

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ ІНСТИТУТ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор АДІ ДонНТУ  
М.М. Чальцев  
02.04.2012

Кафедра «Автомобільний транспорт»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З  
ДИСЦИПЛІНИ «АВТОМОБІЛ».  
КІНЕМАТИКА І ДИНАМІКА ЕЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА  
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ  
6.070106 «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»)**

**4/11-2013-04**

РЕКОМЕНДОВАНО

Протокол засідання Навчально-  
методичної комісії факультету  
«Автомобільний транспорт»  
21.02.2012 № 6

РЕКОМЕНДОВАНО

Протокол засідання  
кафедри «Автомобілі і двигуни»  
16.02.2012 № 4

УДК 629.015 (076)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автомобілі». Кінематика і динаміка еластичного колеса (для студентів напряму підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт») [Електронний ресурс] / укладачі В. Г. Цокур, А. В. Хімченко, Д. Ю. Приходченко. — Електрон. дані. — Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2013. — 23 с.

Викладено методики проведення експериментів і порядок обробки результатів вимірювань. Наведено схеми й опис лабораторного обладнання. Надані методичні рекомендації щодо освоєння теоретичних питань пов'язаних з темами лабораторних робіт та питання для самоконтролю.

Лабораторні роботи виконуються студентами денної та заочної форми навчання при вивченні розділу дисципліни «Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів».

Укладачі:

Цокур В. Г., к.т.н., доц.  
Хімченко А. В., к.т.н., доц.  
Приходченко Д. Ю., ст. викладач

Відповідальний за випуск:

Міщенко М. І., д.т.н., проф.

Рецензент:

Крамар М. П., к.т.н., доц.  
кафедри «Технічна експлуатація  
автомобілів»

© Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут, 2012

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	4
ВСТУП .....	5
<b>1 РАДІУСИ АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1) .....</b>	<b>6</b>
1.1 Теоретична підготовка до роботи .....	6
1.2 Експериментальна частина .....	7
1.2.1 Методика проведення експерименту .....	7
1.2.2 Порядок виконання роботи .....	8
1.2.3 Обробка експериментальних даних .....	9
1.3 Вміст звіту .....	10
1.4 Контрольні питання .....	10
<b>2 ВЗАЄМОДІЯ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2) .....</b>	<b>11</b>
2.1 Теоретична підготовка до роботи .....	11
2.2 Експериментальна частина .....	12
2.2.1 Методика проведення експерименту .....	12
2.2.2 Порядок виконання роботи .....	14
2.2.3 Обробка експериментальних даних .....	15
2.3 Вміст звіту .....	15
2.4 Контрольні питання .....	15
<b>3 ЗЧЕПЛЕННЯ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3) .....</b>	<b>17</b>
3.1 Теоретична підготовка до роботи .....	17
3.2 Експериментальна частина .....	18
3.2.1 Методика проведення експерименту .....	18
3.2.2 Порядок виконання роботи .....	19
3.2.3 Обробка експериментальних даних .....	21
3.3 Вміст звіту .....	21
3.4 Контрольні питання .....	21
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	23

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

- $\delta_{вр}$  — коефіцієнт урахування мас, що обертаються;  
 $\varphi$  — коефіцієнт зчеплення;  
 $f$  — коефіцієнт опору кочення;  
 $g$  — прискорення вільного падіння;  
 $G_a$  — вага візка з додатковим навантаженням;  
 $j_a$  — прискорення автомобіля;  
 $P_f$  — сила опору кочення;  
 $P_j$  — сила інерції;  
 $P_Z$  — вертикальне навантаження на колесо;  
 $P_B$  — сили опору повітряного середовища;  
 $P_{дин}$  — показання динамометра;  
 $P_{п}$  — сила опору підйому;  
 $P_{зч}$  — сила зчеплення коліс з дорогою;  
 $P_T$  — сила тяги;  
 $m_0$  — маса візка;  
 $m_a$  — маса автомобіля;  
 $m_B$  — маса вантажів;  
 $n$  — кількість обертів, зроблена колесом;  
 $S$  — шлях, що проходить колесо;  
 $S_{Г}$  — гальмівний шлях автомобіля;  
 $t$  — час вільного вибігу;  
 $V_a$  — початкова швидкість автомобіля.

## ВСТУП

На цей час теорія експлуатаційних властивостей автомобілів, набула широкого розвитку у всьому світі. Великий вклад в її розвиток внесли радянські вчені, а в їх складі й українські. Теоретичні здобутки дозволяють створювати транспортні засоби, які відповідають найвищим вимогам до них в експлуатації. Це стосується і якості транспортного процесу, і безпеки дорожнього руху, і надійності транспортних засобів. Важливі практичні результати, насамперед, досягнуті завдяки розумінню тих елементарних процесів, що супроводжують рух автомобіля. Це завдання — одне з основних, що стоять перед студентами при вивченні теорії автомобілів.

Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисциплін «Автомобілі» в розділі «Теорія експлуатаційних властивостей» покликані допомогти студенту засвоїти навчальний матеріал щодо взаємодії пружного деформованого колеса з опорною поверхнею. Розуміння питань кінематики й динаміки колеса дозволить в подальшому розібратися в процесах, що обумовлюють тягові й гальмові властивості транспортних засобів, їх керованість, стійкість, плавність руху та прохідність.

Методичні вказівки не несуть у собі теоретичної інформації, яка у повному обсязі викладена у відповідних підручниках, а, в першу чергу, допомагають дістати навички роботи із спеціальною літературою та навчитися на практиці з належною достовірністю визначати вплив тих чи інших факторів на параметри, що характеризують взаємодію колеса з дорогою.

При виконанні робіт слід звернути увагу на методику проведення експерименту, в якій подано його основні принципи, та на чітко викладений у кожній роботі порядок її виконання. Це дозволить швидко та з найменшою кількістю помилок виконати й захистити лабораторні роботи.

# 1 РАДІУСИ АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА

## (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1)

**Мета роботи.** Вивчити радіуси автомобільного колеса та фактори, що впливають на їхню величину.

**Задачі роботи:**

1. Ознайомитися з поняттями про вільний, статичний, динамічний і кінематичний радіуси колеса.
2. Обумовити вплив різних факторів на статичний і кінематичний радіуси колеса.

**Обладнання:** візок динамометричний, рулетка, крейда, манометр, насос пневматичний, набір вантажів.

### 1.1 Теоретична підготовка до роботи

**Дати відповіді на питання:**

1. Що називається вільним радіусом колеса? Фактори, що впливають на величину вільного радіуса колеса. Як визначити величину вільного радіуса колеса? [1, с. 21–22; 2, с. 11].
2. Що називається статичним радіусом колеса? Фактори, що впливають на величину статичного радіуса колеса. Як визначити величину статичного радіуса колеса? [1, с. 21; 2, с. 11; 3, с. 22–23].
3. Що називається динамічним радіусом колеса? Фактори, що впливають на величину динамічного радіуса колеса. Як визначити величину динамічного радіуса колеса? [1, с. 22–23; 2, с. 11; 3, с. 22–23].
4. Що називається кінематичним радіусом колеса? Фактори, що впливають на величину кінематичного радіуса колеса. Як визначити величину кінематичного радіуса колеса? [1, с. 23; 2, с. 12–14; 3, с. 22–23].
5. Що називається пружним проковзуванням і сковзанням колеса? [2, с. 13].

**Навести у звіті:**

1. Визначення радіусів автомобільного колеса.
2. Залежність для визначення статичного радіуса колеса.
3. Графічну залежність кінематичного радіуса колеса від прикладеного моменту.

## 1.2 Експериментальна частина

Лабораторна робота виконується за допомогою динамометричного візка, схема якого представлена на рисунку 1.1.

