національний аграрний університет, 2015

ЗМІСТ

Вступ……..……..…5

1. Класифікація транспортних засобів..... ...7
1.1. Характеристика вантажного автомобільного транспорту..... ...7
1.2. Загальна характеристика експлуатаційних властивостей транспортних засобів...…….12
2. Габаритні розміри транспортних засобів…….……..……..14
3. Місткість пасажирського транспортного засобу..... 17
3.1. Поняття місткості пасажирського транспортного засобу 17
3.2. Види місткості пасажирських транспортних засобів..... 18
3.3. Класифікація транспортних засобів за місткістю..... 19
4. Тягово-швидкісні властивості транспортного засобу..... 21
4.1 Вагові характеристики транспортного засобу 22
4.2. Швидкість руху транспортного засобу 23
4.3. Рух міського пасажирського транспорту ділянками транспортної мережі з обмеженням швидкості…….31
4.4. Заходи щодо підвищення швидкості руху 37
4.5. Прискорення розгону (пуску) транспортного засобу 39
5. Гальмові властивості транспортних засобів 45
5.1. Діаграма гальмування транспортного засобу 45
5.2. Сповільнення при гальмуванні автомобіля..... 45
5.3. Шлях гальмування, гальмовий і зупинний шляхи..... 48
5.4. Швидкість наростання сповільнення 51
6. Прохідність і маневреність транспортних засобів 53
6.1Прохідність транспортних засобів 53
6.2. Маневреність транспортних засобів 54
7. Керованість транспортних засобів 56
7.1. Керованість рейковим рухомим складом 56
7.2. Керованість безрейковими транспортними засобами 59
8. Стійкість транспортних засобів 64
8.1. Перекидання при русі в кривій..... 64

8.2. Занос та бічне ковзання транспортних засобів 66
8.3. Розвиток заносу мостів двовісного транспортного засобу 68
9. Плавність ходу автомобіля 73
9.1. Характеристики пружних елементів, амортизаторів, шин 73
9.2. Характеристики дорожніх нерівностей 75
9.3. Критерії оцінки плавності ходу 76
9.4. Оціночні показники плавності ходу 77
10. Паливна економічність автомобіля 79
10.1. Визначення паливної економічності автомобіля 79
10.2. Вплив конструктивних факторів, технічного стану та водіння на паливну економічність 81
Список літератури 86

Вступ

В даний час у розвитку конструкції автотранспортних засобів (АТС) великого значення набуває екологічна безпека, що відповідає технічній політиці країн підписали Женевська угода 1958 Охорона навколишнього середовища та економія паливно-енергетичних ресурсів відносяться до числа найбільш важливих проблем розвитку народного господарства в Російській Федерації. Екологічна безпека, паливна економічність і супутні їм експлуатаційні властивості, такі як ефективність і продуктивність АТС, є найбільш значущими показниками конкурентоспроможності.

Питання пошуку і прийняття конструктивних рішень щодо поліпшення експлуатаційних властивостей вантажних автомобілів необхідно здійснювати з позиції системного підходу, ". Методологія якого спрямована на вирішення комплексних завдань управління складною системою, тобто пошук і реалізація оптимальних рішень, здійснення надійних прогнозів з урахуванням різноманіття взаємодіючих факторів.

На підставі системного підходу, використовуючи теорію робочих процесів в теорії автомобіля, можливо оцінювати і управляти взаємоузгодженість фунціональность значущих в даному аспекті систем автомобіля.

Представлені методичні рекомендації дозволяють набути теоретичні знання з розрахунку параметрів транспортних засобів. В даних рекомендаціях викладені матеріали, які необхідні для освоєння методики оптимального комплектування машинно-тракторних агрегатів, визначення раціональних способів руху, а також обчислення техніко-економічних показників їх роботи, - що необхідне для навчального процесу підготовки інженерів-механіків сільського господарства, для працівників інженерної служби в селі, а також для спеціалістів-аграріїв всіх рівнів.

Таблиця 1

Кредитно-трансферна система вивчення дисципліни

модуля	Назва модуля	Всього годин кредитів	Розподіл аудиторного навантаження		Самостійна робота студентів
			Лекції	Лабор.-практ. заняття	
		4-й семестр			
.	Проектування тягових властивостей автомобілів	68 (1,88)	12	10	34
.	Динамічний паспорт та паливна характеристика автомобілів	40 (1,11)	8	10	34
	Всього	108 (3)	20	20	68

Рейтингова система балів по дисципліні

Оцінювання знань студентів здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи студента максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою в табл. 2

Таблиця 2

Шкала оцінок

За шкалою ECTS	За національною шкалою	За шкалою навчального закладу (як приклад)
A	5 (відмінно)	90-100
BC	4 (добре)	75-89
DE	3 (задовільно)	60-74
FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	35-59
F	2 (незадовільно) з обов’язковим повторним курсом	1-34

1.КЛАСИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

З погляду механіки руху транспортного засобу, можна виділити наступні критерії для класифікації:

1. Функціональні властивості, що визначають призначення засобу.
2. Пристосовуваність до дорожніх умов.
3. Тип рушія.

Під рушієм розуміють механізм, що забезпечує контакт транспортного засобу з опорною поверхнею.

4. Кількість автономних модулів.

Класифікація транспортних засобів, згідно з вищенаведеним, представлена в табл.1.1

Таблиця 1.1

Властивість	**Тип**	**Підтип засобу**
1. Функціональні	Вантажний	Автомобільний транспорт (вантажні автомобілі, тягачі, причепи, напівпричепи, розпуски); вантажний трамвай, тролейбус.
	Пасажирський	Автобус (мікроавтобус), тролейбус, трамвай, метрополітен, легковий автомобіль.
	Спеціальн	Класифікація за призначенням
2. Пристосовуваність до дорожніх умов	Дорожній	Колісний з навантаженням на вісь до
		Колісний з навантаженням на вісь більше 10т.
	Бездорож	Всюдиходи
3. Тип рушія	Колісний	Неповнопривідні, повнопривідні
	Гусеничний	Залізогусеничний, резино-залізо-гусеничний, пневмогусеничний
	Спеціальний рушій	Колісно-гусеничний, катковий, планетарно-катковий, рухівник що крокує, роторно-гвинтовий і т. ін.
4. Кількість автономних модулів	Одиночни	Автомобіль, автобус, тролейбус,
	Поїзд, автопоїзд	Автопоїзд (сідельний, причіпний)

1.1 Характеристика вантажного автомобільного транспорту

До *вантажних транспортних засобів* автомобільного транспорту

відносять: вантажні автомобілі; автомобілі-тягачі; причепи; напівпричепи; причепи-розпуски.

На сьогодні весь вантажний рухомий склад автомобільного транспорту можна класифікувати на групи:

-по типу встановленого двигуна;

-за величиною осьового навантаження на опорну поверхню;

-за конструктивною схемою;

-по розмірeності;

-за видом перевезень;

-по прохідності.

Автомобілі залежно від *типу встановленого двигуна* діляться на автомобілі з двигунами: карбюраторними, дизельними, газобалонними,

газотурбінними, електричними.

За величиною осьового навантаження на опорну поверхню автомобілі діляться на три групи: дорожні групи „А ”, дорожні групи „Б” та позашляховики.

До групи „А” відносять транспортні засоби, в яких осьова маса, що припадає на найбільш навантажену вісь, становить від 6 т до меж дорожніх обмежень.

До групи „ Б” - осьова маса, що припадає на найбільш навантажену вісь, не перевищує 6 т.

За конструктивною схемою рухомий склад ділять на: одиночні автомобілі і автопоїзди (рис. 1.1).

Автопоїзд - це автомобіль із одним або декількома причепами, а також сідельний автомобіль-тягач із напівпричепом.

Автомобілі-тягачі підрозділяються на:

-сідельні, призначені для роботи з напівпричепами;

- бортові - для роботи із причепами
- баластові.

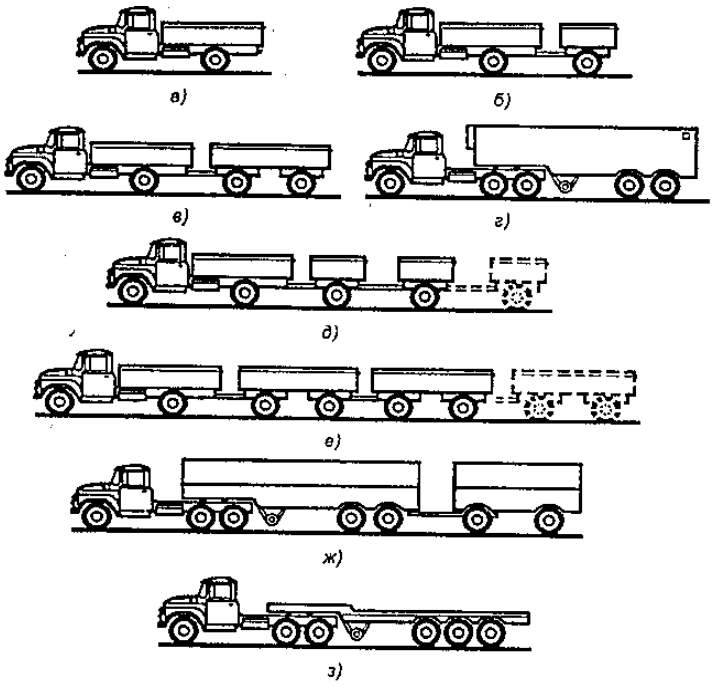


Рис. 1.1 Розподіл рухомого складу вантажного автомобільного транспорту по конструктивних схемах: а - одиночний автомобіль, б - з автопоїзда (б - автомобіль із одноосьовим причепом; в - з двохосьовим причепом; г - сідельний тягач з напівпричепом; д - автомобіль із декількома одноосьовими причепами; е - з декількома двохосьовими причепами; ж - сідельний тягач із напівпричепом і причепом; з - тягач із напівприцепом-ваговозом).

Для збільшення зчіпної ваги може бути застосований баласт. Такі тягачі називають баластовими.

Сідельні тягачі являють собою модифікацію вантажних автомобілів. Від базових моделей вони відрізняються незначними конструктивними змінами: укороченою рамою, відсутністю тягового крюка, наявністю додаткового паливного бака та вузлів з’єднання для роботи в зчіпці з напівпричепом.

Сідельний тягач може працювати тільки з напівпричепом у складі автопоїзда. На рамі сідельного тягача встановлюють сідельно-зчіпний пристрій, що з'єднує причіп з тягачем. Він складається з опорної плити, що приймає на себе частина маси напівпричепа, і зчіпного механізму, який передає тягове зусилля до напівпричіпа.

Причіпний рухомий склад створюється із *причепів, напівпричепів* і *розпусків.*

Причіп - несамохідний транспортний засіб, що з'єднується з тягачем

тяглово-зчіпним устроєм, що передає тягові (штовхаючі) і керуючі зусилля, які виникають в результаті взаємодії ланок автопоїзда.

Залежно від числа осей причепи діляться на: одноосьові, двохосьові або багатоосьові (рис. 1.2).

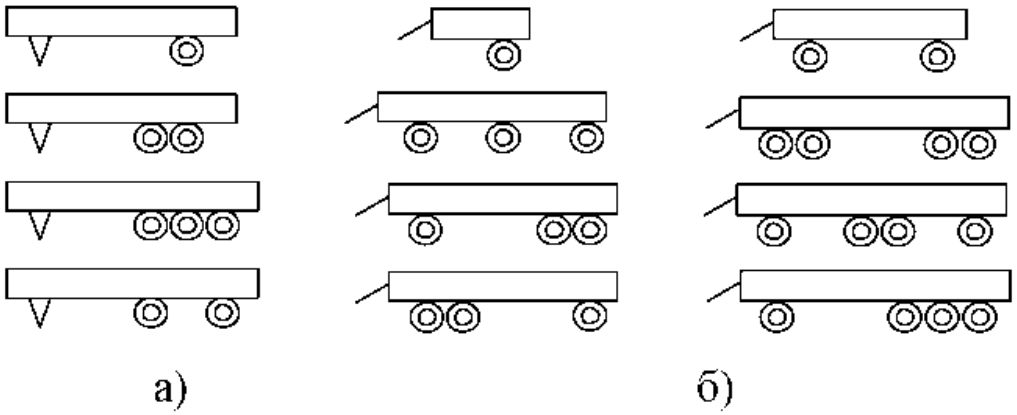


Рис. 1.2 - Принципові схеми причепів та напівпричепів: а) - напівпричепи, б) - причепи.

Розпуск (причіп-розпуск)- несамохідний транспортний засіб, що

з'єднується з тягачем тягово-зчипним устроєм, що передає тягові та керуючі зусилля, а так само з вантажем, що навантажує тягач частиною своєї маси.

Причепи-розпуски застосовують для перевезення негабаритних вантажів і бувають одноосьовими та двохосьовими. Під час перевезення вантажу довжиною більше 20-25 м застосовують керовані причепи-розпуски. Управляє причепом інший водій, що перебуває в кабіні, встановленій на причепі-розпуску.

Напівпричіп – несамохідний транспортний засіб, який з'єднують з тягачем сідельно-зчипним пристроєм, що передає тягові та керуючі зусилля і сприймаючі вертикальні зусилля від частини маси напівпричепа.

Напівпричепи призначені для роботи в комплексі із сідельними автомобілями-тягачами. Вони бувають одноосьові, двохосьові та триосьові.

Розмірність автомобіля характеризує його вантажопідйомність.

Вантажопідйомність – це максимально можлива маса перевезеного вантажу. Номінальну вантажопідйомність призначає завод-виготовлювач.

Автомобілі, причепи та напівпричепи залежно від вантажопідйомності підрозділяються на класи, які наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Тип	Вага вантажу,
Особливо мала	до 0,5 т
Мала	від 0,5 т до 2,0 т
Середня	від 2,0 т до 5,0 т
Велика	від 5,0 т до 15,0 т
Особливо велика	від 15,0 т і більше

Автомобілі особливо малої вантажопідйомності випускають на шасі легкових автомобілів або спеціальному шасі і призначені для збору та доставки пошти, товарів у торговельній мережі.

Автомобілі малої вантажопідйомності призначені для освоєння незначного за величиною вантажообігу з дрібнокомплектними відправленнями (господарські, торговельні і т. Ін.). Їх використовують як вантажні таксі та автомобілі технічної допомоги.

Автомобілі середньої і великої вантажопідйомності призначені для перевезення масових вантажів великими партіями (перевезення промислових вантажів, сировини, будівельних матеріалів і т. Ін.).

Автомобілі особливо великої вантажопідйомності використовують для потужних, постійних вантажопотоків (розробка кар'єрів відкритим способом, великі будівництва).

За видом перевезень всі вантажні автомобілі підрозділяються на:

- *автомобілі загального призначення* або *бортові.* Ці автомобілі призначені для перевезення різних типів вантажів;

- *спеціалізовані автомобілі,* пристосовані для перевезення певної номенклатури вантажів або обладнані механізмами навантаження-розвантаження. Наприклад, самоскиди; фургони (хлібобулочні, птаховози, промтоварні, ізотермічні, рефрижератори.); для перевезення будівельних виробів (плитовози, панелевози), ваговози – напівпричепи, причепи для перевезення довгомірних вантажів – лісовози, залізовози, трубовози; цистерни;

- *спеціальні автомобілі* – для виконання певного виду робіт (пожежні автомобілі, автомобілі з різними установками (аварійні міського електричного транспорту, енергомереж), збиральні автомобілі, автокрамниці, крани, пожежні, медичної допомоги).

За *ознакою прохідності* автомобілі підрозділяються на дорожні, підвищеної і високої прохідності. Більш детальніше щодо прохідності автомобілів буде розглянуто в п. 6.1.

1.2 Загальна характеристика експлуатаційних властивостей транспортних засобів

Для оцінки якості транспортного засобу споживач або його власник висувають багато вимог, серед яких можна навести такі: динамічність, економічність, надійність, прохідність, стійкість, легкість керування, м'якість руху, простота обслуговування, ємкість заправлення, запас руху, використання габаритних розмірів, маневреність, використання маси.

Сьогодні оцінку роботи транспортного засобу провадять частіше за вісьмома експлуатаційними властивостями, які представлені в табл. 1.3

Таблиця 1.3 – Експлуатаційні властивості критеріїв якості транспортного засобу

4. Керованість	Властивість змінювати траєкторію руху транспортного засобу при впливі водія на кермове колесо	Зусиллям на кермовому колесі при повороті керованих коліс на місці і при русі, стабілізацією
5. Стійкість	Властивість зберігати заданий напрямок руху при знятому зусиллі з кермового	Стійкість керованих коліс проти коливань
6. Маневреність	Можливість роботи на обмежених площадках	Мінімальним радіусом повороту
7. Прохідність	Можливість рухатися у важких дорожніх умовах і переборювати перешкоди	Значеннями критеріїв поздовжньої та поперечної
3. Гальмові властивості	Максимальне сповільнення та утримання засобу на схилі	Гальмовим шляхом, величиною

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
8. Плавність руху	Зручність руху водія та пасажирів, збереження вантажів	Частотою власних коливань підвіски, середньоквадратичнм значенням швидкості

Контрольні запитання:

1. Відповідно до яких ознак класифікують транспортні засоби ?
2. Назвіть типи транспортних засобів: за функціональним призначенням, щодо пристосування до шляхових умов, за типом рушія, по кількістю автономних модулів?
3. Які транспортні засоби відносять до вантажних транспортних засобів автомобільного транспорту?
4. За якими критеріями класифікують транспортні засоби вантажного автомобільного транспорту?
5. Які бувають автомобілі за типом встановленого двигуна, величиною осьового навантаження на опорну поверхню, конструктивною схемою, видом перевезень, по розмірності та прохідності?
6. Які Вам відомі автомобілі-тягачі? Яка різниця між причепом, розпуском та полупричепом?
7. Що таке, розмірність вантажного автомобіля? Які існують групи вантажопідйомності автомобілів? Яке призначення мають автомобілі різної вантажопідйомності?
8. Яка різниця між спеціалізованими, спеціальними вантажними автомобілями та автомобілями загального призначення?
9. За якими експлуатаційними властивостями проводять оцінку транспортних засобів?
10. Якими параметрами характеризують керованість, стійкість, прохідність, плавність руху, маневреність, паливну економічність, гальмові та тягово-швидкісні властивості транспортного засобу?

Які можливості надає транспортному засобу керованість, стійкість, прохідність, плавність руху, маневреність, паливна економічність, гальмові та тягово-швидкісні властивості?

2.ГАБАРИТНІ РОЗМІРИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

До зовнішніх габаритних розмірів транспортних засобів відносять (рис. 2.1):

- габаритну довжину (*Д*);
- габаритну ширину (*Ш*);
- габаритну висоту (*Н*);
- базу вагона або машини (*Б*);
- базу візків *($Б_в$);*
- передній і задній звиси *($С_{св1}$, $С_{св2}$);*
- колію передніх $К_1$ і заднього $К_2$ коліс.

Габаритну довжину (Д) визначають по осях зчіпок або при їхній відсутності - по найбільш виступаючих частинах (буферах) кузова.

Габаритну ширину (Ш) визначають по найбільш виступаючих елементах устаткування (включаючи знімні дзеркала заднього виду).

Габаритну висоту (Н) визначають із урахуванням устаткування, яке знаходиться на даху засобу.

Базою двохосьового рухомого складу - називають відстань по поздовжній осьовій лінії між центрами коліс або осей колісних пар (рис. 2.1 а).

Базою (автобусів і тролейбусів зі здвоєними осями) є відстань між середніми точками здвоєних мостів і центрами коліс одиночного мосту (рис. 2.1 б).

При визначенні *бази* шарнірно з'єднаного екіпажу розрізняють базу головної секції *($Б_{гол}$),* базу напівпричепа *($Б_{нпр}$),* базу шарнірного з'єднання (звису) $Б_{зв}$. (рис. 2.1 г).

Базою візка (рейкового рухомого складу) *($Б_в$)* вважають відстань між осями опор кузова й візка (рис. 2.1 в).

Тому що $Б < Д$, то утворяться звиси кузова - передній $С_{зві}$ і задній $С_{зв2}$. Передній і задній звис впливають на розважування, характер коливань засобу при пуску, гальмуванні та русі, а також на вписування його в горизонтальні криві плану та вертикальні криві поздовжнього профілю колії.

