

**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# **АВТОМОБІЛІ**

*Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів  
спеціальності “Автомобільний транспорт”*

Частина 1

*Затверджено на засіданні кафедри  
зносостійкості та надійності машин.  
Протокол № 9 від 12.06.2018*

Хмельницький 2018

Автомобілі : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності “Автомобільний транспорт” частина 1. / О.П. Бабак, О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.М. Маковкін. – Хмельницький : ХНУ, 2018. – 29 с.

Укладачі: Бабак О. П., канд. техн. наук, доц.;  
Диха О.В., д-р техн. наук, проф.;  
Посонський С.Ф., канд. техн. наук, доц.;  
Маковкін О. М., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Диха О.В., д-р техн. наук, проф.

## Вступ

Лабораторні роботи з навчальної дисципліни “Автомобілі” для студентів спеціальності “Автомобільний транспорт” проводяться відповідно до робочої програми і передбачають підготовку на рівні вмінь і практичних навичок, глибокого і комплексного вивчення основ дослідження основних параметрів конструкції автомобілів, вимог до основних вузлів автомобілів. Робочою програмою навчальних занять передбачено виконання чотирьох лабораторних робіт, які проводяться з урахуванням наявної матеріальної бази кафедри та обладнання станцій технічного обслуговування (СТО) міста Хмельницького. Під час проведення лабораторних занять здійснюється демонстрація конкретних механізмів та приладів для дослідження параметрів і характеристик елементів та систем автомобіля, вивчається їх конструкція, обладнання та методи досліджень.

Звіти за результатами проведення лабораторних робіт складаються студентами в учнівських зошитах і підписуються викладачем під час їх захисту.

Критерії оцінювання знань

Оцінку **«відмінно»**, отримує студент за глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому він легко орієнтується, понятійного апарату, за вміння зв'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення.

Оцінку **«добре»** отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування в вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо.

Оцінки **«задовільно»** заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінка **«незадовільно»** виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань.

## Лабораторна робота 1

### Визначення координат центра мас автомобіля

**Мета:** освоїти методику експериментального визначення координат центра мас і встановити вплив на них вагового стану автомобіля. Одержати експериментальні дані та зробити розрахунки координат центра мас моделі автомобіля і вказати їх на схемі автомобіля; проаналізувати вплив вагового стану автомобіля на значення параметрів координат центра мас.

**Обладнання, інструмент, матеріали:** Установа для визначення координат центра мас моделі автомобіля, вантажі, масштабна лінійка, модель автомобіля, мікрокалькулятор.

### Теоретичні відомості

Координати центра мас залежать від компоувальної схеми автомобіля, його призначення, об'ємної ваги вантажу і його розміщення і, отже, можуть суттєво змінюватися при експлуатації. Як правило умовно вважають, що центр мас розміщений на повздовжній осі автомобіля і визначається повздовжніми координатами  $a$  і  $b$  (віддалі від проекції центра мас на опорну площину відповідно до передньої і задньої осей) і висотою над опорною поверхнею

Координати центра мас автомобіля можуть бути визначені розрахунковим методом по заданих масах і координатах центрів мас його окремих частин або експериментально зважуванням автомобіля в горизонтальному і нахиленому положеннях.

У практиці частіше вдаються до експериментального визначення центра мас автомобіля.

При визначені координат  $a$  і  $b$  автомобіль знаходиться в горизонтальному положенні. Послідовним зважуванням визначають повну вагу автомобіля  $G$  і вагу, яка припадає на колеса передньої вісі  $G_1$ , і задньої -  $G_2$ . Заміряють базу автомобіля -  $L$ .

Складаючи рівняння рівноваги відносно осей задніх і передніх коліс, відповідно одержують:

$$a = \frac{G_2}{G} \cdot L; \quad b = \frac{G_1}{G} \cdot L; \quad (1.1)$$

Для визначення висоти центра мас автомобіль установлюють на ваги в нахиленому положенні (рис. 1,б) і зважуванням визначають навантаження  $G'_2$ , яке приходить в цьому випадку на колеса задньої вісі.

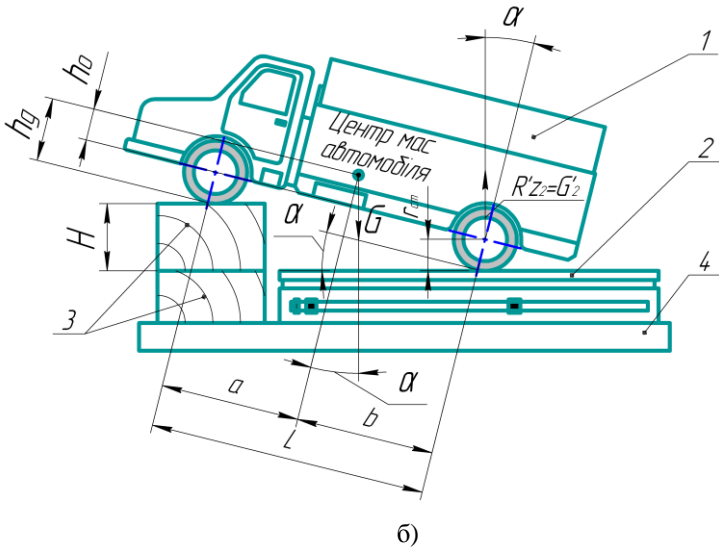
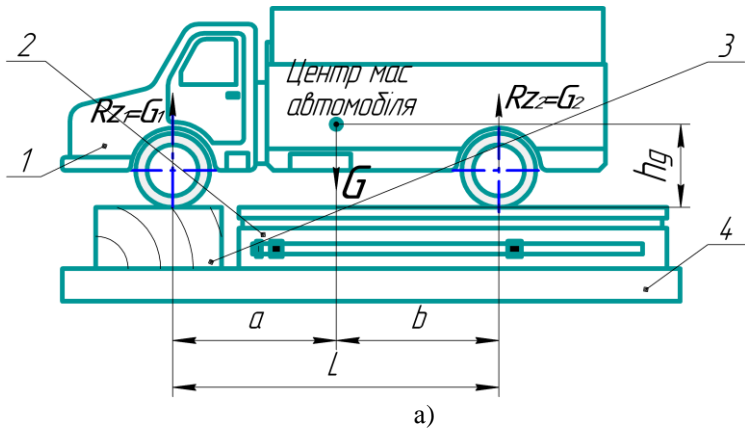


Рис. 1.1 – Схема визначення координат центра мас моделі автомобіля:  
 а - при визначенні  $G_1$ , для розрахунків координати  $b$ ; б - при визначенні  $G_2$ ,  
 для розрахунків координати  $h_g$ ;

1 - модель автомобіля; 2 - ваги; 3 - підставка; 4 - опорна плита.