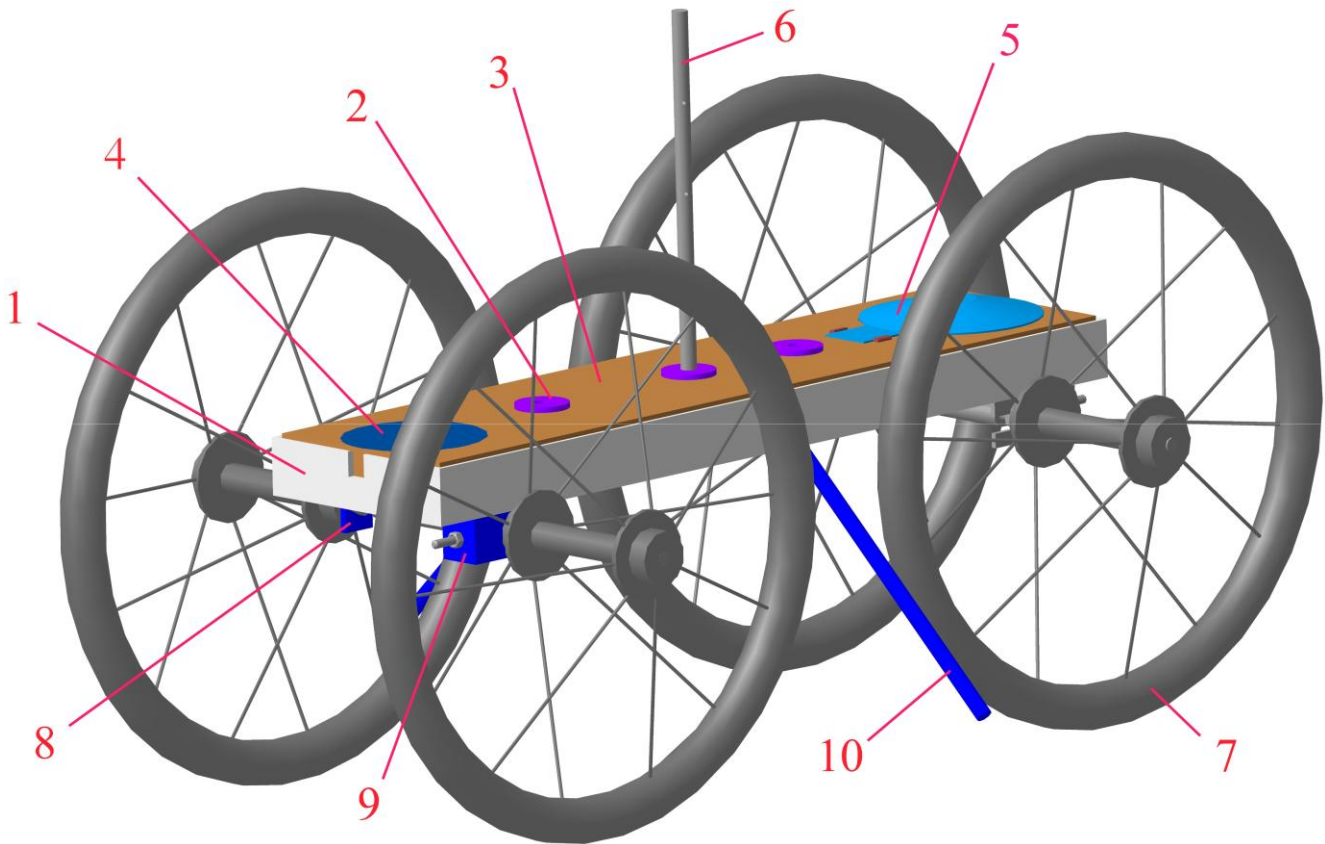


Рисунок 1.1 — Візок динамометричний

Візок складається з корпусу 1, до якого за допомогою кріпильних втулок 2 підтискується платформа 3. У платформі є фасонні отвори для встановлення динамометрів 4 і 5.

Для встановлення вантажів використовується шток 6, що вкручується в одну із кріпильних втулок. Висоту розташування вантажів можна змінювати, фіксуючи їхнє положення за допомогою штифта, що встановлюється в отвори осі вантажів.

Візок взаємодіє з опорною поверхнею чотирма колесами 7 на пневматичних шинах. Колеса встановлені на двох осях, які, у свою чергу, закріплені в опорах 8 і 9 візка. Опори 9 являються регульованими та дозволяють забезпечити прямолінійний рух візка по горизонтальній поверхні.

Для запобігання бічного перекидання візка використовується опора 10.

### 1.2.1 Методика проведення експерименту

З достатньою точністю кінематичний радіус колеса (радіус кочення колеса) можна визначити методом крейдових відбитків.

Суть методу полягає в наступному. Визначається середня довжина шляху, що проходить колесо за один оберт. Якщо колесо, пройшовши шлях  $S$ , залишить на опорній поверхні  $n + 1$  відбитків (рис. 1.2), то шлях, який пройшло колесо за один оберт (по суті, довжина окружності колеса),

$$l_{\text{окр}} = \frac{S}{n}.$$

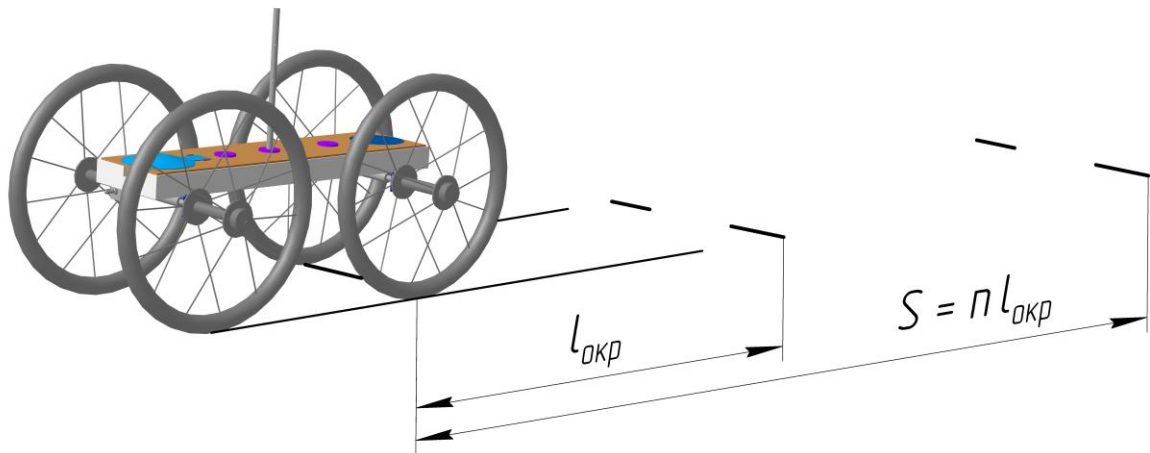


Рисунок 1.2 — Схема визначення середньої довжини шляху, що проходить колесо за один оберт

З огляду на геометричне співвідношення, що зв'язує довжину окружності з радіусом  $r$ ,

$$l_{\text{окр}} = 2\pi r$$

можна визначити кінематичний радіус колеса

$$r_{\text{к}} = \frac{l_{\text{окр}}}{2\pi}.$$

Слід зазначити, що довжина окружності, яка буде визначена по відбитках на опорній поверхні не є реальною довжиною окружності колеса (бігової доріжки шини) і може суттєво відрізнятись від неї. Різниця залежить від проковзування та сковзання коліс візка і саме тому таким чином можливо визначити лише кінематичний радіус, а не, наприклад, динамічний.

