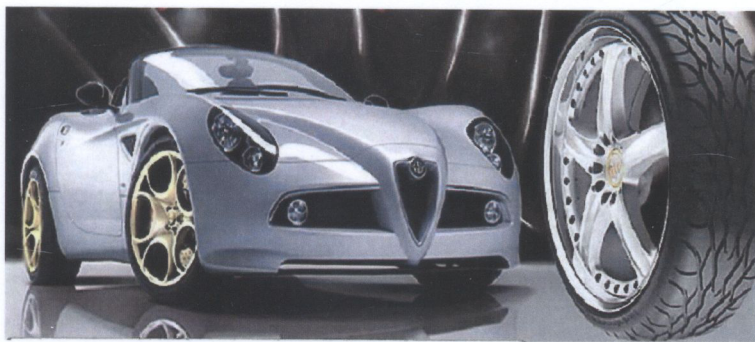
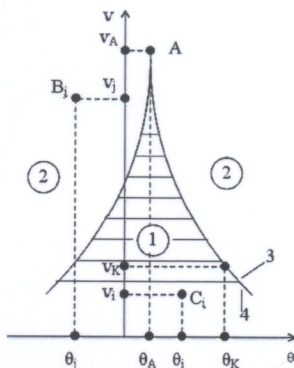
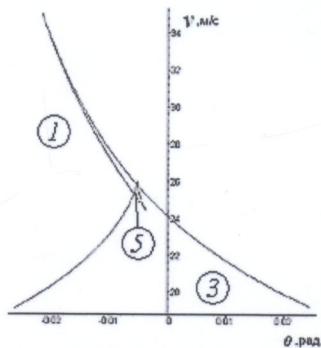


В. А. Макаров, Т. В. Макарова, С. В. Цимбал

# СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЗДАТНІСТЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

## ЕЛАСТИЧНІ РУШІЇ



Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**В. А. Макаров, Т. В. Макарова, С. В. Цимбал**

**СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
РОБОТОЗДАТНІСТЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ  
ЕЛАСТИЧНІ РУШІЇ**

**Практикум**

Вінниця  
ВНТУ  
2021

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 15 від 25 травня 2021 р.)

Рецензенти:

**В. П. Сахно**, доктор технічних наук, професор

**О. П. Кравченко**, доктор технічних наук, професор

**В. М. Михалевич**, доктор технічних наук, професор

**Макаров, В. А.**

М36 Сучасні системи управління роботоздатністю транспортних засобів. Еластичні рушії : [практикум] / В. А. Макаров, Т. В. Макарова, С. В. Цимбал. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 102 с.

ISBN 978-966-641-860-2

Практикум відповідає програмі навчальної дисципліни «Сучасні системи управління роботоздатністю транспортних засобів» і містить оригінальні завдання з двох видів занять: практичних й лабораторних. Розв'язання завдань сприяє забезпеченню поглиблення знань магістрантів з розвитку управління робочим станом еластичних рушіїв автомобільних транспортних засобів. Вагомою складовою практикуму, яка допоможе розв'язанню завдань робіт, є додаткова корисна теоретична і практична інформація з зони тяжіння задач, що вирішуються. Цінними можуть бути приклади звітів з робіт і питання для самоконтролю знань.

Зміст практикуму дозволяє використовувати його не тільки для практичних і лабораторних робіт з дисципліни, а також при виконанні індивідуальних завдань та самостійної роботи магістрантів. Результати, інформація та навички, що отримані в даних роботах, можуть бути корисними в процесі створення магістерських кваліфікаційних робіт.

Практикум призначений для магістрантів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт».

УДК 621.01(075)

ISBN 978-966-641-860-2

© ВНТУ, 2021

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	4
ПЕРЕДМОВА .....	5
ВСТУП.....	7
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1</b>	
Аналіз чинників нероботоздатності шини та оцінювання можливості подальшої експлуатації еластичного рушія .....	8
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2</b>	
Аналіз інноваційного розвитку еластичних рушіїв автомобілів.....	25
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3</b>	
Аналіз чинників нероботоздатності автомобільних свічок запалювання та оцінювання особливостей подальшого руху АТЗ з означеними свічками.....	37
<b>ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4</b>	
Оцінювання технічного стану автомобільних шин .....	54
<b>ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5</b>	
Визначення даних щодо розрахунку кута відведення автомобіля при переміщенні по колу .....	60
<b>ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6</b>	
Діагностування ефективності дії гальмівної системи автомобілів .....	64
<b>ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7</b>	
Визначення шорсткості дорожнього покриття .....	73
<b>ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8</b>	
Оцінювання можливості використання площі контакту пневматичної шини з опорною поверхнею для діагностування тиску повітря .....	78
ЛІТЕРАТУРА.....	94
ДОДАТКИ.....	96
Додаток А Приклади відображення значень діагностичних параметрів за результатами оцінювання ефективності дії гальмівної системи .....	97
Додаток Б	
Оцінювання шорсткості дорожнього покриття методом «піщаної плями» (приклад) .....	98



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АТЗ	- автотранспортний засіб;
ДВЗ	- двигун внутрішнього згоряння;
ДТП	- дорожньо-транспортна пригода;
ІШ	- інноваційна шина;
КСР	- курсова стійкість руху;
КТЗ	- колісний транспортний засіб;
СЗ	- свічка запалювання;
СРР	- стаціонарний режим руху;
ТС	- технічний стан.

## ПЕРЕДМОВА

Отримання нового знання є одним із найскладніших процесів, що відбуваються в планетарній системі Землі. Пізнання характеризується ознайомленням з функціонуванням великої кількості природних протиріч, які зміщені за часом дії та широко розгорнуті в просторі. На теперішньому інтелектуальному та інформаційному етапі прогресу суспільства використовується низка підходів до розвитку освіти в сфері автомобільного транспорту. Багато публікацій відображають великий потенціал різних технічних систем з використанням сучасних інформаційних технологій. Але потрібно використовувати також альтернативні, випробувані часом варіанти формування знань спеціалістів, які також можуть бути дієвими. Так, великий поет, письменник, філософ і вчений Й.-В. Гете писав, що на його розвиток вплинули цілеспрямовані та повні енергії студенти, з якими він безпосередньо взаємодіяв. Олександр Македонський, який завоював найбільшу імперію свого часу, казав, що поважає батька за можливість існування сина, а свого вчителя Арістотеля – за високий рівень свого життя [1].

Мета передмови – висвітлити сутність запропонованих в практикумі робіт та звернути увагу на розгляд автомобільного колеса, яке є найбільш прогресивною та інноваційною системою. На сьогоднішній день, автомобільне колесо не розглядається таким негативним джерелом впливу на навколишнє середовище, як наприклад, двигун внутрішнього згоряння [2]. Тому даний компонент автомобіля постійно розвивається та стає все більш інтелектуальним.

Нижче наведений опис практичних і лабораторно-практичних робіт:

- перша практична робота надає інформацію про спектр можливих змін технічного стану існуючих шин, які використовували рухомий склад колісних транспортних засобів, що переміщується на теперішніх дорогах; магістранту потрібно виконати аналіз отриманого рисунка недосконалого рушія і сформулювати версію про процеси, що могли зумовити існуючий вигляд об'єкта;

- в наступній роботі магістрант навчається пізнавати системи автомобіля, які мають, натеper, найбільшу інтенсивність розвитку (в даному випадку розглянуто швидкий прогрес еластичних рушіїв, а не «занепад» двигунів внутрішнього згоряння – магістрант навчається здійснювати пошук інноваційної інформації, що є новою для автомобілів). Далі потрібно сформулювати у магістранта здібність генерувати нові технічні рішення для автомобільного транспорту: створити діагностичний засіб, установку для ремонту тощо;

- третя практична робота закріплює знання про ретроспективний

аналіз причин незадовільного технічного стану елементів електрообладнання на прикладі автомобільних свічок запалювання;

- на наступних етапах формування здібностей магістранта застосовуються лабораторно-практичні роботи, які поглиблюють формування знання про технічний стан еластичних рушіїв та контрольно-діагностичні роботи з шинних і гальмівних систем, що є визначальними для оцінювання ефективності та прогнозування дії системи «колесо – дорога».

Кожна інформація для практичної або лабораторно-практичної роботи містить стисле викладення теоретичного і довідкового матеріалу, які уможливають розв'язання поставлених завдань.

Запропоновані в роботах напрями і методики направлені на забезпечення найбільш цінного остаточного результату багаторічного навчання в університеті – формуванню випускової кваліфікаційної роботи. Адже важливим є не проходження «терен» сукупності тестів, а вистраждана, створена і презентована самим магістрантом випускова кваліфікаційна робота, з досягненнями якої він займе життєву позицію, де його знання будуть потрібні у великому спектрі динамічної діяльності транспорту (часто в умовах невизначеності). Під час презентації та захисту випускової роботи автору потрібно перетворити надрукований текст на абетку з психологічним впливом мови, яка «пробуджує» та зворушує слухачів на середині слів, що висвітлюють «пучок» сутностей проведеного аналізу. Після пізнання логічної та «веселої» істини наук, магістрант вступить в життя з його «жагучою і злою» мудрістю [1].

## ВСТУП.

Задачами дисципліни «Сучасні системи управління роботоздатністю транспортних засобів» (далі – ССУРТЗ) є вивчення:

- сучасних тенденцій розвитку систем автомобіля, які є «локомотивами» вирішення прогресу колісних транспортних засобів в цілому;
- технічної експлуатації означених сучасних систем;
- можливих технічних впливів, що дозволяють управляти роботоздатністю теперішніх транспортних засобів.

Потрібно набути практичних навичок розв'язання варіантів дії різних процесів на зміну структури елементів або компонентів КТЗ за зовнішнім виглядом або результатами діагностування.

Важливим є зв'язок дисципліни ССУРТЗ з дисциплінами: «Організація наукових досліджень в галузі транспорту», «Виробничі процеси та процедури надання послуг в автосервісі», «Економічне обґрунтування інноваційних рішень в галузі транспорту», «Прогресивні методи та технології експлуатації та сервісу автомобілів».

Дисципліна ССУРТЗ є однією з базових, за якими здійснюється цикл підготовки магістранта зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт». Вона має остаточно сформувати особистість магістранта, який буде в змозі виконати магістерську кваліфікаційну роботу (МКР), прилюдно презентувати її спеціалістам та присутнім при захисті МКР так, щоб вони були зацікавленими задавати питання, на які здобувач має докладно та вдало відповідати, створюючи піднесену атмосферу «народження» нового дієвого магістра.

Використання практикуму направлено на формування у магістрантів ВНТУ компетентностей з прийняття сміливих і нестандартні рішень, що дозволить випускникам бути цінним і привабливим активом університету в змаганні з іншими закладами освіти. В процесі навчання означеному формуванню можуть сприяти такі складові:

- прилюдне надання самостійно розробленої навчальної або наукової інформації перед слухачами, яких потрібно зацікавити;
- жорстка логіка компактного викладення суті проблеми та її розв'язання;
- емоційність та образність викладання інформації за спеціальністю;
- миттєва й доцільна реакція магістранта, що захищає свою точку зору, відповідаючи на контраргументи слухачів;
- авторитетний висновок викладача.

Таким чином, в процесі виконання робіт відбувається поглиблення теоретичних знань і зростання інтелекту магістранта, які дозволяють змагатися з іншими амбіційними претендентами за перемогу в розв'язанні певної складної технічної ситуації.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

# АНАЛІЗ ЧИННИКІВ НЕРОБОТОЗДАТНОСТІ ШИНИ ТА ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛАСТИЧНОГО РУШІЯ

**Мета роботи:** формування дослідницького підходу магістранта до визначення технічного стану шини та можливості відновлення роботоздатності еластичного рушія транспортного засобу.

### 1.1 Характеристика об'єкта та методів дослідження

**Об'єкт дослідження** – пневматична шина.

Перед формулюванням поняття пневматичної шини доцільно спочатку проаналізувати важливість та особливість автомобільних коліс.

Колеса автомобілів, які рухаються по опорній поверхні планети, є важливими елементами транспортних засобів, що здійснюють раціональне переміщення в просторі пасажирів та матеріальних об'єктів. В системі «коло-со – дорога» розв'язується значуща технічна проблема – формування силової взаємодії поверхні оболонки кола еластичного колеса з розгорнутою у просторі лінійною поверхнею дороги. Таке завдання чомусь не вирішувала (або не вирішила) геніальна майстриня дійсності – первинна природа Землі. Зафіліантський період часу свого розвитку, вона з великим терпінням створила нескінченну кількість досконалих об'єктів. Але витончена ускладненість природи не дозволила їй оснастити колеса для руху жодне з її творінь. Тільки людина розв'язала завдання руху на колесах.

Є інформація, що в середині XIX-го століття, почали використовувати еластичні оболонки, які закріплюлися на зовнішньому колі коліс кінських екіпажів. Означене технічне рішення дозволило поліпшити зчеплення рушія з опорною поверхнею, що зумовило можливість формування силового поля у контакті колеса з дорогою. Надалі, були створені основи керованості та стійкості руху автомобілів на пневматичних шинах.

**Пневматична еластична шина** – це рушій автомобіля, що має форму увігнутого еластичного кільця з бічними краями, які закріплюються на диску колеса для формування внутрішньої порожнини, що заповнюється стисненим повітрям. Пружне кільце має композитну структуру, що містить гуму, металеві та штучні елементи.

Внутрішній тиск повітря пневматичної шини визначає геометрію і пружність колеса [3]. Саме повітря є складовою невіднесеною шини, що швидко обертається. Наведені позитивні властивості використання стисненого повітря зумовили довгий життєвий цикл пневматичної шини. До того ж, атмосферне повітря в довікллі, поки що, є безкоштовним.

Однак наявність пневматичних акумуляторів-шин, які закріплені на колесах сучасних швидкісних автомобілів, зумовлювала можливість ДТП з дуже важкими наслідками. Якщо миттєво руйнувалася структура рушія КТЗ, докорінно змінюючи силове поле машини, це порушувало баланс дії усіх сил.

**Методи**, що використовуються для ініціювання виникнення у магістрантів мотивації до інтенсифікації мислення: змагання з амбіційним конкурентом, мозковий штурм, публічність дискусії, ораторське мистецтво презентування результатів свого аналізу. Сприяють ефективному розв'язанню задач такі наукові складові: теорія руху автомобіля, технічна експлуатація транспортних засобів, діагностика, надійність, теорія біфуркацій.

## 1.2 Послідовність виконання завдання

Після вибору варіанта завдання (табл. 1.1) потрібно розв'язати нижче-вказані задачі.

1. Визначити назву недосконалості шини.
2. Обґрунтувати дію можливих чинників виникнення зміни ТС об'єкта, що розглядається.
3. Оцінити роботоздатність еластичного рушія за функціями, які має виконувати колесо автомобіля (зчеплення з дорогою, опір коченню, формування сил в контакт з опорною поверхнею тощо).
4. Оцінити можливість подальшого використання шини в різних умовах.
5. Визначити шляхи відновлення ТС шини або виконання заміни еластичного рушія іншим колесом.
6. Оформити письмовий звіт та підготувати доповідь з презентацією (1 – 3 слайди).

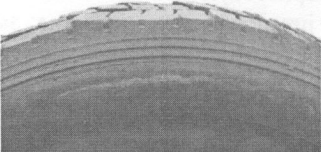

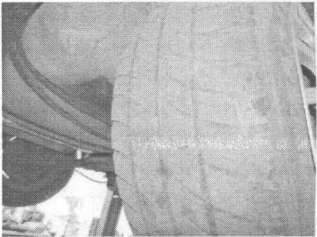
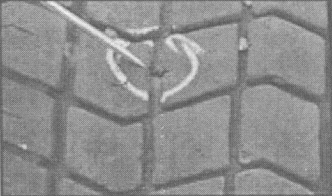
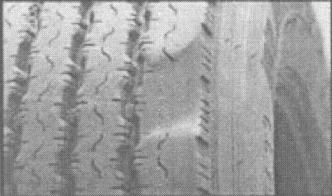
## 1.3 Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Наведено 20 варіантів завдань (таблиця 1.1). Номер варіанта має відповідати порядковому номеру прізвища магістранта в журналі групи.

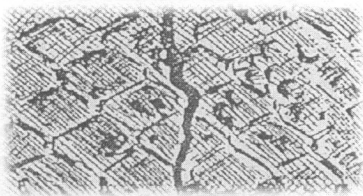
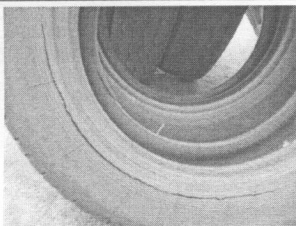
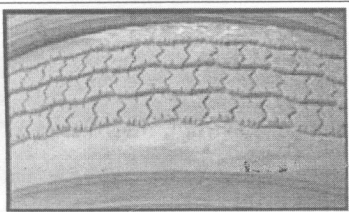
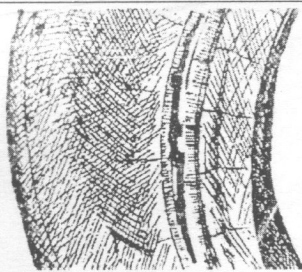
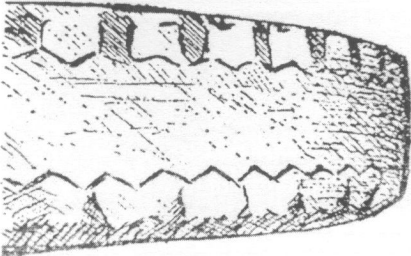
Зовнішній вигляд еластичних шин може мати великий спектр проявів. Еластичний рушій автомобіля є носієм впливу багатьох систем, компонентів та елементів транспортних засобів: двигуна, трансмісії, підвіски, кузова тощо. На стан еластичних рушіїв суттєво впливають дороги, якими рухаються автомобілі. Це проколи, порізи, тріщини, розриви тощо.

Дуже багато інформації існує на шинах після керування транспортними засобами різними водіями, з їх різким гальмуванням, маневруванням та поворотами. Різні дефекти можуть з'являтися на шинах, які були виготовлені з порушеннями вимог технології. Багато особливостей мають наведені нижче відображення еластичних рушіїв.