З умови рівноваги відносно вісі передніх коліс виходить, що

$$G_2 L \cos \alpha - G h_g \sin \alpha - G_a \cos \alpha = 0, \quad (1.2)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу автомобіля до горизонтальної площини,

$$\alpha = \arcsin \frac{H}{L}, \quad (1.3)$$

де  $H$  - висота підставки;  $h_o$  - висота центра мас над площиною, яка проходить через центри осей коліс.

Враховуючи вираз (1.1), після перетворень знаходимо:

$$h_0 = \frac{L}{G} \left( \frac{G_2' - G_2}{\operatorname{tg} \alpha} \right). \quad (1.4)$$

Отож, висота центра мас над опорною поверхнею становитиме:

$$h_g = h_0 + r_{st},$$

де  $r_{st}$  - статичний радіус колеса.

### Порядок проведення роботи

Експериментальне визначення координат центра мас на моделі автомобіля (навантаженого і порожнього) рекомендується виконувати в такій послідовності.

1. Встановити модель автомобіля на ваги.
2. Зважити модель.
3. Встановити переднє колесо моделі автомобіля на ваги, а заднє на підставку і визначити нормальне навантаження, яке приходить на передню вісь (рис. 1.1, а).
4. Встановити заднє колесо моделі автомобіля на ваги, а переднє на підставку і визначити нормальне навантаження, яке приходить на задню вісь.
5. Встановити одну підставку на другу, а на них переднє колесо моделі автомобіля (рис. 1.1, б) і визначити нормальне навантаження, яке приходить на задню вісь нахиленої моделі автомобіля.
6. Заміряти лінійкою базу моделі автомобіля, статичний радіус колеса і висоту підставки.
7. Результати вимірювань занести в табл. 1.1.
8. Завантажити вантаж у кузов моделі автомобіля.
9. Повторити операції в відповідності з п. 2 - 5,7 для навантаженого автомобіля.
10. На основі результатів вимірювань параметрів (табл. 1.1) по формулах розрахувати величини  $a$ ,  $b$ ,  $h_0$ ,  $h_g$  і їх значення занести в табл.

1.2. Проаналізувати вплив вагового стану автомобіля на розрахункові значення параметрів.

**Таблиця 1.1 – Результати вимірювання параметрів**

Вимірюваний параметр	Одиниця виміру	Ваговий стан моделі автомобіля	
		порожнього	навантаженого
Вага моделі автомобіля, $G$	$H$		
Нормальне навантаження, яке приходить на передню вісь, $G_1$	$H$		
Нормальне навантаження, яке приходить на задню вісь, $G_2$	$H$		
Нормальне навантаження, яке приходить на задню вісь при похилому положенні моделі автомобіля, $G_2'$	$H$		
База моделі автомобіля, $L$	$m$		
Статичний радіус колеса, $r_{st}$	$m$		
Висота підставки, $H$	$m$		

**Таблиця 1.2 – Результати розрахунків**

Розрахований параметр	Одиниця виміру	Ваговий стан моделі автомобіля	
		порожнього	навантаженого
Віддаль від проекції центра мас на опорну площину до передньої вісі, $a$	$m$		
Віддаль від проекції центра мас на опорну площину до задньої вісі, $b$	$m$		
Висота центра мас автомобіля над площиною, яка проходить через центри осей коліс, $h_0$	$m$		
Висота центра мас автомобіля над опорною поверхнею при горизонтальному його положенні, $h_g$	$m$		

## Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Прилади, інструменти і матеріали, використані при проведенні роботи
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Результати вимірювань та розрахунків (табл. 1.1, 1.2).
5. Висновки з роботи.

## Контрольні питання

1. Що розуміють під терміном «координати центра мас автомобіля»?
2. Від яких параметрів залежать координати центра мас автомобіля?
3. Які існують методи визначення координат центра мас автомобіля і в чому вони полягають?
4. Як впливає на координати центра мас кут нахилу автомобіля до горизонтальної площини?
5. Як впливає на координати центра мас розподіл навантаження на вісі автомобіля?

*Література:* [1, 2]



## Лабораторна робота №2

### Визначення коефіцієнта опору кочення і коефіцієнта зчеплення покришки з поверхнею дороги

**Мета:** освоїти методику експериментального визначення і зробити розрахунки коефіцієнта опору кочення та коефіцієнта зчеплення покришки з сухим і вологим покриттям опорної поверхні; проаналізувати як змінюється коефіцієнт опору коченню при зміні навантаження і стану покриття дороги.

**Обладнання, інструмент, матеріали:** установка для визначення коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта зчеплення покришки з опорною поверхнею, модель автомобіля, вантажі, мікрокалькулятор.

### Теоретичні відомості

#### Коефіцієнт опору коченню.

Вага автомобіля, яка припадає на колесо, деформує покришку і опорну поверхню. При цьому чим м'якша дорога, тим більша її деформація і менша деформація покришки, і навпаки. В результаті при їх деформації на внутрішнє тертя в покришці і дорозі, і тертя між ними витрачається енергія.

При коченні колеса під дією штовхаючої сили  $P$  (рис. 2.1) внутрішнє тертя в покришці і дорозі, і тертя між ними, перешкоджає зростанню деформації в передній зоні поверхні контакту покришки із дорогою і зменшенню її в задній зоні.

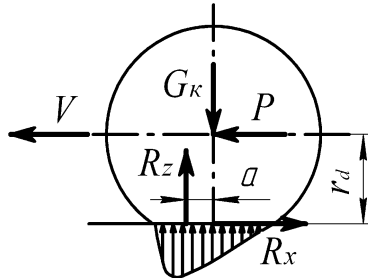


Рис. 2.1 – Розподіл сил, що діють на колесо автомобіля

В результаті епюра нормальних тисків, симетрична в випадку нерухомого колеса, а при коченні змінюється, збільшуючись спереду і зменшуючись ззаду.