### 1.2.2 Порядок виконання роботи

1. Установити в колесах візка максимальний тиск повітря (140...160 кПа).
2. Покласти на платформу візка вантаж відповідної маси.
3. Виміряти статичний радіус коліс. Результати вимірювань занести в таблицю 1.1.



Таблиця 1.1 — Експериментальні дані та результати розрахунку

Умови експерименту			$r_{ст}, \text{ м}$	Передні (задні) колеса			
Тиск повітря в шинах, кПа.	Маса вантажу, кг	Кількість обертів колеса		Праве		Ліве	
				$S, \text{ м}$	$r_k, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	$r_k, \text{ м}$

4. Задатися кількістю обертів коліс.

5. Зробити крейдою мітки на протекторах шин правого та лівого коліс і на підлозі.

6. Установити візок на початок ділянки шляху таким чином, щоб мітки збігалися.

7. Буксирувати візок з невеликою постійною швидкістю, підраховуючи оберти коліс.

8. Після виконання колесами заданої кількості обертів, по мітках, що залишені на підлозі, уточнити кількість обертів колеса та шлях, пройдений кожним колесом.

9. Виміряти шлях, пройдений кожним колесом (відстань між кінцевими мітками).

10. Повторити пункти 3...9 три рази. Визначити середню величину пройденого шляху та занести результат у таблицю 1.1.

11. Змінити масу вантажу та повторити пункти 3...10.

12. Зменшити тиск повітря в колесах візка й повторити пункти 2...11.

### 1.2.3 Обробка експериментальних даних

Визначити величину кінематичного радіуса колеса по наступній залежності:

$$r_k = \frac{S}{2\pi n}, \text{ м},$$

де  $S$  — шлях, що проходить колесо, м;

$n$  — кількість обертів, зроблених колесом.  
Результати розрахунку занести в таблицю 1.1.

### 1.3 Вміст звіту

1. Порядковий номер лабораторної роботи.
2. Тема роботи.
3. Мета та задачі роботи.
4. Перелік необхідного обладнання.
5. Відповіді на питання, зазначені в розділі «Теоретична підготовка до роботи».
6. Порядок виконання експерименту.
7. Результати експерименту й обробки експериментальних даних у вигляді таблиці.
8. Приклад виконання розрахунку для одного експерименту.
9. Висновок, у якому на основі експериментальних даних виконати аналіз впливу різних факторів на величину кінематичного радіуса.

### 1.4 Контрольні питання

1. Поясніть що називається вільним радіусом автомобільного колеса.
2. Від чого залежить величина вільного радіуса колеса?
3. Поясніть що називається статичним радіусом колеса.
4. Від чого залежить величина статичного радіуса колеса?
5. Що називається динамічним радіусом автомобільного колеса?
6. Від чого залежить величина динамічного радіуса колеса?
7. Поясніть що називається кінематичним радіусом (радіусом кочення) автомобільного колеса.
8. Від чого залежить величина кінематичного радіуса колеса?
9. Яке колесо називається веденим?
10. Яке колесо називається ведучим?
11. Що називається пружним проковзуванням колеса?
12. Що називається ковзанням колеса?
13. Зобразіть і поясніть графік залежності радіуса кочення колеса від переданого моменту.
14. Опишіть метод дослідного визначення величини радіуса кочення колеса.

## 2 ВЗАЄМОДІЯ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2)

**Мета роботи.** Вивчити процеси взаємодії коліс з опорною поверхнею при коченні колеса в різних експлуатаційних умовах.

**Задачі роботи:**

1. Навчитися аналізувати процеси взаємодії коліс з опорною поверхнею при різних умовах кочення.

2. Визначити конструктивні та експлуатаційні фактори, що впливають на взаємодію колеса і опорної поверхні. Визначити характер їх впливу в різних дорожніх умовах.

**Обладнання:** візок динамометричний, насос, манометр, набір вантажів, зразки різних опорних поверхонь.

### 2.1 Теоретична підготовка до роботи

**Дати відповіді на питання:**

1. Як виникає момент опору коченню еластичного колеса при коченні по твердій поверхні? [1, с. 23–25; 2, с. 15–16].

2. Які процеси сприяють виникненню моменту опору коченню твердого колеса на деформованій поверхні? [1, с. 25–27].

3. Як виникає момент опору коченню еластичного колеса при коченні по дорозі, що деформується? [1, с. 28].

4. Що являє собою коефіцієнт опору коченню? Яка його фізична суть? [1, с. 23–28].

5. Що називається силою опору коченню? [1, с. 23].

6. Які існують методи випробувань шин, їх переваги та недоліки? [7, с. 103–112].