Таблиця 1.1 – Зовнішній вигляд еластичного рушія на різних етапах життєвого циклу

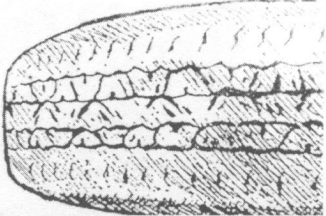
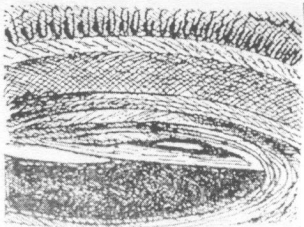
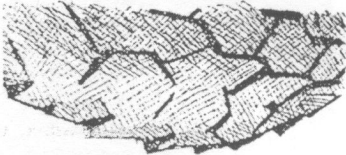
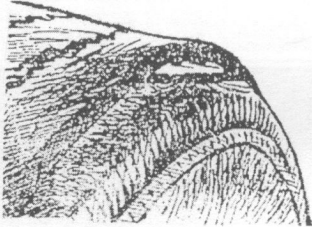

№ варіанта	Зовнішній вигляд недосконалості шин
1	
2	
3	
4	
5	

Продовження таблиці 1.1

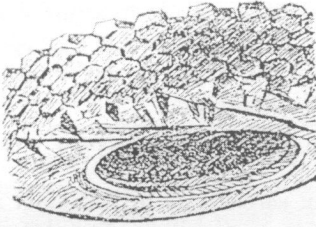
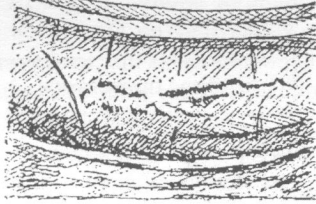
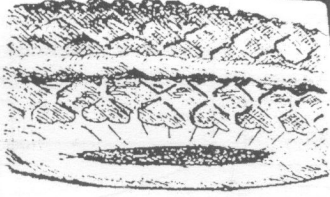

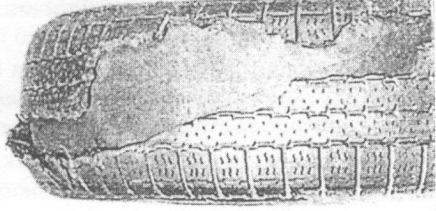
№ варіанта	Зовнішній вигляд недосконалості шин
6	
7	
8	
9	
10	



Продовження таблиці 1.1

№ варіанта	Зовнішній вигляд недосконалості шин
11	
12	
13	
14	
15	

Продовження таблиці 1.1

№ варіанта	Зовнішній вигляд недосконалості шин
16	
17	
18	
19	
20	

## 1.4 Корисна інформація для виконання роботи

В період експлуатації автомобіля потрібно забезпечити можливість своєчасного та достовірного діагностування його технічного стану, який перманентно змінюється. Це зумовлено безперервною дією багатьох різних зовнішніх і внутрішніх факторів, що сприяють розвитку процесів зношування, руйнування, ерозії тощо.

### 1.4.1 Механізми зносу протектора та використання теорії біфуркацій

Одним з найбільш вагомих та інтенсивних процесів, що зумовлюють зміну технічного стану рушія автомобіля [4], є зношування протектора шин (рис. 1.1).

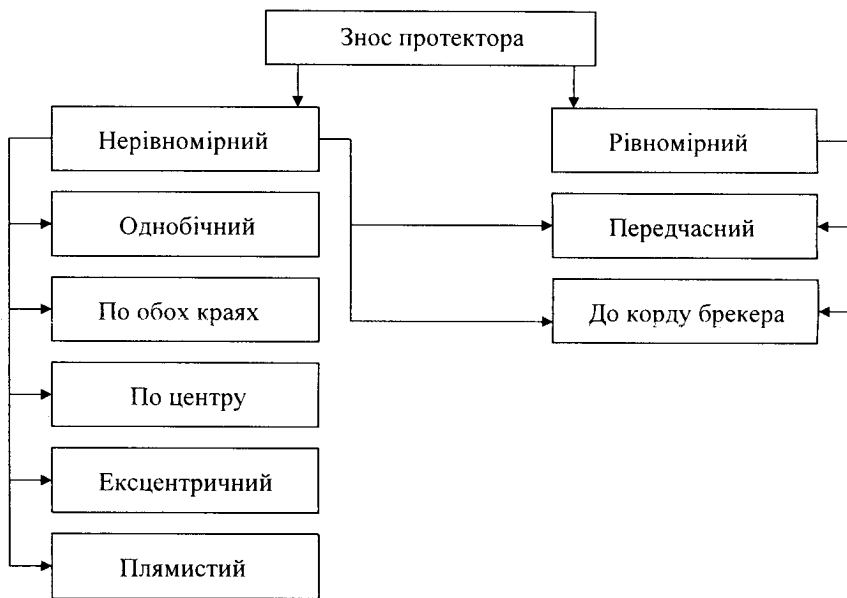


Рисунок 1.1 – Види зносу протектора еластичних рушіїв автомобілів

Для певної сукупності шин існують раціональна (допустима) інтенсивність зношування протектора і рівномірний вид зносу, але у 10–15% випадків – знос нерівномірний.

Якщо гранична вишина виступів рисунка протектора регламентується, то припустимий ступінь нерівномірності його зносу по ширині та колу шини вказується окремо, хоча шини з різним нерівномірним видом зносу можуть викликати неоднакові бічні сили в контакті еластичних коліс із

опорною поверхнею. В результаті передня та задня осі будуть рухатися з різними за величиною або знаком відведеннями шин, що може призвести до втрати автомобілем курсової стійкості руху.

Інформацію щодо характеристик для прогнозування курсової стійкості руху колісного транспортного засобу наведено нижче. Таким чином, з урахуванням цієї інформації, є можливість підвищення безпеки переміщення автомобіля з високою швидкістю шляхом поліпшення його КСР за рахунок раціонального розташування на автомобілі шин, що мають нерівномірний однобічний знос протектора. Такий вид зносу призводить до виникнення «конічного» ефекту, тобто до появи в контакті цієї шини з дорогою збурювальної додаткової складової бічної сили, яка може відхилити автомобіль від заданого водієм напрямку руху. Величина загального збурювання для автомобіля в цілому буде залежати від розташування «конічних» шин на автомобілі. Отже, можна припустити, що можливі випадки як раціонального (з точки зору КСР) розташування шин, так і найнесприятливішого, коли відбудеться погіршення показників стійкості руху.

З огляду на наведене, для дослідження було обрано з загальної сукупності варіантів розташування шин з нерівномірним зносом по осях і бортах автотранспортного засобу тільки два варіанти. В першому випадку «конусні» шини розташовано таким чином, що бічні сили на кожному з чотирьох коліс легкового КТЗ спрямовані в один бік (рис. 1.2, а), в другому – бічні сили коліс передньої та задньої осей спрямовані в протилежні боки (рис. 1.2, б).

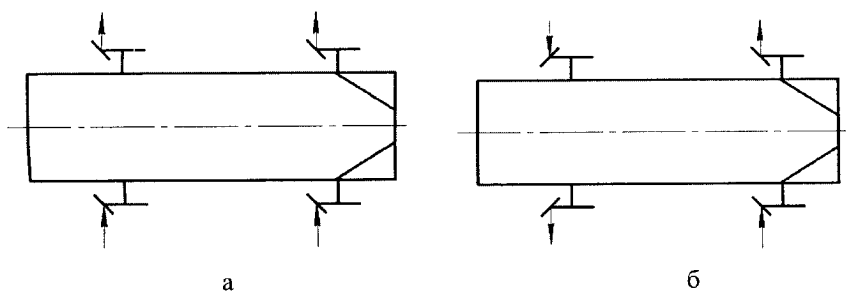


Рисунок 1.2 – Схема розташування «конусних» шин на автомобілі та напрямки дії бічних сил в контактах шин із дорогою

Для аналізу застосовано математичну модель, яка враховує вплив на показники КСР кожної встановленої на автомобіль шини [4].

$$m(\ddot{u} + \omega v) = Y_{11} \cos \theta_{11} + Y_{12} \cos \theta_{12} + Y_{21} \cos \theta_{21} + Y_{22} \cos \theta_{22}; \quad (1.1)$$

$$J\dot{\omega} = aY_{11} \cos \theta_{11} + aY_{12} \cos \theta_{12} + bY_{21} + bY_{22}, \quad (1.2)$$

де  $m$  – маса автомобіля;

$u, v$  – відповідно, поперечна та поздовжня швидкості центра мас автомобіля;

$\dot{u}$  – поперечне прискорення центра мас автомобіля;

$\omega, \dot{\omega}$  – кутова швидкість та кутове прискорення обертання автомобіля навкруги вертикальної осі, що проходить через центр мас;

$\theta_1, \theta_2$  – кути повороту передніх правого та лівого коліс відповідно, навколо їх осей;

$a, b$  – відстань від центра мас до передньої та задньої осей автомобіля відповідно;

$J$  – момент інерції кузова щодо центральної вертикальної осі;

$Y_{11}, Y_{12}$  – бічні сили правого та лівого коліс на передній осі;

$Y_{21}, Y_{22}$  – бічні сили правого та лівого коліс на задній осі.

За механізм, що описує характер взаємодії шини з дорогою, використано модель кочення колеса І. Рокара [5], яка для шини з однобічним зносом (конусний ефект) має вигляд

$$Y = k\delta \pm Y_0, \quad (1.3)$$

де  $k$  – коефіцієнт бічного відведення;

$\delta$  – кут відведення;

$Y_0$  – складова бічної сили, що зумовлена наявністю в шині конусного ефекту.

Залежно від напрямку дії складової бічної сили вона доповнює або зменшує величину загальної бічної сили.

На початку розглянемо характеристики при однаковій спрямованості складових бічних сил, зумовлених жорсткісною неоднорідністю («конусністю»). У цьому випадку для КТЗ, шини яких мають різну кількісну оцінку жорсткісної неоднорідності, графіки залежності швидкості їх руху ( $V$ ) від кута повороту коліс ( $\theta$ ) водієм будуть зрушені в різні сторони та відстані від вертикальної осі координат (рис. 1.3).

Графік із точкою повернення  $A$  буде близький до характеристики стаціонарних режимів руху автомобіля на шинах з рівномірним зносом протектора. Графіки ж, що мають точки повернення  $A'$  та  $A''$ , характерні для шин з великою жорсткісною неоднорідністю, яка впливає на стійкість руху по-різному.

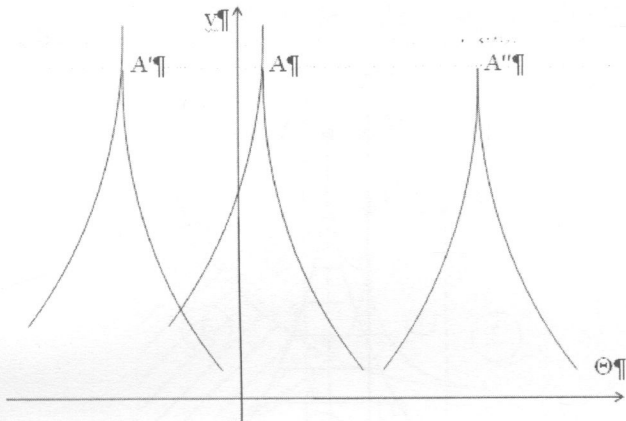


Рисунок 1.3 – Графіки біфуркаційних діаграм, що відображають залежності критичної лінійної швидкості руху КТЗ ( $V$ ) від кута повороту коліс ( $\theta$ ) водієм

Нижче наведено варіант однобічного зносу протектора шини, який створює складову бічної сили (рис. 1.4), що може вплинути на КСР автомобіля.

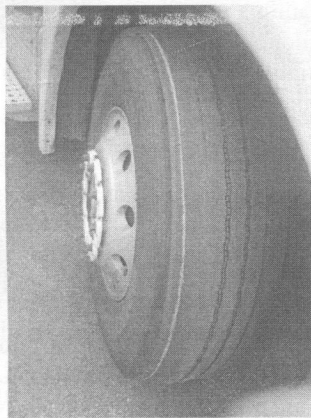


Рисунок 1.4 – Однобічний знос рисунка протектора рушія, який може зумовити нестійкий рух автомобіля

Різні види діаграм біфуркаційних множин, які є характеристиками стійкості або нестійкості стаціонарних режимів руху КТЗ, що мають шини з неоднорідною жорсткістю за їх профілем, можна отримати шляхом гра-

фоаналітичного аналізу (рис. 1.5 та 1.6).

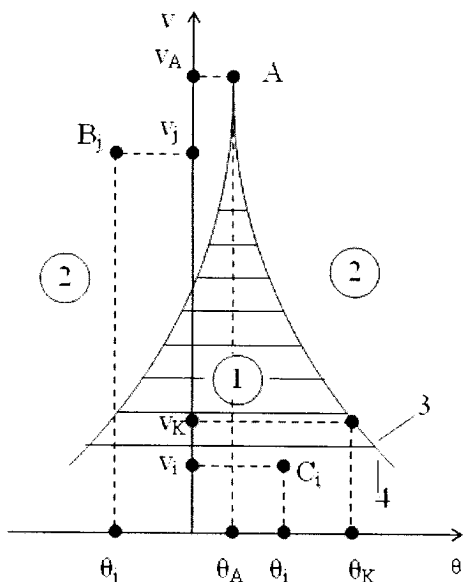


Рисунок 1.5 – Біфуркаційна множина для випадку руху КТЗ на шинах з жорсткісними неоднорідностями, які зумовлюють бічні сили однієї спрямованості:  $V$  – лінійна швидкість автомобіля,  $\theta$  – кут повороту коліс водієм (вліво від осі ординат – «-», вправо – «+»)

Аналіз графіка показує, що будь-які точки  $C_i$  з координатами  $V_i$  та  $\theta_i$  в зоні 1 відповідають можливості стаціонарного режиму руху КТЗ (стійкого або нестійкого). Для безлічі режимів руху, що характеризуються сукупністю точок  $B_j$  у зоні 2 (вище графіка), немає стаціонарних режимів – будь-яка зміна швидкості  $V$  або курсового кута повороту  $\theta$  (з різних причин) викликає втрату курсової стійкості руху автомобіля.

Точка  $A$  (точка повернення) характеризує умови втрати стійкості прямолінійного стаціонарного режиму руху дорожнього транспортного засобу. Самі криві графіка, що ведуть від точки  $A$  до горизонтальної осі, характеризують режими втрати стійкості. Більш уважно й докладно потрібно розглядати ділянки 3 і 4, що перебувають у безпосередній близькості від кривих. На ділянці 3 можуть бути стійкі режими, при яких відбувається невелике коливання курсу, а на ділянці 4 можуть бути нестійкі стаціонарні режими з істотним коливанням курсу руху КТЗ.

Нижче (рис. 1.6) розглянуті біфуркаційні множини при різних спрямуваннях жорсткісної неоднорідності шин передньої та задньої осей легково-

го автомобіля, що створює обертальний момент навколо вертикальної осі автомобіля (див. рис. 1.2, б).

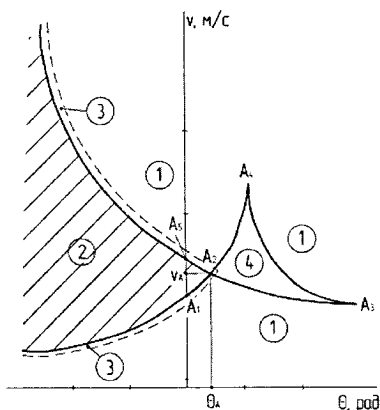


Рисунок 1.6 – Біфуркаційна множина для випадку, коли жорсткісні неоднорідності («конусності») шин спрямовують бічні сили в протилежні сторони для передньої та задньої осей легкового автомобіля

Для біфуркаційної множини [5], що показана на рис. 1.6, значення керувальних параметрів  $v$  та  $\theta$  створюють певні зони. Зона 1 (зверху, знизу і справа від графіків) характеризується наявністю двох стаціонарних режимів руху, з яких один може бути стійким, а інший – нестійким. В зоні 2 зовсім не існує стаціонарних режимів руху. В зоні 4 існують чотири стаціонарних режими руху, з яких два можуть бути стійкими, а інші два – нестійкими.

Парна кількість СРР, що розташовується в різних зонах діаграми біфуркаційної множини, характеризує КСР асиметричного автомобіля. У цьому випадку біфуркаційна множина характеризується іншими графіками, ніж для симетричного КТЗ. При переході з зони в зону через одну лінію графіка змінюється кількість стаціонарних режимів на 1. У точці  $A_2$  відбувається перетинання двох ліній, тобто двічі відбувається перехід, і кількість СРР змінюється на 2.

Діапазон  $\pm 0,007$  рад. на горизонтальній осі кута повороту колеса, є допустимим (згідно з вимогами фірми Bosch) для експлуатаційних значень кута відведення звичайного легкового автомобіля.

#### 1.4.2 Аналіз впливу руйнування на жорсткість шин

Види руйнування еластичних шин автомобілів зображені на структурній схемі (рисункок 1.7).