Рівнодіюча цих реакцій  $R_z$ , перпендикулярна до напрямку руху і рівна силі тиску колеса  $G_k$ , на опорну поверхню, при коченні колеса зміщується в сторону руху на віддаль  $a$ .

Реакція  $R_Z$  створює відносно центра колеса момент опору коченню:

$$M_f = R_Z \cdot a . \quad (2.1)$$

В випадку рівномірного руху цей момент врівноважується моментом, який створюється штовхаючою силою  $P$  на плече, яке рівне динамічному радіусу колеса  $r_d$ .

$$R_Z \cdot a = P \cdot r_d . \quad (2.2)$$

Звідки:

$$P = R_Z \frac{a}{r_d} . \quad (2.3)$$

Внаслідок тертя між покриттям і дорогою в елементах поверхні їх контакту виникають дотичні реакції, які діють в сторону, протилежну напрямку штовхаючої сили  $P$ . На твердій дорозі ці реакції паралельні напрямку руху і становлять рівнодіючу  $R_x$ , яка при рівномірному русі дорівнює силі опору коченню  $P_{fk}$ .

Величина  $\frac{a}{r_d} = f$  називається коефіцієнтом опору кочення колеса.

Беручи до уваги, що  $R_Z = G_k$ , вираз (2.3) можливо записати у вигляді:

$$P_{fk} = G_k \cdot f . \quad (2.4)$$

Звідки:

$$f = \frac{P_{fk}}{G_k} , \quad (2.5)$$

де  $P_{fk}$  – сила опору кочення колеса;  $G_k$  – нормальне навантаження на колесо, або для автомобіля:

$$f = \frac{P_f}{G} , \quad (2.6)$$

Де  $P_f$  – сила опору коченню всіх коліс автомобіля;  $G$  – вага автомобіля.

Коефіцієнт опору коченню  $f$ , в основному залежить від матеріалу і конструкції покриттів, тиску повітря в них, твердості і стану дороги, жорсткості підвіски і режиму руху автомобіля. Застосування матеріалів з

малим внутрішнім тертям, зменшення жорсткості кордної тканини і числа її шарів, полегшення протектора і інші конструктивні міри значно знижують гістерезисні втрати в покриттях.

Для кожного типу покриттів в залежності від твердості і стану ґрунту (сніг та інше) існує оптимальний тиск повітря, при якому загальний опір коченню мінімальний.

При русі по нерівному шляху коефіцієнт  $f$  зростає внаслідок жорсткості підвіски і амортизаторів. Він також зростає при збільшенні висоти ґрунтозацепів покриття. Слід відмітити, що на нерівних і м'яких поверхнях коефіцієнт  $f$  знижується із збільшенням діаметра колеса.

Із факторів, які характеризують режим руху покриттів, найбільш впливає на коефіцієнт  $f$  швидкість руху та діючі на колеса вертикальні навантаження і бокова сила. Вплив швидкості на опір коченню по м'яким поверхням залежить від їх фізико-механічних властивостей.

Із збільшенням навантаження на колесо коефіцієнт  $f$  зростає, так як збільшуються деформації покриття і дороги.

В випадку дії бокової сили, яка виникає при повороті, поперечному нахилі дороги або боковому вітрі, коефіцієнт  $f$  значно збільшується внаслідок додаткових бокових деформацій покриттів.

Режим руху, вологість дороги і температура навколишнього повітря відбивається на тепловому стані покриттів. Із збільшенням нагріву покриттів внутрішнє тертя в її матеріалі, а отже, і опір коченню знижуються. При температурі 70...80 °С коефіцієнт  $f$  менше, чим у холодних покриттів приблизно на 12...15 %.

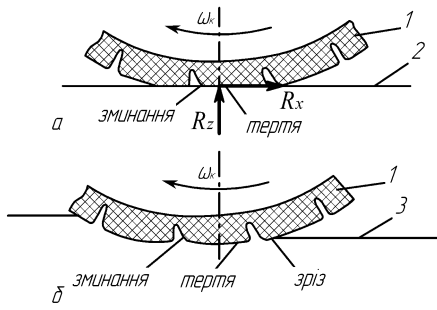
### **Коефіцієнт зчеплення.**

Одним із основних факторів, який визначає характер кочення колеса, служить коефіцієнт зчеплення покриття з дорогою.

Умовно розрізняють коефіцієнт зчеплення в повздовжньому напрямку  $\varphi_x$ , який характеризує дотичну взаємодію колеса з дорогою, і коефіцієнт зчеплення в поперечному напрямку  $\varphi_y$ , який оцінює здатність колеса протидіяти боковій силі.

Коефіцієнтом зчеплення колеса з опорною поверхнею в повздовжньому напрямку  $\varphi_x$  називають відношення максимальної дотичної реакції  $R_{x\max}$  при якій почалося проковзування колеса, до відповідної нормальної реакції  $R_z$  (рис. 2.2).

$$\varphi_x = \frac{R_{x\max}}{R_z}. \quad (2.7)$$

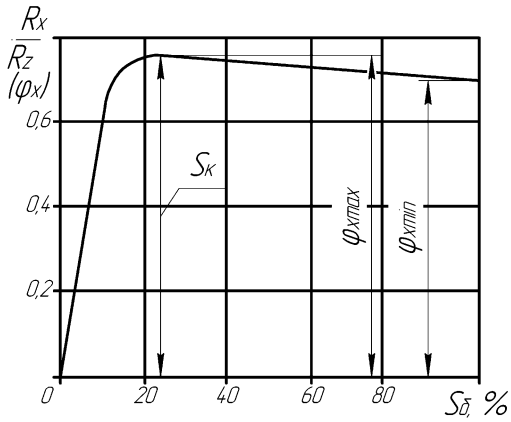


**Рис. 2.2 – Основні чинники, що діють на покриттю колеса автомобіля:**  
**а – на твердих дорожніх покриттях; б – на дорожніх покриттях з високим опором коченню;**  
**1 - покриття; 2 – жорстке дорожнє покриття; 3 – дорожнє покриття з високим опором кочення (пісок, сніг, бездоріжжя).**

Дотична взаємодія обумовлена: тертям між покриттю і опорною поверхнею; опором зсуву опорної поверхні; глибиною занурення колеса в опорну поверхню.