7. Як змінюється коефіцієнт опору коченню в залежності від таких експлуатаційних та конструктивних факторів як: тип покриття дороги та її стан, швидкості руху транспортного засобу, тиск повітря в шині, розмір крутного моменту, що підведений до колеса, нахил колеса до вертикалі та кочення з бічним відведенням, температури шини, навантаження на колесо, товщина протектора, діаметр колеса, ширини колеса, співвідношення  $H/B$ , будова каркаса, якість матеріалів? [1, с. 23–35; 2, с. 35–37; 5, с. 266–273].

8. Які значення може діставати коефіцієнт опору коченню в залежності від типу покриття дороги та її стану? [1, с. 32–33; 2, с. 37; 4, с. 8; 5, с. 267–269]

**Навести у звіті:**

1. Визначення коефіцієнта опору коченню.
2. Теоретичну залежність для визначення коефіцієнта опору коченню колеса.
3. Схему сил, які діють на еластичне колесо при коченні по дорозі, що деформується, з поясненнями.
4. Значення коефіцієнта опору коченню в залежності від типу покриття дороги та її стану.

**2.2 Експериментальна частина**

Лабораторна робота виконується за допомогою динамометричного візка, опис якого надано в лабораторній роботі № 1.

**2.2.1 Методика проведення експерименту**

Коефіцієнт опору коченню експериментальним шляхом визначається методом буксирування візка, на стенді з біговими барабанами або методом вибігу.

Метод вибігу використовується у випадку, якщо слід визначити коефіцієнт опору коченню шин встановлених на автомобілі для конкретних дорожніх умов. Розглянемо суть цього методу.

На початку експерименту автомобіль повинен рухатися з постійною швидкістю не більше 15...16 км/год на горизонтальній ділянці дороги. При проходженні позначки на дорозі водій повинен швидко вимкнути зчеплення та поставити важіль коробки переключення передач в нейтральне положення. У той самий час вмикається секундомір та вимірюється час вільного вибігу автомобіля до повної зупинки.

Коефіцієнт опору кочення знайдемо з рівняння силового балансу автомобіля

$$P_T = P_{\Pi} + P_f + P_B + P_j, \quad (2.1)$$

де  $P_T$  — сила тяги;

$P_{\Pi}$  — сила опору підйому;

$P_f$  — сила опору кочення;

$P_B$  — сили опору повітряного середовища;

$P_j$  — сила інерції.

Згідно з умовами експерименту під час вибігу  $P_T = 0$ ,  $P_{\Pi} = 0$ . Силою опору повітряного середовища на малих швидкостях можна знехтувати та вважати  $P_B = 0$ .

Враховуючи напрям дії сили інерції, рівняння (2.1) має вигляд:

$$P_j = P_f \Leftrightarrow m_a j_a \delta_{\text{вп}} = f m_a g, \quad (2.2)$$

де  $m_a$  — маса автомобіля;

$\delta_{\text{вп}}$  — коефіцієнт урахування мас, що обертаються;

$j_a$  — прискорення автомобіля;

$f$  — коефіцієнт опору кочення;

$g$  — прискорення вільного падіння.

Маючи значення початкової швидкості  $V_a$  автомобіля та час вільного вибігу  $t$ , можна знайти його прискорення:

$$j_a = \frac{V_a}{t},$$

а з рівняння (2.2) — величину коефіцієнта  $f$ .

При виконанні лабораторної роботи коефіцієнт опору коченню може бути визначений *методом буксирування візка*.

Візок за допомогою тросика, що закріплений за динамометр, буксирується по різних горизонтальних поверхнях рівномірно, тобто з постійною швидкістю. Швидкість буксирування повинна бути невеликою — не більше 2...3 м/с. Під час буксирування необхідно динамометром визначити силу  $P_T$ , яка прикладається до візка для його переміщення.

Згідно з рівнянням силового балансу (2.1) для візка сила тяги  $P_T$  використовується для подолання сили опору підйому  $P_{\text{п}}$ , сили опору кочення  $P_f$ , сили опору повітряного середовища  $P_{\text{в}}$  та сили інерції  $P_j$ .

Враховуючи те, що при рівномірному русі  $P_j = 0$ , на горизонтальній поверхні  $P_{\text{п}} = 0$ , а на малих швидкостях силою опору повітряного середовища можна зневажити, отримуємо

$$P_T = P_f.$$

За визначенням  $P_f = f P_Z$  (де  $P_Z$  — вертикальне навантаження на колесо). Для візка у цілому  $P_Z = G_a$  — вазі візка з додатковим навантаженням.

Таким чином, щоб отримати значення коефіцієнту опору коченню коліс, достатньо знати силу тяги та повну вагу візка. Сумарний коефіцієнт опору коченню коліс розраховується за залежністю

$$f = \frac{P_f}{P_Z}.$$

Слід зазначити, що таким методом ми не враховуємо кінематичну складову коефіцієнта опору коченню, оскільки сила тяги підведена не до ко-

ліс, а до крюка динамометра, і, відповідно, крутний момент на колесах відсутній.