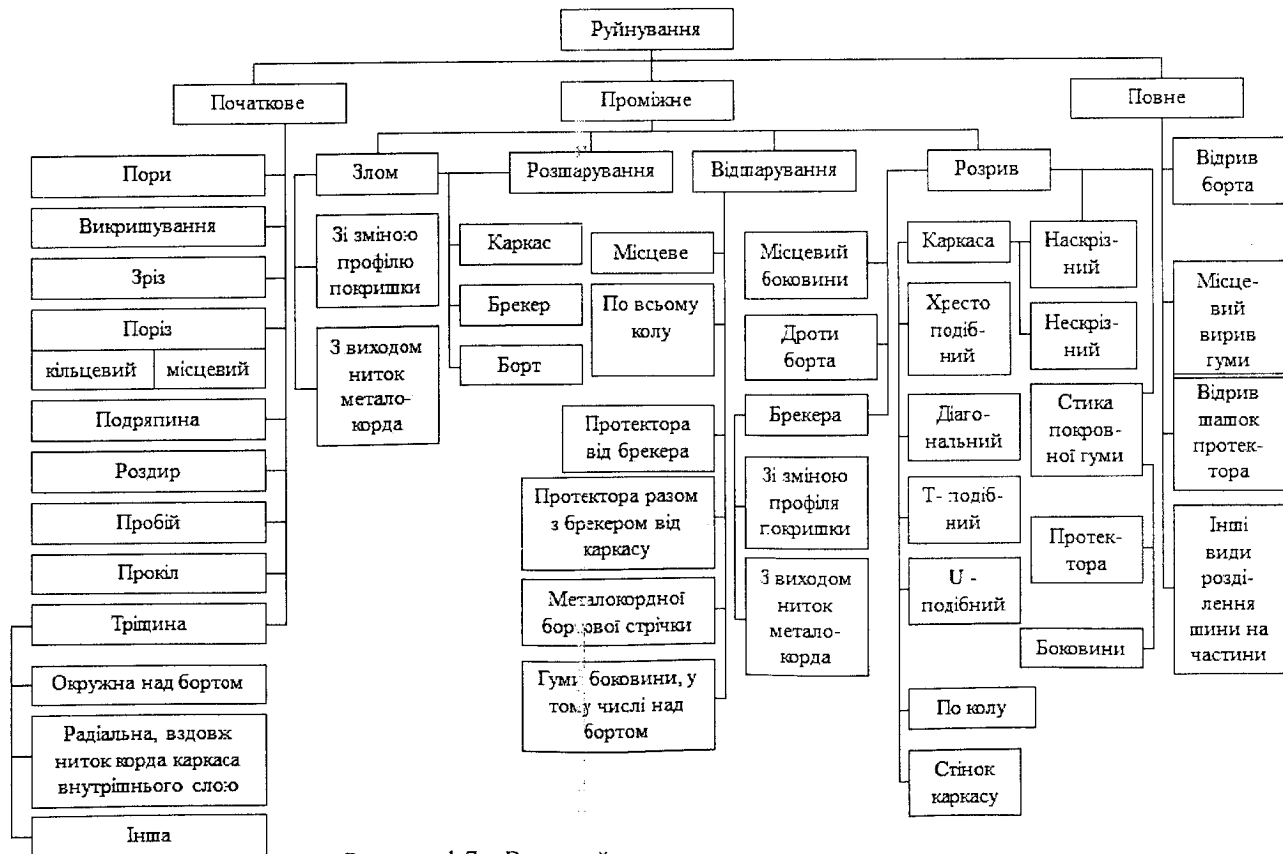


Рисунок 1.7 – Види руйнування шин

Спочатку розглянемо випадкову зміну жорсткості шин, яка ініціюється руйнуванням структури еластичного рушія. Порушення цілісності означеного виробу часто спостерігається під час кочення коліс автомобіля при зношеному більше 50–60 відсотків рисунку протектора. У випадку, що розглядається, більш жорстке і тонке коло протектора шини зустрічається з гострими твердими предметами, які випадково «розкинуті» по опорній поверхні дороги. Відсутність суттєвої м'якої частки бігової доріжки не дає можливості поглинути небезпечний елемент. У такому випадку водій не може вчасно зреагувати на раптову дію перешкоди і може скоїтися руйнування еластичного рушія:

- з великою імовірністю первинні види порушення цілісності (прокол, поріз, пробій, вирив тощо) (див. рис. 1.7);
- менш імовірні розриви каркаса (див. рис. 1.7), які можуть привести до ДТП з важкими наслідками.

Названі вище первинні види руйнування (прокол, вирив) можуть обумовити у будь-який момент подальшого переміщення автомобіля миттєвий розрив його рушія (наскрізний, кільцевий або інший) і, як наслідок, відцентрова сила виносить автомобіль з траєкторії його руху на зовсім інше місце дороги або на узбіччя. Таким чином, порушення жорсткості шини під час її кочення є випадковою подією, яка може зумовити кардинальну зміну курсової стійкості руху.

Руйнування еластичного рушія може мати також чинники, що закладені ще при проектуванні еластичного шару шини. Нижче, наведена спроба дати молекулярне пояснення особливостям механічної поведінки гум, наповнених активним наповнювачем [6]. Автор виходить з уявлень про адсорбції макромолекул каучукової матриці на активній поверхні частинок наповнювача. Сенс моделі в тому, що адсорбовані ланки макромолекули при розтягуванні гуми не рвуться, як в моделі з хімічними зв'язками (рис. 1.8), а адсорбуються, продовжуючи витримувати деяке навантаження (рис. 1.9).

Вважається, що з цієї причини і відбувається проявлення на практиці кочення шини значне підвищення міцності композиту (гуми). Детально модель описана в роботі [6].

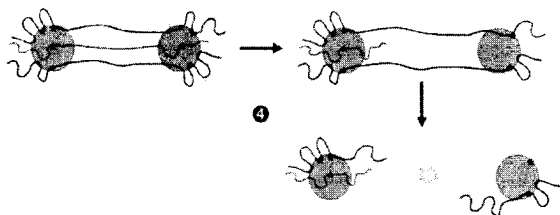


Рисунок 1.8 – Модель процесу руйнування гуми при хімічному зв'язку макромолекул з поверхнею наповнювача

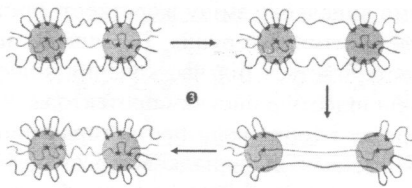


Рисунок 1.9 – Модель «молекулярного прослизання», яка характеризує поведінку макромолекул при розтягуванні і скороченні

При всій своїй наочності, очевидності і фізичній обґрунтованості до зазначеної моделі можна висунути суттєве зауваження. Сенс його в тому, що сила фізичної взаємодії адсорбованих сегментів макромолекули з активною поверхнею на порядок менша сил хімічних взаємодій, які і визначають міцність еластомеру. З цього випливає, що адсорбовані макромолекули не можуть бути натягнуті з силою, близькою до міцності одного ланцюга. Це було продемонстровано в розрахунках.

### 1.5 Зміст та стислий приклад звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Частина 1. Характеристика шини та аналіз її недосконалостей (1 с.).
3. Частина 2. Математичний опис та візуалізація дії сил в зоні контакту «колесо – дорога» (2 с.).
4. Висновки.

#### 1.5.1 Фрагмент основної частини звіту

За зовнішнім виглядом шини встановлений неприпустимий знос протектора по екватору рушія (рис. 1.10).

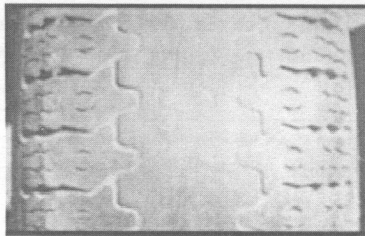


Рисунок 1.10 – Великий неприпустимий знос протектора по екватору шини

Означений вид зносу рисунка протектора може бути викликаний такими чинниками:

- великим тиском повітря в шині (більше встановленого технічними умовами), що зумовлює при коченні колеса формування в його контакті з

опорною поверхнею стрічки збільшеного тиску (в зоні «екватора» оболонки еластичного рушія);

- постійним недовантаженням колеса;
- частим рухом автомобіля з великою швидкістю на ділянках дороги, які мають опуклий поздовжній профіль кривизни траєкторії руху, що викликає піднімання АТЗ відцентровою силою (рис. 1.11);
- виробничими дефектами шини, що отримані на шинному заводі.

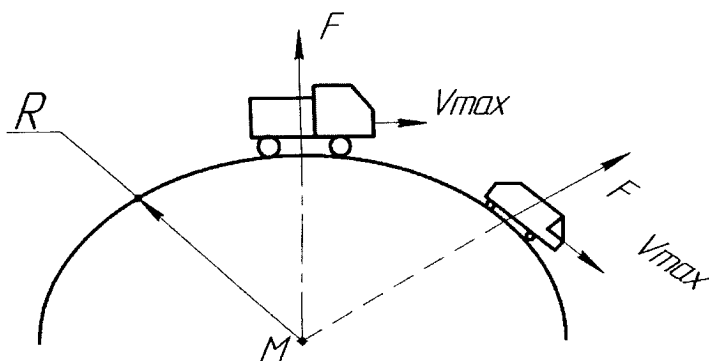


Рисунок 1.11 – Мнемосхема щодо візуалізації поздовжнього перетину опуклого фрагмента дороги:  $R$  – радіус кривизни траєкторії руху а/м;  $F$  – відцентрова сила;  $V_{\max}$  – максимальна лінійна швидкість руху транспортного засобу;  $M$  – миттєвий центр поздовжньої траєкторії руху

Знос протектора по «екватору» оболонки еластичного рушія зумовлює зміни величини площі та форми контакту колеса з опорною поверхнею, а також розподілу тиску в зоні взаємодії елементів системи «колесо – дорога». Наведені порушення спільного функціонування складових означеної системи можуть викликати значущі зміни параметрів експлуатаційного стану кочення шини: зчеплення з поверхнею; опору кочення; стійкості обертання колеса; радіального прогину еластичного рушія тощо.

Можливість подальшого використання шини на автомобілі може бути прогнозована тільки після зрівняння різниці величин виступів рисунка протектора з нормативним значенням  $\Delta h = h_{msx} - h_{min}$  (перша величина – максимальна висота виступів протектора, друга – мінімальна висота).

Потрібно вказати, що при діагностуванні та контролі ЕС шин автомобіля мають також аналізуватися чинники, що зумовлюють зміну технічного стану елементів ходової частини.

## 1.6 Питання для самоконтролю

1. Які властивості руху кінських екіпажів були поліпшені шляхом використання еластичного покриття зовнішнього кола коліс?
2. Чим пояснюється довгий життєвий цикл використання внутрішнього тиску повітря в шинах?
3. Розкрийте поняття еластичної пневматичної автомобільної шини.
4. Охарактеризуйте процес зносу протектора шини.
5. Чим відрізняються різні види зносу протектора пневматичної шини?
6. Який вид зносу протектора зустрічається часто і чому?
7. Назвіть вид зносу протектора, що є небезпечним для стійкості руху КТЗ.
8. Поясніть поняття «курсова стійкість руху».
9. Наведіть приклад математичної моделі руху КТЗ.
10. Поясніть сутність моделі кочення колеса, що запропонував І. Рокар.
11. Поясніть графіки біфуркаційних діаграм.
12. Охарактеризуйте біфуркаційну множину легкового КТЗ з шинами, що мають нерівномірність жорсткості однієї спрямованості.
13. Охарактеризуйте біфуркаційну множину КТЗ з шинами, що мають нерівномірність жорсткості різної спрямованості.
14. Які види руйнування пневматичних шин зустрічаються в існуючій практиці технічної експлуатації автомобілів?

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2**

### **АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІЇВ АВТОМОБІЛІВ**

**Мета роботи:** визначення напрямів прогресу інноваційних шин та формування засобів для дієвих технічних впливів щодо управління їх робото-здатністю.

#### **2.1 Характеристика об'єкта та методів дослідження**

**Об'єкт дослідження** – інноваційний еластичний рушій.

**Інноваційний еластичний рушій** – це еластична система автомобіля, яка містить в своїй композитній структурі штучні або природні елементи, які здатні самі підтримувати належний стан системи «колесо – дорога», підвищуючи безпеку руху, та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище.

До таких шин належать:

- інтелектуальні, які характеризуються наявністю вбудованих датчиків для моніторингу, регулювання та передачі інформації водію або штучному розуму про основні параметри в системі «колесо – дорога»;
- біонічні, які містять в структурі шини природні організми та/або рослини, які регулюють технічний стан рушіїв.

З 2000-го року провідні виробники автомобільних шин почали розвивати напрям створення інтелектуальних шин. Сьогодні продовжуються роботи з «розумними» шинами, а саме: над вбудовуванням в непневматичні шини електроніки, яка буде взаємодіяти з бортовим комп'ютером автомобіля – це є зовсім інше, ніж система моніторингу тиску повітря в пневматичному рушії. Розглядаються системи, що мають невеликі багаточільові сенсори, змонтовані в секціях різних шинних компонентів.

Означена електронна підтримка в змозі визначити коефіцієнт зчеплення та зусилля в плямі контакту рушія з опорою і передавати цю інформацію в режимі реального часу, «спілкуючись» з блоком управління безпілотного КТЗ. Це допоможе працювати будь-яким активним системам автомобіля, які зможуть регулювати налаштування підвіски, кут розвалу коліс, розподіл крутного моменту – все, що потрібно для поліпшення характеристик руху автомобіля.

Взаємодія з системами контролю стійкості руху автомобіля та з активною підвіскою дозволить миттєво і незалежно змінювати кути розвалів з лівого і правого бортів (зовнішніх і внутрішніх коліс під час проходження повороту) для максимального збільшення зчеплення. Таким же чином, якщо передня шина «відчуває» близькість прояву недостатньої поворотності, вона може надіслати комп'ютеру сигнал, який зробить підвіску менш жорсткою.

Якщо розглядати гальмування, то тут переваги ще більш вражаючі. Замість інформації ABS, яку отримують на початку гальмування, можна оцінювати реальні миттєві зусилля, що їх можна використати для поліпшення руху. Усі напрями розвитку інтелектуальних шин мають величезний потенціал в плані підвищення рівня безпеки та керованості.

Біонічні еластичні рушії характеризуються своєю здатністю змінювати жорсткість шини та виробляти кисень за рахунок вбудованих в їх конструкцію природних організмів та/або рослин. Розробка подібного інноваційного концепту є важливою підтримкою актуальної тенденції: створення кардинально нової, екологічно безпечної, практичної і зручної системи організації руху транспорту в містах.

Не дивлячись на активний розвиток інноваційних шин спостерігається відсутність достатньої інформації про методи управління роботоздатністю таких рушіїв. Тому проблемою є технічна експлуатація означених шин, особливо біонічного типу.

**Методи**, що використовуються в роботі для ініціювання виникнення у магістрантів мотивації до інтенсифікації мислення: змагання з амбіційним конкурентом, мозковий штурм, публічність дискусії, ораторське мистецтво презентації результатів свого аналізу. Сприяють ефективному розв'язанню задач такі наукові складові: аналітичне дослідження, теорія руху автомобіля, технічна експлуатація транспортних засобів, хімія.

## 2.2 Послідовність виконання завдання

Після вибору варіанта завдання (табл. 2.1) потрібно розв'язати нижченаведені задачі.

1. Провести аналітичне дослідження можливих шляхів розвитку та управління роботоздатністю інтелектуальних шин (створення, діагностування, ремонту та обслуговування рушіїв). Приклад виконання наведений у пункті 2.4.1.

2. Запропонувати технічні впливи на інтелектуальні шини, використовуючи приклади з різних галузей, що експлуатують техніку. Загальна інформація для виконання завдання наведена в пункті 2.4.2.

3. Оформити письмовий звіт та підготувати доповідь з презентацією (1–3 слайди).

## 2.3 Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Наведено 17 варіантів завдань (таблиця 2.1). Номер варіанта має відповідати порядковому номеру прізвища магістранта в журналі групи.

Серед виробників шин перші 10 є найбільш значущими. Інші знаходяться в Україні, Білорусі і Росії (11, 12 і 13), останні еластичні рушії виробляються в КНР.

Таблиця 2.1 – Виробники шин

№ варіанта	Виробники шин
1	Michelin (також належать бренди: Kleber, Bfgoodrich).
2	Bridgestone (також належать бренди: Nokian, Lassa, Firestone, Winterforce, Fuzion).
3	Goodyear (також належать бренди: Dunlop, Fulda, Sava, Debica).
4	Continental (також належать бренди: General, Gislaved, Barum, Matador).
5	Pirelli
6	Hankook
7	Yokohama (також належить бренд: Advan).
8	Cooper (також належать бренди: Avon, Mastercraft, Dean, Futura, Kenda).
9	Kumho
10	Toyo (також належить бренд: Nitto).
11	Rosava
12	Белшина
13	Кама
14	Triangle
15	Sailun
16	Goodride
17	Maxxis

## 2.4 Корисна інформація для виконання роботи

### 2.4.1 Аналіз діючої практики створення та дослідження властивостей інноваційних шин

Нижче наведені деякі особливості конструкцій та властивостей інноваційних шин (фрагменти результатів досліджень магістрантів ВНТУ Худенка Олександра та Мальченка Вадима).

Натепер, компанія Michelin пропонує модель еластичного рушія, за назвою Twell [7] який є щільним колесом (рис. 2.1).

Ця інноваційна модель буде мати, за прогнозами інженерів, довгий термін експлуатації та надійне зчеплення з опорною поверхнею, яке не поступається існуючим аналогам пневматичних шин. Колесо виготовлене з еластичних поліуретанових шпичок та двошарового ободу. Зовнішній діаметр дорівнюється 83 см, глибина рисунка протектора – 3,5 мм. Колесо витримує навантаження до 2 т. Поки що означена модель рушія має недоліки під час умов зимової експлуатації.

Наступним розглядається еластичний рушій, протектор якого імітує структуру мозкових коралів. Завдяки такій особливій формі, зовнішня поверхня шини, яка контактує з дорогою, може виконувати дві протилежні операції. Вона твердітиме на сухій опорній поверхні (подібно до губки)



або, навпаки, вбиратиме вологу з мокрої дороги, зменшуючи імовірність аквапланування та ризик втрати керування. Означені шини розробляються насамперед для безпілотних автомобілів.

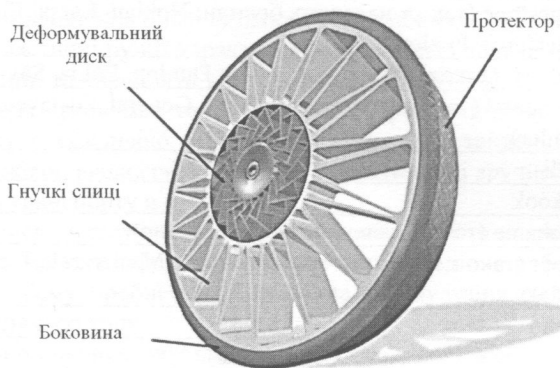


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд моделі колеса Twell

Заслугує на увагу інноваційний концепт-проект фахівців компанії Goodyear, який вони презентували в ході виставки Geneva International Motor Show 2018 [8]. Найбільш значущою властивістю моделі Oxugene, що була запропонована в Женеві, є здатність переробки вуглекислого газу в кисень.

Шина Oxugene являє собою колесо (рис. 2.2) для легкових автомобілів, що розробляється фахівцями компанії для переміщення транспортних засобів по міських вулицях і може забезпечити пасажиром високий рівень комфорту [8].