На твердій дорозі основне значення має поверхневе тертя, а на деформованій дорозі - опір зсуву і занурення колеса.

Найбільш поширена характеристика зчпних властивостей колеса - це залежність коефіцієнта зчплення  $\varphi_x$  від коефіцієнта повздовжнього ковзання колеса  $S_\delta$  (рис. 2.3). Під коефіцієнтом повздовжнього ковзання колеса розуміють відношення швидкості повздовжнього ковзання колеса до його колової швидкості.



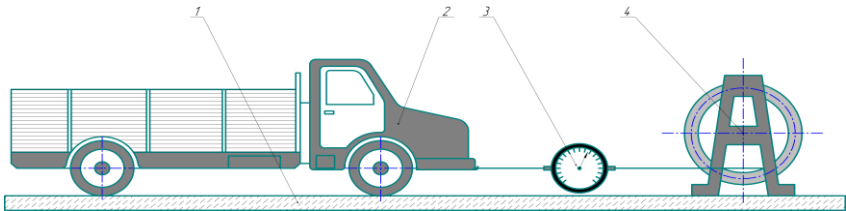
**Рис. 2.3 – Залежність коефіцієнта зчплення  $\varphi_x$  від коефіцієнта повздовжнього ковзання колеса  $S_\delta$ .**

Дослідами встановлено що  $S_{\delta}$  суттєво залежить від типу покриття, стану дорожньої поверхні, швидкості руху автомобіля, площі контакту покриття з опорною поверхнею та рисунка протектора.

Процеси, які відбуваються між покриттям і опорною поверхнею при ковзанні колеса назад, вперед і вбік, не зовсім ідентичні. Але ця різниця в більшості випадків не значна. Тому коефіцієнт бокового зчеплення колеса з поверхнею дороги визначається виразом (2.8) якщо змінити  $R_{x\max}$  максимальною боковою реакцією  $R_{y\max}$ , перпендикулярною до площини колеса:

$$\varphi_y = \frac{R_{y\max}}{R_z}. \quad (2.8)$$

Схема установки для експериментального визначення коефіцієнтів  $f$  і  $\varphi_x$  показана на рис. 2.4.



**Рис. 2.4 – Схема установки для експериментального визначення коефіцієнтів  $f$  і  $\varphi_x$  :**

**1 – покриття дороги, 2 – автомобіль, 3 – динамометр, 4 – лебідка.**

### **Порядок проведення роботи**

Операції по визначенню коефіцієнта опору коченню і коефіцієнта зчеплення виконуються в такій послідовності:

1. Встановити модель автомобіля на опорну плиту установки.
2. Встановити динамометр 3 і закріпити на ньому трос лебідки
4. Рівномірно обертаючи рукоятку лебідки, слідкують за показаннями динамометра.
4. Результати вимірювань занести в табл. 2.1.
5. Встановити вантаж в кузов моделі автомобіля і повторити операції в відповідності з п. 3, 4.
6. Зняти вантаж з моделі автомобіля.
7. Заблокувати колеса автомобіля.
8. Рівномірно обертаючи рукоятку лебідки, слідкують за показаннями динамометра.

9. Результати вимірювань занести в табл. 2.2.
10. Вагу моделі автомобіля порожньої і навантаженої визначають зважуванням на вагах, а результати заносять в таблиці 2.1, 2.2.
11. Змочити водою поверхню опорної плити і повторити операції в відповідності з пп. 8, 9.
12. Встановити вантаж в кузов моделі автомобіля і повторити операції в відповідності з пп. 8, 9, 11, а результати занести в табл. 2.2.
13. На основі результатів вимірювань розрахувати коефіцієнт опору коченню і його значення занести в таблицю.
14. По даних вимірювань визначити коефіцієнт зчеплення  $\varphi_x$  і його значення занести в таблицю.

**Таблиця 2.1 – Результати вимірювання сили опору коченню і розрахунків коефіцієнта опору коченню**

Вимірювані і розраховані параметри	Порожня модель	Навантажена модель
$P_f$ , Н		
$G$ , Н		
$f$		

**Таблиця 2.2 – Результати вимірювання дотичної сили в плямі контакту і розрахунків коефіцієнта зчеплення**

Вимірювані і розраховані параметри	Стан покриття	
	сухе	вологе
Порожня модель	$R_x$ , Н	
	$G$ , Н	
	$\varphi$	
Навантажена модель	$R_x$ , Н	
	$G$ , Н	
	$\varphi$	

### Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Прилади, інструменти і матеріали, використані при проведенні роботи
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Результати вимірювань та розрахунків (табл. 2.1, 2.2).

## 5. Висновки з роботи.

### Контрольні питання

1. Що розуміють під терміном «коефіцієнт опору коченню»?
2. Які реакції виникають внаслідок тертя між покришкою і дорогою в елементах поверхні їх контакту, та який напрямок їх дії?
3. Яка найбільш поширена характеристика зчпних властивостей колеса?
4. Що називають коефіцієнтом зчеплення покришки з дорогою і яку взаємодію він характеризує?
5. Що називають коефіцієнтом повздовжнього ковзання колеса і від яких параметрів він залежить?
6. Як змінюється коефіцієнт опору коченню при зміні навантаження і стану покриття дороги?

*Література:* [3,4]

## Лабораторна робота №3

### Визначення характеристики пружних властивостей підвіски автомобіля

**Мета:** освоїти методику експериментального визначення пружних властивостей підвіски автомобіля (з урахуванням спільної роботи основного і додаткового пружних елементів) та показників плавності ходу.

**Обладнання, інструмент, матеріали:** стенд, який представляє собою підвіску автомобіля з навантажувальним пристроєм для створення вертикальних зусиль на пружний елемент; вимірювальні пристрої, які дозволяють визначити параметри (вертикальне навантаження  $Z$ , деформацію пружного елемента  $F$ , пружну характеристику  $Z = f(F)$ ).