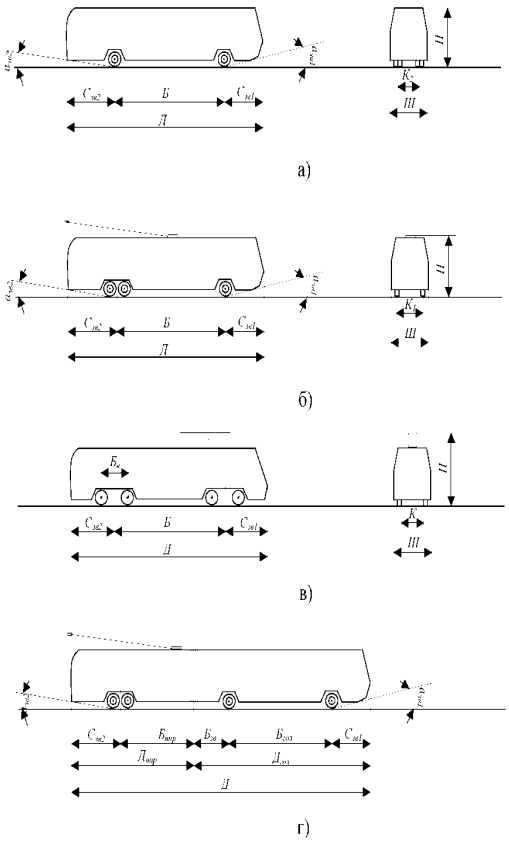


Рис. 2.1- Основні габаритні розміри транспортних засобів пасажирського транспорту

Передніми ($С_{зві}$) і задніми ($С_{зв2}$) звисами називають точки відповідно передньої та задньої стінок кузова до осі відповідних коліс, центру здвоєних коліс або центру візка.

Кутами звису - називають кути між площиною дорожнього покриття та площиною, що проходять через центри точок опори коліс на дорожнє покриття та найнижчу точку кузова на місті відповідного звису.

Кути звису визначають можливість прохідності рухомим складом вертикальних кривих поздовжнього профілю колії.

Для рейкового рухомого складу кути звису практичного значення не мають. Для безрейкового рухомого складу кути звису нормують. Для збільшення кута заднього звису *($а_{зв2}$*) конструктивно піднімають задню стінку кузова. У тролейбусів типу ЗІУ-9 $а_{зві} = а._{в2} = 7^0$.

Колію безрейкового засобу визначають як відстань між центрами площадок торкання коліс із дорожнім покриттям (по «сліду коліс»), *рейкового рухомого складу* - як відстань між робочими кантами рейок.

Колія тролейбусів типу ЗІУ-9 по сліду передніх коліс $К_1=2006мм;$ по

сліду задніх коліс $K_2=1710$ *мм.* Рухомий склад трамвая та метрополітену має «нормальну» колію $K=1524$ *мм.* У деяких містах України працюють вагони „вузької" колії - 1000, 1067 і 1435 мм. (наприклад, у м. Львові колія дорівнює 1000 мм).

Відстань між кругами катання коліс рейкового рухомого складу „нормальної колії" - 1580мм.

Колія визначає запас поперечної стабільності та обмеження швидкості руху транспортного засобу в кривих ділянках шляху.

Контрольні запитання:

1. Які показники відносять до зовнішніх габаритних розмірів транспортного засобу?
2. Як визначити габаритні (довжину, ширину, висоту) транспортного засобу? Навести приклади.
3. Що таке "база транспортного засобу"? Як визначити базу для двохосьового засобу, транспортного засобу зі здвоєними осями та засобу шарнірно з'єднаної конструкції?
4. Дати визначення передньому, задньому звисам. На які характеристики транспортного засобу вони впливають?
5. Дати визначення кутам звисам. На які експлуатаційні властивості транспортного засобу вони впливають та чому дорівнює їх значення?
6. Як визначити колію рейкового (безрейкового) транспортного засобу. На які експлуатаційні властивості вона впливає? Чому дорівнює її значення?

3.МІСТКІСТЬ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

3.1.Поняття місткості пасажирського транспортного засобу

Місткість - це загальна кількість місць у пасажирському приміщенні кузова, наданих для сидячих і стоячих пасажирів з урахуванням ступеня заповнення салону.

Існує „два поняття" місткості: розрахункова місткість *($m_р$)* та фактична місткість *($m_ф$)*.

Розрахункова місткість залежить від прийнятого значення коефіцієнта заповнення салону *а* під час планування перевезень і визначається шляхом розрахунку за формулою:

$$m_р = k_{сд} + F + \alpha \,,$$

$$m_р = k_{сд} + (Д \cdot Ш \cdot \psi - 0{,}33 \cdot k_{сд}) \cdot C \qquad (3.1)$$

де $m_р$ - розрахункова місткість транспортного засобу, пас/вагон (машина);

$К_{сд}$ - кількість місць для сидіння, пас;

F - площа накопичувальних площадок і проходів для розміщення стоячих пасажирів,$м^2$;

α - коефіцієнт заповнення площі, пас/$м^2$;

Д, Ш - габаритна довжина, ширина машини, вагона м;

ψ - коефіцієнт використання площі транспортного засобу (коефіцієнт використання габаритів ψ *=0,663-0,78);*

0,33 - площа пасажирського приміщення, що припадає на одного сидячого пасажира.

Рухомий склад сформований з декількох транспортних засобів, забезпечених необхідним запасом інструменту, матеріалів, маршрутними покажчиками та знаками, документацією, забезпечений поїзною бригадою та керований з одного пульта - називають *поїздом.*

Розрахункову місткість поїзда визначають за формулою

$$m_р = [k_{сд} + (Д \cdot Ш \cdot \psi - 0{,}33 \cdot k_{сд}) \cdot \alpha] \cdot n \qquad (3.2)$$

де *n* - кількість транспортних засобів у складі поїзда.

Фактичну місткість визначають при обстеженні транспортних засобів і

це реальна кількість місць, наданих пасажирам у салоні (наповнення транспортного засобу).

Фактична місткість у різні години доби на маршрутах міняється від мінімального планованого значення рівної кількості місць для сидіння до максимального планованого значення рівної розрахункової місткості. У випадку наявності похибок у плануванні або при наявності збоїв у русі, фактична місткість перевищує розрахункову і настає явище „відмови в посадці" або „переповнення" транспортних засобів.

На практиці визначають коефіцієнт використання місткості

$$K_{ив} = m_ф / m_р \le 1 \qquad (3.3)$$

Кожний вид транспорту відповідно до розрахункової місткості надає для перевезення пасажирів - *пасажиромісця в салоні транспортного засобу* (*M*)

$$M = m_р \cdot f_{дв} \qquad (3.4)$$

де $f_{дв}$ - частота руху, вагонів (машин)/годину.

3.2.Види місткості пасажирських транспортних засобів

У розрахунках планування пасажирських перевезень використовують наступні види місткостей:

- нормальна місткість;
- мінімальна пікова місткість;
- максимальна пікова місткість;
- конструктивна місткість.

Нормальна місткість визначається числом місць для сидіння і стояння пасажирів з розрахунку α *=3 пас. на 1м*^{2} вільної площі полу.

Мінімальна пікова місткість визначається числом місць для сидіння і стояння пасажирів з розрахунку α *=5 пас. на 1м*^{2} вільної площі полу.

Максимальна пікова місткість визначається числом місць для сидіння і стояння пасажирів з розрахунку $\alpha = 8$ *пас. на 1* $м^2$ вільній площі полу.

Для вагонів метрополітенів і електрифікованих залізниць допускається в години «пік» максимальна припустима місткість з розрахунку шести пасажирів на 1 м вільної площі полу $\alpha = 6$ *пас/* $м^2$.

При розрахунку місткості на перспективу, число стоячих пасажирів на 1 $м^2$ площі зменшують $\alpha = 0 \div 3$ *пас/*$м^2$.

Конструктивна місткість. Для розрахунків елементів механічного устаткування на міцність, пасажирське навантаження визначають при $\alpha = 10$ *пас/м* , приймаючи масу одного пасажира $G = 70$*кг*.

3.3.Класифікація транспортних засобів за місткістю

На місткість пасажирського транспортного засобу відповідно до формули (3.1), впливають наступні фактори:

кількість місць для сидіння *Ксд*;

площа накопичувальних площадок і проходів для розміщення стоячих пасажирів (*F*).

Площа залежить від довжини та ширини транспортного засобу (Д, Ш). Для всіх транспортних засобів ширина не перевищує 2,5 м, тому що смуга руху дорівнює 3 м, і тому можна вважати значення ширини величиною постійної *(Ш* ≈ *const).*

Кількість місць для сидіння в салоні транспортного засобу незначна $K_{сд}$ ≈ *min,* і також постійна $(K_{сд} \approx const)$

Тому на місткість істотний вплив має лише один фактор довжина транспортного засобу. *(Д)* →визначає m_p.

Для підвищення місткості збільшують довжину транспортного засобу. Транспортний засіб із твердим кузовом і двома осями має довжину не більше 12 м. Для подальшого збільшення місткості й відповідно довжини, застосовують шарнірно з'єднаний рухомий склад, що вимагає збільшення осей або кількості транспортних засобів, перетворюючи їх у поїзди.

Відповідно до довжини, в табл. 3.1 класифіковані транспортні засоби.

Використання рухомого складу тільки особливо великої місткості на маршрутах міського пасажирського транспорту призводить до збільшення інтервалів руху в міжпіковий час і зменшення пропускної спроможності транспортної мережі в години «пік».

Таблиця 3.1

Класифікація транспортних засобів за місткістю

Найменування типу місткості	Розрахункова місткість, пас/маш (вагон)	Довжина засобу, м
Особливо	10-16 ≈ (16)	≤ 5,5
Мала	45-50 ≈ (50)	≤ 7,5
Середня	60-65 ≈ (70)	≤ 9,5
Велика	70-98 ≈ (100)	≤ 11
Особливо	100 і більше (>>100)	≥ 12

Підвищення місткості транспортних засобів знижує капітальні витрати в транспортний засіб (грн/місце) і експлуатаційні витрати в розрахунку на одного пасажира та одиницю пас/км виконуваної транспортної роботи за рахунок зниження витрат на заробітну плату водіїв. Тому економічно вигідно випускати транспортні засоби великої місткості. Однак різноманіття умов руху вимагає використання транспортних засобів різної місткості від особливо малої до особливо великої.

Контрольні питання:

1. Дати визначення місткості пасажирського транспортного засобу. Що таке розрахункова, фактична місткості; пасажиромісця, для чого використовуються, як їх розрахувати?
2. Обґрунтувати, які параметри пасажирського приміщення пасажирського транспортного засобу впливають на його місткість.
3. Дати визначення поїзду пасажирського транспорту. Записати формулу для розрахунку місткості поїзду.
4. Проаналізувати усі можливі значення коефіцієнта заповнення площі транспортного засобу та дати назву відповідним місткостям?
5. Проаналізувати фактори, які впливають на місткість транспортного засобу та визначити найбільш суттєвий. Класифікувати транспортні засоби за місткістю. Навести приклади.

6. Обґрунтувати за рахунок якого параметру транспортного засобу можливо збільшення його місткості? Назвати шляхи підвищення місткості.

7. Обґрунтувати: яким чином підвищення місткості впливає на

експлуатаційні витрати транспортного підприємства та якість транспортного обслуговування?

4. ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Тягово-швидкісні властивості надають можливість реалізації транспортним засобам:

- *перевезення вантажів (пасажирів) заданої маси вантажу або*

кількості пасажирів відповідно до вантажопідйомності або пасажиромісткістю транспортного засобу. Ця можливість характеризується показниками, які визначають вагові характеристики транспортного засобу:

- маса перевезеного вантажу, пасажирів;
- повна маса транспортного засобу;

- *рух* ділянками шляху *із заданою швидкістю.* Ця можливість

характеризується показниками, що визначають *швидкість руху транспортного засобу*:

- конструкційна швидкість $V_к$;
- гранично допустима швидкість на перегоні $V_{гд}$;
- ходова швидкість $V_х$;
- швидкість сполучення $V_с$;
-експлуатаційна швидкість $V_е$;

- *заданого прискорення розгону.* Ця можливість транспортного

засобу характеризується показниками:

- часом розгону до максимальної швидкості;
- довжиною шляху розгону до максимальної швидкості.

4.1. Вагові характеристики транспортного засобу

До вагових характеристик транспортного засобу відносять наступні показники:

- маса (власна вага) транспортного засобу;
- маса перевезеного вантажу;
- повна маса транспортного засобу.

Маса (власна вага,(тара) транспортного засобу *(M_T, G_T)* - це вага повністю екіпірованої одиниці рухомого складу у ненавантаженому стані.

Вагу тари приймають із технічних характеристик транспортних засобів, яку наведено заводом - виготовлювачем у технічному паспорті на засіб.

Для вантажних автомобілів існує поняття „ споряджена маса".

Споряджена маса - це маса автомобіля (причепа, напівпричепа) повністю заправленого паливом, маслами, укомплектованого запасним колесом і інструментом.

Власна вага транспортного засобу залежить від габаритних розмірів, планування пасажирського приміщення, конструкції і ваги устаткування, а також використовуваних для цього матеріалів. Вага тари транспортних засобів видів пасажирського транспорту, представлена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Маса пасажирських транспортних засобів

Вид транспо	Найменування типу місткості	Власна вага, тонн
Тролейбус	жорсткий кузов (великої місткості)	8-11
	шарнірно з'єднаний кузов (особливо великої)	14-18
Трамвай	двохосний вагон	1 1-14
	чотирьохосний вагон (КТМ-5м, Т-3,	1 7-20
	шестиосний вагон (США, Німеччина, Бельгія)	20 - 40
Автобус	малої місткості	4-5
	середньої місткості	7-8
	великої	8-10
	шарнірно з'єднаний (особливо	13-14
Метрополітен	чотирьохосний вагон	20 - 40

Маса перевезеного вантажу не повинна перевищувати

вантажопідйомність транспортного засобу.

Вантажопідйомність - це максимально можлива маса перевезеного вантажу.

$$G_{пасс} = m_p \bullet g \qquad (4.1)$$

де m_p - розрахункова місткість пасажирського транспортного засобу*, пас/маш; g* - вага одного пасажира, *кг* (g = 70кг).

Повна маса,повна вага ($М_П$, $С_П$) (*для міського пасажирського* транспорту*)*-це вага транспортного засобу при нормальному ($\alpha = 3 пас/м^2$) або піковому ($\alpha = 5\ пас/м^2$; $\alpha = 8\ пас/м^2$) наповненні пассажирами:

$$G_П = G_{пас} + G_T$$

Повна маса (для вантажних автомобілів) - це маса спорядженого автомобіля з вантажем (до повної вантажопідйомності), водієм і іншим обслуговуючим персоналом з їхнім багажем.

4.2. Швидкість руху транспортного засобу

Швидкість руху визначається відношенням пройденого транспортним засобом шляху *(L)* за час (*t*) знаходження в русі:

$$V = \frac{L}{t} \qquad (4.3)$$

Швидкість руху під дією прикладених до транспортного засобу чинностей змінюється в широких межах від *0* до $V_{макс}$. Рівняння руху транспортного засобу встановлює залежність між силою тяги *(F),* масою транспортного засобу $(M_{тз})$, прискоренням (*a*) і опором руху (*W*):

$$F = M_{тз} \cdot a + W \qquad (4.4)$$

Оскільки прискорення є першою похідною у часі

$$d = \frac{dV}{dt}, \text{то } F = M_{тз} \times \frac{dV}{dt} + W,$$

Звідки $dV = \left(\frac{F - W}{M_{тз}} \right) \times dt$ Рішення цього рівняння приводить до побудови кривої (діаграми) руху транспортного засобу, представленої на рис. 4.1.

Процес руху на перегоні складається із трьох основних режимів: рух під струмом (при споживанні енергоресурсів); вибіг; гальмування.

1 режим. *Рух під струмом* складається із трьох періодів: рух на пускових реостатах, рух за автоматичною характеристикою тягового електричного двигуна (ТЕД), рух зі сталою швидкістю.

1 період. Рух на пускових реостатах. Цей період починається з моменту рухання транспортного засобу до повного вимикання пускових реостатів. Рух рівномірно прискорений. Пусковий період триває t_1 секунд, швидкість руху змінюється від $V_0 = 0$ до $V_{пуск}$. На кривій руху на пускових реостатах характеризується ділянкою *ОА*. Тангенс кута нахилу дотичний до прямої *ОА* (за геометричною інтерпретацією похідної) дозволяє визначити пускове прискорення.

Крапка *А* на кривій руху характеризує момент закінчення пуску та виходу на автоматичну характеристику.

$$a_{пуск}=\text{tg}a \qquad (4.5)$$

2 період: *Рух під час роботи двигунів за автоматичною характеристикою.*

Рух транспортного засобу нерівномірно прискорений. Період триває t_2 секунди, швидкість поїзда досягає $V_{макс}$. На кривій цей період характеризується ділянкою *ВС,* а крапка *С* є моментом початку руху з постійною швидкістю.

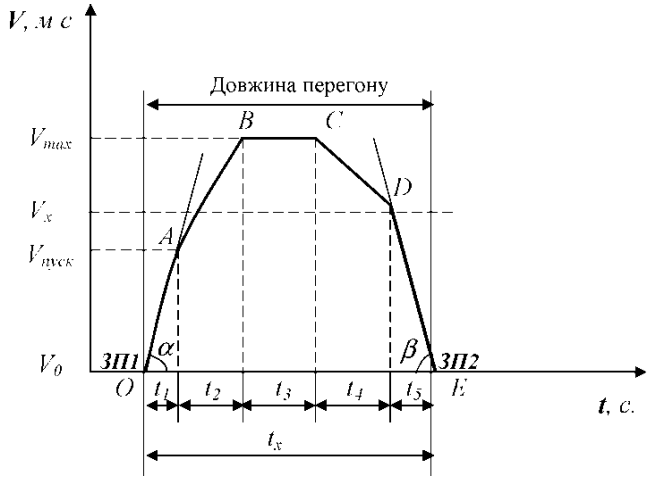


Рисунок 4.1 - Діаграма руху транспортного засобу перегоном

3 період: Рух з постійною (сталою) швидкістю, яка можлива на перегонах великої довжини. На кривій рух характеризується ділянкою *ВС* і крапка *С* є моментом вимикання двигунів, який триває i_3 секунди.

2 режим. *Рух транспортного засобу при виключених двигунах по інерції (вибіг).* Рух рівномірно сповільнений. Режим триває t_4 секунди. На кривій характеризується ділянкою CD і крапка *D* є моментом початку гальмування.

3 режим. *Рух під час гальмування.* Рух рівномірно сповільнений з високим гальмовим сповільненням. режим триває t_5 секунд. Швидкість транспортного засобу наприкінці періоду в крапці *E* дорівнює нулю. На кривій руху період характеризується ділянкою *DE.* Тангенс кута нахилу дотичний β до ділянки *DE* дозволяє визначити гальмове сповільнення.

$$a_{торм} = tg\beta$$

(4.6)

Розглянемо типи швидкостей, які розрізняють на міському пасажирському транспорті. Серед них визначено такі:

- конструкційна швидкість;
- гранично допустима швидкість на перегоні;
- ходова швидкість;
- швидкість сполучення;
- експлуатаційна швидкість.

Конструкційна швидкість ($V_к$) - максимальна швидкість, яку може розвити транспортний засіб на горизонтальній, прямій ділянці шляху залежно від конструкційних особливостей, міцності та надійності механічного, пневматичного та електричного обладнання.

У тролейбусів конструкційна швидкість $V_к = 60 \div 80$*км/год.*

Для трамвайних вагонів $V_к \geq 75$ *км/год* і частіше складає $У_к = 75 \div 90$*км/год.*

Для метрополітену $V_к \geq 90$ *км/год.*

Для автобусів $V_к = 160$км/год.

Гранично допустима швидкість на перегоні *($V_{гд}$)* - максимальна швидкість, яку може розвити транспортний засіб відповідно до правил дорожнього руху (ПДР) для даного перегону або згідно з правилами технічної експлуатації (ПТЕ) виду транспорту.

В звичайних умовах руху (в межах міської забудови) при частих зупинках і невеликій довжині перегонів, перешкодах для дорожнього й пішохідного

руху, конструкційна швидкість виявляється невикористаною. При цьому ми спостерігаємо її перетворення в максимально можливу швидкість, тобто $V_{гд}$.

Гранично допустима швидкість на перегоні звичайно менше конструкційної швидкості.

$$V_{гд} < V_к \qquad (4.7)$$

ПДР установлюють максимальну швидкість руху в населених пунктах на прямих горизонтальних ділянках шляху не більше 60км/год.