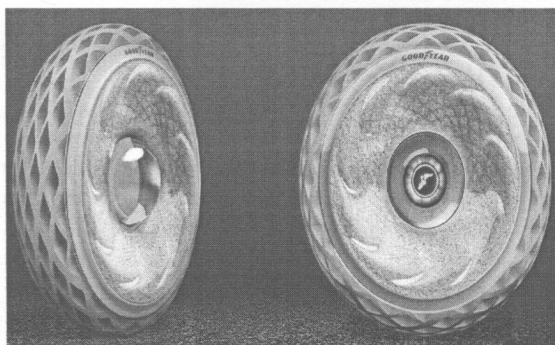


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд моделі колеса Oxugene

Окрім того, означений еластичний рушій може виготовлятися на 3D-принтері і характеризується високою зносостійкістю та не вимагає технічних впливів, притаманних пневматичним шинам: контролю тиску повітря, а також миттєвої реакції водія на середні пошкодження (розріз, розрив тощо) оболонки покришки під час руху КТЗ.

Важливою перевагою означеної шини є також швидке поглинання рідини її протектором з полотна дороги, що зумовлює покращення зчеплення коліс автомобіля з опорною поверхнею.

Ключовою характеристикою концепт-шини Goodyear є інноваційна екологічність: новий еластичний рушій виробляє кисень. Механізм зазначеного процесу функціонує завдяки живому моху, що вбудований в боковину еластичного рушія. Розробили означену інноваційну модель шляхом використання економічних систем замкнутого циклу. В них мінімізовані відходи, викиди і втрати енергії, а результативність і довговічність (ефективність функціонування і надійність) досягають значень систем інноваційного рівня.

Структура шини: у боковину встановлена система підсвітки, яка може змінювати колір для індикації різних сигналів. Еластичний рушій розвиває для акумуляції енергію, виділену в процесі фотосинтезу, що може активувати підсвічування боковини або живлення інших електронних елементів і датчиків. Очікується, що при поширенні таких шин в великих містах якість повітря стане істотно ліпшою. Наприклад, якщо встановити шини Oxugene на колеса 2,5 мільйона транспортних засобів, то за рік буде виділено близько 3 тисяч тонн кисню. При цьому обсяг поглиненого вуглекислого газу складе близько 4 тисяч тонн. Oxugene призначений для бездоганної інтеграції у майбутні міські середовища, підтримуючи більш чисту та більш стійку міську мобільність. Відкрита конструкція шин легко захоплює рідину з дороги, покращуючи зчеплення на мокрій поверхні. Oxugene використовує швидкісне бездротове з'єднання для високої потужності мобільного перетворювача зі швидкістю світла, що дозволяє обмін даними між транспортними засобами, АТЗ та інфраструктурою, що є важливим для розумних систем мобільності. Такий рушій, виготовлений на 3D-принтері з гумового порошку перероблених шин, дозволяє повторно використовувати матеріали, що, в свою чергу, позитивно вплине на екологічні показники.

Візуалізація принципової мнемосхеми структури системи, яка забезпечує функціонування фотосинтезу в шині, наведена на рисунку 2.3.

Життєдіяльність моху забезпечується за рахунок вологи, зібраної ІШ з поверхні дороги. В результаті всередині шини проходить процес фотосинтезу, а виділений кисень надходить в атмосферу.

Фотосинтез – процес утворення органічних сполук із неорганічних за рахунок світлової енергії. Це надзвичайно складний процес, що містить довгу послідовність біохімічних реакцій.

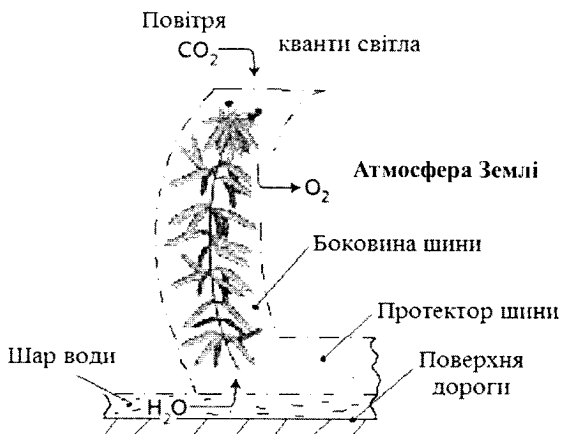
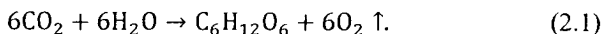


Рисунок 2.3 – Візуалізація складових процесу фотосинтезу моху у фрагменті шини (сформована магістрантом ВНТУ Олександром Худенком)

Основними умовами проходження фотосинтезу (біохімічних реакцій) є наявність хлорофілу, енергії світла, вуглекислого газу та води



Фотосинтез відбувається у рослинах, багатьох бактеріях, деяких археях і найпростіших, тобто, в організмах, відомих як фотоавтотрофи. Фотосинтез у рослинах здійснюється в хлоропластах, розташованих у клітинах слани (водорості) або органів – плодів, стебел, бруньок, листків (у вищих рослин). Світло для фотосинтезу сприймається хлорофілом, вода подається через поверхню рослин або з кореня розвиненою мережею судин, вуглекислий газ надходить через продихи та через покриви шляхом дифузії.

Інтенсивність (або швидкість) процесу фотосинтезу в рослині залежить від ряду внутрішніх і зовнішніх факторів. З внутрішніх факторів найбільш важливе значення мають структура листка і вміст у ньому хлорофілу, швидкість накопичення продуктів фотосинтезу в хлоропластах, вплив ферментів, а також наявність малих концепцій необхідних неорганічних речовин. Зовнішні параметри – це кількість і якість світла, що потрапляє на листя, температура навколишнього середовища, концентрація вуглекислоти і кисню в атмосфері поблизу рослин.

Швидкість фотосинтезу зростає лінійно, або пропорційно збільшенню інтенсивності світла. У міру подальшого збільшення інтенсивності світла наростання фотосинтезу стає все менш і менш вираженим, і нарешті, припиняється, коли освітленість досягає певного рівня 1000 люкс. Подальше збільшення інтенсивності світла не впливає на швидкість фотосинтезу. Зона стабільної швидкості фотосинтезу називається областю світлонасичення. Якщо потрібно збільшити швидкість фотосинтезу, то, в цьому випадку, потрібно змінювати не інтенсивність світла, а будь-які інші фактори. Інтенсивність сонячного світла, що потрапляє в ясний літній день на поверхню Землі, в багатьох місцях нашої планети становить приблизно 100000 люкс. Отже, рослинам, які вбудовані в шини легкових КТЗ і не ростуть в густих лісах та в тіні, сонячного світла, що падає на дорогу, буває достатньо для насичення їх фотосинтетичної активності (енергія квантів, відповідних крайніх ділянок видимого діапазону – фіолетового і червоного, розрізняється всього лише в два рази, і всі фотони цього діапазону, в принципі, здатні здійснити запуск фотосинтезу).

У випадку низької інтенсивності світла швидкість фотосинтезу при 15 і 25 °С однакова. Реакції, що протікають при таких інтенсивностях світла, які відповідають ділянці лімітування світла, подібно істинним фотохімічним реакціям, не чутливі до температур. Однак при більш високих інтенсивностях швидкість фотосинтезу при 25 °С значно вища, ніж при 15 °С. Отже, у сфері світлового насичення рівень фотосинтезу залежить не тільки від поглинання фотонів, а й від інших факторів. Більшість рослин у помірному кліматі добре функціонує в інтервалі температур від 10 до 35 °С, найбільш сприятливі умови – це температура близько 25 °С.

За результатами аналізу існуючої практики досліджень розвитку ШІ сформована мнемосхема, що містить інформацію про завдання та особливості властивостей біонічних інноваційних шин (рис. 2.4).

З аналізу мнемосхеми випливають 2 різні види завдань, які виконані спеціалістами шинних компаній для розвитку інноваційних еластичних рушіїв [8, 9, 10], – це генерація шинами позитивних впливів, що поліпшують природу, та мінімізація негативних впливів, що погіршують навколишнє середовище [11]. Пріоритетним має бути перше завдання – перетворення вуглекислого газу доквілля в кисень при коченні коліс, що рухають автомобіль. Воно покращує стан атмосфери планети. Таким чином, можна зробити висновок, що виробники шин досягли певних успіхів на складному шляху створення інтелектуальних еластичних рушіїв.

Подальший прогрес може бути досягнутий такими діями, які, в першу чергу, підтримують рішення з генерації нових значущих позитивних впливів, що покращують первинну природу планети. Перманентне, динамічне та інтенсивне обертання еластичних рушіїв багатьох сотень мільйонів автомобілів, які невпинно рухаються, можна направити на підтримку та позитивне перетворення клімату. Існуюча практика досліджень доводить

можливість означеного підходу, а швидке погіршення клімату – необхідність його порятунку

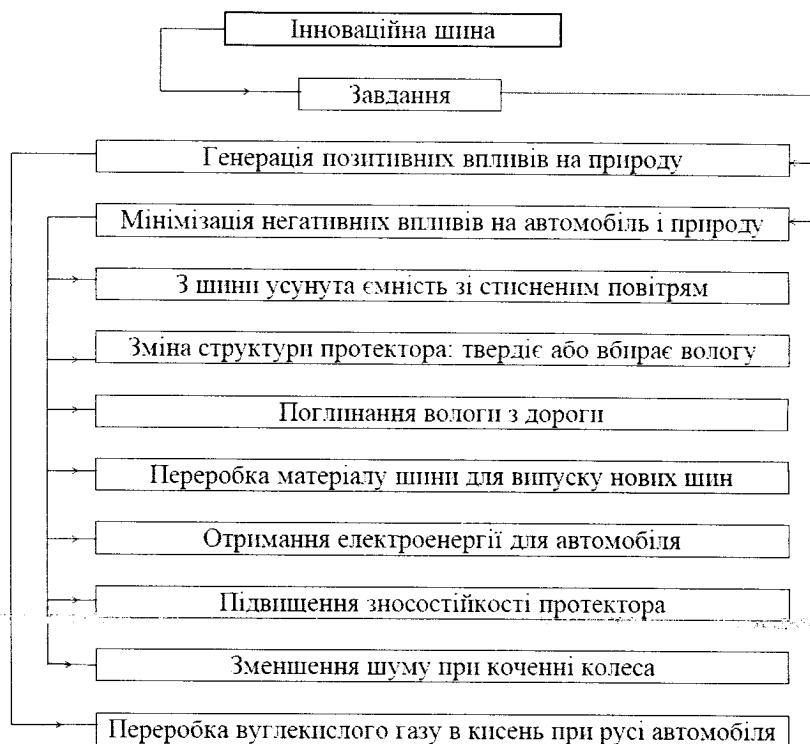


Рисунок 2.4 – Мнемосхема, що відображає інформацію про завдання інноваційного еластичного рушія (сформована магістрантом ВНТУ Худенком Олександром)

Натепер є приклади вирішення означеної проблеми з використанням наукового знання біоніки. Для поліпшення або утримання стану навколишнього середовища планети, застосовані закономірності самої первинної природи як великого будівельника існуючої дійсності, що створена на Землі.

#### 2.4.2 Обґрунтування напрямів розвитку технічних впливів для управління роботоздатністю інноваційних шин

У шини Oхугene вбудована комунікаційна система, яка працює з використанням дії променів видимого спектра, що дає можливість реалізувати ефективний бездротовий зв'язок зі швидкістю світла. Використання озна-

ченого спектра дозволяє шині, під час її обертання, підключатися до Інтернету, забезпечуючи обмін даними між автомобілем і дорожньою інфраструктурою. Це рішення є важливим у розрізі розвитку систем управління інтелектуальною мобільністю. Якщо шина зможе передавати інформацію блоку управління автомобілем з високою швидкістю, то це дозволить підвищити безпеку руху. Штучний розум автомобіля буде отримувати та аналізувати дані, які надійдуть від шини, й робити певні коригування параметрів руху КТЗ: швидкості, кута повороту колеса тощо. Інформаційними даними можуть бути: температура повітря, вологість опорної поверхні, кутова швидкість обертання колеса, шорсткість дорожнього покриття тощо. Завдяки означеному зв'язку можна здійснювати бездротову діагностику не тільки технічного стану еластичного рушія, а й автомобіля, що рухається. Для виявлення несправності певної ПШ, потрібно оцінити ефективність функціонування фотосинтезу в шині.

Одним з методів перевірки роботоздатності шини Oxugene може бути такий: розкручуються гайки кріплення, колесо знімається з осі автомобіля та встановлюється на маточину спеціальної установки. Можливе використання обладнання, що подібне стенду для балансування коліс (рис. 2.5).



а

б

Рисунок 2.5 – Шина, що контролюється на стенді:

а – шина, що встановлена на маточину стенду; б – колесо з прозорою герметичною оболонкою навкруги нього (сформовано магістрантом Олександром Худенком)

Далі виконується кріплення колеса шини на маточині стенда за допомогою гайок. Наступною операцією має бути переміщення та надійне закріплення прозорої оболонки, яка встановлюється в положення, що є вищим колеса ПШ. Для перевірки дієвості функціонування процесу фотосинтезу колесо має обертатися з кутовою швидкістю, величина якої має досягати експлуатаційного рівня його кочення. Візуальний контроль можливий завдяки прозорості оболонки.

До цієї оболонки підведено дозовану подачу води і повітря та направлено освітлення, що імітує сонячні промені (рис. 2.6).

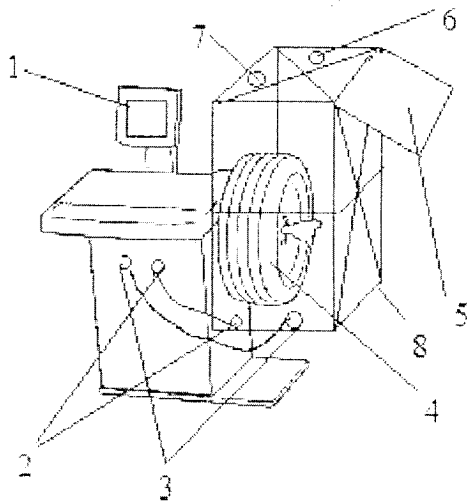


Рисунок 2.6 – Модель станда для перевірки технічного стану шин Oхуген:

1 – пристрій для візуалізації виведеної інформації; 2 – отвори для підведення повітря; 3 – отвори для подачі води; 4 – шина; 5 – система освітлення, що наближене до сонячного випромінювання; 6 – датчик кисню; 7 – датчик вуглекислого газу; 8 – герметична прозора оболонка (запропоновано та сформовано магістрантом Олександром Худенком)

В герметичну оболонку 8 подається повітря 2 і певна невелика кількість води 3 та спрямовуються світлові промені 5. Вмикається електродвигун, шина починає обертатися. У випадку справності всіх елементів шини рівень кисню в герметичній оболонці почне збільшуватись, а вуглекислого газу – зменшуватись. Сигнали від датчиків 6 і 7 надходять до електронної системи станда. Виміряні значення концентрацій компонентів повітря відображаються на екрані 1 станда. Шина виробляє також електроенергію для власного живлення. Перевірка наявності такої енергії може здійснюватись індуктивними датчиками, встановленими в маточині станда.

Наведена схема процесу діагностування дасть можливість визначити придатність моху в боковинах шини для подальшого використання.

Перевірка несучої частини шини може бути здійснена на віброплощині, не знімаючи колесо з автомобіля. Площинка під колесом коливається з різними частотою та напрямками. Датчики для вимірювання деформації, попередньо встановлені на шину, визначають рівень змін при різних навантаженнях.

Якщо величини параметрів функціонування шини не відповідають допустимим значенням, то її замінюють або реставрують з використанням 3D-принтера (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Реставрація шини Oxugen  
(рисунок сформований магістрантом Олександром Худенком)

Найбільш вразливим до руйнування та зносу є рисунок протектора, оскільки він забезпечує динамічний силовий контакт з опорною поверхнею. Стан протектора можуть змінювати також процеси зволоження, деформування, набухання (під дією нафтопродуктів), а також – старіння та втоми матеріалу еластичного рушія (наприклад, після багаторазового циклічного деформування).

## 2.5 Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Частина 1. Аналіз існуючої практики створення та досліджень інноваційних шин (до 2 с.).
3. Частина 2. Обґрунтування напрямів розвитку технічних впливів для управління роботоздатністю інноваційних шин (2–4 с.).
4. Висновки.

**Примітки.** При формуванні розділів звіту може бути використаний матеріал з корисної (щодо роботи) інформації. Однак обов'язковими мають бути заміни важливих фрагментів існуючого тексту на пропозиції та рішення самого автора звіту, з наведенням посилання на автора після запропонованого магістрантом нового фрагмента тексту, рисунку, схеми тощо. Посилання на автора виконується за прикладами, що відображені вище в пунктах 2.4.1 і 2.4.2 даної практичної роботи.

Особливо вагомими є наведення рішень автора звіту, які є розвитком аналізу найсучасніших технічних новин з існуючої практики або наукової теорії. Важливим є також варіант, коли оригінальна технічна структура впливає з давніх часів, але буде корисною й у наш час (з урахуванням вико-



ристання нового матеріалу, електронно-комп'ютерної підтримки тощо), не менш цінною є фантастична версія звіту.

Висновки звіту мають містити обґрунтування доцільності пропозицій автора.

## 2.6 Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте особливості колеса автомобіля, яке не створене природою, а є винаходом людини для переміщення в просторі.

2. Виконайте порівняння структур інтелектуальної та інноваційної шин.

3. Як інтелектуальний еластичний рушій впливає на безпеку руху КТЗ?

4. Яка причина винаходу непневматичних шин?

5. Які еластичні рушії називають інтелектуальними?

6. Назвіть основні складові інтелектуальної шини та її властивості.

7. Яка важлива позитивна особливість процесу виготовлення інтелектуального еластичного рушія?

8. Чим можуть відрізнятись реакції інтелектуальної шини від реакції теперішньої пневматичної, на початкові руйнівні процеси під час обертання колеса?

9. Чи використовують при створенні інтелектуальної шини системи, що забезпечують інноваційну екологічність? Наведіть структуру такого рушія.

10. Охарактеризуйте процес фотосинтезу.

11. Які інноваційні завдання виконують інтелектуальні шини?

12. Дайте характеристику комунікаційної системи інтелектуальної шини.

13. Як можна здійснювати діагностування стану системи «колесо – дорога» або автомобіля в цілому під час руху КТЗ?

14. Наведіть характеристику процесу оцінювання роботоздатності інтелектуального рушія, сформованого магістрантом ВНТУ Олександром Худенком.

**АНАЛІЗ ЧИННИКІВ НЕРОБОТОЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ СВІЧОК ЗАПАЛЮВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОДАЛЬШОГО РУХУ АТЗ З ОЗНАЧЕНИМИ СВІЧКАМИ**

**Мета роботи:** формування дослідницького підходу магістранта до визначення технічного стану автомобільної свічки запалювання та оцінювання робіт з відновлення роботоздатності транспортного засобу.