#### Задачі роботи:

- одержати експериментальні дані і побудувати пружну характеристику підвіски;
- визначити діапазон прогинів основного і додаткового пружних елементів;
- порівняти жорсткість основного і комбінованого (при спільній дії основного і додаткового) пружних елементів;
- порівняти експериментально одержану пружну характеристику з оптимальною;
- визначити показники плавності ходу.

#### Теоретичні відомості

Пружні властивості підвіски автомобіля характеризуються зміною деформації пружних елементів підвіски від вертикальної реакції дороги. Ця залежність дозволяє визначити показники плавності ходу автомобіля.

В якості пружного елемента частіше всього використовуються сталі пружні елементи (листова ресора, торсіон, пружина). Вони забезпечують роботу підвіски в основному діапазоні переміщень колеса відносно кістяка автомобіля. Однак ці пружні елементи мають суттєвий недолік у тому, що їх жорсткість постійна, тобто змінюється прямо пропорційно деформації. А найкраща плавність ходу автомобіля забезпечується підвіскою зі змінною жорсткістю.

Для покращення пружної характеристики підвіски з одинарним сталі пружним елементом застосовують додаткові пружні елементи (сталі і гумові), які вступають в роботу при певних деформаціях підвіски. Завдяки великій енергоємності і нелінійній характеристиці пружних властивостей гуми, жорсткість підвіски у випадку спільної роботи сталі і гумового елементів різко зростає і при збільшенні прогину підвіски продовжує зростати.



Така закономірність зміни жорсткості комбінованого пружного елемента дозволяє покращити пружну характеристику і підвищити її надійність.

Конструкція підвіски включає в себе наступні принципові елементи: направляючий пристрій, пружний і гасячий пристрої, стабілізатори.

Направляючий пристрій повинен найбільш повно забезпечити правильну кінематику переміщення коліс відносно кістяка автомобіля (постійність колії або бази, кутів установки коліс, тощо), а також бути надійним при передачі всіх сил і моментів від ведучих коліс до остова автомобіля.

Пружний пристрій підвіски повинен забезпечити необхідну характеристику пружного зв'язку коліс із кістяком автомобіля, зберігаючи при цьому надійну взаємодію з дорогою і забезпечити потрібну плавність руху автомобіля в різних дорожніх умовах.

Бажано, щоб пружний пристрій підвіски мав змінну жорсткість. Стальний пружний елемент (пів еліптична ресора, циліндрична пружина або торсіон), мають постійну жорсткість, тому в конструкції підвіски необхідно передбачити пристрої, які забезпечують змінну жорсткість (подвійні або потрійні пружні елементи, додаткові гумові пружні елементи, тощо).

Характеристику пружності підвіски будують в координатах  $F$ ,  $Z$  подібно до графіка на рис. 3.1. Вона включає, наступні показники:

$Z_{ст}$ ,  $Z_{дин}$  - статичне і динамічне навантаження автомобіля;

$F_{ст}$ ,  $F_{дин}$  - статичний і динамічний прогин пружних елементів.

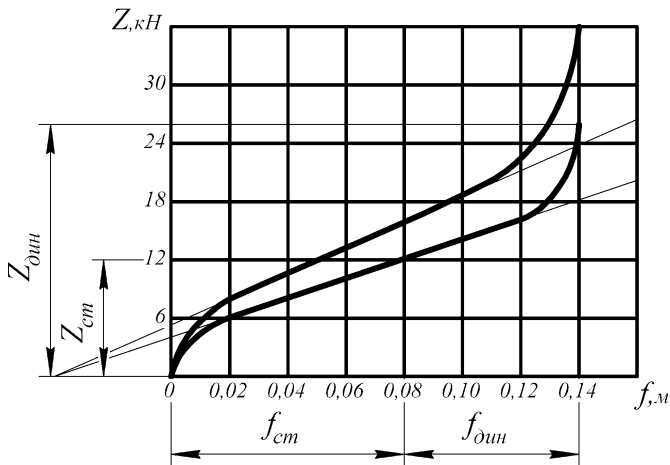


Рис. 3.1 – Пружна характеристика підвіски автомобіля.

Динамічний прогин пружних елементів приймають у залежності від статичного, враховуючи, що:

$$F_{дин} = (0,5...0,7) \cdot F_{ст} - \text{для легкових автомобілів;}$$

$$F_{дин} = (0,7...0,9) \cdot F_{ст} - \text{для автобусів;}$$

$$F_{дин} = (0,8...1,1) \cdot F_{ст} - \text{для вантажних автомобілів}$$

Значення динамічного навантаження приймають виходячи з того що:

$Z_{дин} = (2...3) \cdot Z_{ст}$  – для автомобілів, які працюють в основному на дорогах із штучним покриттям;

$Z_{дин} = (3...4) \cdot Z_{ст}$  – для автомобілів, які працюють в основному на ґрунтових дорогах і в умовах бездоріжжя.

В випадку побудови характеристики пружних властивостей підвіски з додатковим гумовим пружним елементом враховують, що деформація гумового пружного елемента  $F_{гум}$  не повинна перевищувати половини його висоти  $h_{гум}$ , тобто  $F_{гум} \leq 0,5h_{гум}$ . Визначаючи координати характерних точок характеристики пружних властивостей підвіски з подвійним пружним елементом, необхідно врахувати, що додатковий пружний елемент повинен вступати в роботу при  $Z_{дин} = (0,6...0,7) \cdot Z_{ст}$ .

При такій характеристиці підвіски забезпечуються необхідні показники плавності ходу.

Основні показники оцінки плавності ходу - частоти вільних коливань підресорених і не підресорених мас, швидкість, прискорення і змінюваність прискорення підресорених мас при коливаннях автомобіля.

Частоти вільних коливань підресорених мас, Гц:

$$W_H = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{F_{ст}}}, \quad (3.1)$$

де  $F_{ст} = \frac{Z_{ст}}{C}$  – статичний прогин підвіски, м;  $Z_{ст}$  – статичне навантаження на підвіску даного моста, Н;  $C$  – жорсткість підвіски, Н·м<sup>-1</sup>.

Плавність ходу вантажних автомобілів вважають задовільною, якщо частота вільних коливань підресорених мас  $W_H = 1,3...1,7$  Гц. При цьому статичний прогин підвіски становитиме 0,08...0,13 м (менше значення для задньої підвіски, більше для передньої).