Тому $V_{гд}$ на горизонтальній ділянці складає: для трамваїв, тролейбусів, автобусів - *50-60км/год,* на підйомах *30%* - не менше *43км/год;* для метрополітену *70-80км/год.* На деяких ділянках транспортної мережі гранично допустима швидкість руху регламентована дорожніми знаками, при цьому можливе їх значення $V_{гд}$>60 *км/год.* В умовах експресного руху на відособленому полотні, приміського та міжміського руху і на маршрутах з рідкими зупинками нерівність (4.7) приймає вигляд:

$$V_{гд} \le V_к \qquad (4.8)$$

У цих умовах транспортні засоби (трамвай, автобус) рухаються зі швидкістю $V_{гд}=V_к=$*100-120км/год.*

Але крім перегонів транспортної мережі з прямими горизонтальними ділянками руху, існують перегони, на яких розташовані ділянки обмеження швидкості руху. На таких ділянках перегонів на зменшення гранично допустимої швидкості впливає ПТЕ для виду транспорту. Так, наприклад, для контактних видів міського наземного пасажирського транспорту (трамвай, тролейбус) при русі такими ділянками, обмеження швидкості становить:

- при проїзді ділянок вулиць, де ведуться дорожні роботи; при погіршенні умов зчеплення (наявність листя на рейках, дорозі, ожеледь); при проходженні місць перетину контактної мережі і т.д. - $V_{гд} < 20$км / *год*;

- при проходженні повітряних маневрових пристроїв контактної мережі

$V_{гд} \le 10$км / *год* ;

при проїзді місць скупчення пішоходів; ділянок, залитих водою; в туман, заметіль або видимість менше 30 м - $V_{гд} \le$ *5км/год* .

Більш детальніше розгляд питання обмеження швидкості руху специфічними ділянками, які розташовані на перегонах транспортної мережі контактних видів транспорту, буде представлено у п. 4.3.

Відношення конструктивної швидкості до гранично допустимої швидкості на перегоні дорівнює:

$$V_к / V_{пд} = 70/60 = 1{,}17$$ (для тролейбусів і автобусів)

$$V_к / V_{пд} = 75/60 = 1{,}25$$ (для трамваю)

Таким чином, на гранично допустиму швидкість впливають:

інтенсивність руху (транспорту, пішоходів);

стан і тип транспортної мережі;

правила дорожнього руху, ПТЕ.

Ходова швидкість (V_x) - це середня швидкість, яку розвиває транспортний засіб при русі перегоном. На метрополітені та залізничному транспорті ходову швидкість називають середньотехнічною.

Перегін - це лінія мережі між двома сусідніми (суміжними) зупинними пунктами. Ходова швидкість є часткою від розподілу відстані між суміжними зупинними пунктами на час ходу між ними

$$V_x = \frac{3.6 \cdot l_{пер}}{t_x}$$

де *3,6* - коефіцієнт перерахування; $I_{пер}$ - довжина перегону, км; t_x - час ходу по перегону, с.

Рух транспортного засобу перегоном являє собою чергування режимів:

- рух під струмом (при енергоспоживанні),

- вибіг,

- гальмування (під гальмування, службове гальмування).

Час ходу (t_x) - це час, що затрачений транспортним засобом з моменту рушання від одного зупинного пункту до моменту зупинки на іншому.

При русі перегоном можливі затримки *(t_3* - час затримки). Наприклад, стоянка на регульованому перехресті, випадкові затримки (затор, схід трамвая з рейок, обрив контактного проводу і т. ін.).

Тому час ходу можна представити так:

$$t_x = \sum_{i=1}^{n} t_{\partial i} + \sum_{i=1}^{n-1} t_{зi} \ , \qquad (4.10)$$

де n - кількість зупинок при русі на по перегону; $t_{\partial i}$ - час *і-го* руху, з; $t_{зi}$ - час *і-ої* затримки, с.

На практиці час ходу перегоном визначають хронометражем (вид спостережень із використанням секундоміра).

При русі перегоном швидкість руху транспортного засобу змінюється від початкової швидкості $V_0 = 0$ до максимальної швидкості $V_{макс}$. Максимальна швидкість руху перегоном не повинна перевищувати гранично допустиму швидкість для цього перегону $V_{макс} \leq V_{гд}$.

Рух транспортного засобу перегоном характеризують дві швидкості: максимальна, миттєва швидкість $V_{макс} = V_{гд}$, з якої транспортний засіб рухається на якійсь частині перегону і ходова швидкість V_x , величина якої приймає середнє значення швидкості руху між $V_{пуск}$ і $V_{макс}$ (рис. 4.1).

В умовах руху в транспортному потоці на ходову швидкість (крім довжини перегону) та динамічних характеристик транспортного засобу, що визначають тягові та гальмові якості ($а_{пуск}$, $a_{гал}$) впливають:

- інтенсивність руху (транспорту, пішоходів);

- наявність перетинань на перегоні та управління рухом на них;

- поздовжній профіль і стан шляху.

Тому для підвищення ходової швидкості розробляють заходи щодо зміни - дорожніх обставин:

- розширення проїзної частини;

- будівництво підземних переходів;

- перекидання частини автотранспорту на суміжні вулиці

Значення ходової швидкості для перегонів нормальної довжини наземних видів міського пасажирського транспорту перебуває в межах 20-30 км/ч.

Приклад. Відстань між автобусними зупинними пунктами $I_{пер}$ = 450 м, час ходу i_x =60 с. Визначити ходову швидкість автобуса на перегоні.

$$V_x = \frac{3.6 \cdot l}{t_x} = \frac{3.6 \cdot 450}{60} = 27 \, км/год$$

Швидкість сполучення (V_c) - це середня швидкість, яку розвиває транспортний засіб при русі за маршрутом. Швидкість сполучення це швидкість, з якою перевозять вантажі (пасажирів) за маршрутом руху.

Маршрут - це шлях руху транспортною мережею, обмежений однією або двома кінцевими станціями, та складається з одного або декількох ділянок, спеціально обладнаних для безпересадочного перевезення пасажирів закріпленими транспортними засобами за встановленим розкладом (рис. 4.2).

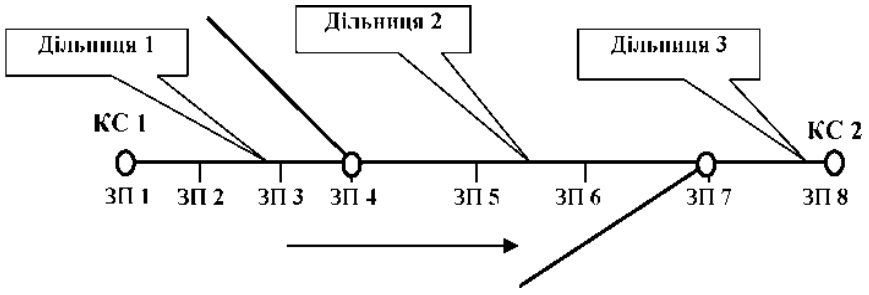


Рис. 4.2 - Схема маятникового маршруту міського пасажирського транспорту в одному напрямку

Швидкість сполучення визначають відношенням пройденого транспортним засобом шляху за маршрутом *($L_м$)* до сумарних витрат часу на подолання цього шляху.

$$V_c = \frac{3.6 \cdot \sum_{i=1}^{n} l_{пер}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n-1}\left(t_{x_i} + t_{on}\right)} = \frac{3.6 \cdot L_M}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n-1}\left(t_{x_i} + t_{on}\right)}, \qquad (4.11)$$

де n - кількість перегонів маршруту; $I_{перi}$ - довжина i-го перегону, м; i_{xi} - час ходу по *i-ому* перегону, з; t_{onj} - час пасажирообігу на *j-ому* зупинному пункті, с.

Фактично швидкість сполучення становить для: трамвая - *17 км/год;* тролейбуса - *18 км/год;* автобуса - *20 км/год;* експрес-автобуса - *22-25 км/год;* швидкісного трамвая - *25-30 км/год;* метрополітену - *40-45 км/год;* електрифікованої залізниці - *50-60 км/год.*

Експлуатаційна швидкість (V_e) - це середня швидкість, яку розвиває транспортний засіб при русі за маршрутом з урахуванням стоянки на кінцевих станціях.

$$V_e = \frac{3.6 \cdot \sum_{i=1}^{2n} l_{пер}}{\left(\sum_{i=1}^{2n}\sum_{j=1}^{2(n-1)}\left(t_{x_i} + t_{on}\right) + t_{кс_1} + t_{кс_2}\right)} \qquad (4.12)$$

де $t_{кс1}$, $t_{кс2}$ - час стоянки на кінцевих станціях, с.

Експлуатаційну швидкість ще називають швидкістю обороту транспортних засобів (рис. 4.3). Експлуатаційну швидкість визначають відношенням пройденого транспортним засобом шляху *($L_м$)* в обох напрямках до сумарних витрат на подолання цього шляху та стоянки на кінцевих станціях маршруту.

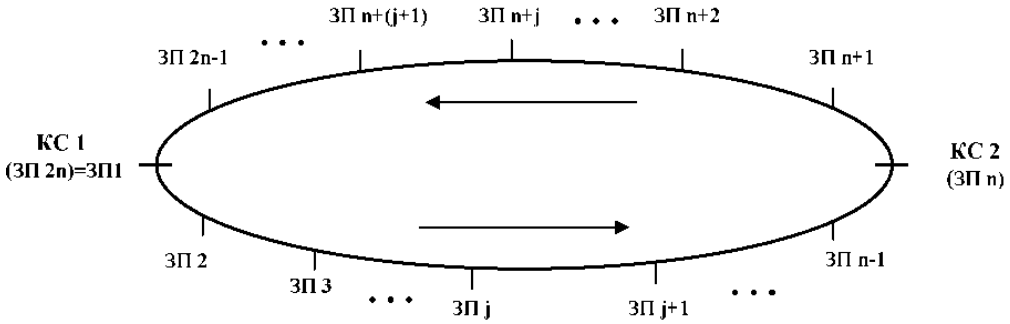


Рис. 4.3 - Схема руху за маятниковим маршрутом у двох напрямках

Між швидкістю сполучення та експлуатаційною швидкістю є співвідношення

$$V_c = (1.1 \div 1.15) \cdot V_c; \quad V_e = \frac{V_c}{1.1 \div 1.15}$$

Відповідно до наведених вище виразів, швидкість сполучення на *10 -15%* вище експлуатаційної швидкості.

Величина експлуатаційної швидкості складає для: трамвая - *15 км/год;* тролейбуса - *15-16,5 км/год;* автобуса - *17км/год;* метрополітена - *35км/год.*

Експлуатаційна швидкість - найважливіший показник роботи транспорту, тому що вона характеризує швидкість обороту транспортних засобів на маршруті. Чим швидше оборот транспортних засобів, тим менше необхідна їхня кількість при заданому обсязі робіт (перевезень), тим менше розмір транспортного господарства і кількість обслуговуючого персоналу і, в остаточному підсумку - собівартість перевезень.

4.3 Рух міського пасажирського транспорту ділянками транспортної мережі з обмеженням швидкості

Найбільша швидкість транспортних засобів міського пасажирського транспорту загалом, у транспортному потоці регулюється ПДР. На окремих ділянках маршруту руху (відповідно до умов руху) можливі різні значення (рівні) найбільшої дозволеної швидкості. На цих ділянках траси для транспортних засобів видів транспорту ПТЕ встановлюють зниження швидкості руху. Розрізняють *вісім рівнів обмеження найбільшої швидкості руху* транспортного засобу при русі перегоном:

- перший *(i=1)* V_1 = 5 км/год;
- другий *(i=2)* V_2 = 10 км/год;
- третій *(i=3)* V_3 = 15 км/год;

- четвертий *(i=4) V4* = 20 км/год;
- п'ятий *(i=5)* V_5 = 25 км/год;
- шостий *(i=6)* V_6 = 30 км/год;
- сьомий *(i=7)* V_7 = 35 км/год;
- восьмий *(i=8)* V_8 = 40 км/год.

Водій вибирає швидкість руху транспортного засобу при русі ділянками траси маршруту самостійно з урахуванням: дозволеної ПДР і ПТЕ найбільшої швидкості, інтенсивності руху. дорожніх і атмосферних умов, стану та наповнення транспортного засобу, забезпечуючи виконання розкладу і дотримання безпеки руху.

4.3.1Швидкість руху ділянками з постійним обмеженням швидкості

За поданням підрозділів транспортного підприємства (служби безпеки руху, служби безпеки, єнергослужби, служби руху)наказом керівника підприємства ви-

значені *ділянки транспортної мережі з постійним обмеженням швидкості.*

До таких ділянок транспортної мережі з постійним обмеженням швидкості відносять ділянки, на яких розташовані:

1. спеціальні частини контактної мережі;
2. спеціальні частини рейкового шляху;
3. перетинання із залізничними коліями;
4. криві в плані траси маршруту;
5. поздовжні ухили;
6. перешкоди руху (ділянки особливого руху).

4.3.1.1Спеціальними частинами контактної мережі є:

- повітряні перехрестя проводів контактної мережі тролейбусних ліній (тролейбус-тролейбус) (рис. 4.4 а);

- повітряні перехрестя проводів контактної мережі трамвая з проводами контактної мережі тролейбуса (рис. 4.4 б);

- автоматичні керовані повітряні стрілкові вузли (стрілки розходження) (рис. 4.5 а);

- повітряні збіжні стрілкові вузли (стрілки сходження) (рис. 4.5 б).

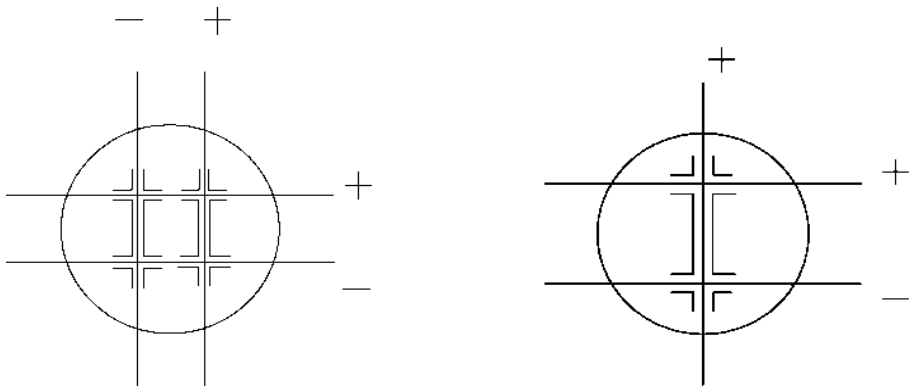


Рис. 4.4 - Схеми повітряних перетинань контактної мережі (а - тролейбус-тролейбус, б - трамвай-тролейбус).

Стрілка автоматична - це пристрій, призначений для перекладу струмоприймачів в один із двох напрямків руху на вибір водія.

Нормальним положенням керованої водієм стрілки є відкритий правий напрямок, автоматично відновлюване щораз після проходження транспортного засобу міського електричного транспорту ліворуч.

Місця установки автоматичних стрілок перед перехрестями не менше 20м (30м*);* - при русі шарнірно з'єднаних машин.

Стрілка збіжна - це пристрій, призначений для переводу та злиття двох тролейбусних ліній, який не має рухомих частин. Збіжну стрілку розташовують за перехрестям не менше як за 10 м.

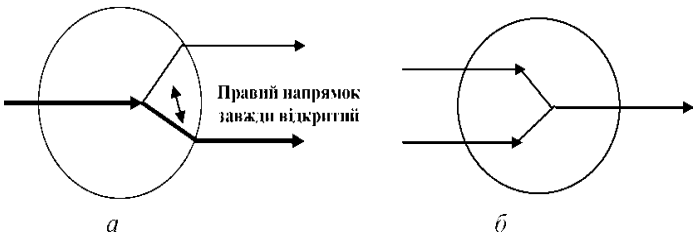


Рис. 4.5 - Схеми повітряних стрілкових вузлів контактної мережі (а - стрілка розходження, б - стрілка сходження).

Швидкість руху тролейбусних машин, трамвайних вагонів та довжину ділянки при проходженні спеціальних частин контактної мережі обирають згідно з наведеними нижче правилами.

Правило 1: Найменшу довжину ділянки з *і-м* рівнем обмеження швидкості руху *(і=4)* для трамвайних вагонів і тролейбусних машин при

проходженні повітряного перетинання контактної мережі, приймають $l_4 = 10$ *м,* а максимально дозволена швидкість руху складає $V_4 = 20$ *км/год.*

*Правило 2:*Найменшу довжину ділянки з*і-м* рівнем обмеження швидкості *(і = 2)* при проходженні повітряних стрілок контактної мережі тролейбусними машинами приймають $l_2 = 10$ *м,* а максимально дозволену швидкість $V_2 = 10$ *км/год.*

4.3.1.2 Спеціальними частинами рейкового шляху є:

- рейкові стрілочні переводи (відгалуження). До них ставляться автоматична стрілка розбіжності та стрілка сходження;

- рейкові перетинання трамвайних шляхів (трамвай - трамвай).

Швидкість руху трамвайних вагонів та довжину ділянки при проходженні спеціальних частин рейкового шляху обирають так:

Правило3: Найменшу довжину ділянки з *і-м* рівнем обмеження швидкості *(і =1)* при проходженні трамвайними вагонами перетинання трамвайних шляхів і стрілочних переводів, приймають $l_1 = 30$ *м* (всі інші), $l_1 = 45$ *м* (якщо на ділянці маршруту працюють дво-тривагонні поїзди), а максимальна швидкість становить $V_1 = 5$ *км/год.*

Згідно з ПТЕ, перетинання тролейбусних, трамвайних ліній з електрифікованими залізничними коліями слід передбачати в різних рівнях. При цьому споруджують шляхопроводи (мости, естакади). Висота яких від рівня дорожнього покриття головки рейки до низу ферми залізничного шляхопроводу повинна бути не менше 4,5м.

Перетинання тролейбусних і трамвайних ліній з не - електрифікованими внутрішніми під'їзними коліями промислових підприємств допускають розташовувати на одному рівні. При цьому повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпеки руху й умови видимості (тобто світлофорна сигналізація, огороджувальні пристрої). Кут перетинання повинен бути не менш 45^0. Для відповідного перетинання повинна бути розроблена інструкція, в якій описана експлуатація перетинання, взаємна сигналізація, освітлення, час користування, охорона.

Швидкість руху автобусів, тролейбусних машин та трамвайних вагонів і довжину ділянки при проходженні перетинань із залізничними коліями обирають згідно з наведеним нижче.

Правило 4: Найменшу довжину ділянки з *і-м* рівнем обмеження швидкості *(і=2)* при проходженні залізничного переїзду трамвайними вагонами приймають $l_2 = 45м$ (для трьох вагонних поїздів) і $l_2 = 30$ *м* - для всіх інших. Максимальна *м* (для трьох вагонних поїздів) і $l_2 = 30$ *м* - для всіх інших. Максимальна швидкість руху становить $V_2=10$ *км/год.*

Правило 5: Найменшу довжину ділянки з *і-м* рівнем обмеження швидкості *(і=4)* при проходженні залізничного переїзду тролейбусними (автобусними) машинами $l_4=25$ *м,* якщо на ділянці працюють з'єднані машини, $L_4=20$ *м* всі інші машини. Максимально дозволена швидкість руху тролейбусних (автобусних) машин при проходженні залізничного переїзду становить $V_4 =20$ *км/год.*

Радіус кривих, розташованих на трасі маршруту руху тролейбусних і автобусних машин, в яких відбувається зниження швидкості, не повинен перевищувати 70 м. При русі по кривих з більшим радіусом, водії транспортних засобів (тролейбуса та автобуса) вибирають величину максимальної швидкості самостійно, залежно від умов руху.

Швидкість руху автобусів та тролейбусних машин при проходженні кривих у плані траси маршруту обирають таким чином.

Правило 6: При проходженні кривих малого радіуса до *70 м*

тролейбусними та автобусними машинами, швидкість руху не повинна перевищувати $V_3 = 15$ *км/год.* При цьому довжину ділянки обмеження швидкості (довжину кривої) приймають як таку, що дорівнює величині результату виміру по трасі маршруту.

Максимальна швидкість руху кривими розташовані на трасі руху трамвайних маршрутів, регламентована ПТЕ.

При проходженні кривих трамвайними вагонами, приймають наступні максимальні швидкості:

V_2 = 10 км/год (радіус до 25 м);

Vз = 15 км/год (радіус до 50 м);

V_4 = 20 км/год (радіус 50-75 м);

V_5 = 25 км/год (радіус 75-100 м);

V_6 = 30 км/год (радіус більше 100м).

Схил - елемент поздовжнього профілю колії, що має нахил до горизонтальної лінії.

Схил при русі від нижчої крапки до вищої називається *підйомом,* зворотний - *спуском*

Експлуатація тролейбусних (автобусних) машин допускається на вулицях і дорогах з ухилом не більше 80‰, допускається експлуатація з ухилом до *90‰* довжиною не більше *30 м.* На ухилах понад *80‰* можуть експлуатуватися машини, конструкція яких спеціально розрахована на роботу в таких умовах.

Швидкість руху автобусів та тролейбусних машин, при проходженні поздовжніх схилів у плані траси маршруту обирають наступним чином.

Правило 7: При проходженні ухилів тролейбусними (автобусними) машинами максимальна швидкість руху дорівнює: на 40-50% - V_8 *= 40 км/год;* на 50-70% - V_7 *= 35 км/год;* на 70-90% - V_6 *= 30 км/год.* Довжину ділянки обмеження швидкості (довжину схилу) визначають за результатом його виміру в реальній трасі маршруту руху.