**3.1 Характеристика об'єкта та методів дослідження**

**Об'єкт дослідження** – свічка запалювання.

**Свічка запалювання** – робочий конструктивний елемент системи запалювання, який створює необхідну для займання горючої суміші іскру в циліндрі бензинового двигуна внутрішнього згорання. Вона являє собою невеликий фарфоровий ізолятор, який накручений на різьбу головки блока ДВЗ, та містить в собі два електроди, які розташовуються в камері згорання на невеликій відстані один від одного. При проходженні струму між контактами, за рахунок малої відстані, створюється іскра.

Жодна система запалювання не здатна працювати без головного елемента – свічки. Дана деталь здатна перетворити імпульси високої напруги в спеціальний іскровий заряд для займання пального в камері згорання.

При виборі свічок керуються калильним числом, величина якого встановлюється заводом-виробником. Чим більше калильне число, тим менше свічка піддається нагріванню.

Для нормальної роботи системи запалювання автомобіля потрібно періодично перевіряти технічний стан свічки. В процесі експлуатації двигуна в свічці запалювання можлива поява нагару на внутрішній поверхні, а також забруднення зовні, порушення зазору між електродами, різні тріщини в ізоляторі, несправність бічного електрода. Такі явища призводять до неефективної подачі іскри або її відсутності. Це викликає нестабільну, нерівномірну і нестійку роботу двигуна, зниження його потужності та, при підвищенні навантаження, повну зупинку.

Нормальна робота свічок запалювання можлива тільки у разі, якщо:

- поверхня різьблення суха;
- дуже тонкий шар нагару;
- колір електродів та ізолятора від світло-коричневого до світло-сірого, майже білого.

Будь-яка несправність може характеризуватися вологою поверхнею різьби та товстим шаром нагару на ізоляторі. Важливим є своєчасне виявлення несправності для забезпечення роботоздатності двигуна.

**Методи**, що використовуються в роботі для ініціювання виникнення у магістрантів мотивації до інтенсифікації мислення: змагання з амбіційним

конкурентом, мозковий штурм, публічність дискусії, ораторське мистецтво презентації результатів свого аналізу. Сприяють ефективному розв'язанню задач такі наукові складові: теорія та практика роботи ДВЗ і електрообладнання автомобіля, технічна експлуатація транспортних засобів, хімія.

### 3.2 Послідовність виконання завдання

Після вибору варіанта завдання (табл. 3.1) потрібно розв'язати нижче-вказані задачі.

1. Знайти можливі чинники виникнення зміни ТС об'єкта, що розглядається.
2. Оцінити роботоздатність свічки запалювання за функціями, які має виконувати означений елемент автомобіля (раціональність роботи двигуна, вплив відпрацьованих газів на довкілля тощо).
3. Оцінити можливість подальшого використання свічки.
4. Визначити шляхи відновлення ТС свічки запалювання або особливостей виконання заміни.

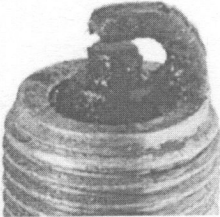
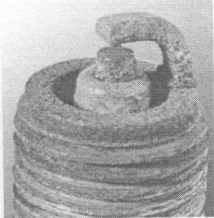
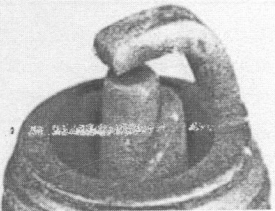
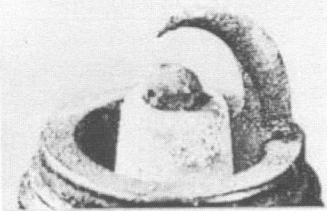
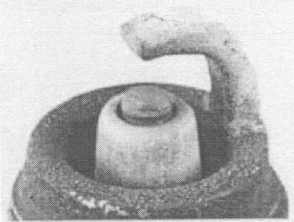
### 3.3 Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Наведено 17 варіантів завдань (таблиця 3.1). Номер варіанта має відповідати порядковому номеру прізвища магістранта в журналі групи.

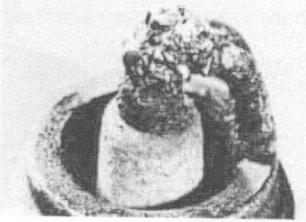
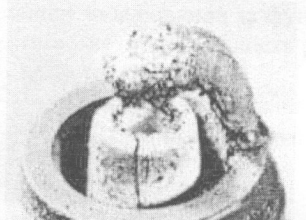
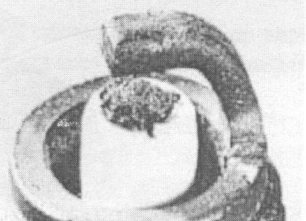

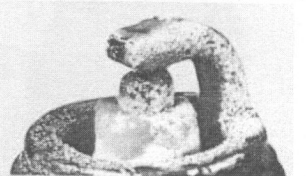
Таблиця 3.1 – Зовнішній вигляд свічки запалювання

№ варіанта	Зображення свічки запалювання
1.	
2.	

Продовження таблиці 3.1

№ варіанта	Зображення свічки запалювання
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	

Продовження таблиці 3.1

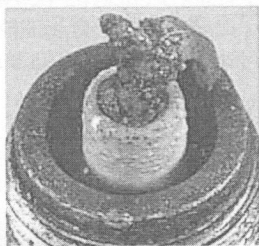
№ варіанта	Зображення свічки запалювання
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

Продовження таблиці 3.1

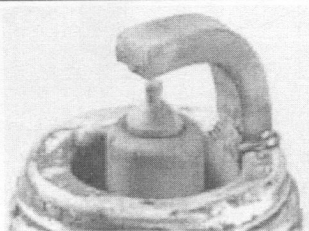
№ варіанта

Зображення свічки запалювання

13.



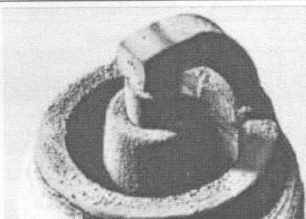
14.



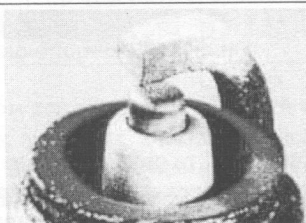
15.



16.



17.



### 3.4 Корисна інформація для виконання роботи

Для забезпечення всього спектра бензинових двигунів свічками запалювання останні виготовляють із різними параметрами (рис. 3.1), які відбиваються в умовній позначці свічки (наводяться нижче).



Рисунок 3.1 – Основні параметри свічок запалювання:  
1 – шестигранник (розмір під ключ); 2 – довжина різьбової частини;  
3 – іскровий проміжок; 4 – діаметр різьбової частини

Усі вони строго визначені для кожного двигуна. Міжнародними стандартами для автомобільних двигунів передбачене застосування свічок із різьбленням M10×1; M12×1,25; M14×1,25; M18×1,5 і шестигранником під ключ 16,0; 19,0 і 21 мм. Розміри свічок із конічною поверхнею, передбачені стандартом, наведені на рис. 3.2, рис. 3.3 і в табл. 3.2.

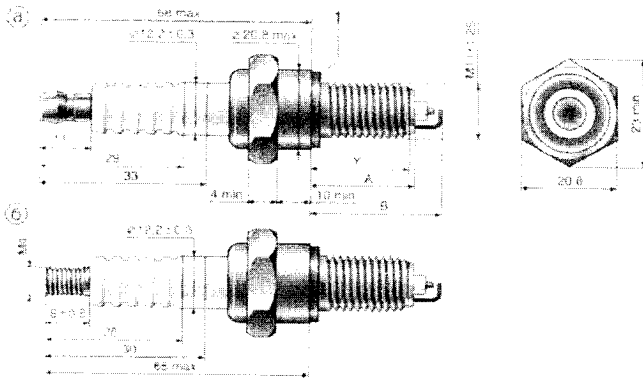


Рисунок 3.2 – Габаритні та приєднувальні розміри свічок M14×1,25 із плоскою опорною поверхнею й шестигранником під ключ 21 мм:  
а – зі штиривою контактною головкою;  
б – з різьбовою контактною головкою

Російським і українським стандартами передбачені свічки з плоскою й конічною опорними поверхнями. За такими стандартами промисловість випускає свічки з плоскою опорною поверхнею й різьбленням на корпусі М14×1,25; довжиною різьбової частини корпусу 9,5; 12,7; 19,0 мм і шестигранником під ключ 16,0; 19,0 і 21 мм.

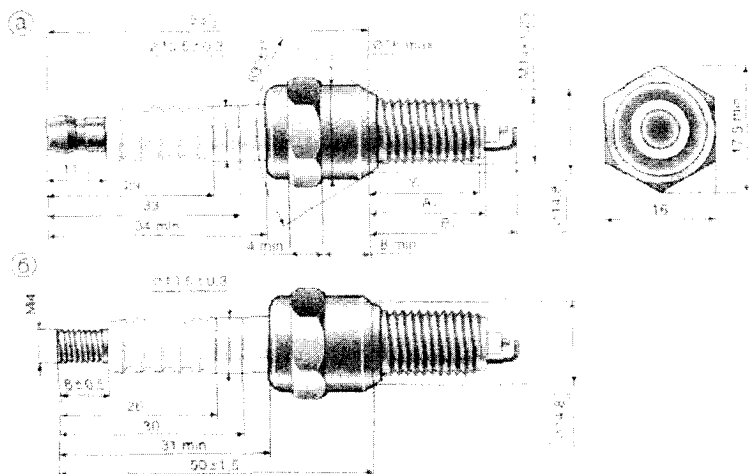


Рисунок 3.3 – Габаритні й приєднувальні розміри свічок М14×1,25 з конічною опорною поверхнею: а – зі штировою контактною головкою; б – з різьбовою контактною головкою

Таблиця 3.2 – Розміри свічок запалювання

Тип корпусу	Розміри, мм					
	A±0,2	A1±0,2**	B, не більше	B1, не більше**	Y±0,3	Y1±0,3**
Нормальний	12,7	11,2	21,0	19,0	11,7	10,2
Подовжений	19,0	17,5	27,0	25,0	18,0	16,5
Довгий	26,5	25,0	34,5*	32,5	25,5*	24,0

\*Розміри для свічок із плоскою опорною поверхнею й шестигранником під ключ 16,0 мм.  
 \*\*Розміри для свічок із конічною опорною поверхнею

Калильне число є показником теплових властивостей свічки (її здатності відводити тепло при різних теплових навантаженнях двигуна). Воно пропорційно середньому тиску, при якому в процесі випробувань свічки на моторній тарувальній установці в її циліндрі починає з'являтися калильне запалювання (некерований процес запалення робочої суміші від розпечених елементів свічки).



Свічки з невеликим калильним числом називають гарячими. Їхній тепловий конус нагрівається до температури 900 °С (температура початку калильного запалювання) при відносно невеликому тепловому навантаженні. Такі свічки застосовуються на малофорсованих двигунах з невеликими ступенями стиску. У холодних свічок калильне запалювання виникає при більших теплових навантаженнях, і вони використовуються на високофорсованих двигунах.

Окремі закордонні фірми під калильним числом розуміють величину, пропорційну часу, після закінчення якого свічка, встановлена на спеціальний іспитовий двигун, що працює при певному режимі, починає давати калильне запалювання. У деяких випадках для оцінювання свічок різних типів використовується показник – відносне калильне число свічки запалювання. Цей показник є добутком довжини теплового конуса ізолятора свічки (у мм) на її калильне число.

Інколи як теплова характеристика використовується теплове число, яке являє собою відношення літрової потужності двигуна до площі поверхні нижньої частини ізолятора, що сприймає тепло. Така характеристика є показником теплової напруженості свічки запалювання.

Російська промисловість випускає свічки запалювання з калильними числами 8, 11, 14, 17, 20, 23 і 26. За кордоном не існує єдиної шкали калильних чисел, тому ряди калильних чисел свічок запалювання деяких провідних світових фірм-виробників наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Ряди калильних чисел свічок запалювання

Фірма, країна	Калильне число										
	«Гаряча свічка»					«Холодна свічка»					
Росія	8	10	14	17	20	23	26				
«Верд», «Bosch», Німеччина	13	12	11	10	3	2	1	09	08	07	06
«Champion», Англія	25	24	23	.....	3	2	1				
«Ac Delco», США	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
«Euquet», Франція	30	32	42	52	58	62	72	82	96		
«NGK», Японія	2	4	5	6	.....	12	13	14			
«Denso», Японія	9	14	16	20	22	24	27	31	34	37	
«Brisk», Чехія	19	18	17	15	14	12	10	08			
Volker Iridium	10	9	8		7		6		5		

Строгої відповідності між калильними числами для свічок запалювання різних фірм-виробників не існує. З табл. 3.3 видно, що ряди калильних чисел зовсім довільні. У рядах відрізняються самі числа, їх кількість і розмірний крок. Німецькі фірми використовують навіть дробові числа. Напрямок зростання калильного числа у різних фірм прийнято позначати також по-різному. Росія, Франція, Японія використовують висхідний ряд, від га-

рячого до холодного стану свічки. Німеччина, США й Англія – спадний. Внаслідок неоднозначності калильних чисел усі таблиці взаємозамінності, зокрема й табл. 3.3, мають рекомендаційний характер.

На рис. 3.4 наведені різні типи свічок запалювання, а в табл. 3.4 – характеристики гарячого й холодного типів.

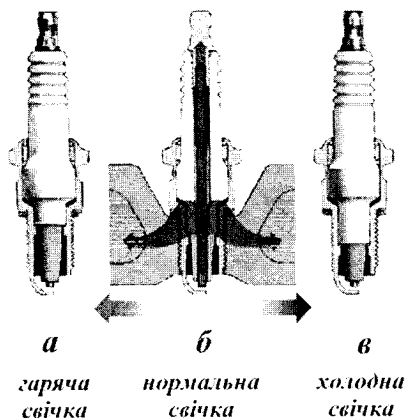


Рисунок 3.4 – Типи свічок запалювання

Таблиця 3.4 – Характеристики свічок запалювання

Характеристика	Гарячий тип (для низьких швидкостей)	Холодний тип (для високих швидкостей)
Поверхня контакту з газами, що відроби́ли	Більша поверхня контакту з вихлопним газом	Менша поверхня контакту з вихлопним газом
Інтенсивність розсіювання теплоти	Повільна	Швидка
Інтенсивність нагрівання ізолятора й електрода свічки	Нагріваються швидко	Ізолятор і електрод свічки не нагріваються

Поки тепловий конус не нагріється до 400 °С, на ньому утворюється нагар, що призводить до витоків струму й порушенню іскроутворення. При досягненні цієї температури, він (нагар) починає згоряти, відбувається очищення свічки (самоочищення).

За тепловими якістьми свічки поділяються на «гарячі» – для двигунів з невисоким температурним навантаженням і «холодні» – для роботи з високою робочою температурою й ступенем тиску двигуна. Теплові якості позначаються числами на поверхні ізолятора свічки. Калильне число рівне середньому індикаторному тиску, при якому починається калильне запалювання.

лювання. Чим більше це число, тим свічка більш стійка до високих температур, отже, більш «холодна». Калильне число свічки визначається на спеціальній установці з виникнення калильного запалювання.

Чим довший тепловий конус, тим більша його площа, тому він нагрівається до температури самоочищення при меншому тепловому навантаженні. До того ж, виступання цієї частини ізолятора з корпусу підсилюється її обдуванням газами, що додатково прискорює прогрів і поліпшує очищення від нагару. Збільшення довжини теплового конуса (рисунок 3.5) призводить до зменшення калильного числа (свічка стає «гарячою»). Щоб залишити його незмінним, у конструкції застосовують біметалічні центральні електроди, що краще відводять тепло. Такі свічки (їх ще називають термоеластичними) швидше прогриваються до температури самоочищення (як гарячі), але викликають калильне запалювання при високих теплових навантаженнях (як холодні).

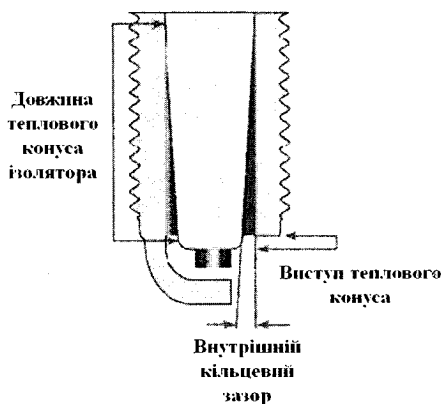


Рисунок 3.5 – Тепловий конус свічки

Калильне число свічки запалювання, є вона гарячою чи холодною, визначає деякі особливості її конструкції.

У загальному випадку, теплова характеристика конкретної свічки запалювання залежить від:

- теплопровідності її центрального електрода й центрального ізолятора;
- площі й кривизни поверхні теплового конуса ізолятора;
- форми запальної порожнини, доступної для робочої суміші, й інших факторів.

Змінюють теплову характеристику свічок, в основному, зміною довжини теплового конуса ізолятора й площі його зіткнення з корпусом.

Тепловий конус (спідниця ізолятора) – це відстань між запальним кінцем ізолятора й місцем його «посадки» в корпус (рис. 3.5). Чим воно більше, тим довший шлях, який має пройти тепло, щоб розсіятися («тепловий

шлях»), а отже, тим більше тепла втримується. Довжина теплового конуса є ключовим чинником робочої характеристики свічки при холодному пуску. Чим довший тепловий конус, тим гарячіша свічка.

Виступаюча частина теплового конуса ізолятора може прохолоджуватися порцією палива. Довжину виступу потрібно оптимізувати так, щоб вона відповідала ідеальному горінню.

Внутрішній зазор ізолятора – простір між тепловим конусом ізолятора й внутрішньою поверхнею корпусу – являє собою внутрішній кільцевий зазор ізолятора. Більший зазор сприяє охолодженню свічки та поліпшує запуск холодного двигуна.

Тепловий баланс свічки охарактеризовано нижче.