Після встановлення статичного прогину визначається дійсна частота вільних коливань підресорених мас, зв'язаних з передньою і задньою підвісками. Найдені частоти називаються низькими.

Маси мостів автомобіля не підресореної підвіски здійснюють високочастотні вільні коливання, зумовлені жорсткістю покришок, Гц:

$$W_B = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\sum C_N}{m_M}}, \quad (3.2)$$

де  $\sum C_N$  – сумарна жорсткість покришок даного моста, Н·м<sup>-1</sup>;  $m_M$  – маса моста, яка може бути прийнята рівною 0,1 (передній міст) і 0,15 (задній міст) маси завантаженого автомобіля, яка припадає на відповідні мости.

При відсутності даних про жорсткість покришок автомобіля орієнтовно можливо прийняти  $W_B = 6...8,5$  Гц (менше значення - передня підвіска, більше - задня).

Крім вільних коливань, автомобіль здійснює і вимушені, які викликані нерівностями дороги. Вони мають частоту, Гц:

$$W_{BUM} = \frac{V_a}{S}, \quad (3.3)$$

де  $V_a$  – швидкість руху автомобіля, м/с;  $S$  – довжина хвилі нерівностей, м, (на дорогах із твердим покриттям переважає довжина від 0,5 до 5 м.)

Із цієї залежності слідує, що при швидкостях руху від 0 до 17 м/с (60 км/год.) частота вимушених коливань може досягати 3,4 Гц при  $S = 5$  м і 34 Гц при  $S = 0,5$  м. Таким чином, в цьому інтервалі швидкостей руху можлива поява резонансних коливань як підресорених мас (низькочастотний резонанс), так і не підресорених (високочастотний резонанс).

Резонансних коливань можливо уникнути відповідним підбиранням пружних властивостей підвіски.

### Порядок проведення роботи

1. Встановити в нульове положення вимірювальні пристрої і прилади.
2. Навантажувальним пристроєм установити навантаження  $Z_i$ , яке відповідає початку роботи додаткового пружного елемента і записати показання. Після цього установити максимальне навантаження і знову записати показання.
3. Розвантажити стелю, а потім навантажувальним пристроєм, створюючи ступінчасте навантаження, довести деформацію пружного елемента до максимального значення (ступінчасте навантаження вибирають таким чином, щоб одержати 6...7 точок пружної характеристики).

4. Визначити значення деформації  $F$ , і навантаження  $Z$ , які відповідають початку сумісної роботи основного і додаткового пружних елементів, а також максимальне значення  $\delta_{\max}$ ,  $Z_{\max}$ .

5. Вирахувати величину відносної деформації додаткового пружного елемента по формулі:

$$\delta = \frac{F_{\max} - F_1}{F_g}, \quad (3.4)$$

де  $F_g$  – характерний розмір додаткового пружного елемента у вільному стані (без прикладання навантаження).

6. Заповнити таблицю 3.1 і побудувати пружну характеристику підвіски.

**Таблиця 3.1 – Результати досліджень**

№ пп	Деформація пружного елемента $F$ , м	Вертикальне навантаження при повтореннях			Середнє значення $Z$ , Н	Частота коливань $W_H, c^{-1}$
		1	2	3		

7. Визначити жорсткість при статичній деформації і максимальній деформації:

$$C_{n.cm} = \frac{Z_{cm}}{F_{cm}}, \quad (3.5)$$

$$C_{n.max} = \frac{Z_{\max}}{F_{\max}}. \quad (3.6)$$

8. Визначити частоти коливань, які відповідають статичній деформації підвіски:

$$W_H = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{F_{cm}}}. \quad (3.7)$$

## **Зміст звіту**

1. Назва та мета роботи.
2. Прилади, інструменти і матеріали, використані при проведенні роботи
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Результати досліджень (табл. 3.1).
5. Висновки з роботи.

## **Контрольні питання**

1. Які принципові елементи включає в себе конструкція підвіски автомобіля?
2. Яку функцію виконує направляючий пристрій підвіски?
3. Яку функцію виконує пружний пристрій підвіски?
4. Що являє собою пружна характеристика підвіски?
5. Які основні показники оцінки плавності ходу?

*Література:* [3-5]

## Лабораторна робота №4

### Визначення характеристик еластичності покриттів

**Мета:** ознайомитися з методикою експериментального визначення характеристик нормальної і бокової еластичності покриттів і встановити вплив на них тиску повітря в покритті.

**Обладнання, інструмент, матеріали:** установка для визначення нормальної (радіальної) і бокової деформації покриття, насос, манометр, мікрокалькулятор.

**Задачі роботи:** Одержати експериментальні дані і зробити розрахунки для побудови графіків - радіального прогину покриття, бокового зміщення колеса, радіальної і бокової жорсткості покриття від навантаження;

Проаналізувати вплив радіальної і бокової сили, тиску повітря в камерах, на деформацію покриття при різних навантаженнях.

### Теоретичні відомості

Покриття безпосередньо стикається з поверхнею дороги. Будучи наповненою стиснутим повітрям, вона стає пружною і здатна сприймати великі навантаження. Під дією зовнішнього навантаження покриття піддається складній деформації. Цю деформацію для зручності вивчення як правило поділяють на три більш прості: нормальну (радіальну), бокову і колову (крутильну).

#### Нормальна (радіальна) деформація покриття.

Під дією прикладеного до колеса навантаження  $P_Z$  покриття починає деформуватися, площа її контакту з дорогою збільшується до тої пори, поки не настане рівновага між нормальною реакцією дороги  $R_Z$  і навантаженням  $P_Z$  (рис.4.1). Права частина рисунка відповідає стану ненавантаженої покриття, а ліва - деформовану радіальним навантаженням.

Деформація покриття відбувається при майже незмінному тиску повітря в ній. Об'єм повітря, витіснений при деформації, порівняно з об'ємом повітря в камері дуже малий, тому збільшення тиску в покритті внаслідок її навантаження також мале і складає 1...2 %.