### 2.2.2 Порядок виконання роботи

1. Установити в колесах візка максимальний тиск повітря (140...160 кПа).
2. Установити візок на тверду поверхню.
3. Покласти на платформу візка вантаж відповідної маси  $m_B$ .
4. Буксирувати візок з невеликою постійною швидкістю та визначити показання динамометра  $P_{\text{дин}}$ . Результати виміру занести в таблицю 2.1.
5. Змінити масу вантажу та повторити пункт 4.
6. Перемінити дорожні умови та повторити пункти 3...5.
7. Змінити тиск повітря в шинах і повторити пункти 2...6.

Таблиця 2.1 — Експериментальні дані та результати розрахунку

Умови експерименту					Показання динамометра $P_{\text{дин}}$ , кг	Коефіцієнт опору коченню $f$
Тип поверхні	Тиск повітря, кПа	Маса				
		візка $m_0$ , кг	вантаж $m_B$ , кг	візка з вантажем, кг		
Тверда						
Пісок						

### 2.2.3 Обробка експериментальних даних

Чисельне значення коефіцієнта опору коченню визначається відповідно до порядку виконання роботи за залежністю

$$f = \frac{P_{\text{дин}} g}{(m_0 + m_{\text{в}}) g} = \frac{P_{\text{дин}}}{m_0 + m_{\text{в}}},$$

де  $P_{\text{дин}}$  — показання динамометра, кг;

$m_0$  — маса візка, кг;

$m_{\text{в}}$  — маса вантажів, кг.

Результати розрахунків заносяться в таблицю 2.1.

### 2.3 Вміст звіту

1. Порядковий номер лабораторної роботи.
2. Тема роботи.
3. Мета та задачі роботи.
4. Перелік необхідного обладнання.
5. Відповіді на питання зазначені в розділі «Теоретична підготовка до роботи».
6. Порядок виконання експерименту.
7. Результати експерименту й обробки експериментальних даних у вигляді таблиці.
8. Приклад виконання розрахунку для одного експерименту.
9. Графік залежності коефіцієнта опору кочення  $f$  від маси візка з вантажем при різному тиску повітря на піску.
10. Висновок, у якому на основі експериментальних даних проаналізувати вплив різних факторів на величину коефіцієнта опору коченню колеса.

### 2.4 Контрольні питання

1. Поясніть як виникає опір коченню колеса.
2. Поясніть появу моменту опору коченню колеса.
3. Дайте визначення коефіцієнту опору коченню колеса.
4. Запишіть формулу визначення коефіцієнта опору коченню колеса.
5. Назвіть методи визначення коефіцієнта опору коченню колеса, їх переваги та недоліки.
6. Опишіть порядок визначення коефіцієнта опору коченню колеса методом вибігу.
7. Опишіть порядок визначення коефіцієнта опору коченню колеса методом буксирування.

8. Перелічіть та проаналізуйте фактори, що впливають на величину коефіцієнта опору коченню колеса.

9. Формула визначення сили опору коченню.

10. Назвіть шляхи зниження коефіцієнта опору коченню колеса.

11. Проаналізуйте вплив коефіцієнта опору коченню колеса на тягові показники автомобіля.

12. Назвіть порядок величин коефіцієнта опору коченню колеса для доріг з різними покриттями.



## 3 ЗЧЕПЛЕННЯ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ (ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3)

**Мета роботи.** Вивчити та навчитися аналізувати процеси взаємодії коліс з опорною поверхнею, що забезпечують зчеплення колеса з опорною поверхнею при коченні або гальмуванні в різних експлуатаційних умовах.

### **Задачі роботи:**

1. Ознайомитися з поняттям «коефіцієнт зчеплення».
2. Визначити вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на зчеплення колеса й опорної поверхні. Обумовити характер їх впливу на різних дорожніх покриттях.
3. Ознайомитися з експериментальними методами визначення коефіцієнта зчеплення.

**Обладнання:** візок динамометричний, насос, манометр, набір вантажів, зразки різних опорних поверхонь, гальмовий пристрій.

### **3.1 Теоретична підготовка до роботи**

#### **Дати відповіді на питання:**

1. Які елементарні сили визначають граничні значення поздовжньої реакції опорної поверхні  $R_x$ , що діє на колесо в площині контакту? [1, с. 35–37; 2, с. 12–20; 5, с. 274–276]
2. Що являє собою коефіцієнт поздовжнього зчеплення колеса з опорною поверхнею? Його фізична суть? [1, с. 36–37; 5, с. 274–275]
3. Як впливає на коефіцієнт зчеплення проковзування та буксування колеса? [1, с. 36; 5, с. 274; 6, с. 164–165]
4. У чому полягає суть явища аквапланування? [1, с. 37; 5, с. 277–279; 6, с. 170–173]
5. Які існують методи випробувань шин? Їх переваги та недоліки? [7, с. 103–112].
6. Як змінюється коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою в залежності від таких експлуатаційних та конструктивних факторів як: тип покриття дороги та її стан, швидкості руху транспортного засобу, тиск повітря в шині, розмір крутного моменту, що підведений до колеса, температури шини, навантаження на колесо, товщина протектора, діаметр колеса, ширини колеса, насиченість рисунка протектора та ін.? [1, с. 37–38; 2, с. 20–25; 5, с. 275–280; 6, с. 167–174]

7. Які значення може діставати коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою в залежності від типу покриття дороги та її стану? [1, с. 37; 2, с. 25; 4, с. 8; 5, с. 274–276; 6, с. 171]

**Навести у звіті:**

1. Визначення коефіцієнта зчеплення колеса з опорною поверхнею.
2. Теоретичну залежність коефіцієнта зчеплення від проковзування та буксування колеса.
3. Значення коефіцієнта зчеплення в залежності від типу покриття дороги та її стану.