Теплота розподіляється від свічки через різні елементи її конструкції. Це – корпус, ізолятор (спідниця), центральний електрод і вступник у камеру згоряння робочої суміші. Зміна розміру теплового конуса спідниці змінює теплову характеристику свічки. Чим менша висота конуса ізолятора, тим холодніша свічка (рис. 3.6) і тим більше її калильне число. У свічці з більшим калильним числом тепло краще розподіляється від теплового конуса центрального електрода, тому що в таких свічках відведення тепла йде більш коротким шляхом. На жаль, така форма свічки, при якій вона швидко охолоджується, негативно впливає на інші властивості. Свічки стають чутливими до масла, яке при згорянні утворює місток між електродами й перешкоджає утворенню іскри. Утворюється також наліт і на внутрішній поверхні ізоляції, через який струм проходить краще, внаслідок меншого опору, ніж між електродами свічки.

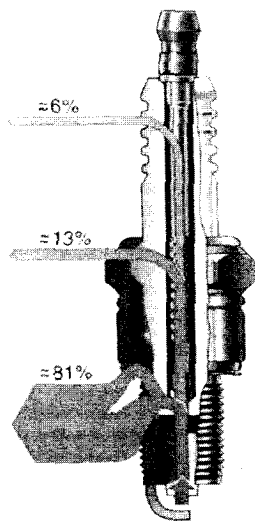


Рисунок 3.6 – Тепловий баланс свічки

Нижче розглянуті спеціальні свічки запалювання.

Крім розглянутих вище свічок, залежно від призначення, застосовують:

- повністю екрановані збурювальнозахисні свічки в сталевому корпусі (наприклад, у VІр-автомобілях);
- свічки для автомобільних і стаціонарних двигунів, що працюють на газі;
- вимірювальні свічки на дослідницьких або контрольних двигунах, які наведені на рис. 3.7.

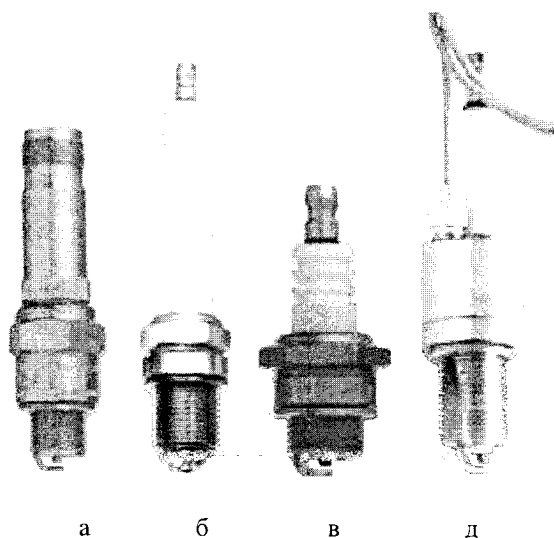


Рисунок 3.7 – Спеціальні свічки запалювання:

а – повністю екрановані збурювальнозахисні свічки;

б – свічки для автомобільних і стаціонарних двигунів, що працюють на газі;

в – компактні свічки; г – вимірювальні свічки

Існують особливості свічок для двигунів, які працюють на газі.

Економічні й екологічні вимоги потребували пошуку нового виду пального. Як альтернативне джерело енергії часто використовуються стиснений або зріджений природний газ, а також зріджені суміші пропану й бутану.

Наслідком переустаткування двигуна з бензину на газ є зміна вимог до деяких компонентів двигуна. Для запалення газу потрібна більш висока напруга запалювання, ніж для бензину. Наприклад, якщо для запалювання в бензинових двигунах досить напруги до 14 кВ, то для надійного запалювання в газових двигунах потрібна напруга до 16 кВ, за тих самих умов (рис. 3.8).

Використання газу як пального зумовлює підвищення температур у камері згоряння. Підвищення напруги запалювання й температури в камері згоряння провокує більш інтенсивне зношування електродів свічок запалювання.

Необхідність у більш високій нарузі запалювання може бути компенсована дією блока керування подачею газу, якщо він має можливість до більш раннього зсуву кута випередження запалювання.

У випадку застосування традиційних свічок для запалювання газоподібного палива виникає ціла низка таких проблем, як:

- утруднена іонізація газового пального в циліндрі;
- затримка процесу згоряння пального.

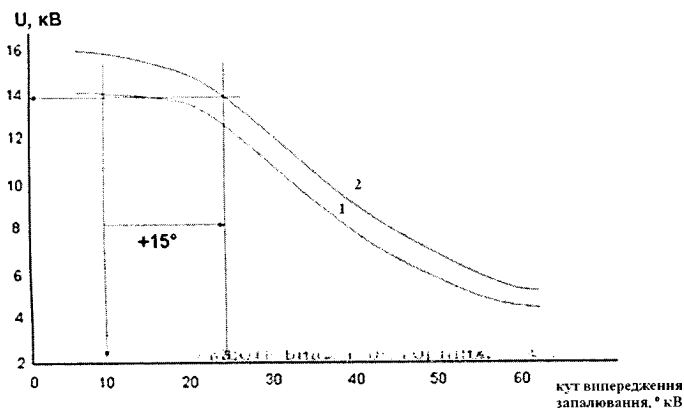


Рисунок 3.8 – Залежність напруги пробією від кута випередження запалювання у свічках для бензинових (1) і газових (2) двигунів

Тому в їх конструкцію внесено багато змін:

- для полегшення іонізації й наслідків тривалого впливу полум'я на ізолятор і центральний електрод, зменшують зазор між електродами;
- для затримки згоряння газу в циліндрі, подовжують конус ізолятора з метою більш глибокого введення в камеру згоряння;
- більш точно підбирають значення теплових коефіцієнтів.

Спеціальні свічки для газоподібного палива забезпечують такі переваги:

- полегшений пуск холодного двигуна і його тиху та плавну роботу;
- експлуатацію без обслуговування;
- правильну роботу каталізатора;
- поліпшення самоочищення конуса ізолятора (зменшення нагару);
- усунення несприятливих наслідків при зміні пального (газ/етильований бензин);

- зниження витрат при експлуатації автомобіля.

У випадку неможливості застосування спеціальних свічок під газ застосовують традиційні свічки запалювання.

При цьому потрібно пам'ятати, що у двигунах, переустаткованих під газоподібне пальне, такі свічки піддаються більш інтенсивному зношуванню, ніж в бензинових, тому їх потрібно міняти суттєво частіше. Нормативний інтервал заміни «газових» свічок становить 15 тис. км пробігу. Звичайно виробники наборів для переустаткування на газ не можуть указати потрібний тип свічки запалювання, тому що не знають, на які двигуни вони будуть встановлюватися. Для автомобілів, що споконвічно працюють на стисненому природному газі, дані наводяться їх виробниками.

У цілому, для газових двигунів підходять платинові свічі BOSCH, що відрізняються більшою зносостійкістю й більш тривалим терміном служби [12].

Існують компактні свічки запалювання, які спеціально сконструйовані для застосування:

- на малій сільськогосподарській техніці в польових умовах;
- ланцюгових пилок;
- у двигунах пристроїв для обрізки кущів;
- у газонокосарках, а також у стаціонарних приводних агрегатах.

Дані свічки забезпечують надійне функціонування як на холостих обертах, так і при максимальних навантаженнях, що є характерним видом експлуатації для ланцюгових пилок. Вони не забруднюються відкладаннями, що виникають внаслідок горіння, і не призводять до samozапалювання з наступним вильотом палаючих іскор з вихлопної труби. Спеціальна конструкція забезпечує їх низьку вагу й стійкість до вібрації.

### **3.5 Зміст та стислий приклад звіту**

1. Найменування і мета роботи.

2. Частина 1. Характеристика структури та функціонування свічок запалювання (1 с.).

3. Частина 2. Візуалізація зовнішнього виду обраної свічки запалювання та аналіз причин, які могли формувати теперішній технічний стан елемента електрообладнання, оцінювання можливості подальшого руху КТЗ та виконання технічних впливів з відновлення свічки (2 с.).

4. Висновки.

#### **3.5.1 Фрагмент основної частини звіту**

**Частина 1.** Об'єкт дослідження – свічка запалювання.

СЗ є робочим конструктивним елементом системи запалювання, який створює електричну іскру для займання горючої суміші в камері згорання циліндру бензинового двигуна внутрішнього згорання. СЗ являє собою невеликий фарфоровий ізолятор, який накручується на різьбу головки блока ДВЗ, та містить в собі два електроди, які розташовуються на невеликій від-

стані один від одного. При проходженні струму, між контактами, за рахунок малої відстані створюється іскра.

СЗ виготовляють із різними параметрами (рис. 3.9), які відбиваються в умовній позначці свічі (наводяться нижче).

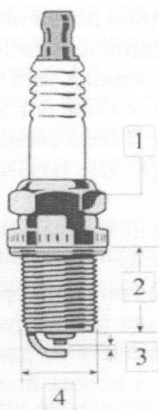


Рисунок 3.9 – Основні параметри свічок запалювання

Згідно з рис. 3.9 свічка має такі параметри: 1 – розмір шестигранника під ключ; 2 – довжина різьбової частини; 3, – іскровий проміжок; 4 – діаметр різьбової частини.

**Частина 2.** Візуалізація зовнішнього вигляду обраної свічки запалювання наведена на рис. 3.10.

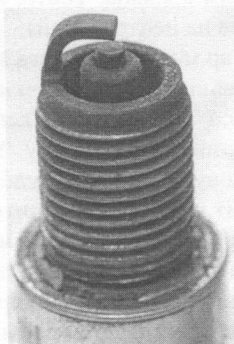


Рисунок 3. 10 – Зовнішній вигляд СЗ, що підлягає аналізу

З рисунка видно, що свічка має чорний нагар. Поява чорного нагару



на свічках запалювання свідчить про:

- використання неякісного палива;
- несправності системи запалювання;
- невідповідність паливоповітряної суміші чинним вимогам;
- неправильно налаштований карбюратор тощо.

Нижче наведений аналіз причини появи нагару.

Перед тим, як відповісти на питання про те, чому свічки чорні, потрібно визначитися як саме вони почорніли. Від цього залежить, в якому напрямку здійснювати пошук. Зокрема, свічки можуть почорніти всі разом, а може лише одна або дві з набору. Також свічка може почорніти лише з одного боку або по всьому діаметру. Ще розрізняють «мокрый» та «сухий» нагар.

Потрібно враховувати наведені нижче особливості, які впливають на роботоздатність свічки запалювання.

1. Нагар на нових свічках починає утворюватися мінімум через 200–300 км пробігу. При цьому бажано переміщуватися по трасі приблизно з однаковою швидкістю і навантаженням на двигун. Так свічки будуть працювати в оптимальному режимі і можна більш об'єктивно оцінити стан агрегатів автомобіля.

2. Кількість і тип нагару залежать від якості палива, тому потрібно заправлятися на перевірених заправочних станціях, а не їздити на газоліні або подібних сумішах. Інакше встановити справжню причину появи нагару (якщо він має місце) буде важко.

3. В карбюраторному двигуні мають бути правильно виставлені холості оберти.

Тепер перейдемо безпосередньо до аналізу причин виникнення чорного нагару. Можуть бути такі основні причини:

- якщо спостерігається почорніння лише з одного боку, то, швидше за все, це викликано прогоранням клапана. Тобто, нагар на свічку потрапляє знизу на бічний електрод (а не на центральний);

- прогорання клапана, нагар може проникати на нижній електрод;

- неправильно вибране калильне число свічки викликає не тільки пошкодження, а й унеможлиблює її подальшу експлуатацію. Якщо згадане число мале, то зміниться форма конуса нагару. У разі, якщо воно велике, то почорніє тільки верхівка конуса, а корпус буде білим;

- рівномірний чорний наліт на свічках свідчить про пізні запалювання;

- чорні свічки на інжекторі або карбюраторі можуть з'явитися через те, що занадто збагачена паливоповітряна суміш, вироблена ними. Що стосується першого, то велика ймовірність неправильної роботи датчика масової витрати повітря, який дає інформацію про склад суміші. Також, можливо, сталася розгерметизація паливних форсунок. З цієї причини бензин потрапляє в циліндри навіть коли форсунка закрита.

### 3.6 Питання для самоконтролю

1. Яке призначення мають автомобільні свічки запалювання?
2. Наведіть основні конструктивні параметри автомобільних свічок запалювання.
3. Які матеріали використовують для виготовлення СЗ?
4. Яку властивість характеризує калильне число?
5. Які СЗ називають гарячими?
6. До якої температури може нагріватися тепловий конус?
7. Наведіть типи свічок запалювання.
8. Від яких чинників залежить теплова характеристика свічки запалювання?
9. Наведіть характеристику теплового балансу свічки.
10. Яка особливість надійного запалювання в газових двигунах?
11. Наведіть основні аспекти розвитку структури свічок запалювання.
12. З якого металу можуть виготовляти електроди свічок запалювання?
13. Яким може бути термін експлуатації стандартних свічок запалювання?
14. Яким може бути ресурс свічки запалювання?

## **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4**

### **ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН**

**Мета роботи:** отримання навичок вимірювання висоти рисунка протектора автомобільних шин й оцінювання результатів інструментального та візуального обстеження технічного стану шин.

#### **4.1 Завдання роботи**

1. Вивчення характеристик шин.
2. Ознайомлення з видами дефектів шин.
3. Вимірювання величини висоти рисунка протектора шин і складання звіту.

#### **4.2 Організація та послідовність проведення роботи**

До виконання роботи допускаються магістранти, що відповіли на контрольні запитання й пройшли інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторно-практичних робіт. Робота виконується групою магістрантів (3 виконавці). Всі магістранти отримують зразки шин для вимірювання зносу. При проведенні вимірів висоти протектора наступної шини бригади *мінюється зразками*.

Після виконання роботи потрібно скласти звіт і захистити його. Магістранти, що не захистили звіти, не допускаються до виконання наступної роботи.

#### **4.3 Корисна інформація для виконання роботи**

Розвиток автомобілебудування вимагає вирішення проблеми підвищення якості контролю технічного стану пневматичних шин. Натепер експлуатація автомобільних транспортних засобів в Україні відбувається в різних, часто складних, умовах:

- ускладнюється дорожній рух за рахунок збільшення кількості потоків автомобілів та інтенсифікації їх переміщення;
- транспортно-експлуатаційний стан дорожнього покриття не забезпечує створення потрібного рівня експлуатаційних властивостей автомобілів;
- посилюється негативний вплив АТЗ на навколишнє середовище (зокрема, збільшуються шкідливі викиди продуктів зносу шин).

Одночасно, в умовах економічної кризи, зростає ймовірність руху автомобілів на пневматичних шинах, що були в експлуатації. Тобто, вирішується завдання використання повного ресурсу шин, без порушення

правил безпеки й вимог ДСТУ 3649:2010 «Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання» [13].

#### 4.4 Основна частина

Згідно з ДСТУ 3649:2010 до шин висувається перелік вимог, які викладені нижче.

1. Висота рисунка протектора шин має відповідати значенням, наведеним у таблиці 4.1 [13, 14].

Таблиця 4.1 – Висота рисунку протектора для різних категорій КТЗ

Категорія КТЗ	Висота рисунка протектора шин, мм, не менше ніж
M1, M1G, N1, N1G, O1	1,6
M2, M2G, M3, M3G	2,0
N2, N2G, N3, N3G, O2 - O4	1,0

2. Шини не мають мати місцеві ушкодження (пробої, порізи наскрізні та ненаскрізні), які оголюють корд, а також місцеві відшарування протектора; не допускається наявність сторонніх предметів між здвосними колесами.

3. Тиск повітря в шинах має відповідати значенням, що їх регламентують «Правила технічної експлуатації коліс та пневматичних шин колісних транспортних засобів категорій L, M, N, O та спеціальних машин, виконаних на їх шасі» [14], затверджені у встановленому порядку, або значенням, установленим керівництвом з експлуатації автотранспортного засобу.

4. Для вимірювання та регулювання тиску повітря в шинах здвосних коліс, вони мають бути встановлені так, щоб вентиляльні отвори в дисках були сполучені.

5. Не допускається заміна золотників заглушками, пробками й іншими пристосуваннями.

6. Автотранспортні засоби мають бути укомплектовані шинами відповідно до вимог правил експлуатації автомобільних шин, що затверджені у встановленому порядку або відповідно до керівництва експлуатації автотранспортного засобу.

Не допускається встановлення на одну вісь:

- автобусів, легкових автомобілів, причепів і напівпричепів до них, шин різних розмірів, конструкцій (радіальної, діагональної, камерної, безкамерної), моделей з різними рисунками протектора, шипованих і нешипованих, морозостійких і неморозостійких;

- вантажних автомобілів, причепів і напівпричепів до них, шин різних розмірів, конструкцій (радіальної, діагональної, камерної, безкамерної), з різними типами рисунків протектора, шипованих і нешипованих,

морозостійких і неморозостійких.

7. На автотранспортних засобах не допускається встановлення шин:

- відновлених за I класом, на передній осі міжміських автобусів;
- шин, відновлених за II класом, на міжміських автобусах, на передній осі легкових автомобілів, на передній і середній осях міжміських автобусів;
- відновлених за класом «Д», на міжміських автобусах, на передній осі легкових автомобілів, на передній і середній осях автобусів, вантажних автомобілів, причепів і напівпричепів;
- з відремонтованими місцевими ушкодженнями на передній осі автобусів, вантажних і легкових автомобілів.

8. Відсутність хоча б одного болта або гайки кріплення дисків і ободів коліс, а також зменшення моменту їхнього затягування не допускається.

9. Наявність тріщин на дисках і ободах коліс не допускається.

Перед тим, як установити на автомобіль колеса, що були в експлуатації, виникає потреба перевірити залишкову висоту протектора. Причому перевірку бажано провести якомога більш детальну, тобто, потрібно знати закон розподілу глибини протектора як по колу поверхні колеса, так і в напрямку осі по ширині бігової доріжки. Це дозволяє правильно вирішити завдання про раціональне місце встановлення шини, що була в експлуатації, та прогнозувати її ресурс.

Згідно з ДСТУ 3649:2010 установлюються наведені нижче методи перевірки шин і коліс.

1. Визначення висоти рисунку протектора шини.

1.1. Висота рисунка протектора шин визначається на ділянці бігової доріжки, обмеженої прямокутником зі сторонами, розміри яких мають бути не меншими половини ширини бігової доріжки і  $1/6$  довжини її кола ( $1/6$  довжини кола дорівнює довжині дуги, хорда якої дорівнює радіусу).

1.2. Вимірювання висоти рисунку протектора не має проводитися в місцях розташування уступів елементів рисунка та півмістків у зоні перетинання канавок.