Під дією навантаження  $P_Z$  відбувається зменшення відстані від осі колеса до дороги із-за зменшення висоти  $H$  і збільшення ширини  $B$  профілю покриття. Нормальний прогин покриття  $h_Z$  оцінюють різницею вільного  $r_k$  і статичного  $r_{cm}$  радіусів колеса  $h_Z = r_k - r_{cm}$  і є однією із найбільш важливих характеристик покриття. Надмірне збільшення прогину приводить до підвищення напружень в покритті, нагріву і, як наслідок, зниження

втомлювальної міцності покриття. В зв'язку з цим відносна величина нормального прогину (відношення  $\frac{h_z}{H}$ ) покриттів звичайної конструкції обмежується значенням 10...12 %.

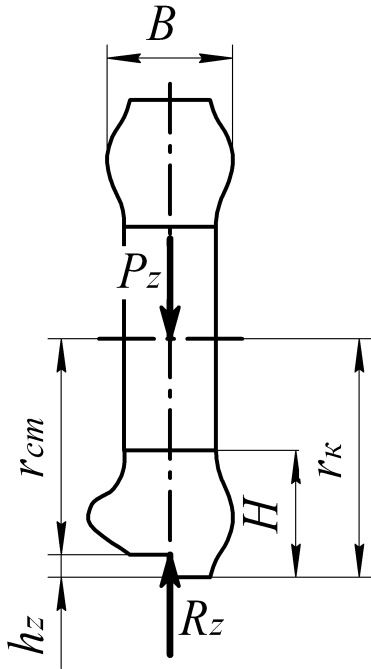


Рис. 4.1 – Схема нормальної деформації покриття

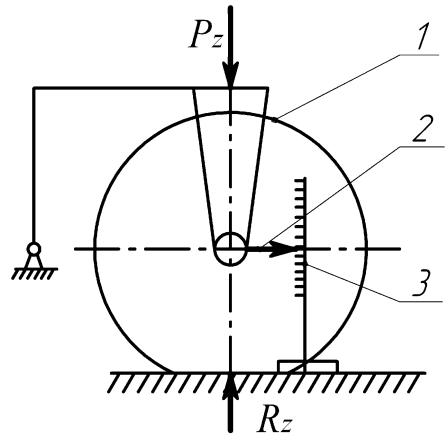


Рис. 4.2 – Схема визначення нормальної деформації покриття на установці:  
1- колесо; 2- стрілка покажчика; 3- шкала

Для покриттів з регулюючим тиском повітря і широкопрофільних це значення складає 12...15 %, а для аромних 15...20 %.

При визначенні нормальної деформації покриття її ступінчато навантажують нормальним навантаженням  $P_z$  (рис. 4.2).

Крім працездатності нормальний прогин визначає такий важливий експлуатаційний параметр, як нормальна жорсткість покриття, яка безпосередньо зв'язана з плавністю ходу автомобіля, його демпферуючої властивості, навантаженням в деталях ходової частини.

Нормальна жорсткість покриття  $C_z$  визначається із відношення

$$C_z = \frac{P_z}{h_z}. \quad (4.1)$$

Нормальна жорсткість залежить від конструкції покришки. При однаковому тиску повітря, покришки з діагонально розміщеним кордом мають на 10...20 % більшу нормальну жорсткість, ніж покришка з радіальним кордом. На нормальну жорсткість найбільше впливає тиск повітря в покришці, в меншій мірі навантаження на колесо.

В реальних умовах експлуатації жорсткість залежить від динамічних режимів навантаження, форми опорної поверхні, форми і розмірів нерівностей, температури покришки і інших факторів.

### Бокова деформація покришки.

Податливість покришки в боковому напрямку сильно впливає на стійкість і керуваність автомобіля. Процес бокового деформування покришки доволі складне явище.

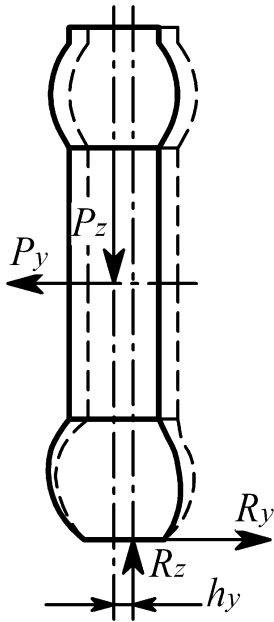


Рис. 4.3 – Схема бокової деформації покришки

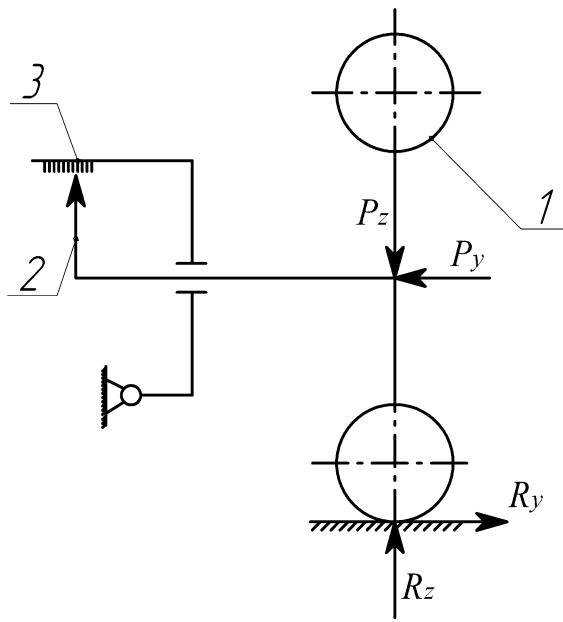


Рис. 4.4 – Схема визначення бокової деформації покришки на установці:  
1 – колесо; 2 – стрілка показчика; 3 – шкала

Прикладена до колеса бокова сила  $P_y$  (рис. 4.3) змінює деформацію покришки, яка викликана радіальним навантаженням  $P_z$ . Відбувається викривлення форми профілю покришки і вигин її в боковому напрямку.



В результаті деформації покриття під дією бокової сили відстань від осі колеса до дороги зменшується. Центр колеса дещо відходить від середньої його площини, яка проходить через центр площі контакту протектора.

Цю деформацію називають боковим пружним зміщенням колеса  $h_y$  - це лінійне зміщення центра колеса відносно площі контакту за рахунок пружних властивостей покриття під дією бокової сили, заміряне в центральній площині, паралельно до опорної.