Поздовжній схил ліній трамвая не повинен перевищувати:

90‰ - при русі одиночних вагонів або двовагонних поїздів за системою „багатьох одиниць". Поїзд *„за системою багатьох одиниць"* - це поїзд, сформований із двох і більше транспортних засобів і керованих з одного пульта;

80‰ - при русі поїздів з моторного й причіпного вагонів тривагонних поїздів, керованих за системою *„* багатьох одиниць*"*;

60‰ - при русі тривагонних (моторного та двох причіпних вагонів) або одновагонного з'єднаного шестиосного вагону.

Швидкість руху трамвайних вагонів при проходженні поздовжніх схилів у плані траси маршруту обирають так:

Правило 8: При проходженні схилів трамвайними вагонами максимальна швидкість руху дорівнює: на 30-50% - V_5 *= 25 км/год;* на 50-70% - V_4 *= 20 км/год;* на 70-90% - V_3 *= 15 км/год;* понад 30% (осінь, зима) - V_2 *= 10 км/год.*

Довжину ділянки обмеження швидкості (довжину схилу) визначають у результаті його виміру в реальній трасі маршруту руху.

До ділянок особливого руху відносять рух:

- при буксируванні машин/вагонів, (несправності склоочисників у дощову,сніжну

погоду). За цих умов максимальна швидкість руху становить $V_4 = 20$ км/год;

- при проїзді повз руху, колон $V_3 = 15$ *км/год.*

- при проїзді повз варті транспортні засоби $V_3 = 15$ *км/год.*

- при проїзді місць скупчення пішоходів, рух назад, поганій видимості (туман, заметіль), при русі тролейбуса із граничним відхиленням штанг струмоприймача від осі підвіски контактного проводу, по дорозі покритою водою, мокрим снігом *(h ≥ 150 мм* - експлуатація тролейбусів заборонена) - $V_1 = 5$ *км/год.*

4.3.2.Швидкість руху за ділянками з тимчасовим обмеженням швидкості.

Крім постійних ділянок обмеження швидкості існують ділянки транспортної мережі з *тимчасовим обмеженням швидкості*. До таких відносять ділянки:

- з незадовільним технічним станом шляху;

- на яких проводять шляхові або ремонтні роботи *V4 = 20 км/год*;

- реконструкції або ремонт контактної мережі *Vi = 5 км/год.*

4.4 Заходи щодо підвищення швидкості руху

На швидкість руху впливають багато факторів, головні з яких :

динамічні характеристики та технічний стан транспортного засобу;

стан енергопостачання, дорожнього та шляхового господарства;

особливості траси маршруту (напрямок, схили, радіуси кривих, кількість перетинань і т.ін.);

інтенсивність міського руху та система регулювання вуличним рухом;

місце розташування зупинкових пунктів і відстань між ними (із збільшенням довжини перегону швидкість збільшується);

величина пасажиропотоку (вантажопотоку)., яка впливає на час пасажирообміну на зупинковому пункті;

частота руху транспортних засобів; регулярність, пропускна спроможність транспортної мережі;

погода, видимість на шляху, температура та вологість повітря;

вуличне висвітлення траси;

якість водіння (класність водія).

Дуже важливо підвищувати швидкість повідомлення й експлуатаційну швидкість. Для підвищення швидкості використовують три групи заходів.

Мета застосування заходів: зменшення впливу автомобільного транспорту, часу пасажирообігу на зупинкових пунктах.

1)Містобудівні заходи пов'язані з великими капітальними витратами:

улаштування відособленого полотна для рейкового транспорту передбачає зниження затримок на перехрестях і впливу транспортного потоку;

улаштування перетинання на різних рівнях;

розширення проїзної частини, розміщення дорожніх знаків;

улаштування зручних підвищених посадкових площадок для усунення простою на зупиночних пунктах.

2) Організаційні заходи не вимагають значних витрат, тому що їх реалізують працівники (штат) транспортних підприємств.

раціональне розміщення зупиночних пунктів на транспортній мережі, оскільки збільшення довжини перегону на 100м додає швидкості сполучення на 1км/год, що визначає наступне рівняння:

- раціональне розміщення зупиночних пунктів на транспортній мережі, оскільки збільшення довжини перегону на 100м додає швидкості сполучення на 1км/год, що визначає наступне рівняння:

$$V_c = \sqrt[3]{l_{пер}}$$

- підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів і інших елементів транспортної мережі;

- ведення раціональної системи регулювання рухом на перетинаннях транспортної мережі та в її вузлах;

- виявлення резервів часу в маршрутних розкладах шляхом систематичного хронометражу;

- упорядкування руху всіх видів транспорту на відповідній мережі;

- ведення чіткої диспетчерської служби.

3) *Конструкційні заходи,* спрямовані на вдосконалювання конструкцій транспортних засобів, які б мали такі особливості: більш високі динамічні характеристики, широкі дверні прорізи, збільшену кількість дверей, низький рівень підлоги в салоні пасажирського приміщення.

4.5. Прискорення розгону (пуску) транспортного засобу

Прискорення - це темп нарощування швидкості.

Пускове прискорення - це середній темп нарощування швидкості від моменту пуску до виходу на автоматичну характеристику. Пускове прискорення змінюється в процесі пуску залежно від схеми керування ТЕД:

$$a_{пуск} = 3{,}6 \cdot \frac{V_{а.х}}{t_{пуск}},$$

де $V_{ах}$ - швидкість виходу на автоматичну характеристику, км/год; $t_{пуск}$ - повний час розгону транспортного засобу від швидкості $V = 0$ до $V_{ах}$, с.

Середнє пускове прискорення трамвайних вагонів від моменту включення ТЕД до швидкості 30 км/год на рівній ділянці шляху і напрузі в контактній мережі 550 В повинне бути не менш 0,9 м/с ; час розгону тролейбусів, автобусів на горизонтальній ділянці дороги до швидкості 50км/ч не більше 16 с, чому відповідає

$$a_{пуск} = 3{,}6 \cdot \frac{50}{16} = 0{,}868 \, м/с^2$$

Величина пускового прискорення обмежується: потужністю тягового двигуна (двигуна внутрішнього згоряння), коефіцієнтом зчеплення, пасажирською комфортабельністю та безпекою. Тому максимально граничне значення $a_{пуск} = 1{,}5$ м/с^2.

$$0{,}9 м/с^2 \le a_{пуск} \le 1{,}5 м/с^2$$

Швидкість наростання прискорення (сповільнення) визначає комфортабельність пасажирських перевезень і є похідними прискорення в часі

$$\frac{da_{пуск}}{dt} = \frac{d^2V_{пуск}}{dt^2}$$

Похідні прискорення характеризують поштовхи, які сприймаються пасажирами як дискомфорт. Відповідно до вимог ПТЕ значення d^2V/dt^2 повинні бути не більше 2м/с^3.

Контрольні запитання:

1. Реалізацію яких можливостей забезпечують тягово-швидкі сні властивості транспортних засобів?
2. Якими показниками характеризують перевезення вантажу або пасажирів заданої маси, швидкість руху, прискорення при пуску?
3. Назвати показники, що характеризують вагові властивості транспортних засобів?
4. Що таке „маса транспортного засобу”? Від чого вона залежить, чому дорівнює? Навести приклади.
5. Що таке „вантажопідйомність”? Як її визначити для пасажирського транспортного засобу?
6. Що таке „повна маса пасажирського, вантажного транспортного засобу”? Як їх визначити?
7. Що таке „споряджена маса вантажного транспортного засобу”? Як її визначити? Обґрунтувати чи є різниця між власною вагою вантажного транспортного засобу і спорядженою масою?
8. Дати визначення конструктивної, ходової, гранично допускової, експлуатаційної швидкостей руху та швидкості сполучення. Назвати величину цих швидкостей для транспортних засобів традиційних видів міського пасажирського транспорту.
9. Яким чином на значення гранично допускової швидкості руху впливає ПТЕ виду транспорту?
10. Що таке „час руху перегоном”? Із чого він складається? Як визначають на практиці? Навести приклади.

11. Обґрунтуйте, які типи швидкості руху характеризують рух перегоном, рух за маршрутом та обертання транспортних засобів на ньому?

12. Обґрунтуйте, що впливає на ходову швидкість та яких заходів щодо зміни шляхового стану використовують для підвищення ходової швидкості?

13. Поясніть, що слід розуміти під „маршрутом руху пасажирського транспортного засобу”?

14. Дати визначення „перегону транспортної мережі”. Накреслити діаграму руху перегоном, назвати відповідні режими.

15. Обґрунтуйте, чому експлуатаційна швидкість є важливим показником роботи міського пасажирського транспорту.

16. Проаналізуйте умови експлуатації транспортних засобів та назвати фактори, що впливають на швидкість їх руху, визначити заходи щодо їх підвищення.

17. Проаналізуйте відомі Вам швидкості руху транспортних засобів та розташувати у порядку підвищення їх величин?

18. Які Вам відомі заходи щодо підвищення швидкості руху? Обґрунтувати в чому між ними різниця?

19. Перелічить типи ділянок транспортної мережі з постійним та тимчасовим обмеженням швидкості руху.

20. Дайте характеристику умов руху ділянками особливого руху (довжина ділянки обмеження, максимальна швидкість).

21. Дайте характеристику щодо умов руху ділянкою (довжина ділянки обмеження, максимальна швидкість), на якій розташовані спеціальні частини рейкового шляху, повітряні перехрестя контактної мережі, повітряні стрілкові вузли контактної мережі.

22. Дайте характеристику щодо умов руху (довжина ділянки обмеження, максимальна швидкість) при проходженні транспортним засобом перехрестя із залізничними шляхами.

23. Дайте характеристику щодо умов руху автобуса, тролейбуса та трамвая (довжина ділянки обмеження, максимальна швидкість) на кривих у плані траси маршруту.

24. Дайте визначення поздовжнім схилам; охарактеризуйте умови руху (довжина ділянки обмеження, максимальна швидкість) поздовжніми схилами у плані траси трамвайних, автобусних і тролейбусних маршрутів руху.

25. Які вимоги при організації тролейбусного, трамвайного та автобусного руху поздовжніми схилами, які розташовані в плані траси маршруту?

26. Охарактеризуйте умови руху транспортних засобів контактних видів міського пасажирського транспорту при проходженні електрифікованих та не - електрифікованих залізничних перехресть.

27. Що таке „пускове прискорення”, як його розрахувати? Чому повинне дорівнювати значення пускового, що впливає на його значення?

28. Яку експлуатаційну властивість транспортного засобу характеризують похідні прискорень у часі? Записати їх у математичному вираженні. Чому вони дорівнюють згідно з ПТЕ?

5. ГАЛЬМОВІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Гальмові властивості дають можливість реалізації транспортним засобом:

- *максимального сповільнення.* Цю можливість характеризують показники:

- гальмове сповільнення (гальмове прискорення) $a_г$;

- гальмовий шлях *(Lг);*

- похідна прискорень у часі $da_г/dt$;

Сповільнення - це зменшення швидкості руху за одиницю часу.

- *утримання на схилі.* Цю можливість характеризує показник:

- величини кута схилу.

Гальмовий шлях і сповільнення залежать від швидкості руху, ваги транспортного засобу, стану покриття, профілю проїзду та стану бігової частини покришок.

Гальмові властивості транспортного засобу забезпечують:
робоча, запасна, стояночна та допоміжна гальмові системи.

Наприклад, робоча і запасна системи автомобіля мають гідравлічний, пневматичний або комбінований привід. Такий привід забезпечує однаковий тиск у всіх гальмових циліндрах і одночасність наростання тиску в них.

Оскільки безпека руху істотно залежить від гальмових властивостей автомобілів, то гальмові системи всіх автомобілів, які експлуатуються на дорогах загального користування, повинні відповідати однаковим вимогам. Ці вимоги регламентуються міжнародними Правилами №13 ЄЕК ООН.

При гальмуванні із блокованими колесами кінетична енергія маси транспортного засобу, що рухається, поступово перетворюється в роботу сил тертя в контактах коліс із недеформованою дорогою. Якщо колеса не заблоковані, тоді ця енергія перетворюється в теплову енергію частково в гальмових механізмах і частково в контакті коліс із дорогою.

5.1 Діаграма гальмування транспортного засобу

Графік залежностей сповільнення і швидкості руху від часу гальмування називають *діаграмою гальмування* (рис. 5.1).

До *часу гальмування* відносять час, який пройшов із моменту, коли водій

помітив перешкоду і до моменту повної зупинки транспортного засобу.

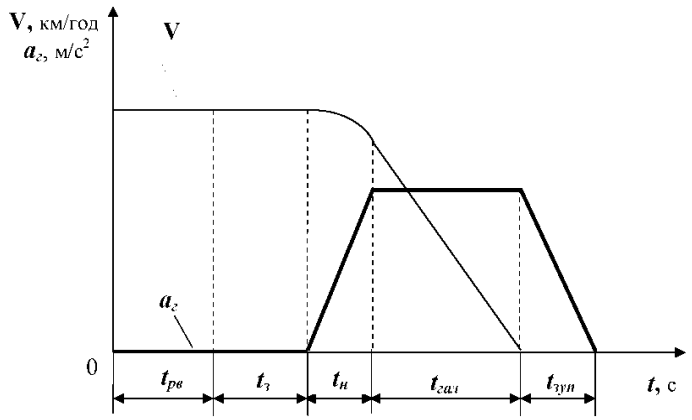


Рис. 5.1 – Гальмова діаграма транспортного засобу

Час гальмування ($T_г$) складається із часу реакції водія *($t_{рв}$),* часу запізнювання привода *($t_з$),* часу наростання сповільнення *($t_н$),* часу гальмування з постійним сповільненням *($t_{гал}$).*

$$T_г = t_{рв} + t_з + t_н + t_{гал}$$

(5.1)

Час реакції водія - це проміжок часу з моменту, коли водій помітив перешкоду, і до моменту торкання ногою педалі гальма.

За час реакції $t_{рв}$ водій оцінює обстановку і переносить ногу на педаль гальма. Тривалість складової $t_{рв}$ визначається індивідуальними властивостями водія (психічною і фізичною реакцією), а також станом очікування. Якщо водій очікує появу перешкоди, то, залежно від індивідуальних властивостей (статі, віку, фізичного стану), тривалість коливається від *0,2* до *2 с.* У протилежному випадку, якщо не очікує появи перешкоди, час реакції водія становить *1,5 - 6 с.*

Визначити час реакції водія можна тестовими випробуваннями. Тоді $t_{рв}$ має конкретні значення. Якщо таких даних немає, то у розрахунках приймають середнє значення часу реакції $t_{рв}$*=0,8-1,5 с.* Вважають, що за цей проміжок часу швидкість транспортного засобу не змінилася, а сповільнення - дорівнює нулю.

Час запізнювання приводу - це час, який починається з передачі зусилля від гальмової педалі і закінчується з появою тиску в гальмових механізмах. За цей час вибираються зазори в приводі, відкривається клапан у гальмовому крані, і тиск передається трубопроводами до гальмових циліндрів. Величина цього часу залежить від типу приводу (гідравлічний, пневматичний), конструкції гальмових механізмів (дискові, барабанні). Час запізнювання

приводу приймають для гідроприводу з дисковим механізмом $t_з = 0,05...0,07$ *с,* а з барабанним $t_з = 0,07...0,15$ *с.* Якщо привід пневматичний $t_з = 0,15...0,3$ *с.* За час запізнювання приводу швидкість не змінюється, а сповільнення дорівнює нулю.

Час наростання сповільнення - за цей час сповільнення змінюється від нульового значення до максимального, величина якого обмежена зчіпними можливостями коліс із опорною поверхнею. Прийнято, що прискорення за час $t_н$ наростає за лінійним законом, а тому графіком прискорення буде похила лінія. Графіком швидкості на цій ділянці буде крива, описувана параболою. Величина часу $t_н$ залежить, насамперед, від приводу. Якщо привід гідравлічний, тоді $t_н = 0,05...0,15$ *с,* якщо ж привід пневматичний, тоді $t_н = 0,15...0,4$ *с.*

Сума $t_н + t_з = t_c$ називається часом спрацьовування гальмової системи. Згідно з Правилами № 13 ЄЕК ООН ця сума повинна бути менше *0,6 с*

(tc< 0,6 с).

Час гальмування з постійним сповільненням. Графіком на цій ділянці буде пряма, паралельна осі абсцис. Якщо сповільнення постійне, тоді швидкістю руху автомобіля на цій ділянці буде похила лінія.

5.2. Сповільнення при гальмуванні автомобіля

Гальмове сповільнення - це середній темп зміни швидкості від початку гальмування (швидкість $V_г$) до повної зупинки ($V_{зуп} = 0$).

$$a_г = 3.6 \cdot \frac{V_г}{T_г}$$

де $V_г$ - швидкість початку гальмування, км/год; $T_г$ - повний час гальмування від $V_г$ до $V_{зуп} = 0$, с.

$$0,9 \text{ м/с}^2 \le a_г \le 3,0 \text{ м/с}^2.$$

При екстреному гальмуванні допускають $a_г > 5$ м/с , хоча при цьому можливі травми пасажирів.

Великі значення $a_{г\,макс}$ знижують міцність кузова та механізмів транспортних засобів, а також комфортабельність перевезення пасажирів. Тому прагнуть до зменшення відмінності між максимальними і номінальними значеннями прискорень $a_{г\,макс} = a_г$. Цій умові задовольняють схеми керування

пуском і гальмуванням тягових двигунів, які виключають різкі коливання пускового й гальмового прискорення. Зокрема, для міського електричного транспорту застосовують тиристорно-імпульсну система керування - систему безступінчастого автоматичного пуску та гальмування.

Становить особливий інтерес максимальне сповільнення, що виникає при гальмуванні із блокованими колесами.

Розрахункова схема сил, що діють на транспортний засіб при гальмуванні на підйомі із блокованими колесами, представлена на рис. 5.2.

Відповідно до розрахункової схеми на автомобіль при гальмуванні діють наступні сили:

1)Інерційна сила, прикладена в центрі маси автомобіля і спрямована по напрямку руху, дорівнює:

$$F_j = m_a \cdot a_г ,$$

де $a_г$ - сповільнення; m_a - маса транспортного засобу, кг.

2) *Гальмові сили* F_{T1} F_{T2} на колесах передньої та задньої осей, які досягають максимальних значень, обмежених зчіпними можливостями шин з опорною поверхнею.

Ці сили визначаються залежностями:

$$F_{T1} = \varphi \cdot R_{Z1} \qquad F_{T2} = \varphi \cdot R_{Z2}$$

де (φ - коефіцієнт зчеплення, R_{Z1}, R_{Z2} - нормальні реакції опорної поверхні відповідно на колесах передньої та задньої осей.

3)Сила опору підйому F_j

$$F_j = m_a \cdot g \cdot Sin\alpha$$

α - кут підйому, град.

4)Сила опору повітря $F_п$

$$F_в = k_в \cdot F_в \cdot V^2$$

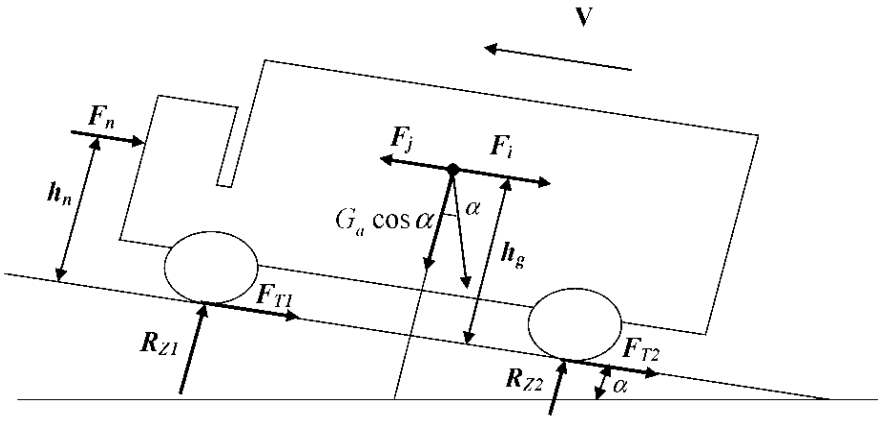


Рис. 5.2 – Схема сил при гальмуванні із блокованими колесами

З урахуванням розрахункової схеми можна скласти рівняння сил паралельних опорній поверхні:

$$F_j = F_{T1} + F_{T2} + F_i + F_n \tag{5.3}$$

Якщо врахувати, що колеса заблоковані при гальмуванні, тоді сповільнення досягає максимального значення $a_г = a_{г\,max}$. У цьому випадку сума гальмових сил на колесах транспортного засобу дорівнює:

$$F_{T1} + F_{T2} = \phi \cdot \left(R_{Z1} + R_{Z2}\right)$$

Зрівності сил, нормальних до опорної поверхні, згідно з рис. 5.2 маємо:

$$R_{Z1} + R_{Z2} = G_a \cdot Cos\alpha = m_a \cdot g \cdot Cos\alpha$$

де G_a- вага транспортного засобу, кг; g- прискорення вільного падіння.