Для шин, що мають суцільне ребро по центру бігової доріжки, вимірювання висоти рисунка протектора виконується по краях цього ребра.

Для шин підвищеної прохідності вимірювання висоти рисунка протектора виконується між ґрунтозачепами по центру або в місцях, найменш віддалених від центра бігової доріжки, але не по уступах ґрунтозачепів і не по півмістках.

1.3. На шинах з індикаторами зношування гранично припустима висота рисунку протектора визначається за появою індикаторів.

1.4. Шина вважається непридатною до експлуатації, якщо [15]:

- має ділянку бігової доріжки, що зазначена в п. 1.1, висота рисунка протектора на якій у всіх точках менша значень, наведених вище;
- з'явився один індикатор при рівномірному зносі або два індикатори в

кожному з двох перетинів – при нерівномірному зносі бігової доріжки.

2. Тиск повітря перевіряють у шинах манометрами.

Для даної лабораторно-практичної роботи розроблений технологічний перелік операцій оцінювання зносу протектора й ребер пневматичних шин. Послідовність процесу контролю така:

- очищення шини;
- візуальний огляд технічного стану рисунка протектора;
- визначення зони максимального зносу;
- виділення меж периметра наведеної зони зносу та визначення точок (усередині периметра) для вимірювання висоти рисунка протектора (з використанням крейди);
- проведення процесу зазначеного вимірювання;
- аналіз отриманих значень вимірів;
- висновки про технічний стан шини і рекомендації про можливість подальшої експлуатації певного еластичного рушія.

Для виконання даної роботи використовується спеціальне пристосування для контролю внутрішнього тиску повітря в шині та вимірювання залишкової висоти рисунка протектора (рис. 4.1).

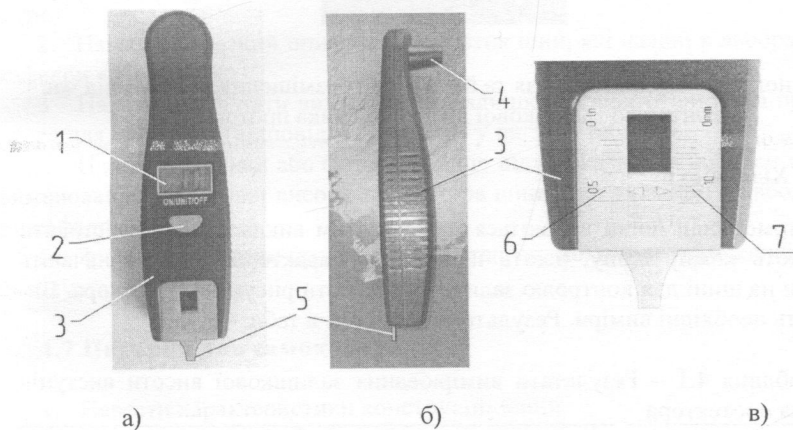


Рисунок 4.1 – Пристосування для контролю тиску повітря в шині та залишкової висоти рисунку протектора: а, б – загальний вигляд; в – нижній фрагмент (збільшений вигляд) щодо вимірювання залишкової висоти рисунка протектора; 1 – дисплей; 2 – кнопка для виконання трьох операцій: вмикання, скидання даних, вимкнення манометра; 3 – корпус, 4 – вхідний патрубок манометра, 5 – щуп для вимірювання висоти протектора; 6, 7 – шкала, відповідно, в дюймах або міліметрах

Дисплей 1 призначений для відображення величини внутрішнього тис-

ку повітря в шині, а кнопка 2 – для управління вимірюванням зазначеного тиску. Вхідний патрубок 4 є з'єднувальним елементом між манометром приладу та вентилям колеса. Щуп 5 має шкалу для фіксації залишкової висоти протектора.

Візуалізація місця розміщення пристосування на шині (під час контролю залишкової висоти рисунку протектору) та відтворені крейдою границі зони максимального зносу наведені на рис. 4.2.

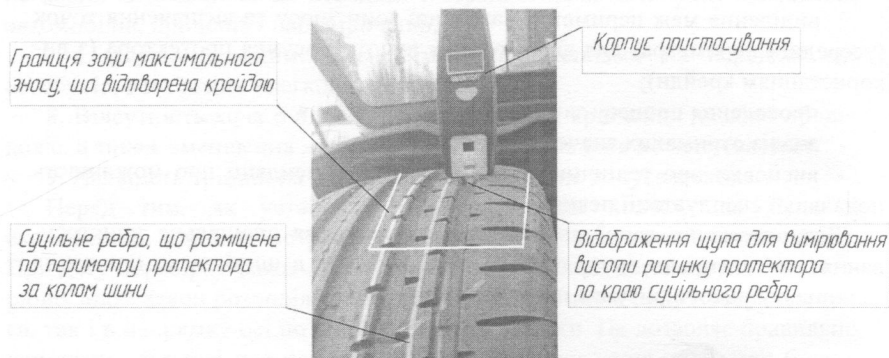


Рисунок 4.2 – Пристосування та його місце розміщення на шині під час контролю залишкової висоти рисунку протектора

#### 4.5 Хід роботи

Автомобільні шини видаються магістрантам викладачем. Магістранти оглядають кожну шину, дають їй коротку характеристику, визначають ділянки на шині для контролю залишкової висоти рисунку протектора. Виконують необхідні виміри. Результати фіксують в табл. 4.1 звіту.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювання залишкової висоти виступів рисунку протектора

Модель (назва) шини	Нормативна висота протектора, мм	Залишкова висота рисунку протектора, мм

У звіті з лабораторно-практичної роботи № 4 мають бути відтворені фотографії або рисунки, що відображають шини та пристосування на різних ступенях виконання роботи. Приклади наведені на рис. 4.3.

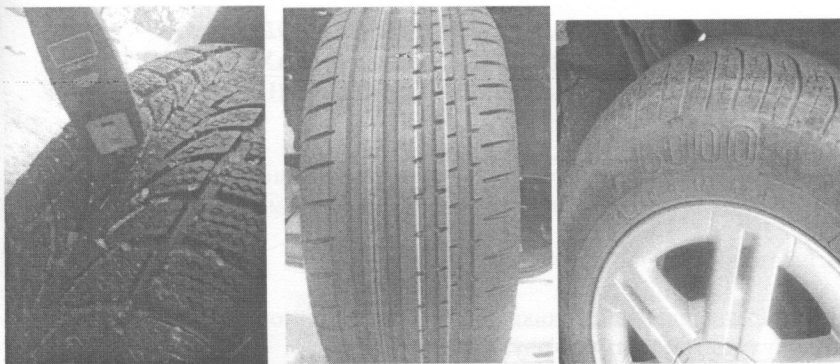


Рисунок 4.3 – Приклади фотографій, які додаються до звіту з лабораторно-практичної роботи

#### 4.6 Зміст звіту

- 1 Потрібно вказати номер, назву та мету лабораторно-практичної роботи.
- 2 Навести короткий опис характеристик шин, які наявні в лабораторії кафедри «АТМ».
- 3 Надати результати вимірювання залишкової висоти рисунка протектора для двох шин (відповідно до вимог) у вигляді табл. 4.1.
- 4 Навести рисунки або фотографії, що віддзеркалюють процеси трьох вимірювань залишкової висоти протектора шини, які виконані в лабораторії кафедри «АТМ».
- 5 Зробити висновки про технічний стан кожної шини та можливість її експлуатації.

#### 4.7 Питання для самоконтролю

1. Навести характеристики конструкції шини.
2. Перелічити технічні параметри шин.
3. Як вимірюється залишкова висота рисунку протектора шин?
4. Яка мінімальна висота рисунку протектора допускається для різних шин?
5. Виконати порівняння різних рисунків протекторів шин за їх впливом на експлуатаційні властивості автомобіля.



**ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5**  
**ВИЗНАЧЕННЯ ДАНИХ ЩОДО РОЗРАХУНКУ КУТА**  
**ВІДВЕДЕННЯ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ПО КОЛУ**

**Мета роботи:** отримання навичок з вимірювання значень параметрів, потрібних для розрахунку кута відведення автомобіля.

### **5.1 Завдання роботи**

1. Вибір ділянки майданчика, що відповідає вимогам для забезпечення сталого руху автомобіля по колу.
2. Обґрунтування місць кріплення до автомобіля пристосувань для відображення траєкторії заданих точок автомобіля.
3. Виконання встановлення та кріплення зазначених пристосувань.
4. Вибір лінійної швидкості руху та кута повороту керованого колеса ( $V=\text{const}$ ,  $\theta=\text{const}$ ).
5. Виконання руху по колу в сталому режимі з фіксацією на поверхні майданчика траєкторії заданих точок автомобіля.
6. Вимірювання часу руху по колу (мінімум три виміри).
7. Вимірювання діаметра кола кожної зафіксованої траєкторії (мінімум три виміри).
8. Обчислення середніх значень і дисперсій величин отриманих параметрів.
9. Складання звіту.

### **5.2 Організація проведення роботи**

До виконання роботи допускаються магістранти, що відповіли на контрольні питання і пройшли інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторно-практичних робіт. Робота виконується групою магістрантів під керівництвом викладача.

Після виконання роботи потрібно скласти звіт з лабораторної роботи і захистити його перед викладачем.

### **5.3 Хід роботи**

Для виконання лабораторно-практичної роботи використовується вимірювальне устаткування.

При проведенні даної лабораторно-практичної роботи досліджуються параметри, що характеризують курсову стійкість руху легкового автомобіля [5, 16]. Для цього потрібно відтворювати траєкторії переміщення заданих точок колісного транспортного засобу: середин передньої та задньої осей. Для фіксації зазначених траєкторій руху використовується спеціальне пристосування (рис. 5.1).

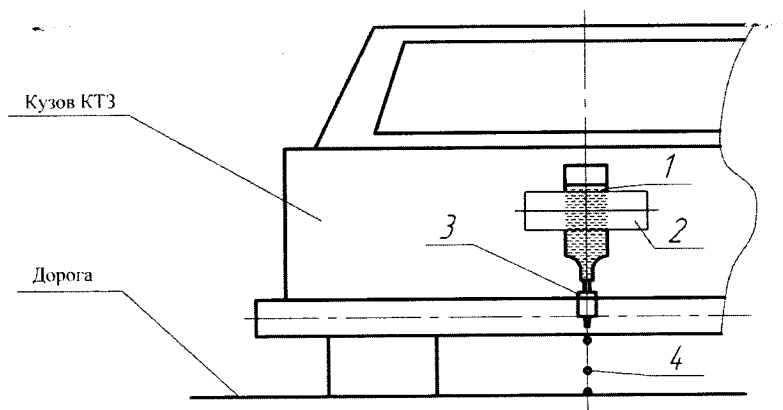


Рисунок 5.1 – Схема пристосування для фіксації траєкторії переміщення середини задньої осі автомобіля: 1 – емність із рідиною, 2 – стрічка скотча, 3 – крапельниця, 4 – краплі рідини

Емність 1 кріпиться до автомобіля скотчем й наповнюється рідиною. Регулятором 3 встановлюється необхідна швидкість витікання рідини 4 з емності 1 до опорної поверхні дороги.

При русі КТЗ на поверхні дороги залишаються сліди траєкторії руху (рис. 5.2). Якщо автомобіль рухається за колом, то відтворюється замкнена траєкторія кола. Фіксується час від початку руху до моменту отримання замкненого кола і вимірюється діаметр кола (рис. 5.2). Результати заносяться в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати вимірювань

Марка автомобіля		
Номер виміру	Час руху автомобіля, с	Діаметр кола, по якому рухалася середина осі передньої/задньої, м
1		/
2		/
3		/
Середнє значення		/

У звіті з лабораторно-практичної роботи № 5 мають бути фотографії, що відтворюють стадії виконання роботи: фіксації траєкторії та вимірювання діаметра. Приклади фотографій наведені на рис. 5.2:



Рисунок 5.2 – Приклади фотографій, які додаються до звіту з лабораторно-практичної роботи

#### 5.4 Зміст звіту

- 1 Потрібно вказати номер, назву і мету лабораторно-практичної роботи.
- 2 Навести короткий опис ходу проведення лабораторно-практичної роботи і визначення даних для розрахунку кута відведення автомобіля.
- 3 Навести технічну характеристику автомобіля, що використовувався під час проведення лабораторно-практичної роботи.
- 4 Надати рисунки або фотографії місць кріплення пристосувань, які використовувались в експериментальній стадії лабораторної роботи для дослідження курсової стійкості руху легкового автомобіля.
- 5 Навести виміри: часу руху автомобіля по колу (мінімум три виміри) і діаметру відтвореної траєкторії кола (мінімум три виміри).
- 6 Надати рисунки (або фотографії), що візуалізують стадії проведення лабораторно-практичної роботи.
- 7 Заповнити таблицю 5.1 та обчислити середні значення часу руху автомобіля по колу і діаметра кола.

## 5.5 Питання для самоконтролю

1. Обґрунтуйте вибір ділянки для руху автомобіля.
2. Поясніть поняття «курсова стійкість руху автомобіля».
3. Які пристосування використовуються при проведенні лабораторно-практичної роботи?
4. Наведіть коротку характеристику пристосувань.
5. Як визначається діаметр траєкторії кола при русі автомобіля на випробувальному майданчику?
6. Наведіть способи достовірного виміру швидкості руху автомобіля.
7. Який режим руху автомобіля є усталеним?

# **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6**

## **ДІАГНОСТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ**

**Мета роботи:** отримати практичні навички з контролю ефективності функціонування гальмівної системи автомобілів.

### **6.1 Завдання роботи**

1. Вивчення устрою та принципу роботи діагностичної системи.
2. Отримання практичних навичок контролю та вимірювання параметрів, що характеризують ефективність дії гальмівної системи автомобіля.
3. Проведення контрольних вимірів і складання звіту.

### **6.2 Обладнання та інструменти**

Для виконання роботи використовується: діагностична система з вимірювання ефективності гальмівної системи автомобілів «Ефект», а також автомобіль.

### **6.3 Організація проведення роботи**

До виконання роботи допускаються магістранти, що відповіли на контрольні питання й пройшли інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторно-практичних робіт. Робота виконується групою магістрантів (4 виконавці).

Після виконання роботи слід скласти звіт і захистити його. Магістранти, що не захистили звіти, не допускаються до виконання наступної роботи.

### **6.4 Призначення та устрій діагностичної системи «Ефект» виробництва «Мета»**

Діагностична система «Ефект» виробництва «Мета» призначена для діагностування гальмівних властивостей автомобілів. Процес діагностування виконується при переміщенні автомобіля по площині опорної поверхні, яка має відповідати таким вимогам:

- асфальтобетонне покриття має мати задану шорсткість ;
- поверхня майданчику має бути горизонтальною.

Діагностична система «Ефект» містить елементи та лінії зв'язку що наведені на рис. 6.1.

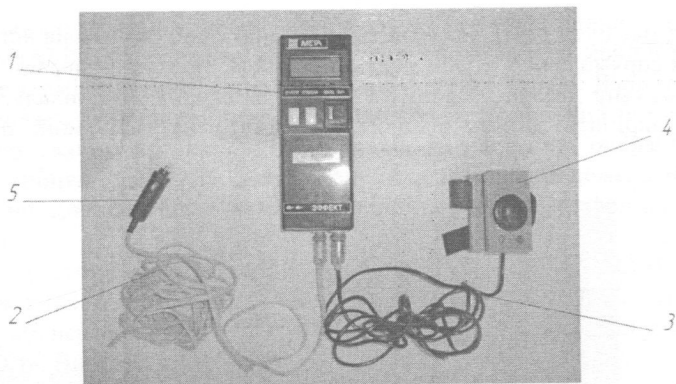


Рисунок 6.1 – Загальний вигляд системи «Ефект»

Основний прилад 1 закріплюється в автомобілі (на бічному склі двері) на рівні, що дозволяє вести за ним візуальний контроль. До приладу приєднуються дроти:

- лінія зв'язку – 2 з джерелом живлення;
- лінія зв'язку 3, що підключає педометр 4, який показує зусилля дії на гальмівну педаль.

Лінія зв'язку 2 має роз'єм 5, що приєднується до гнізда, яке призначене для запалювання.

Для проведення випробувань за допомогою діагностичної системи «Мета» потрібно закріпити основний прилад праворуч на скло двері автомобіля за допомогою притиску. Зазначене скло попередньо опускається (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Прилад, що закріплений на склі праворуч:  
1 – прилад; 2 – дріт, що підключає педометр; 3 – дріт живлення

Прилад має бути розташований таким чином, щоб стрілки на його корпусі були спрямовані за ходом руху автомобіля. Наступні операції: приєднання роз'ємів давача зусилля та кабеля живлення до приладу. Далі потрібно закріпити датчик зусилля (педометр) на гальмівній педалі (рис. 6.3).

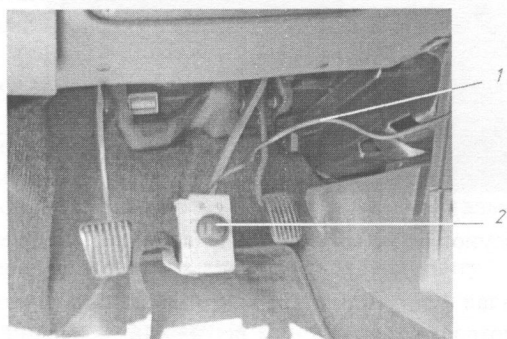


Рисунок 6.3 – Датчик зусилля, закріплений на гальмівній педалі:  
1 – дріт, що підключає педометр; 2 – педометр

Кабель живлення приєднується до прикурювача автомобіля. Датчик зусилля та дріт живлення розміщують таким чином, щоб вони не заважали водію. При підключенні дротів перемикач живлення «ВІД» (рис. 6.4) має бути в положенні «вимкнено».

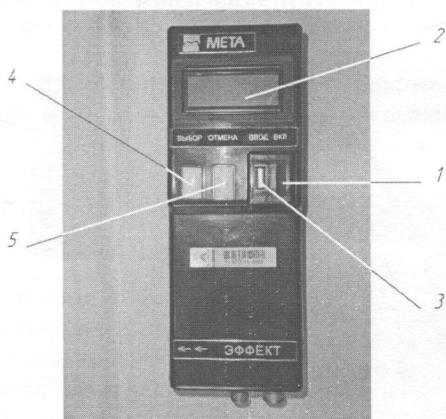


Рисунок 6.4 – Загальний вигляд основного приладу

Роботу з приладом виконує один оператор. Для початку роботи пот-

рібно ввімкнути прилад вимикачем 1. На індикаторі 2 приладу з'явиться напис «НАГРЕВ». Протягом деякого часу (не більше 5 хвилин) прилад виконує термічну стабілізацію вузлів, які є в його складі. Далі на індикаторі з'являється напис «номер ТС». Вводиться тризначний номер транспортного засобу або виконується перехід до наступної операції натисканням кнопки 3 «ВВОД». далі виконується набирання номера автомобільного транспортного засобу, починаючи з найбільшої цифри кнопкою 4 «ВЫБОР».