### 3.2 Експериментальна частина

Лабораторна робота виконується за допомогою динамометричного візка, опис якого надано в лабораторній роботі № 1.

#### 3.2.1 Методика проведення експерименту

Коефіцієнт зчеплення експериментальним шляхом визначається методом буксування візка, на стенді з біговими барабанами або методом екстреного гальмування.

Метод екстреного гальмування використовується у випадку, якщо слід визначити коефіцієнт зчеплення шин, встановлених на автомобілі, для конкретних дорожніх умов і дозволяє одержати максимальне значення коефіцієнта або при 100 %-му ковзанні. Розглянемо суть цього методу у його спрощеному вигляді.

На початку експерименту автомобіль повинен рухатися з постійною швидкістю на горизонтальній ділянці дороги. Якщо швидкість не більше 15...16 км/год, можна буде знехтувати силою опору повітряного середовища. При проходженні позначки на дорозі водій повинен екстрено загальмувати автомобіль з відключеною трансмісією. Після повної зупинки вимірюється гальмівний шлях  $S_{\Gamma}$  автомобіля.

Згідно з законом збереження енергії кінетична енергія  $E_k$  автомобіля буде переведена в теплову завдяки роботі  $A_{\Gamma}$  сил тертя при гальмуванні. Таким чином можна записати

$$E_k = A_{\Gamma} \Leftrightarrow \frac{m_a V_a^2}{2} = P_{зч} S_{\Gamma}, \quad (3.1)$$

де  $V_a$  — початкова швидкість автомобіля;

$P_{зч}$  — сила зчеплення коліс з дорогою, яка, за визначенням,

$$P_{зч} = \varphi_x P_Z = \varphi_x G_a = \varphi_x m_a g, \quad (3.2)$$

де  $P_Z$  — вертикальне навантаження на колесо, яке для візка у цілому дорівнює  $G_a$  — вазі візка з додатковим навантаженням.

Підставивши (3.2) у (3.1), маємо залежність для експериментального визначення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою визначеним способом

$$\varphi_x = \frac{V_a^2}{2gS_\Gamma}, \quad (3.3)$$

де усі значення величин повинні бути приведені до міжнародної системи вимірювань SI [10, 11].

Маючи значення початкової швидкості  $V_a$  автомобіля та його гальмівний шлях, можна знайти значення  $\varphi_x$ .

Якщо під час експерименту колеса автомобіля були повністю заблоковані, то визначено  $\varphi_x$  при 100 %-му ковзанні, а при гальмуванні на межі блокування — максимальне значення.

*При виконанні лабораторної роботи* коефіцієнт зчеплення коліс з опорною поверхнею може бути визначений *методом буксирування візка*.

Візок за допомогою тросика, що закріплений за динамометр, буксирується по різних горизонтальних поверхнях рівномірно, тобто з постійною швидкістю. При цьому колеса візка повинні бути заблоковані гальмівним пристроєм. Швидкість буксирування повинна бути невеликою — не більше 2...3 м/с. Під час буксирування необхідно динамометром визначити силу  $P_T$ , яка прикладається до візка для його переміщення.

У цьому випадку сила тяги  $P_T$  використовується для подолання сили зчеплення коліс з опорною поверхнею. Згідно з рівнянням (3.2)

$$P_T = \varphi_x G_a \Rightarrow \varphi_x = \frac{P_T}{G_a}. \quad (3.4)$$

Для випадку застосування динамометра з вимірюванням сили тяги в кГс

$$\varphi_x = \frac{P_T}{m_a}. \quad (3.5)$$

Слід зазначити, що таким методом ми одержуємо значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою при 100 %-му ковзанні.

### 3.2.2 Порядок виконання роботи

1. Установити в колесах візка максимальний тиск повітря (140...160 кПа).
2. Установити візок на тверду поверхню.
3. Заблокувати колеса гальмовим пристроєм.

4. Покласти на платформу візка вантаж відповідної маси  $m_B$ .
5. Буксирувати візок з невеликою постійною швидкістю та визначити показання динамометра  $P_{\text{дин}}$ . Результати виміру занести в таблицю 3.1.
6. Змінити масу вантажу та повторити пункт 5.
7. Перемінити дорожні умови та повторити пункти 3...5.
8. Змінити тиск повітря в шинах і повторити пункти 2...6.