Після підстановки складових, рівняння (5.3) прийме вид:

$$m_a \cdot a_{г_{\max}} = \phi \cdot m_a \cdot g \cdot Cos\alpha + m_a \cdot g \cdot Sin\alpha + k_n \cdot F_n \cdot V^2$$

З рівняння визначимо максимальне сповільнення, що буде при гальмуванні із блокованими колесами:

$$a_{г_{\max}} = g \cdot \left(\varphi \cdot Cos\alpha + Sin\alpha\right) + \frac{k_n \cdot F_n \cdot V^2}{m_a}$$

Якщо силою опору повітря зневажити через малість, тоді при русі на підйом максимальна з дорівнює:

$$a_{г_{\max}} = g \cdot \left(\varphi \cdot Cos\alpha + Sin\alpha\right) \tag{5.4}$$

а на горизонтальній дорозі, з огляду, що a = 0, маємо $a_{г_{\max}} = g \cdot \varphi$

З аналізу рівняння (5.4) можна зробити висновок, що максимальне сповільнення автомобіля при гальмуванні залежить тільки від зчіпних можливостей шини з опорною поверхнею, які враховуються *коефіцієнтом зчеплення,* і *кута підйому,* якщо впливом повітря зневажити. На горизонтальній дорозі сповільнення залежить тільки від *коефіцієнта зчеплення,* якщо зневажити малістю впливу повітря.

5.3 Шлях гальмування, гальмовий і зупинний шляхи

Основним параметром, за яким оцінюють робочу гальмову систему, є ***гальмовий шлях*** *($L_Г$)* - це відрізок шляху, який проходить транспортний засіб від моменту початку гальмування (натискання водія на гальмову педаль або рукоятку) до повної зупинки транспортного засобу.

Гальмові якості автомобіля оцінюють також за максимальним сповільненням а також за часом гальмування із блокованими колесами.

Максимальне сповільнення автомобіля при русі на підйом, згідно з формулою (5.4), дорівнює:

$$a_{г_{\max}} = g \cdot (\varphi \cdot Cos\alpha + Sin\alpha)$$

Час гальмування з максимальним сповільненням до повної зупинки дорівнює:

$$t_{\min} = \frac{V}{a_{г_{\max}}} = \frac{V}{g \cdot (\varphi \cdot Cos\alpha + Sin\alpha)}$$

При визначенні гальмових властивостей автомобілів користуються поняттям ***шлях гальмування транспортного засобу*** *($L_{Гmin}$)* - це слід, що залишає транспортний засіб на дорозі (шлях, пройдений автомобілем із заблокованими колесами). У цьому випадку кінетична енергія автомобіля, що буде обумовлена тільки масою, що поступово рухається, оскільки колеса автомобіля заблоковані, буде перетворюватися в роботу сил тертя в контакті коліс із недеформованою дорогою. Якщо зневажити опором повітря (а дорога - горизонтальна), тоді:

$$Е_{кін} = A_{тр}$$

$E_{кін}$ - кінетична енергія транспортного засобу; $A_{тр}$ -- робота сил тертя в контакті коліс із недеформованою горизонтальною дорогою

$$E_{кін} = \frac{m_a \cdot V^2}{2}, \quad A_{тр} = F_{тр} \cdot L_{Г_{\min}},$$

де $F_{тр}$ - сила тертя між шинами та недеформованою дорогою, $L_{Гmin}$ - шлях гальмування.

Сила тертя між шинами та недеформованою дорогою визначається так:

$$F_{тр} = \varphi \cdot m_a \cdot g$$

Після підстановок і перетворень маємо:

$$\frac{m_a \cdot V^2}{2} = F_{тр} \cdot L_{Г_{\min}}, \quad \frac{m_a \cdot V^2}{2} = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot L_{Г_{\min}},$$

$$L_{Г_{\min}} = \frac{m_a \cdot V^2}{2}$$

На відміну від шляху гальмування, гальмовий шлях ураховує додатково властивості гальмової системи, а саме: час запізнювання приводу та наростання сповільнення.

Для одержання залежності щодо визначення гальмового шляху, можна скористатися діаграмою гальмування, що наведена на рис. 5.3.

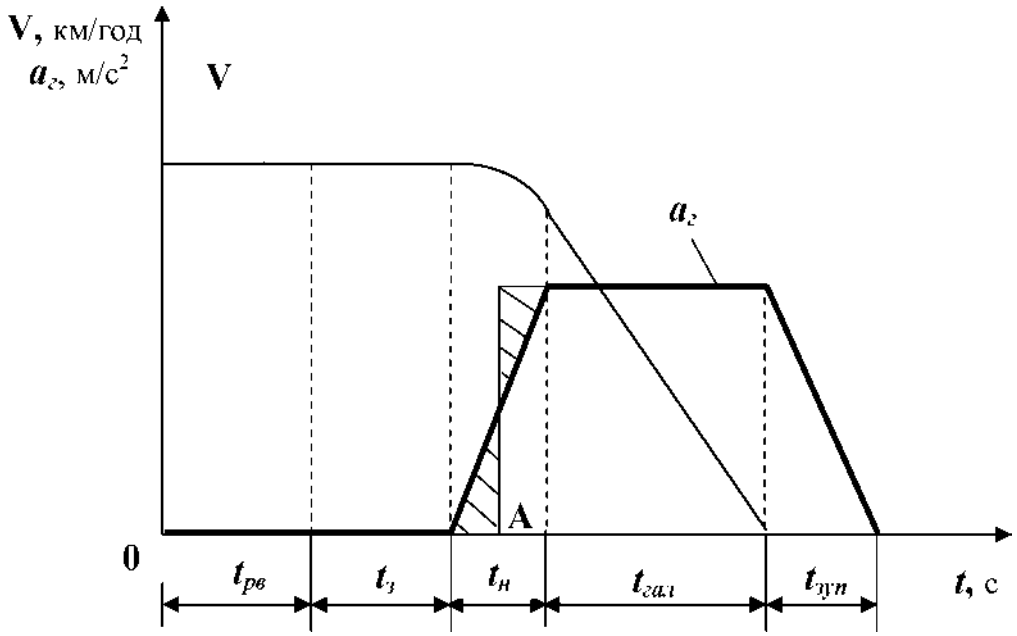


Рис. 5.3. - Гальмова діаграма транспортного засобу

Проведемо вертикальну лінію (рис. 5.3) із крапки A абсциси $t_н/2$. Одержимо два заштрихованих трикутники. Якщо врахувати, що їхні площі

однакові, то вправі вважати, що прискорення на ділянці $(t_3 + t_н/2)$ дорівнює нулю, а швидкість руху автомобіля V. У цьому випадку за час $(t_н/2+t_г)$ автомобіль буде рухатися із заблокованими колесами та пройде шлях $L_{Гmin}$.

Помітимо, що $t_г$ - це час гальмування з максимальним сповільненням за умови, що сповільнення за час її наростання $t_н$ змінюється від нуля до $a_{гmax}$

З врахуванням викладеного, гальмовий шлях дорівнює:

$$L_Г = \left(t_3 + \frac{t_н}{2} \right) \cdot V + L_{Г\min} \qquad (5.5)$$

Залежність $L_{Гmin}$ отримана за умови, що коефіцієнт зчеплення під всіма колесами однаковий. Однак при гальмуванні на дорозі з високим коефіцієнтом зчеплення він різний під колесами автомобіля. Це розходження враховується коефіцієнтом ефективності гальмування $к_е$. У цьому випадку гальмовий шлях дорівнює:

$$L_Г = \left(t_3 + \frac{t_н}{2} \right) \cdot V + \frac{к_е \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot \varphi} \qquad (5.6)$$

де $к_е$ - коефіцієнт ефективності гальмування, який враховує розходження коефіцієнтів зчеплення між всіма колесами.

При коефіцієнті зчеплення $\varphi > 0,4$ рекомендують для легкових автомобілів приймати $к_е=1,2$, а для всіх вантажних $к_е=1,4$. При значеннях коефіцієнта зчеплення $\varphi \leq 0,4$ приймати $к_е=1$.

Гальмовий шлях трамвайного вагона при номінальному навантаженні на горизонтальній ділянці шляху із сухими та чистими рейками при швидкості початку гальмування *30 км/год* не повинен перевищувати *35 м* (при випадковому гальмуванні), *16 м* (при екстреному із застосуванням

електромагнітних рейкових гальм).

Гальмовий шлях порожнього тролейбуса (автобуса) на горизонтальній ділянці шляху, що має сухе асфальтове покриття при швидкості початку гальмування *30 км/год* становить *11 м* (при екстреному гальмуванні, одночасному включенні електричних і механічних гальм).

Зупиночний шлях транспортного засобу - це шлях, який проходить засіб із моменту, коли водій помітив перешкоду, і до повної зупинки. Він включає шлях, який проходить транспортний засіб за час реакції водія, і

гальмовий шлях. З урахуванням викладеного вище, маємо:

$$L_З = t_р \cdot V + L_Г = \left(t_{рв} + t_З + \frac{t_н}{2} \right) \cdot V + \frac{\kappa_п \cdot V^2}{2 \cdot \varphi \cdot g},$$

де $L_з$ - зупинний шлях, що визначений без обліку впливу повітря, через його малорухливість.

Із трьох розглянутих гальмових шляхів (шлях гальмування, гальмовий, зупинний) тільки гальмовий шлях ураховує властивості гальмової системи та виключає суб'єктивний вплив водія, а тому є об'єктивною характеристикою робочої гальмової системи.

5.4 Швидкість наростання сповільнення

Швидкість наростання сповільнення визначає комфортабельність пасажирських перевезень і є похідною прискорення в часі

$$\frac{da_г}{dt} = \frac{d^2V_г}{dt^2}$$

Похідна прискорення характеризує поштовхи при сповільненні, які сприймаються пасажирами як дискомфорт. Відповідно до вимог ПТЕ значення $\frac{d^2V_г}{dt^2}$ повинні бути не більше 2м/с .

Контрольні запитання:

1. Реалізацію яких можливостей транспортного засобу забезпечують його гальмові властивості?
2. Від чого залежить значення гальмового шляху та сповільнення транспортного засобу?
3. Якими показниками характеризують максимальне сповільнення, утримання на схилах?
4. Які гальмові системи є на автомобілі?
5. Дати визначення часу гальмування, часу реакції водія, часу запізнення привода, часу збільшення сповільнення? Від чого вони залежать, як визначають, чому дорівнює?

6. Охарактеризувати залежність величин швидкості та сповільнення від складових часу гальмування за гальмовою діаграмою транспортного засобу?

7. Що таке „гальмове сповільнення” та як його розрахувати? Чому повинне дорівнювати? Що впливає на його значення?

8. Які сили впливають на транспортний засіб при гальмуванні з блокованими колесами? Накреслити їх розташування.

9. Від чого залежить максимальне сповільнення транспортного засобу при гальмуванні з блокованими колесами?

10. За яким параметром оцінюють робочу гальмову систему транспортного засобу? Дати йому визначення.

11. Якими параметрами оцінюють гальмові якості транспортного засобу? За якими формулами їх розраховують?

12. Що таке „шлях гальмування транспортного засобу”? За якою формулою його розраховують?

13. Як за діаграмою гальмування розрахувати гальмовий шлях?

14. Обґрунтувати чи є різниця між шляхом гальмування транспортного засобу і гальмовим шляхом?

15. Як розрахувати гальмовий шлях транспортного засобу, якщо коефіцієнт зчеплення під колесами різний?

16. Чому дорівнює значення гальмового шляху для транспортних засобів міського пасажирського транспорту?

17. Що таке „зупиночний шлях транспортного засобу”? Що він ураховує?

18. Яку експлуатаційну властивість транспортного засобу характеризують похідні прискорень у часі. Записати їх у математичному виразі. Чому вони повинні дорівнювати згідно ПТЕ?

6 ПРОХІДНІСТЬ І МАНЕВРЕНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Прохідність і маневреність визначають такими ж самими технічними показниками рухомого складу, тому розглянемо їх спільно.

Прохідність і маневреність будь-якого транспортного засобу обмежені. Тому нормальні та граничні умови експлуатації транспортних засобів обмовляються в ПТЕ.

6.1 Прохідність транспортних засобів

Прохідність - це здатність транспортного засобу переборювати місцеві нерівності, злами поздовжнього профілю, затяжні підйоми та спуски, криві малих радіусів, ділянки зі зниженим зчепленням, залиті водою, покриті снігом.

Втрата прохідності може бути повною (буксування на місці, застрявання) або частковою (зниження швидкості, збільшення витрати палива). У загальному випадку прохідність автомобілів обмежується недостатньою міцністю та деформованістю опорної поверхні, наявністю нерівностей і перешкод.

За показником прохідності автомобілі розділяються на:

- автомобілі обмеженої прохідності (дорожні) - це неповнопривідні автомобілі колісних формул 4х2; 6х4; 8х4; 6х2.
- автомобілі підвищеної прохідності - це повнопривідні автомобілі, колісних формул 4х4; 6х6.
- автомобілі високої прохідності колісних формул 8х8; 10х10.

Розрізняють *поздовжню* та *поперечну прохідність* транспортних засобів.

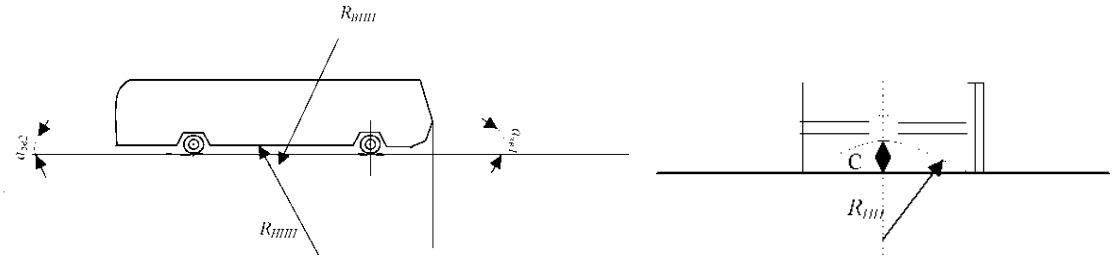
6.1.1 Технічні показники поздовжньої прохідності транспортних засобів.

Поздовжню прохідність (рис. 6.1 а) характеризують:

- верхній радіус поздовжньої прохідності.

Верхній радіус поздовжньої прохідності ($R_{ВПП}$) - це радіус дуги кола, проведеного відносно шин передніх і задніх коліс і найбільш виступаючу точку переднього або заднього звису кузова.

нижній радіус поздовжньої прохідності.



а) б)

Рис. 6.1 - Показники поздовжньої та поперечної прохідності

Нижній радіус поздовжньої прохідності ($R_{НПП}$) - це радіус дуги кола, проведеного відносно шин передніх і задніх коліс, та найнижчу точку шасі або кузова.

- кути переднього $a_{св1}$ і заднього $a_{св2}$ звисів.

Кути звисів находяться в межах:

а) для вантажних автомобілів $a_{св1}=40^0... 60^0$; $a_{св2}=25^0... 60^0$;

б) легкових автомобілів $a_{св1}=20^0... 30^0$; $a_{св2}=15^0... 20°$;

в) автомобілів підвищеної прохідності $a_{св1}=60^0... 70^0$; $a_{св2}=50^0... 60°$.

6.1.2. Технічні показники поперечної прохідності

Поперечну прохідність (рис. 6.1 б) характеризує:

- радіус поперечної прохідності.

Радіус поперечної прохідності ($R_{ПП}$) - це радіус кола, проведеного через нижню точку підкузовного устаткування відносно внутрішньої поверхні або ходових коліс;

- просвіт (кліренс).

Просвіт (кліренс) (С) - це відстань від нижньої точки підкузовного устаткування до дорожнього покриття. Перевищення величини кліренсу призводить до ушкодження водою елементів устаткування.

Забороняється експлуатація тролейбусів, якщо дорога покрита водою або мокрим снігом висотою більше *150 мм,* для трамваїв - *100 мм.*

Маневреність транспортних засобів

Маневреність - це здатність відхилення від напрямку руху, обгону транспортного засобу, який рухається попереду, повороту та розвороту в стиснутих умовах, рух заднім ходом.

Технічні показники маневреності транспортних засобів (рис. 6.2):

- граничне відхилення від середньої лінії смуги руху ($V_{кс}$);

- мінімальний радіус повороту (R’);

- максимальний радіус повороту (R’’);

- смуга вписування (R’’ – R’);

- радіус повороту за віссю сліду переднього зовнішнього колеса ($R_{1зов}$);

- радіус повороту за віссю сліду переднього внутрішнього колеса ($R_{1вн}$);

- радіус повороту за віссю сліду заднього внутрішнього колеса ($R_{2\ вн}$).

Граничне відхилення лімітоване для контактних видів транспорту (трамвай, тролейбус). При необхідності об'їзду транспортним засобом іншого виду, а так само - при під'їздах до зупиночних пунктів, допускається відхилення тролейбуса убік від контактних проводів не більше ніж на *4 м*.

Прохідність і маневреність шарнірно з’єднаного рухомого складу залежить від співвідношення баз $Б_{гол}$, $Б_{ппр}$, $Б_{ЗВ}$ і граничних кутів повороту передньої секції щодо задньої в горизонтальній, вертикальній і поперечній площинах.

Напівпричіпна секція *1* автобусів і тролейбусів повинна вписуватися в смугу руху *(R’’ – R’)* головної секції *2* за рахунок автоматичних пристроїв керування установкою коліс напівпричепа (рис. 6.2).

де P_c - центробіжна сила; *a a* - кути повороту керованих коліс.

Найвищі показники прохідності та маневреності мають автобуси, тому що їхній рух не пов'язаний з окремою смугою. Тролейбуси мають більш низькі показники маневреності внаслідок їхнього зв'язку з контактною мережею.

Найкращі показники щодо прохідності і маневреності в шарнірно з’єднаних машин, причому мінімальний габарит в смугу вписування, мають з’єднані машини з відношенням довжин напівпричіпної і головної секції *0,75:1*. Так шарнірно з’єднаний 24-метровий тролейбус із таким співвідношенням довжин секцій може мати ті ж мінімальні радіуси і коридор уписування, що й 12-метровий транспортний засіб із твердим кузовом.

Прохідність і маневреність рейкового рухомого складу характеризується тими ж показниками, що й безрейкового. Маневреність рейкового транспортного засобу з обгону вагона, що рухається попереду дорівнює 0, тому що він зв'язаний рейковою колією. Чим нижче маневреність, тим вище вимоги

до експлуатаційної надійності рухомого складу. Вони найбільш високі в рейковому рухомому складі.

Контрольні запитання:

1. Дати визначення прохідності транспортного засобу. Які існують види прохідності транспортних засобів?
2. Назвати технічні показники поздовжньої прохідності транспортних засобів. Навести приклади визначення.
3. Назвати технічні показники поперечної прохідності транспортних засобів. Навести приклади визначення.
4. Який показник поперечної прохідності тролейбуса обмежує його експлуатацію і чому він дорівнює?
5. Дати визначення та назвати технічні показники маневреності транспортного засобу.
6. Який показник маневреності тролейбуса обмежує його експлуатацію і чому він дорівнює?
7. Як визначити технічні показники маневреності транспортного засобу з жорстким кузовом? Навести приклад визначення.
8. Проаналізувати кількісні та якісні значення технічних показників маневреності автобусів, тролейбусів та трамваїв і зробити висновки щодо їх маневреності.

7.КЕРОВАНІСТЬ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ

Керованість - це здатність транспортного засобу стійко зберігати прямолінійний рух так, що при відсутності впливу на механізм керування, ходові колеса при випадкових відхиленнях від положення прямолінійного руху повинні самостійно вертатися в це положення, а при впливі на орган керування швидко і з невеликим зусиллям змінювати напрямок руху на такий. який задається органом керування.

7.1Керованість рейковим рухомим складом

Рейкові транспортні засоби теоретично мають здатність зберігати прямолінійний рух у рейковій колії завдяки конічному профілю поверхні кочення бандажів, які вони одержують при обточуванні або в експлуатації.

Завдяки зворотній конусності поверхонь кочення вільна колісна пара рухається в рейковій колії по синусоїді, що викликає шкідливі коливання рухомого складу „виляння” у колії. Однак амплітуда „виляння” вільної колісної пари значно більше зазору між голівкою рейки та ребордою колеса, а так само завдяки зв'язкам з ходовими частинами колісні пари не мають вільного кочення в колії, а направляються нею примусово.