При визначенні бокової деформації покриття її ступінчато навантажують боковою силою  $P_y$  (рис. 4.4). Максимальне значення бокової сили обмежується зчепленням покриття з дорогою.

Величина бокового пружного зміщення колеса залежить від конструкції покриття, її вантажопідйомності. Бокове пружне зміщення називають боковою жорсткістю покриття  $C_y$ , і визначають із відношення:

$$C_y = \frac{P_y}{h_y}. \quad (4.2)$$

Бокова жорсткість покриття на відміну від нормальної - це постійна величина, яка практично не залежить від бокового зміщення колеса.

#### **Колова (тангенціальна) деформація покриття.**

При прикладенні до колеса крутного моменту і повздовжньої сили відбувається колова деформація покриття. Дія на колесо крутного моменту викликає поворот обода колеса на деякий кут відносно нерухомого контакту протектора покриття.

В зв'язку із складністю експериментального визначення тангенціальної деформації покриття, в даній роботі її не визначають.

#### **Порядок проведення роботи**

На установці проводять вимірювання нормального (радіального) прогину покриття  $h_z$  при різних нормальних навантаженнях  $P_z$  і бокове пружне зміщення колеса  $h_y$ , навантаженого постійним нормальним навантаженням при різній боковій силі  $P_y$ . Вимірювання виконують при різному тиску повітря в покритті  $P_n$ . Роботу виконують в такій послідовності.

1. Встановити тиск повітря в покритті  $P_n = 0,14$  МПа.
2. Встановити покриття в положення нульового навантаження.

3. Ступінчато змінюючи нормальне навантаження  $P_Z$  в інтервалі 0...1,0 кН через кожні 200 Н фіксують по шкалі нормальний прогин покришки  $h_z$ . Результати вимірювань заносять в табл. 4.1.

**Таблиця 4.1 - Результати вимірювань і розрахунків нормальної деформації покришки**

Нормальне навантаження $P_Z$ , Н	Тиск повітря в покришці $P_n$ , МПа					
	0,07		0,10		0,14	
	Нормальний прогин $h_z$ , мм	Нормальна жорсткість $C_Z$ , Н/м	Нормальний прогин $h_z$ , мм	Нормальна жорсткість $C_Z$ , Н/м	Нормальний прогин $h_z$ , мм	Нормальна жорсткість $C_Z$ , Н/м

4. Встановити постійне нормальне навантаження на колесо,  $P_Z = 2,5$  кН.

5. Ступінчато змінюючи бокову силу  $P_y$  в інтервалі 0...500 Н, через кожні 100 Н фіксують по шкалі пружне зміщення колеса  $h_y$ . Результати вимірювань заносять в табл. 4.2.

6. Повторити операції в відповідності з пп. 2...5 при тиску повітря в покришці 0,07; 0,10; 0,14 МПа.

7. Провести розрахунки нормальної  $C_Z$  і бокової  $C_y$  жорсткості покришки в відповідності з навантаженнями. Одержані значення занести в табл. 4.1 і 4.2.

8. По результатам вимірювань і розрахунків побудувати залежності  $h_z = f(P_Z)$ ,  $h_y = f(P_y)$ ,  $C_z = f(P_Z)$ ,  $C_y = f(P_y)$  при різному тиску повітря в покришці.

**Таблиця 4.2 - Результати вимірювань і розрахунків бокової деформації покриття**

Бокова сила $P_y$ , Н	Тиск повітря в покритті $P_n$ , МПа					
	0,07		0,10		0,14	
	Бокове пружне зміщення $h_y$ , м	Бокова жорсткість $C_y$ , Н/м	Бокове пружне зміщення $h_y$ , м	Бокова жорсткість $C_y$ , Н/м	Бокове пружне зміщення $h_y$ , м	Бокова жорсткість $C_y$ , Н/м

### Зміст звіту

1. Назва та мета роботи.
2. Прилади, інструменти і матеріали, використані при проведенні роботи.
3. Короткі теоретичні відомості.
4. Результати досліджень (табл. 4.1 та 4.2).
5. Висновки з роботи.

### Контрольні питання

1. Що розуміють під нормальною (радіальною) деформацією покриття?
2. Що розуміють під боковою деформацією покриття?
3. Що розуміють під коловою (тангенціальною) деформацією покриття?
4. Що називають величиною бокового пружного зміщення колеса і від яких параметрів воно залежить?
5. Від яких параметрів залежить нормальна жорсткість покриття?

**Література:** [6, 7]

## Література

1. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів : підручник / В. Ф. Кисляков, В. В. Лущик. – Київ : Либідь, 1999. – 400 с.
2. Сахно В. П. Автомобілі : Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник / В. П. Сахно, Г. Б. Безбородов, М. М. Маяк, С. М. Шарай. – Київ : "КВІЦ", 2004. – 174с.
3. Полоскав В.П. Устройство и эксплуатация автомобилей : учебное пособие / В.П. Полосков, П. М. Лещев, В. Н. Хартанович. – Москва : ДОСААФ, 1983. – 318 с.
4. Несвитский Я. И. Техническая эксплуатация автомобилей / Я. И. Несвитский . – Киев : «Вища школа», 1971. – 428 с.
5. НИИАТ. Краткий автомобильный справочник. Изд. 10-е. – Москва : Транспорт, 1984. – 224с.
6. Работа автомобильной шины / Под ред. В. И. Кнороза. – Москва : Транспорт, 1976. – 238с.
7. Алекса Н. П. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств в примерах и заданиях : учеб. пособ. / Н. П. Алекса, В. Н. Алексеенко, А. Б. Гредескул. – Киев : УМК ВО, 1990. – 100с.

## Зміст

<b>Вступ</b>	3
<b>Лабораторна робота №1</b>	4
Визначення координат центра мас автомобіля	
<b>Лабораторна робота №2</b>	9
Визначення коефіцієнта опору кочення і коефіцієнта зчеплення покришки з поверхнею дороги	
<b>Лабораторна робота №3</b>	16
Визначення характеристики пружних властивостей підвіски автомобіля	
<b>Лабораторна робота №4</b>	22
Визначення характеристик еластичності покришок	
<b>Література</b>	28