Таблиця 3.1 — Експериментальні дані та результати розрахунку

Умови експерименту				Показання динамометра $P_{\text{дин}}$ , кг	Коефіцієнт зчеплення $\varphi$
Тип поверхні	Тиск повітря, кПа	Маса			
		візка $m_0$ , кг	вантаж $m_B$ , кг		
Тверда суха					
Тверда волога					
Пісок					

### 3.2.3 Обробка експериментальних даних

Чисельне значення коефіцієнта зчеплення визначається відповідно до порядку виконання роботи за залежністю

$$\varphi = \frac{P_{\text{дин}} g}{(m_0 + m_{\text{в}}) g} = \frac{P_{\text{дин}}}{m_0 + m_{\text{в}}}, \quad (3.6)$$

де  $P_{\text{дин}}$  — показання динамометра, кг;

$m_0$  — маса візка, кг;

$m_{\text{в}}$  — маса вантажів, кг.

У разі, якщо при проведенні експерименту блокувалися лише 2 колеса

$$\varphi = \frac{P_{\text{дин}}}{0,5(m_0 + m_{\text{в}})}. \quad (3.7)$$

Результати розрахунків заносяться в таблицю 3.1.

### 3.3 Вміст звіту

1. Порядковий номер лабораторної роботи.
2. Тема роботи.
3. Мета та задачі роботи.
4. Перелік необхідного обладнання.
5. Відповіді на питання зазначені в розділі «Теоретична підготовка до роботи».
6. Порядок виконання експерименту.
7. Результати експерименту й обробки експериментальних даних у вигляді таблиці.
8. Приклад виконання розрахунку для одного експерименту.
9. Графік залежності коефіцієнта зчеплення  $\varphi$  від тиску повітря на різних типах поверхні.
10. Висновок, у якому на основі експериментальних даних виконати аналіз впливу різних факторів на величину коефіцієнта зчеплення коліс з опорною поверхнею.

### 3.4 Контрольні питання

1. Поясніть які явища обумовлюють силу зчеплення коліс з дорогою.
2. Дайте визначення коефіцієнту зчеплення.
3. Запишіть формулу для визначення коефіцієнта зчеплення.
4. Що характеризує коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою?

5. Які види коефіцієнта зчеплення розрізняють? Який зв'язок між ними?
6. Як визначити максимальну силу зчеплення коліс з дорогою?
7. Назвіть методи визначення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою, їх переваги та недоліки.
8. Опишіть порядок визначення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою методом екстреного гальмування.
9. Опишіть порядок визначення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою методом буксирування.
10. Перелічіть та проаналізуйте фактори, що впливають на величину коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою.
11. Поясніть суть явища аквапланування. Назвіть заходи запобігання цьому явищу.
12. Назвіть шляхи підвищення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою.
13. Проаналізуйте вплив коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою на тягово-швидкісні та гальмові властивості автомобіля, усталеність його руху та керованість.
14. Назвіть порядок величин коефіцієнта зчеплення коліс з опорною поверхнею для доріг з різними покриттями.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Литвинов А. С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
2. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория / А. И. Гришкевич. — Минск: Высшая школа, 1986. — 208 с.
3. Иларионов В. А. Эксплуатационные свойства автомобиля / Иларионов В. А. — М.: Машиностроение, 1966. — 280 с.
4. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: навч. посібник / В. П. Сахно, Г. Б. Безбородова, М. М. Маяк, С. М. Шарай. — К.: КВІЦ, 2004. — 174 с.
5. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса / пер. с нем. В. П. Агапова; под ред. О. Д. Златовратского. — М.: Машиностроение, 1986. — 320 с.
6. Бакфиш К. Новая книга о шинах / К. Бакфиш, Д. Хайнц. — М.: Издательство Астрель, 2003. — 303 с.
7. Балабин И. В. Испытания автомобилей: [учебник для машиностроительных техникумов по специальности «Автомобилестроение»] / И. В. Балабин, Б. А. Куров, С. А. Лаптев. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 192 с.
8. Бортницкий П. Н. Тягово-скоростные качества автомобилей / П. Н. Бортницкий, В. И. Задорожный. — К.: Вища школа, 1978. — 176 с.
9. Краткий автомобильный справочник НИИАТ. — 10-е изд. перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1983. — 220 с.
10. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення: ДСТУ 3651.0-97. — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 1998. — 9 с. — (Національні стандарти України).
11. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення: ДСТУ 3651.1-97. — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 1998. — 76 с. — (Національні стандарти України).

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

**Цокур Володимир Григорович**  
**Хімченко Аркадій Васильович**  
**Приходченко Дмитро Юрійович**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ**  
**«АВТОМОБІЛІ». КІНЕМАТИКА І ДИНАМІКА**  
**ЕЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА**  
**(ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ ПІДГОТОВКИ**  
**6.070106 «АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ»)**

Підписано до випуску 21.02.2013 р. Гарнітура Times New.  
Умов. друк. арк. 1,43. Зам. № 56

---

Державний вищий навчальний заклад  
«Донецький національний технічний університет»  
Автомобільно-дорожній інститут  
84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51  
E-mail: redizo@adidonntu.org.ua

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007 р.