Цей процес супроводжується зношуванням бандажів коліс і рейок. Реборда бандажа коліс (рис. 7.1), набігаючи на головку рейки під кутом, прагне піднятися на рейку, що й відбувається іноді під дією відцентрових сил на кривих ділянках шляху зношених рейок і перевищення припустимих швидкостей руху, приводячи до сходження коліс із рейок (схід трамвая). Необхідну стійкість руху колісних пар у кривих рухають вибором певних геометричних характеристик профілю бандажів і нормальних режимів (швидкостей) руху $V_{кр} \approx 5$ км/год.

Рух колісних пар рейкових транспортних засобів у рейковій колії направляється голівками рейок і ребордами колісних пар. Поперечний зсув

колісної пари в колії відбувається в межах зазору - е, що називають „грою колії”:

$$e = K - b_н - 2 \cdot b_р$$

де K - рейкова колія, мм; $b_н$ - відстань між внутрішніми гранями бандажів колісної пари, мм; $b_р$ - ширина, реборди в площині робочих кантів рейок, мм.

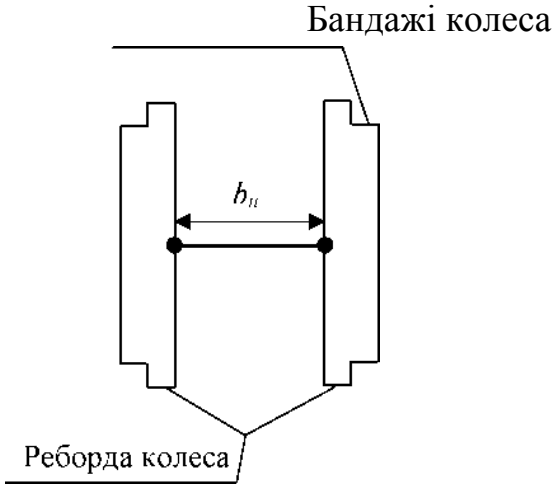


Рис. 7.1 - Колісна пара рейкового транспортного засобу

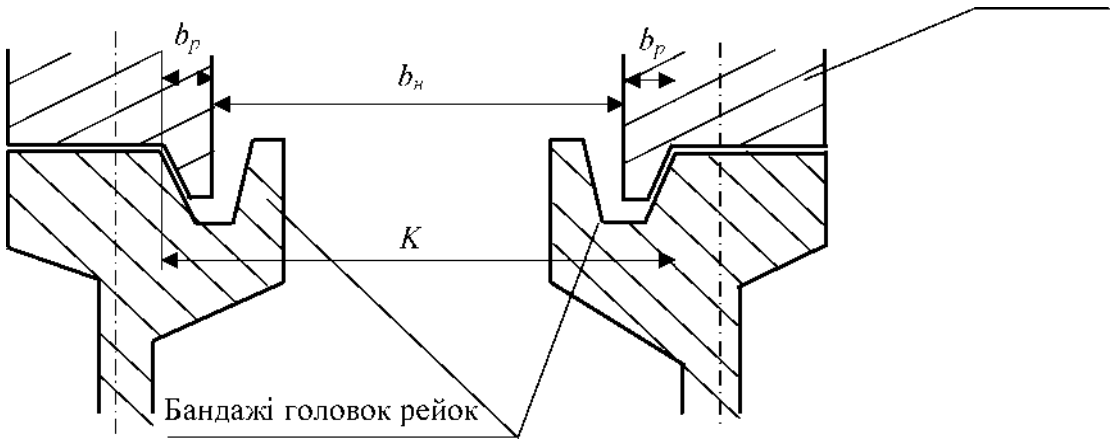


Рис. 7.2 - Рух колісних пар у рейковій колії

Для трамвайних вагонів: $b_н$ = *1474 мм,* $b_р$ = *25 мм,* нормальна колія для прямих ділянок шляху *К=1524 мм.*

$$e = 1524 - 1474 - 2 \cdot 25 = 0$$

Тому при нових бандажах і рейках колісні пари не мають „гри" у колії (рис. 7.2). При зношуванні бандажів голівок рейок значення *К* і $Б_р$ міняються, в результаті чого між ребордами коліс і голівками рейок з'являється зазор *е*, і рух колісних пар стає неспокійним.

При зношуванні бандажів коліс і рейок можуть спостерігатися два варіанти напрямку колісних пар у кривій:реборда зовнішнього колеса впирається у велике яблуко зовнішньої рейки, а реборда внутрішнього колеса - у мале яблуко внутрішньої рейки (рис. 7.3 а), коли збільшується колія *К* за рахунок зношування головок зовнішньої рейки;

$$e = x_в = x_з$$

реборда внутрішнього колеса впирається в мале яблуко внутрішньої рейки (рис.7.3б), коли зношуються бандажі обох коліс.

$$e=e_1+e_2=x_1+x_2$$

Горизонтальний знос рейок у кривих ділянках може перевищувати вертикальне зношування в 1,5 рази. Для повного використання зношування рейок, що допускається, у горизонтальній і вертикальній площинах потрібно вибирати „К" такий, щоб колісні пари працювали в кривих за схемою рис. 7.3 б.

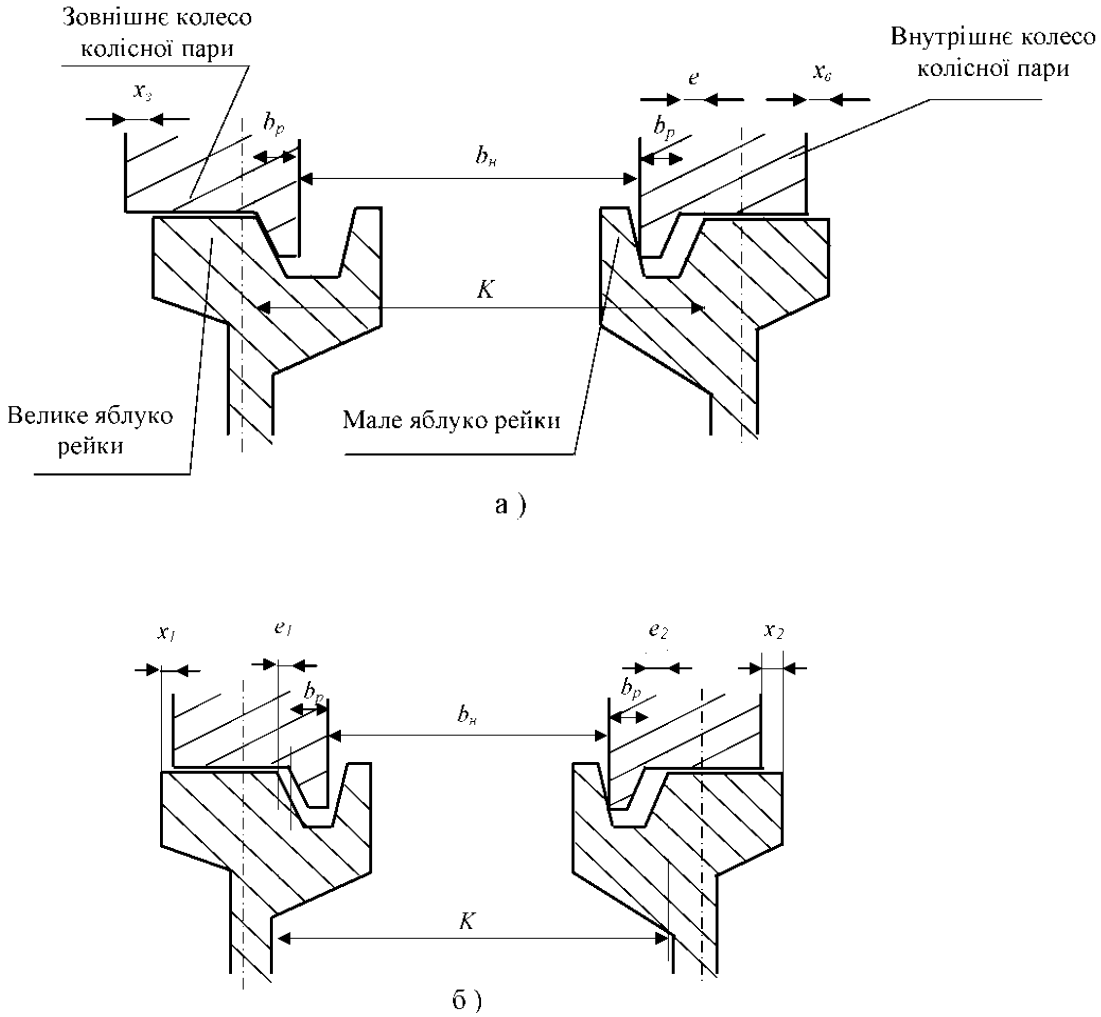


Рис. 7.3 - Варіанти напрямку руху колісних пар у кривій

Для цього колія рейкового шляху в кривих $К_{кр}$ повинна бути ширше колії на прямих ділянках не менш чим на *10 мм.* Однак у зв'язку з різнотиповністю рухомого складу, що працюють на трамвайних шляхах, ПТЕ встановлюють для трамвайних шляхів уніфіковану ширину колії (в кривих до *75 м* рівної), що дорівнює *1532 мм,* розширеної в порівнянні з колією на прямих ділянках на *8 мм*.

$$К_{кр}=1524+8=1532 \text{ мм}.$$

7. 2. Керованість безрейковими транспортними засобами

Керованість безрейковим транспортним засобом забезпечує спеціальна установка керованих коліс і рульове керування.

Хороша керованість полегшує фізичне навантаження водія; підвищує безпеку руху; підвищує швидкість сполучення, тому що, чим краще керованість, тим з більш високою швидкістю водій може вести машину.

Порушення керованості при русі безрейкового транспортного засобу - це результат впливу на нього ряду збуджуючих сил:

- нерівностей і поперечного ухилу дороги;
- динамічних коливань;
- бокового вітру;
- неправильної кінематики рульового керування й підвіски;
- зниженого тиску й різниці тиску повітря в шинах;
- неправильної установки керованих коліс;
- надмірного зношування рульового керування (великих зазорів у шарнірних зв'язках тяг і важелів рульового керування й приводу керованих коліс);
- динамічної неврівноваженості коліс;
- перекосом осей керованих і відомих мостів.

Для забезпечення керованості використовують:

1. сили тертя в кермовому механізмі;
2. вагову стабілізацію керованих коліс;
3. бічні реакції опорної поверхні дороги та дії бокових сил;

спеціальну установку керованих коліс при русі машини на повороті.

7.2.1 Сили тертя в кермовому механізмі

Для виключення впливу керованих коліс під дією сил з боку дорожнього полотна на нерівностях шляху в якості основного стабілізуючого фактора використовують сили тертя в кермовому механізмі.

Сили тертя в кермовому механізмі виконують «на межі оборотності», тобто здатним легко передавати зусилля керування та перетворювати переміщення від кермового колеса до керованих коліс, але не передавати зворотних зусиль від керованих коліс до кермового колеса й перешкоджати повороту коліс під дією на них випадкових сил з боку нерівності шляху.

7.2.2Вагова стабілізація керованих коліс

Для стійкого збереження прямолінійного руху машин використовують «ваговий стабілізуючий ефект» - це стабілізуючої дії ваги машини, що припадає на керований міст.

Для цього шворінь *1* поворотної цапфи *2* керованого колеса (рис. 7.4) має нахил у поперечній площині на кут b (кут поперечного нахилу шворня). Колесо

при виводі з положення прямолінійного руху повертається навколо шворня *1* поворотної цапфи *2* у кулаку *3* балки *4* керованого мосту і повинне було б опускатися в площині *m-m,* перпендикулярній осі шворня, під рівень дорожнього покриття. Цьому перешкоджає опорна площина дороги. Тому поворот колеса супроводжується не опусканням колеса, а підйомом керованого мосту. При цьому з'являється стабілізуючий момент M_{cmb}, що прагне повернути колеса в нейтральне положення, при якому центр ваги машини займає найнижче (стійке) положення. Момент M_{cmb} росте зі збільшенням кутів, α', α'' повороту керованих коліс.

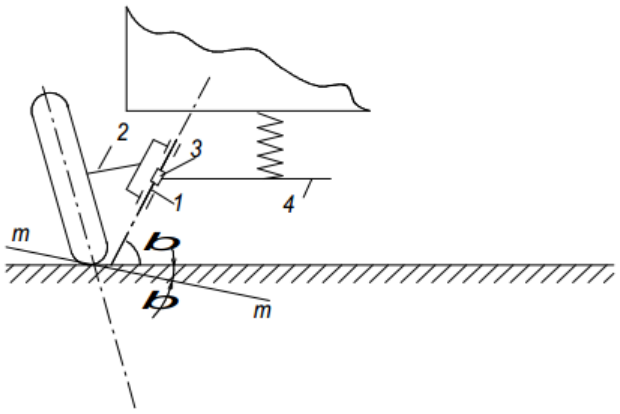


Рис. 7.4 – Схема вагової стабілізації коліс

7.2.3 Бокові реакції опорної поверхні дороги і дій бокових сил.

Для використання в якості стабілізуючого фактору бічних реакцій керованих коліс створюють кут *g* нахилу шворня до вертикалі в поздовжній площині машини, який називають кутом поздовжнього нахилу шворня.

При відхиленні керованого колеса в напрямку стрілки *V* з'являється відцентрова сила P_c, що діє на машину, і бічні опорні реакції коліс *R*. При наявності кута *g* бічна реакція *R* створює щодо осі шворня на плечі *b* стабілізуючий момент $M_{cmog} = R_b$, що прагне повернути колеса в нейтральне положення. Цей момент пропорційний відцентровій силі P_c (рис. 7.5).

7.2.4 Установка керованих коліс

Стабілізація і легкість повороту керованих коліс залежать від кутів установки - розвалу *a* (рис. 7.6) і сходження *δ*. Кут розвалу керованих коліс підвищує легкість керування машиною і зменшує навантаження деталей кермового приводу, тому що завдяки йому скорочується за *a* до *a′* - плече приложення сили $P_{кер}$ і, відповідно, - момент $M_{кер}$ на керованому колесі

дорівнює:

$$M_{кер} = P_{кер}\, a'$$

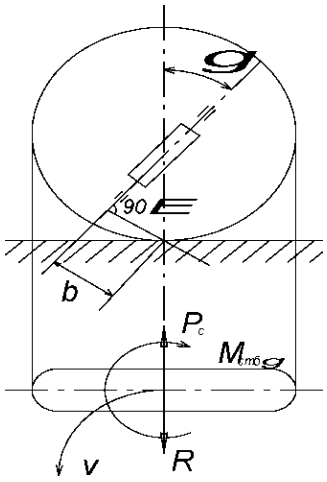


Рис. 7.5 - Бічні реакції опорної поверхні дороги і дій бічних сил

Крім того, за рахунок цього кута з'являється горизонтальна складова *g* вертикальної реакції *Z* дорожнього покриття, яка постійно піджимає ступиці керованих коліс до внутрішніх підшипників. Однак, завдяки розвалу коліс, виникає деяка нерівномірність у розподілі питомих тисків у зоні контакту коліс із дорогою та з'являється циркуляція паразитної потужності між його перетинами, що мають різні радіуси *(r_1, r_2* і т.д.). Дійсно, якщо прийняти, що в середньому перетині плями контакту, якому відповідає радіус *r,* кочення колеса відбувається без ковзання по дорозі, то перетину з меншим радіусом r_1 повинні просковзувати в напрямку руху („юзувати"), а перетину з більшим радіусом r_2 - у протилежну сторону („буксувати").

У результаті в контакті колеса з дорожнім покриттям з'являються сили тертя *F* на плечі *C* момент яких $M_f = F\,C$ прагне повернути колесо навколо шворня. Завдяки наявності люфтів у з'єднаннях тяг і важелів кермової трапеції момент M_f розводить колеса та створює *кут розбіжності* φ(рис. 7.6).

До такого ж ефекту призводять сили опору коченню P_f, що створюють на колесах щодо осей шворнів моменти $M_f = P_f\, a$. Керовані колеса, що працюють із кутом розбіжності φ, мають підвищене проковзування та зношування, створюють додатковий опір руху. Для ліквідації цих явищ керованим колесам задають певний *кут сходження* δ.

Напружений стан у контакті та опір коченню керованих коліс залежать від співвідношення кутів a і δ . Оптимальний кут сходження δ становить у

середньому 15-20 % кута розвалу *а* залежно від типу шин і інших конструкційних факторів. Практично кут сходження трохи збільшують, з огляду на зазори й пружність елементів кермового приводу.

Контрольні запитання:

1. Дати визначення керованості транспортного засобу.
2. Обґрунтувати причини порушення керованості (“схід трамвая”) транспортних засобів, які працюють на рейковому шляху.
3. Обґрунтувати відсутність “гри у колії” при експлуатації нових бандажів коліс рейкових транспортних засобів та головок рейок.
4. Дати характеристику варіантам проходження кривих дільниць у трасі маршруту рейковими транспортними засобами при спрацьованості бандажів колісних пар та рейок.
5. Як повинні співвідношуватися колії на прямих та кривих дільницях рейкового шляху? За якою схемою досягається повне використання зношення в горизонтальній та вертикальній площинах рейкового шляху.
6. Чим забезпечена керованість безрейкових транспортних засобів?
7. За допомогою яких зовнішніх сил порушується керованість безрейковим транспортним засобом?
8. Яким чином сили “тертя” у кермовому механізмі забезпечують керованість транспортного засобу?
9. Обґрунтувати використання “вагового стабілізуючого ефекту” транспортного засобу щодо забезпечення його керованості?
10. Яким чином забезпечують керованість транспортним засобом із застосуванням бокових реакцій опірної поверхні шляху та дій бокових сил?
11. Перелічити фактори, що забезпечують керованість безрейковим транспортним засобом.
12. Завдяки яким силам кути установки розвалу і сходження забезпечують стабілізацію і легкість повороту керованих коліс?
13. Як повинні співвідношуватися кути розвалу та сходження керованих коліс?

8.СТІЙКІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Стійкість - це здатність транспортного засобу протистояти ковзанню коліс при несприятливому стані рейок або дорожнього покриття, а також перекиданню під дією відцентрових сил у кривих і при різкому пуску або гальмуванні.

8.1 Перекидання при русі транспортного засобу

При русі транспортного засобу можливе поздовжнє та поперечне перекидання.

Поздовжнє перекидання під дією тягових і гальмових сил для сучасного рухомого складу небезпеки не представляє.

При бічному (поперечному) перекиданні на транспортний засіб ваги G діє (рис. 8.1): відцентрова сила P_c та сила бічного тиску вітру P_w.

На рисунку наведені такі умовні позначення: G_y G_x - вертикальна та горизонтальна складові ваги транспортного засобу; Pc_x, Pc_y - складової відцентрової сили P_c; K - колія по зовнішніх шинах коліс; h_g, h_w, - висота центру приложення сил G і P_w над рівнем голівок рейки або дорожнього покриття; Z_n, $Z_л$- сили реакції поверхні дороги (рейки).

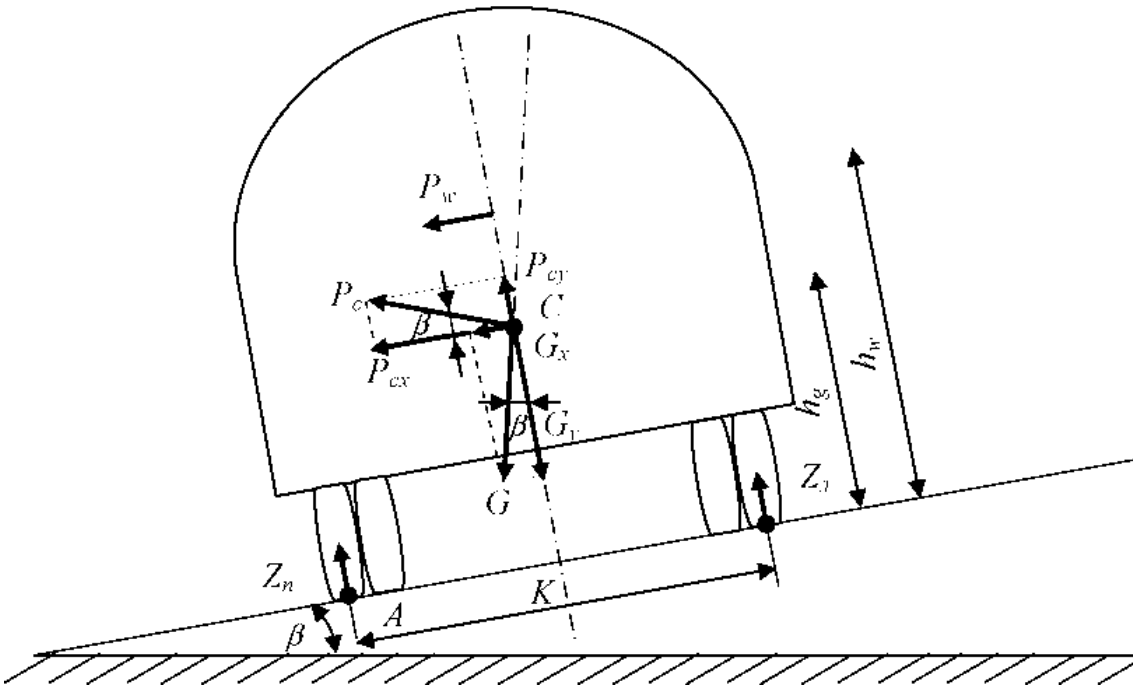


Рис. 8.1 - Схема сил, що діють на транспортний засіб при русі на повороті

$$P_c = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R},$$

де V - швидкість руху транспортного засобу в кривій, м/с; g - прискорення вільного падіння, м/с *; $g = 9.8$ м/с^2* ; R - радіус сили, м.

$$P_w = w \cdot F_{пар}$$

Де w - питомий тиск; $F_{пар}$ - площа парусності, яка дорівнює бічній поверхні кузова, м^2.

У момент початку бокового перекидання щодо точки А реакція поверхні дороги (або рейки) Z ($Z_п$) на праве колесо стає дорівнює нулю і діючі на транспортний засіб сили зв'язані рівняннями:

$$\begin{cases} G_y \dfrac{K}{2} = G_x \cdot h_g + P_{cx} \cdot h_g + P_{cy} \cdot \dfrac{K}{2} + P_w \cdot h_w \\ G_y = G\cos\beta; G_x = G\sin\beta; P_{cx} = P_c \cos\beta \left(GV_{кр}^{\,2} \Big/ gR \right) \cos\beta \ ; V = V_{кр} \\ P_{cx} = P_c \sin\beta = \left(GV_{кр}^{\,2} \Big/ gR \right) \sin\beta; P_w = w \cdot F_{пар} \end{cases}$$

$V_{кр}$ - критична швидкість руху транспортного засобу, при якому починається його перекидання.

Критичну швидкість розраховують рішенням системи рівнянь.

$$V_{кр} = \sqrt{gR \frac{0.5K - h_g \cdot tg\beta - WF_{пар} \cdot h_w \Big/ (G\cos\beta)}{h_g + 0.5 \cdot K \cdot tg\beta}}$$

При русі транспортного засобу на повороті без ухилу *(β=0)* і відсутності бокового вітру (w=0) маємо:

$$V_{кр} = \sqrt{gR \cdot K \Big/ (2h_g)} \qquad (8.2)$$

Відповідно до (8.1)

$$P_c = GV_{кр}^{\,2} \Big/ gR$$

Тому

$$P_c = G \frac{g \cdot R \cdot K}{2h_g \cdot g \cdot R}; \ P_c = G \frac{K}{2h_g}$$

$$\frac{P_c}{G} = \frac{K}{2h_g}$$

Відношення P_c/G визначає бокову силу P_c у долях ваги транспортного

засобу й називається *питомого боковою силою.* Коефіцієнт $\eta_{ст} = K/2h_g$ називають коефіцієнтом поперечної стійкості.

Відношення (8.3) показує, що перекидання транспортного засобу на повороті можливе в тому випадку, коли діюча на нього питома бокова сила стає рівною або перевищує коефіцієнт поперечної стійкості.

$$\frac{P_c}{G} \le \frac{K}{2\,hg}$$

Критична швидкість руху транспортних засобів з перекидання під час руху в кривій радіусом *P=50 м* при h_g*=1м, K=1,7÷2,0 м, g = 9.81м/с* складає:

$$V_{кр} = 3{,}6\sqrt{\frac{g \cdot R \cdot K}{2h_g}} = 3.6\sqrt{\frac{9.81 \cdot 50 \cdot 1.7}{2 \cdot 1}} = 3.6\sqrt{\frac{833.85}{2}} = 3.6\sqrt{416.9} = 79\,км/год$$

Значення критичної швидкості вище практично реалізованих швидкостей руху в кривій.

Так при R=25м $V_{кр} = 3{,}6\sqrt{\frac{9{,}81 \times 25 \times 1{,}7}{2}} = 52\,км/год$

При R=75м $V_{кр} = 90\,км/год$

8.2.Занос та бічне ковзання транспортних засобів

Занос транспортних засобів при русі відбувається на повороті і навіть на прямолінійних ділянках дороги з поганим зчепленням (при ожеледі, рідкому бруді, бруді на асфальті).

На практиці спостерігається частіше занос ведучих осей, тому що вони реалізують силу тяги, і можуть сприймати значно меншу бічну силу і починають ковзати раніше керованих осей, але він менш небезпечний, ніж занос ведучих.

На ведучий міст при русі транспортного засобу на повороті діє вертикальне навантаження G_2 і бічна чинність H_2. Бічне ковзання ведучої осі починається, коли обидві результуючі реакції правого R'_2 і лівого R''_2 ведучих

коліс (рис. 8.2) досягають значення сил зчеплення $F_{зч}$. R=75м $V_{кр} = 90 \, км/год$

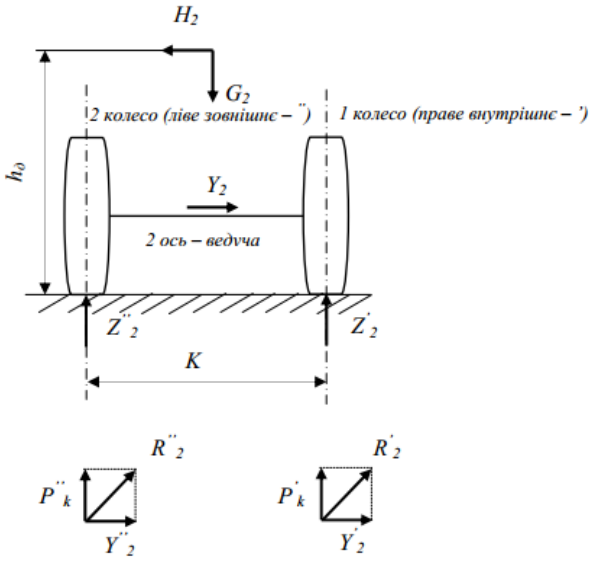


Рис. 8.2 - Схема сил і реакцій, що діють на ведучу ось при бічному ковзанні.

$$F_{зч} = C \cdot Z$$

$$R'_2 = F_{зч} = \varphi \cdot Z'_2$$

$$R''_2 = F_{зч} = \varphi \cdot Z''_2$$

У цьому випадку бічна реакція коліс дорівнює:

$$R'_2 = Y'_2 + P'_k \qquad R''_2 = Y''_2 + P''_k$$

$$Y'_2 = R'_2 - P'_k \qquad Y''_2 = R''_2 - P''_k$$

$$(Y'_2)^2 = (\varphi \cdot Z'_2)^2 - (P'_k)^2 \qquad (8,4)$$

$$(Y''_2)^2 = (\varphi \cdot Z'_2)^2 - (P''_k)^2 \qquad (8,5)$$

де R”$_2$ і R'_2 - результуючі реакції лівого та правого ведучих коліс; Z''_2, Z'_2- сили реакції дороги лівого та правого ведучих коліс; φ - коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою при бічному ковзанні; Y_2 - бічна реакція; Y'_2, Y''_2 - бічні реакції, що діють відповідно на внутрішнє „1” і зовнішнє „2” колеса ведучої осі машини; $P'_к$ і $P''_к$ - сили тяги, які реалізуються внутрішніми та зовнішнім ведучими колесами.

З огляду на те, що тяговою передачею забезпечується рівність сил тяги, які реалізовують ведучі колеса, тобто $P'_к = P''_к$. і, віднімаючи (8.5) від (8.4), одержимо умови виникнення заносу ведучої осі:

$$\left(Y_2^{'}\right)^2 - \left(Y_2^{''}\right)^2 = \varphi^2 \cdot \left[\left(Z_2^{'}\right) - \left(Z_2^{''}\right)\right] \qquad (8.6)$$

При одночасному заносі всіх осей машини умова заносу (бічне ковзання) має вигляд:

$$P_c = GV_{\max}^2 \Big/ \left(gR\right) = \varphi \cdot G \text{ або } V_{\max}^2 \Big/ R = \varphi \cdot g \qquad (8.7).$$

де V_{max} - швидкість руху машини в момент початку заносу

Порівнюючи (8.7) з (8.2) $\frac{P_c}{G} = \varphi \Rightarrow P_c = \varphi \cdot G$ і умову $\frac{P_c}{G} = \frac{K}{2hg}$,можна визначити умови при яких бокове ковзання починається з ранішого перекидання:

$$\varphi < \frac{K}{2h_g} \quad \text{або } \varphi < \eta_{уст}$$

Бокове ковзання ведучої осі при гальмуванні транспортного засобу починається із прослизанням (юза) внутрішнього колеса або одночасного блокування обох коліс. Бічне ковзання осей при пуску починається із прослизання (буксування) внутрішнього або одночасно обох коліс обох частин.

8.3.Розвиток заносу мостів двовісного транспортного засобу

Якщо в момент початку ковзання машина рухається прямолінійно, то вектор швидкості V_A керованого мосту збігається з поздовжньою віссю машини.

При заносі заднього ведучого мосту (рис 8.3), він одержує (крім швидкості $V'_B = V_A$)складову швидкості поперечного ковзання $V''_в$. Машина починає рухатися по кривій із центром в точці О, яка лежить на перетинанні перпендикулярів до векторів швидкості V_A і $V_в$.

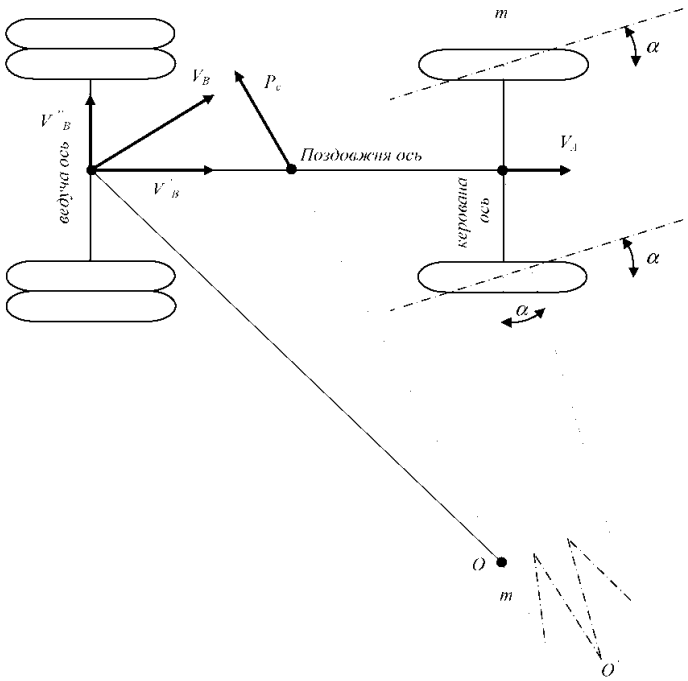


Рис. 8.3 - Схема сил діючих на транспортний засіб при боковому ковзанні ведучого мосту.

Відцентрова сила P_c, яка з'явилась при цьому, сприяє розвитку заносу. Швидкість $V''_в$ у результаті дії сили P_c наростає, і центр повороту переміщається по лінії *m-m* у напрямку до осі машини, радіус повороту зменшується, відцентрова сила *Pc* наростає і розвиток заносу все прискорюється. Щоби усунути занос, що почався, необхідно:

- скинути гальмову силу (припинити гальмування ведучої осі). Якщо занос почався при гальмуванні машини, або силу тяги (припинити розгін), якщо занос почався в період пуску;

- повернути керовані колеса убік заносу ведучого мосту на кут a. При цьому центр повороту машини переміщається в точку O', штучно зростає радіус її повороту при заносі та відповідно зменшується відцентрова сила P_c

$$P_c = Gv/gR$$

при $R \rightarrow max,\ P_c \rightarrow min$

Таким чином, уміле водіння машини зменшує ймовірність виникнення заносу та дозволяє зупинити занос, який почався.

Розглянемо схему сил, що діють на транспортний засіб при боковому ковзанні керуючого мосту (рис. 8.4).

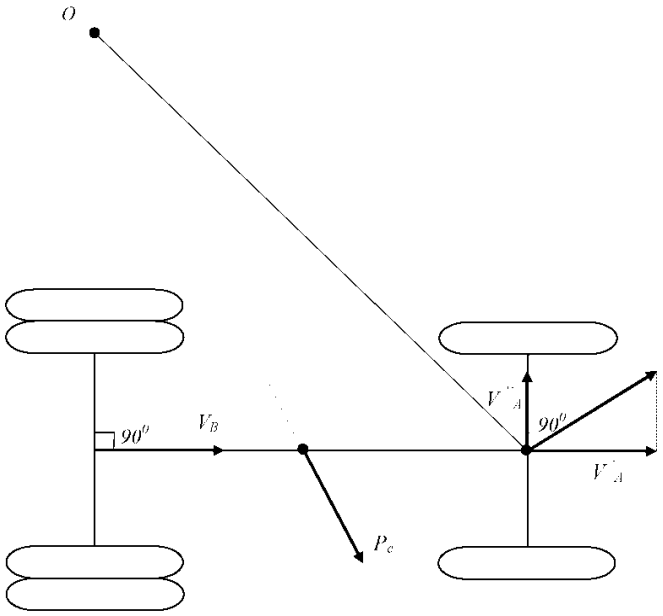


Рис. 8.4 - Схема сил, які діють на транспортний засіб при боковому ковзанні керуючого мосту

Вектор швидкості відомого мосту *Vв* не бере участь у заносі і співпадає з поздовжньою віссю машини. При заносі керованого мосту, цей міст одержує крім швидкості $V'=V_в$, що відповідає швидкості бічного ковзання V''_A.. Машина починає рухатися по кривій із центром повороту в точці *О*, яка лежить на перетинанні перпендикулярів до векторів V_A і $V_в$..

Зі схеми видно, що відцентрова сила *Рс,* яка з'явилась при цьому, протидіє розвитку заносу, і тим більше, чим більша швидкість V''_A ковзання осі.

Таким чином, занос передньої керованої осі самогальмується і тому менш небезпечний, ніж занос ведучої осі.

8.4. Стійкість рейкового транспортного засобу

Для рейкового рухомого складу головним питанням є стійкість проти сповзання коліс на голівки рейок, яке обумовлене значенням бокового тиску

коліс на рейки та кутом Θ, який утворено площиною їхнього торкання з вертикаллю (рис. 8.5).

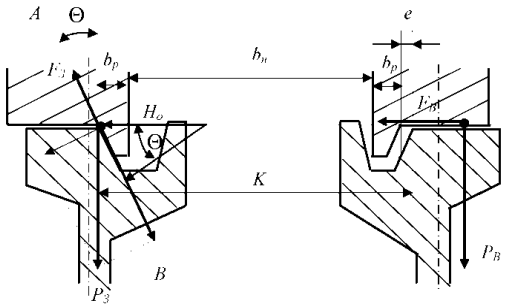


Рис. 8.5 - Схема сил, які діють на рейковий транспортний засіб при його

Здатність рейкового рухомого складу протистояти ковзанню коліс при несприятливому стані рейок підвищують використання піску при гальмуванні (обладнують рухомий склад пісочницями), протибуксовочними і протиюзовим

пристроями та схемами, а також конструктивними заходами підвищення динамічного коефіцієнта використання зчіпної та гальмової ваг.

При русі рухомого складу колісні пари передають на рейки вертикальні дії $P_н$, P_B і бокову дію H_0. Під дією бокового фактора H_0 колесо може зіскочити на головку рейки, що призводить до сходу колісних пар з рейок.

Для попередження сходу проекція сили $P_н$ на площину АВ, дотичну до утворюючої поверхні реборди, повинна бути більше суми проекцій на ту ж площину всіх сил, що перешкоджають сковзуванню реборди колеса в жолоб, включаючи сили тертя. При сковзуванні реборди в жолоб має місце умова:

$$P_H \cdot Cos > F_H + \left(H_0 + F_B\right) \times Sin\Theta$$

або

$$P_H \cdot Cos > \mu\left[\left(H_0 + \mu P_B\right) \cdot Cos\Theta \cdot P_H \cdot Sin\Theta\right] + \left(H_0 + P_{B\mu}\right) \cdot Sin\Theta \quad (8.8)$$

де $P_з$, P_B - вертикальне навантаження на зовнішнє та внутрішнє колесо;

$F_З$, $F_в$ – горизонтальні складових сил тертя зовнішнього та внутрішнього коліс

із рейками; Θ - кут, утворений площиною АВ, що, в свою чергу, утворена торканням реборди колеса та вертикаллю; μ - коефіцієнт тертя ковзання реборди та поверхні кочення колеса головкою рейки.

Після перетворення нерівностей одержимо:

$$\frac{H_0 + \mu P_B}{P_H} < \frac{1 - \mu \cdot tg\Theta}{\mu + tg\Theta} \quad (8.9)$$

З аналізу виразів (8.8), (8.9) можна зробити висновки, що стійкість колісних пар зменшується зі збільшенням кута Θ , бічної сили H_0 і коефіцієнта

тертя μ. Головне значення мають: кут Θ, що збільшується при зношуванні реборди та робочої грані головки рейки, а також бічна сила H_0, яка обумовлена умовами вписування колісних пар. На прямих ділянках шляху поперечні сили H_0 тиску коліс на рейки викликаються вилянням у межах «гри», що допускається робочою колією. Однак ці сили порівняно невеликі. Найбільші поперечні сили H_0 виникають при русі вагонів по кривих ділянок шляху.

Контрольні запитання:

1. Що таке стійкість транспортного засобу? Які сили діють на безрейковий транспортний засіб під час руху на повороті.
2. Яке перекидання транспортного засобу під час його руху найбільше представляє небезпеку?
3. Що впливає на критичну швидкість під час перекидання транспортного засобу в кривій? Чому вона дорівнює відповідно до розрахунків та вимог ПТЕ?
4. Що показує коефіцієнт поперечної стійкості?
5. Які сили діють на ведучу вісь транспортного засобу при боковому сковзанні?
6. За якими умовами починається бічне сковзання ведучої осі транспортного засобу?
7. Як розвивається занос ведучого моста двохвісного транспортного засобу? Характеристика сил, які діють на ведучу вісь під час бокового сковзання.
8. Обґрунтувати: чому занос передньої керованої осі менш небезпечний, ніж занос ведучої осі?
9. Як розвивається занос керуючого моста двохвісного транспортного засобу? Характеристика сил, що діють на керуючу вісь під час бокового сковзання.
10. Які чинники порушають стійкість рейкового транспортного засобу?

9.ПЛАВНІСТЬ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ

Плавність ходу забезпечує можливість реалізації транспортним засобом:

• сукупність зручностей для водія та пасажирів і збереження вантажів.

Ця можливість характеризується показниками:

- частотою власних коливань підвіски;
- середньоквадратичними значеннями швидкості й прискорень.

Досягається плавність відсутністю значних вібраційних і ударних навантажень на водія, пасажирів і перевезений вантаж.

Забезпечується плавність властивостями, що надають шини і відповідні характеристиками підвіски.

Підвіска включає наступні пристрої:

• пружні елементи (листова ресора, пружина, торсион, повітря й гума);

• напрямні пристрої (пристрою, які передають бічні й поздовжні сили, визначають кінематику переміщення коліс);

• гасителі коливань (телескопічний амортизатор, листова ресора);

• стабілізатори поперечної стійкості.

9.1. Характеристики пружних елементів, амортизаторів, шин

Пружний елемент підвіски

Характеризується пружний елемент залежністю нормального навантаження F_z від деформації h_z пружного елемента й називається *характеристикою пружного елемента.* Повний прогин пружного елемента розділяють на статичний прогин h_{cm} і прогин стиску $h_{cm!}$.

Через гістерезисні втрати в матеріалі пружного елемента крива його нагружения не збігається із кривій розвантаження. При цьому в розрахунках плавності ходу приймається середнє значення.

Основними характеристиками пружного елемента є:

h_{cm} - статичний прогин. Це - прогин пружного елемента, якщо автомобіль не рухається .

твердість пружного елемента *(C_p).* Якщо залежність лінійна, C_p=*const*

$$C_p = \frac{dF_z}{dh_z}$$

коефіцієнт динамічності (k_d).

$$k_d = \frac{F_{\max}}{F_{cm}}$$

де F_{max} F_{cm} - максимальне й статичне навантаження на пружний елемент.

9.1.1 Телескопічний амортизатор

Амортизатор характеризується коефіцієнтом опору амортизатора.

Для телескопічного амортизатора сила його опору дорівнює:

$F_a = \mathrm{k}_a - k_a°$,

де k_a - коефіцієнт опору амортизатора; $h_a°$ - швидкість переміщення поршня амортизатора.

Для всіх амортизаторів двосторонньої дії коефіцієнт опору амортизатора при стиску $k_{асж}$ менше коефіцієнта при розтяганні (відбої) $k_{аот}$. Це необхідно, щоб нормальні навантаження від дороги сприймалися, в основному, пружним елементом підвіски. Тому:

$$K_{асж}\ (0.1 \ldots 0.25)\ K_{аот},$$

де $к_{асж}$, $к_{аот}$ - коефіцієнти опору амортизатора відповідно при стиску й розтяганні.

Якщо амортизатор однобічної дії, тоді $к_{асж} = 0$.

9.1.3 Шина

Шина, з погляду плавності, характеризується нормальною твердістю $C_ш$ і коефіцієнтом демпфірування шини $к_ш$. Нормальна твердість шини визначається так:

$$C_ш = \frac{dF_z}{dh_ш}$$

де F_z, $h_ш$ - нормальне навантаження на шину й відповідна до ней деформація шини.

При вертикальних коливаннях через тертя в резино-кордовой оболонці й

гумі протектора виникає сила тертя, що дорівнює:

$$F_ш = k_ш \cdot h°_ш$$

де $к_ш$ - коефіцієнт демпфірування шини, що залежить від конструкції шини, числа шарів корду, матеріалу шини, внутрішнього тиску; $h°_ш$ - швидкість деформації шини.

9.2. Характеристики дорожніх нерівностей

Коливання автомобіля викликаються взаємодією коліс із дорогою. Якщо частота збурювань від дороги буде наближатися до частоти власних коливань підвіски, тоді коливання будуть підсилюватися, у противному випадку - зменшуватися. При цьому частота збурювань буде залежати від кроку нерівностей і швидкості руху.

Залежно від кроку нерівностей профіль дороги розділяють на три види:

- макропрофіль - крок нерівностей більше 100 м. Дороги з таким профілем на процес коливань впливу не роблять, а тому при дослідженні коливань такий профіль дороги не враховують;
- мікропрофіль - крок нерівностей лежить у межах від 100 м до 0,1 м. Цей профіль безпосередньо впливає на процес коливань;
- шорсткості - крок нерівностей менше 0,1 м. Цей профіль на коливання не впливає, однак при русі автомобіля по такій дорозі підвищується витрата палива, зношування протекторів шин.

У загальному випадку профіль нерівностей записується у вигляді косинусоідальних виступів (рис. 9.2):

$$g = g_0 \cdot \left(1 - Cos\gamma \cdot t\right)$$

де g_0 - амплітуда висоти нерівностей; γ - частота збурювань, що залежить від кроку нерівностей l і швидкості руху автомобіля V.

Частота збурювань визначається по формулі:

$$\gamma = \frac{2\pi V}{l}$$

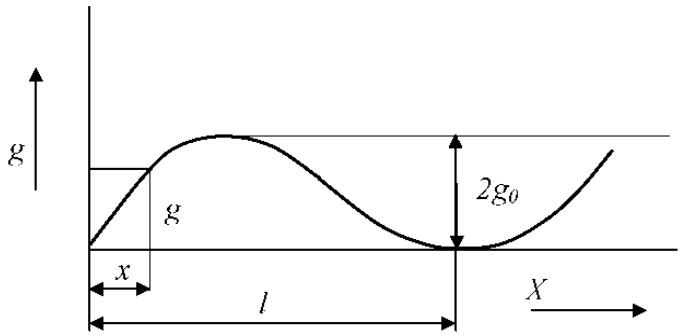


Рис. 9.2 – Профіль косинусоідальної нерівності

Якщо врахувати, що $x = V \cdot t$, тоді рівняння (9.1) прийме вид:

$$g = g_0 \cdot \left(1 - Cos \frac{2\pi x}{l}\right)$$

У реальних умовах нерівності дороги мають безладний характер. Зміна ординат дороги - це випадковий процес. Випадковість у тім, що, знаючи характер нерівностей на одному рівні, не можна пророчити їхній характер на наступному етапі.

Функцію $g = f(x)$ можна розглядати як нестаціонарну випадкову функцію. Нестаціонарність викликане змінністю основних статистичних параметрів. Однак вимір мікропрофілю на великій ділянці шляху показує, що статистичні характеристики певної дороги стабільні. Проведені виміри висот нерівностей показали, що ординати мікропрофілю підкоряються найчастіше нормальному закону розподілу.

9.3.Критерії оцінки плавності ходу

Критерії плавності характеризують вплив коливань на водія, пасажирів і вантаж. Якщо на вантаж немає спеціальних обмежень, то критерії оцінки плавності руху повинні визначатися чутливістю людини до коливань.

Аналіз проведених досліджень впливу коливань на людину показав, що коливання сприймаються вестибулярним апаратом, очами, суглобами, м'язами, шкірою, внутрішніми органами. Людський організм залежно від частоти коливань сприймає їх по-різному. У зоні низьких частот сприйняття коливань пропорційно прискоренням, у зоні середніх - швидкостям, у зоні високих -

переміщенням.

Установлено, що людський організм чутливий до вертикальних коливань у діапазоні частот 4...8 Гц і горизонтальним - у діапазоні частот 1...2 Гц.

Для обліку впливу частоти коливань на організм людини частотний состав коливань розділяють на октави, і вводяться коефіцієнти вагомості для кожної октави. *Октава* - смуга частот, у якій кінцева частота у два рази більше початкової.

Кожна октава може бути поділена ще й на три смуги. Так, перша октава має три смуги зі середньо геометричним значеннями частот 0,8 Гц, 1 Гц і 1,25 Гц (див. табл. 9.1).

№ октави	Середньо- геометрична частота, Гц	Початкова частота, Гц	Кінцева частота, Гц	Ваговий коефіцієнт	
				Вертикальні	Горизонтальні
I	1	0,7	1,4	0,5	1
I	2	1,4	2,8	0,71	1
I	4	2,8	5,6	1	0,5
I	8	5,6	11,2	1	0,25
V	16	11,2	22,4	0,5	0,125

Припустимий рівень вібрації, що впливає на водія й пасажирів, визначається ГОСТ 12.1.012-78 і стандартом ISO 2631 «Вибрация, передаваемая человеческому телу».

9.4.Оціночні показники плавності ходу

Водій і пасажири оцінюють плавність ходу суб'єктивно через відчуття. Стомлюваність водія й пасажирів пов'язана з повторюваністю коливань і їхніх прискорень. Плавність ходу автомобіля найчастіше оцінюють наступними параметрами:

- частотою власних коливань кузова;

- середньоквадратичними значеннями швидкостей і прискорень кузова й пола платформи.

Найбільш простим оціночним показником може служити *частота власних коливань кузова.* Установлено, що буде *гарна плавність,* якщо частота коливань

кузова буде збігатися із середньою частотою кроків людини при його ходьбі. Це відповідає 60...90 кроків у хв., або 1...1.5 Гц. Тому для легкових автомобілів рекомендується частота, що, коливань підвіски 0,8...1,2 Гц, а для вантажних - 1,5... 1,8 Гц.

Відповідно до ГОСТу 12.1.012-78 «Вібрація. Загальні вимоги безпеки» нормованими параметрами є - *середньоквадратичні значення швидкостей* і *прискорень* в октанових смугах частот. Незважаючи на те, що спектр частот коливань, що мають місце під час руху автомобіля, перевищує 500 Гц, у теорії автомобіля коливання розглядаються в смузі частот 1...80 Гц. Рівень вибронагруженности за значенням середньоквадратичної швидкості може оцінюватися як абсолютним значенням середньоквадратичній швидкості, так і логарифмічним показником швидкості в децибелах дБ. За значенням середньоквадратичної швидкості коливань відповідно до нижчеподаної залежності визначається логарифмічний показник швидкості в децибелах:

$$L = 20\lg\left(\frac{\delta_v}{5\cdot 10^{-8}}\right)$$

де δ_v - середньоквадратичне значення виброшвидкості в октановій смузі частот; $5\text{-}10^{-8}$ - виброшвидкість з якої виконується порівняння

Наприклад:

$$1)\ \delta_v = 0.2 м/с, L = 20\lg\left(\frac{0.2}{5\cdot 10^{-8}}\right) = 20\lg 4\cdot 10^6 = 20\cdot 6{,}6 = 132 дБ$$

$$2)\ \delta_v = 0.025 м/с, L = 20\lg\left(\frac{0.025}{5\cdot 10^{-8}}\right) = 20\lg 5\cdot 10^6 = 20\cdot 5{,}7 = 114 дБ$$

Стандарт ISO 2631 установлює припустимі значення виброшвидкостей у смугах частот, що діють на людину 8 годин. Якщо перевищення припустимої виброшвидкості в 1,4 рази, то час впливу частоти на організм людини зменшується до 2 годин; якщо перевищення в 2 рази, то час зменшується до 1

години; якщо перевищення в 4 рази, то час зменшується до 15 хв.

Контрольні запитання:

1. Що забезпечує плавність руху?

2. З яких пристроїв складається підвіска автомобіля?

3. Чим характеризується пружних елемент підвіски?

4. Чим характеризується телескопічний амортизатор?

5. На яки види розділяють профіль дороги?

6. Дайте визначення октаві?

7. Яке призначення вагових коефіцієнтів?

8. До яких частот вертикальних та горизонтальних коливань найбільш чутливий організм чоловіка?

Що характеризує децибел?

10 ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ

10.1. Визначення паливної економічності автомобіля

Властивість автомобіля, що забезпечує економію палива, називається паливною економічністю автомобіля.

Джерелом витрати палива на автомобілі є двигун внутрішнього згоряння (дизель, карбюраторне або інжекторний), а тому як паливо застосовується дизельне паливо, бензини, рідше - газ зріджений або стислий.

Паливна економічність двигуна характеризується питомою витратою палива g_e у г/кВт-ч, що визначається на експериментальній установці, обладнаної витратоміром, датчиками числа обертів двигуна й крутного моменту.

Питома витрата палива залежить від типу двигуна, кутової швидкості колінчатого вала й ступеня завантаженості. У загальному випадку він визначається по формулі:

$$g_e = g_N' k_\omega \cdot \mathrm{k_u}$$

де $д_e$- питома витрата палива при обертах n_e в г/кВт-ч; g - питома витрата палива при максимальній потужності в г/кВт-ч, k_o - коефіцієнт, що враховує

частоту обертання колінчатого вала; $к_и$ - коефіцієнт, що враховує ступінь використання потужності двигуна.

k_ω рекомендується визначити для всіх типів двигунів по емпіричній формулі:

$$k_w = 1.26 - 0.85 \cdot \frac{n_e}{n_N} + 0.59 \cdot \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 \qquad (10.1)$$

q звичайно на 5...10% більше мінімальної витрати. Приймається: для дизеля q= 210... 240 г/кВт-ч, для карбюраторного g = 310. ..340 г/кВт-ч;

$к_и$ визначається за формулам:

карбюраторного двигуна $к_и = 2{,}74 \bullet 4{,}65 \bullet U + 2{,}91\ U^2$, (10.2)

для дизеля $k_и = 1{,}65 \bullet 2{,}3 \bullet U + 1{,}65 \bullet U^2$

$$U = \frac{N_\psi + N_в}{N_e \cdot \eta_{тр}}$$

де N_ψ, $N_в$ - потужність відповідно опору руху й повітря;

N_e - потужність двигуна при обертах n_e й роботі в режимі зовнішньої швидкісної характеристики; $\eta_{тр}$ - КПД трансмісії; U - ступінь використання потужності.

Що ж стосується паливної економічності автомобіля, то її оцінюють по шляховій витраті палива в літрах на 100 км шляху, який проходить автомобіль при випробуванні або експлуатації в певних дорожніх умовах, згідно ДСТУ 20306-90 „Автотранспортні засоби. Паливна економічність. Методи випробувань".

Шляховий розхід палива при постійному режимі руху в л/100 км визначають за формулою:

$$Q_S = \frac{1000}{3.6} \cdot \frac{g_N \cdot k_w \cdot k_u \cdot \left(N_\psi + N_в \right)}{\rho \cdot V \cdot \eta_T}$$

де V- швидкість руху, м/с; p - щільність палива (бензин – p = 730 $кг/м^3$, дизельне паливо – p = 860 $кг/м^3$); $к_к$,$к_и$ - коефіцієнти, які визначають за

залежностями (10.1), (10.2).

Формулу (10.3) називають рівнянням розходу палива при постійному русі.

10.2. Вплив конструктивних факторів, технічного стану та водіння на паливну економічність

Шляхи зменшення витрати палива за рахунок конструктивних факторів

1. *Заміна карбюраторного двигуна на дизель* зменшує витрату палива вантажних автомобілів на 40% і легкових - на 30%. Таке зменшення обумовлене меншою питомою витратою палива дизельним двигуном (210...240 г/кВт-ч) у порівнянні з карбюраторним (310...340 г/кВт-ч), а також меншою витратою при зменшенні ступеня використання потужності. Так, при зменшенні потужності дизеля з 100% до 10% питома витрата палива збільшується на 30%, а в карбюраторного при цих же умовах - на 300%.

2. *Установка інжекторного упорскування палива* замість карбюратора підвищує ефективність двигуна за рахунок більше повного використання енергії спаленного палива. Останнє досягається подачею палива в дуже обмежений час, коли випускні клапана закриті, а состав горючої суміші регулюється залежно від обертів двигуна, положення заслінки.

3. *Застосування переднього привода* на легкових автомобілях з поперечним розташуванням двигуна дозволяє підвищити КПД трансмісії за рахунок впровадження замість гипоідної передачі, що володіє відносно невисоким КПД, циліндричної.

4. *Застосування систем відключення вентилятора* (гідромуфта, електродвигун привода) дозволяє використати енергію на привод вентилятора тільки при підвищенні температури двигуна вище припустимої. Якщо температура двигуна нижче номінальної, тоді система за рахунок відключення вентилятора забезпечує економію палива.

5. *Підвищення аеродинамічних властивостей* автомобілів, насамперед, за рахунок удосконалення аеродинамічних властивостей кузовів, продувом їх в аеродинамічній трубі. У підсумку зменшується потужність опору повітря, що особливо істотно при підвищенні швидкості руху, а виходить, зменшується й

витрата палива.

6. *Застосування безкамерних шин з металокордом* приводить до зменшення гістерезисних втрат у шині, що позначається на зменшенні коефіцієнта опору коченню/.

7. *Збільшення передаточних чисел трансмісії* застосуванням 5-тиступенчатьіх передач на легкових автомобілях. Це дозволило завантажити двигун більшим навантаженням, а виходить, зменшити питома витрата палива двигуном.

8. *Застосування електронної системи запалювання,* мікропроцесорів регулювання состава суміші й запалювання приводить до більше повного використання енергії спаленного палива.

9. *Підвищення корисного навантаження* й зниження власної маси за рахунок застосування пластмас і високоміцних сталей.

8.1.1 Вплив технічного стану автомобіля на паливну економічність.

1. *Технічний стан КШМ двигуна.* Перевіряється технічний стан по компресії двигуна компресометром. Зношування поршневої групи, недостатня герметичність клапанного механізму приводять до зменшення компресії двигуна, прориву газів через поршневі кільця й клапана, викликаючи природно підвищену витрату палива.

2. *Регулювання карбюратора* (рівень палива, регулювання холостого ходу). Підвищення рівня палива в карбюраторному двигуні приводить до багатої суміші, а зниження - до бідного. Як результат такого регулювання в тім

і іншому випадку - підвищена витрата палива. Неправильно відрегульований холостий хід викликає роботу двигуна на багатій суміші й підвищені оберти.

3. *Кут випередження запалювання, стан контактів переривника, кут випередження упорскування палива.* Неправильно відрегульований кут випередження запалювання як раніше, так і пізніше викликає порушення моментів початку згоряння робочої суміші, що в підсумку позначається на паливній економічності автомобіля. Аналогічно цьому впливу робить порушення кута випередження упорскування палива в дизельному двигуні.

4. *Тиск повітря в шинах, балансування коліс, сходження керованих коліс.* Зниження тиску повітря в шинах збільшує тертя в шині, підвищує природно коефіцієнт опору коченню. Неправильно відрегульоване сходження керованих коліс приводить під час руху до їхнього кочення з відведенням. Це викликає як підвищене зношування шин керованих коліс, так і витрата палива. Порушення балансування коліс викликає коливання, а виходить, і кочення коліс зі змінними кутами відведень, рівними їхнім кутам коливань. У підсумку це приводить до підвищеної витрати палива.

5. *Технічний стан трансмісії.* Регулювання зачеплення в конічній передачі, маточинах коліс, відсутність шумів і вібрацій під час руху, застосування змащень, відповідно до вимог заводу-виготовлювача, вільний хід педалі зчеплення - все це й визначає технічний стан трансмісії.

Малий вільний хід педалі зчеплення може привести до пробуксовки зчеплення, а великий викличе утруднення при включенні передач. І те, і інше негативно позначиться, насамперед, на легкості керування автомобілем водієм при перемиканні передач, приведе до витрат додаткової енергії на пробуксовку зчеплення.

Малий зазор у конічної передачі приведе до підвищеного тертя між зубами шестірнею конічної передачі через їхнє нагрівання при роботі. При великому зазорі виникнуть додаткові удари в трансмісії, що також позначиться негативно на роботі трансмісії й приведе в кінцевому результаті до підвищеної витрати палива.

Застосування змащень, що не відповідають вимогам заводу-виготовлювача, викличе підвищені тертя між тертьовими поверхнями, а також гідравлічні втрати. Як малий, так і великий рівень змащення в агрегатах трансмісії викличе підвищення температури в агрегатах. Низький рівень змащення не забезпечить достатнє змащення тертьових поверхонь, викличе природно їхнє нагрівання, а підвищений рівень змащення приведе до більших гідравлічних втрат і як результат - до підвищення температури змащення.

6. *Застосування палив з октановим числом відповідно до вимог заводу-виготовлювача.* Недотримання вимог заводу-виготовлювача щодо

застосовуваних палив може привести до зменшення потужності двигуна, порушенню роботи його систем. Так, застосування палив з більше високим октановим числом приведе до прогоряння випускних клапанів, *а з* більше низьким числом - до закоксовуваннню поршневих кілець, порушенню компресії, підвищеному витраті палива.

8.1.2 Вплив водіння на паливну економічність

Немаловажний вплив на паливну економічність автомобіля робить уміння водія, стиль його водіння. Для забезпечення паливної економічності при водінні необхідно дотримувати наступних правил:

1. Під час руху користуватися вищими передачами в коробці передач, чим забезпечується більше завантаження двигуна, а виходить, двигун буде працювати в режимі меншої питомої витрати палива.

2. Швидкість руху автомобіля на дорозі з асфальтобетонним покриттям повинна бути не більше 0,75 $V_{\max}$, оскільки в цьому випадку різко збільшується опір повітря, пропорційне швидкості руху в третьому ступені.

3. Рух автомобіля здійснювати без різких разгонів і гальмувань. При різкому натисканні на педаль акселератора спрацьовує прискорювальний насос,

і горюча суміш стає дуже багатою. Оскільки багата суміш повністю не згоряє, це приведе до підвищеної витрати палива.

4. Рух автомобілів здійснювати при обертах двигуна $n_e < (0,6...0,7)\ n_{emax}$. При таких обертах двигуна питома витрата палива мінімальна, тому що при них найбільше повно згоряє паливо.

Контрольні запитання:

1. Що забезпечує паливна економічність автомобіля? Яким показником її оцінюють?

2. Чим характеризують паливна економічність автомобіля? Як цей показники визначають?

3. Записати рівняння шляхового розходу палива.

4. Обґрунтувати, чому розхід палива в дизельному двигуні менш ніж у карбюраторному?

5. Перелікувати конструктивні фактори, що впливають на паливну економічність?

6. Проаналізувати вплив конструктивних факторів на паливну економічність автомобіля та назвати шляхи зменшення розходів палива?

7. Проаналізувати вплив технічного стану на паливну економічність автомобіля та назвати шляхи зменшення розходів палива?

8. Проаналізувати вплив класності водіння на паливну економічність автомобіля та назвати шляхи зменшення розходів палива?

9. Які фактори технічного стану автомобіля суттєво впливають на паливну економічність?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грузовые автомобильные перевозки / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. - М. : Горячая линия - Телеком, 2006. - 560 с.

2. Горев А. З. Грузовые автомобильные перевозки / А. З. Горев. - М. : Издательский центр «Академия», 2006. - 288 с.

3. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. - М. : Высшая школа, 1980. - 535 с.

4. Солтус А. П. Теория експлуатационных свойств автомобиля / А. П. Солтус. - К. : Аристей, 2005. - 188 с.

5. Чеботаев А. А. Специализированные транспортные средства. Выбор и еффективность применения / А. А. Чеботаев. - М. : Транспорт, 1998. - 159 с.

Навчальне видання

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Методичні рекомендації

Укладачі: Марченко Дмитро Дмитрович
Артюх Віталій Олександрович

Формат 60х84 1/16. Ум. друк. арк. 5,7.
Тираж 100 прим. Зам. № ___

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької Комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.