На індикаторі приладу з'являється напис «ХАРАК-КА ТС М1». Натисканням кнопки 4 «ВЫБОР» вибирається категорія АТЗ транспортного засобу, що перевіряється за ДСТ 351709, далі потрібно натиснути кнопку 3 «ВВОД». Вибрана категорія буде введена в пам'ять приладу.

Після цього на індикатор приладу подається напис «OD» – одиночний транспортний засіб. Кнопкою 4 «ВЫБОР» можна його змінити на «АП» – автопоїзд. Таким чином, потрібно вибрати кнопкою 4 «ВЫБОР» тип АТЗ, який відповідає транспортному засобу, що перевіряється. Потрібно підтвердити свій вибір натисканням кнопки 3 «ВВОД».

На індикаторі додається напис «СН» – споряджений автомобіль. Кнопкою 3 «ВЫБОР» можна змінити на «ПМ» – повна маса автомобіля. Кнопкою 3 «ВВОД» підтверджується маса автомобіля, що відповідає транспортному засобові, який перевіряється.

На індикаторі додається напис «>81» (рис. 6.5) – транспортний засіб, виготовлений після 01.01.1981 року. Кнопкою 4 «ВЫБОР» можна обрати «<81» – АТЗ виготовлений до 01.01.1981 року. Підтвердити свій вибір можна, натиснувши кнопку 3 «ВВОД».

ПРИМІТКА. Повернутися до попереднього пункту вибору режиму тестування можна натисканням кнопки 5 «ОТМЕНА».



Рисунок 6.5 – Вид напису на індикаторі після вибору режиму тестування

На індикаторі з'явиться напис «РАБОТА». Цей режим містить в собі:

- основний режим роботи (вимірювання параметрів ефективності гальмівних систем АТЗ);
- режим перевірки роботоздатності датчиків уповільнення та ліній-



ного відхилення, а також датчика зусилля.

Для виклику режиму перевірки датчиків натиснути кнопку 4 «ВЫБОР» (див. рис. 6.4).

При цьому, прилад перейде до індикації поточних показників сигналів датчиків:

- J1 – датчик уповільнення, в діапазоні 0–9,8 м/с<sup>2</sup>;
- J2 – датчик лінійного відхилення, в діапазоні +9,8 ...-9,8 м/с<sup>2</sup>;
- F – датчик зусилля, в діапазоні 0–100 кгс.

Для виходу з режиму перевірки датчиків потрібно натиснути кнопку 5 «ОТМЕНА».

Основний режим викликається натисканням кнопки 3 «ВВОД» при індикації повідомлення «РАБОТА» на індикаторі. При цьому на індикаторі приладу з'явиться одне з трьох повідомлень:

«НАКЛОН НАЗАД»; «НАКЛОН В НОРМЕ»; «НАКЛОН ВПЕРЕД».

Для правильного встановлення приладу потрібно змінювати його положення на склі дверей автомобіля до досягнення на індикаторі напису «НАКЛОН В НОРМЕ». При цьому пролунає звуковий сигнал.

Після натискання кнопки 3 «ВВОД» з'явиться напис «ПРОВЕРКА ТС».

Для перевірки транспортного засобу потрібно розігнати його до швидкості близької 40 км/год. і загальмувати, при цьому гальмування потрібно виконати в режимі екстреного повного гальмування при одноразовому впливі на педаль гальм.

**УВАГА.** В процесі гальмування не допускається коректування траєкторії руху ТЗ, якщо цього не потребує забезпечення безпеки випробування.

**УВАГА.** Гальмування проводити при від'єднаному від трансмісії двигуні, а також від'єднаних приводах додаткових ведучих мостів і розблукваних трансмісійних диференціалах, якщо це передбачено конструкцією АТЗ.

Далі знімається силовий вплив на педаль гальм (після повної зупинки АТЗ).

Після цього на індикаторі з'явиться напис «РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ТС».

Після чого натискаємо кнопку 3 «ВВОД».

На індикаторі з'явиться напис «ХАРАК-КА ТС».

В нижньому рядку індикатора будуть значення, які відповідають АТЗ, який перевіряється та введені раніше в режимі налаштування приладу.

Натискаємо кнопку 3 «ВВОД». На індикаторі з'явиться напис «НОМЕР ТС ХХХ», де ХХХ – номер ТЗ, введений перед початком вимірювання.

Натискаємо кнопку «ВВОД».

На індикаторі з'явиться напис зображений на рис. 6.6.

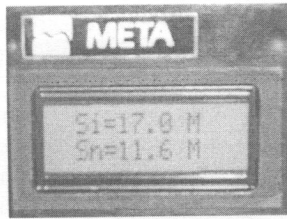


Рисунок 6.6 – Показники  $S_i$  та  $S_n$ , отримані під час вимірювань, відповідно, виміряне значення довжини гальмівного шляху та перерахована норма гальмівного шляху.

Натискаємо кнопку з «ВВОД».

На індикаторі з'явиться напис зображений на рис. 6.7.

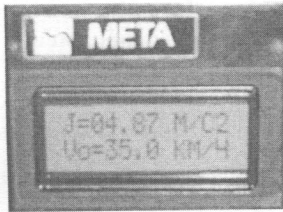


Рисунок 6.7 – Показники  $J$  та  $U_o$ , отримані під час вимірювань, відповідно, уповільнення, що встановилось, та початкова швидкість гальмування

Натискаємо кнопку з «ВВОД».

На індикаторі з'явиться напис зображений на рис. 6.8.



Рисунок 6.8 – Показники  $t$  та  $F$ , отримані під час вимірювань, відповідно, час спрацювання гальмівної системи та зусилля натискання на гальмівну педаль

Натискаємо кнопку з «ВВОД».

На індикаторі з'явиться напис зображений на рис. 6.9.



Рисунок 6.9 – Показник лінійного відхилення

Натиснувши кнопку 5 «ОТМЕНА», можна повернутися до індикації попередніх показників.

### **6.5 Аналіз дій оператора-діагноста та водія автомобіля, що випробовується під час виконання експерименту**

Передумовою є закріплення педометра деселерометра на педалі робочого гальма. В експерименті заплановано дослідження різних режимів руху:

- гальмування (після досягнення прямолінійного усталеного руху);
- гальмування (після досягнення усталеного руху по колу);
- гальмування при усталеному русі по криволінійній траєкторії.

Оператор виконує вимір прискорювання автомобіля.

Нижче розглянуті дії водія щодо наведених вище різних режимів руху [17].

Перед вимірюванням параметрів руху автомобіля виконана попередня операція – запускання двигуна при діючому стоянковому гальмі (при цьому оператор перевіряє дію деселерометра «Ефект», що приєднаний до роз'єма для запалювання).

Для виконання дій, що потрібні для першого режиму руху, водій вимикає стоянкове гальмо та послідовно вмикає 1-у та 2-у передачі коробки передач (КП), досягає швидкості біля 40 км/год. та продовжує рух автомобіля протягом 4–7 с (створюється усталений рух). Далі, одночасно, водій вимикає передачу та плавно натискає на педаль робочого гальма до остаточної зупинки автомобіля. При натиснутій педалі водієм вмикається стоянкове гальмо, а потім припиняється дія на педаль робочого гальма. Після цього оператор виконує виміри.

Для забезпечення наступного випробувального режиму – гальмування при усталеному русі по колу, водій створює усталений рух по колу відповідного радіуса при швидкості 20 км/год. Одночасними рухами вимикає передачу КП та натискає на педаль робочого гальма до остаточної зупинки автомобіля. Утримуючи зазначену педаль, водій вмикає стоянкове гальмо,

а потім припиняє дію на педаль робочого гальма. Далі оператор виконує потрібні виміри параметрів гальмування.

Гальмування під час усталеного руху по криволінійній траєкторії створюється водієм таким чином. Він вмикає стоянкове гальмо та, вмикаючи послідовно 1-у й 2-у передачі КП, досягає швидкості 40 км/год. і продовжує рухатися таким чином по кривій 4–7 с, підтримуючи усталений рух. Далі водій (одночасними рухами) вмикає передачу КП й натискає на педаль робочого гальма до остаточної зупинки АТЗ. При цьому він повертає кермове колесо вліво. Утримуючи означену вище педаль, водій вмикає стоянкове гальмо і потім припиняє вплив на педаль робочого гальма.

Дії водія при створенні останнього режиму руху, що досліджується, наведені далі. Водій вмикає стоянкове гальмо та послідовно вмикає 1-у та 2-у передачі коробки передач, досягає швидкості біля 20 км/год. (при цьому подається сигнал оператору про початок замірів). Рух автомобіля продовжується з прискоренням протягом 4–7 с (приблизно до 45 км/год.). Оператор натискає кнопку педометра деселерометра та відбувається вимір даних. Водій зупиняє автомобіль.

В результаті дорожнього випробування отримані дані, що є відтвореним продуктом експерименту у вигляді сукупності цифр (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Результати вимірювання ефективності гальмівної системи автомобіля

Найменування показника або назва контрольної операції	Результати вимірювань або перевірки	Нормативні значення параметрів
Характеристика АТЗ, М1		
Тип АТЗ		
Дата виготовлення АТЗ		
Вимірювання параметрів ефективності гальмівних систем АТЗ:		
Перевірка робоздатності датчика уповільнення		
Перевірка робоздатності датчика лінійного відхилення		
Перевірка робоздатності датчика зусилля		
зусилля натискання на педаль, Н		
довжина гальмівного шляху, м		
початкова швидкість уповільнення, км/год.		
час спрацювання гальмівної системи, с		

Приклади відображення значень параметрів, отриманих при діагностуванні, наведені в додатку А.

## 6.6 Зміст звіту

1 Потрібно вказати номер, назву і мету лабораторно-практичної роботи.

2 Навести короткий опис ходу проведення лабораторно-практичної роботи і визначення даних для оцінювання ефективності гальмівної системи автомобіля.

3 Навести нормативні значення параметрів гальмівної системи автомобіля, що використовувалися у проведенні лабораторно-практичної роботи.

4 Надати рисунки (або фотографії) місць кріплення приладу та пристосувань, які використовувались у експериментальній частині лабораторно-практичної роботи для дослідження ефективності гальмівної системи автомобіля.

5 Надати рисунки (або фотографії) щодо відображення результатів проведення роботи.

6 Заповнити таблицю 6.1 та зробити висновки про технічний стан гальмівної системи автомобіля, який використовувався в дослідженні.

## 6.7 Питання для самоконтролю

1. Призначення діагностичної системи «Ефект» для контролю ефективності дії гальмівної системи автомобілів.

2. Які виміри дозволяє отримати діагностична система «Ефект»?

3. Будова діагностичної системи «Ефект».

4. Наведіть технічні характеристики діагностичної системи «Ефект».

5. Наведіть послідовність установлення на автомобіль діагностичної системи «Ефект».

6. Наведіть послідовність підготовки діагностування системи до роботи.

7. Яка послідовність проведення діагностики ефективності дії гальмівної системи автомобіля за допомогою системи «Ефект»?

## **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ**

**Мета роботи:** отримання навичок з визначення шорсткості дорожнього покриття та оцінювання результатів вимірювань.

#### **7.1 Завдання роботи**

1. Вивчення методів оцінювання шорсткості поверхні.
2. Дослідження необхідної ділянки поверхні дорожнього покриття та вимірювання проміжних даних.
3. Розрахунок шорсткості та складання звіту.

#### **7.2 Організація проведення роботи**

До виконання роботи допускаються магістранти, що відповіли на контрольні питання й пройшли інструктаж з техніки безпеки при виконанні лабораторно-практичних робіт. Робота виконується групою магістрантів (3 виконавці). Для визначення шорсткості дорожнього покриття потрібно мати пісок, ємність для піску (об'єм 30–50 см<sup>3</sup>), лінійку великої довжини або шпатель. Виміри провести на тому самому місці не менше трьох разів.

Після виконання роботи потрібно скласти звіт і захистити його. Магістранти, що не захистили звіти, не допускаються до виконання наступної роботи.

#### **7.3 Корисна інформація для виконання роботи**

Методи непрямого оцінювання опору ковзанню дорожніх покриттів різних типів виникли в процесі розробки нових технологічних способів формування неслизьких покриттів. Перед дослідниками автомобілів та доріг виникло питання з'ясування залежності коефіцієнта зчеплення від шорсткості поверхні дорожніх покриттів. Виникла проблема оцінювання шорсткості та з'ясування впливу її різних типів на величину коефіцієнта зчеплення. Тому науково-дослідні організації різних країн провели велику роботу з пошуків найбільш раціональних способів оцінювання шорсткості дорожніх покриттів.

Питання вибору матеріалів і технології виконання покриттів, що характеризуються підвищеним коефіцієнтом зчеплення, дотепер повністю ще не вирішені. Обґрунтованому вибору структури покриттів найбільш раціональної текстури перешкоджає відсутність простих, але надійних способів оцінювання шорсткості дорожніх покриттів. Існуючі численні методи оцінювання шорсткості дорожніх покриттів, на жаль, мають деякі серйозні недоліки, які зумовлюють їх досить обмежене поширення.

У різних галузях промисловості, пов'язаних з оцінюванням стану поверхні виробів, розроблені численні прилади й методи, з яких найбільше поширення одержали конструкції, в основу яких покладено вивчення перетину поверхні виробів оптичним або шуповим методами. Усі зазначені прилади, в основному, призначені для вимірювання шорсткості гладких металевих, дерев'яних і скляних поверхонь. У термінології, поки що, також є низка неточностей. Для оцінювання шорсткості поверхонь розглядають реальну геометричну й обмірювану поверхні та, відповідно, їх реальний, геометричний і обмірюваний профілі.

Під терміном «реальна поверхня» розуміють поверхню, що обмежує об'єкт від навколишнього середовища та утворюється в процесі виготовлення даного об'єкта (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Основні види шорсткісної поверхні:  
1 – геометрична; 2 – реальна; 3 – обмірювана

Поверхня заданої геометричної форми, що не має нерівностей і відхилень, має назву геометричної поверхні. Поверхня, отримана в процесі вимірювання профілю реальної поверхні, називається обмірюваною поверхнею.

Перетин геометричної й обмірюваної поверхонь площинами, орієнтованими в заданому напрямку стосовно геометричної поверхні, відповідно називають реальним, геометричним і обмірюваним профілями. Виступи та западини на реальній поверхні називають нерівностями. Графічне зображення обмірюваного профілю називають профілограмою.

До параметрів, що характеризують шорсткість поверхні, відносять також ступінь нерівностей, зумовлений відстанню між вершинами характерних нерівностей обмірюваного профілю, і довжину ділянки поверхні, обрану для вимірювання шорсткості (так звану базову довжину), яка є показником для відділення характеристик шорсткості від хвилястості.

Відповідно до наведеної вище термінології під шорсткістю поверхні прийнято розуміти сукупність нерівностей з відносно малими відстанями між виступами, які характеризують рельєф поверхні. Залежно від характеру нерівностей та їх відносного розташування шорсткість вимірюють у межах ділянки певної довжини – бази.

Для кількісного оцінювання шорсткості вибирають, звичайно, один із трьох методів: метод середньої лінії, метод обвідної; метод різниць. Найпоширенішим і теоретично обґрунтованим є метод середньої лінії, до оцінювання шорсткості яким пристосована більшість з існуючих шупових і оптичних приладів.

Метод середньої лінії полягає у визначенні місця розташування лінії, яка має форму геометричного профілю й ділить обмірюваний профіль так, що сума квадратів відстаней точок профілю до цієї лінії в межах базової довжини мінімальна. До переваг методу потрібно віднести властивості середньої лінії, яка при вимірах являє собою базу для визначення числових значень шорсткості, має напрямок обмірюваного профілю та розділяє цей профіль так, що площі, укладені між середньою лінією й лініями профілю по обидві сторони від неї, в межах базової довжини, рівні між собою.

Залежно від необхідної точності вимірювання, положення середньої лінії визначають способом найменших квадратів, планіметруванням профілограми або наближеним способом, проводячи її приблизно. З перелічених способів найбільша точність, але при цьому й найбільша трудомісткість, властива першому варіанту.

Аналіз перелічених вище загальноприйнятих методів виміру шорсткості поверхні й параметрів для її кількісного оцінювання, вказує на деяку подібність відносно теоретичного обґрунтування методів середньої обвідної. Однак метод обвідної поки що не знайшов значного практичного поширення, а тому прилади для вимірювання шорсткості цим методом, поки не розроблені. Усі існуючі прилади для оцінювання шорсткості поверхонь виготовлені для вимірювань гладких поверхонь деталей з металу, пластмаси, скла, дерева й інших матеріалів, після їх ретельної обробки. У зв'язку з великою різницею поверхні дорожнього покриття від промислової продукції, для оцінювання якості обробки якої розроблені прилади, застосування їх у дорожніх дослідженнях без принципової переробки дуже обмежене. Крім того, основна маса приладів призначена для вимірювань у лабораторних умовах поверхонь, шорсткість яких змінюється у вузькому інтервалі – від 2 мм до 0,003 мм. Для оцінювання шорсткості дорожніх покриттів у лабораторних умовах приладами, що серійно випускаються промисловістю, можуть знайти застосування тільки прилади, призначені для вимірювань у межах – від 2 мм до 0,2 мк. Настільки незначну шорсткість мають лише асфальтобетонні й цементобетонні покриття. Тому науково-дослідні дорожні організації, в останні роки, були зайняті розробкою нових приладів, що дозволяють оцінювати не тільки гладкі, але й грубошорсткісні поверхні.

Для практичного оцінювання шорсткості знайшли застосування різні способи, з яких потрібно виокремити способи: «піщаної плями», відбитків, зліпків, стереофотографії, механічного запису, оптичний, ультразвукової обробки статичних даних щодо аварійності.

#### 7.4 Хід роботи

В даній роботі для однієї «піщаної плями» використовується 200 см<sup>3</sup> піску. Потрібно провести оцінювання шорсткості поверхні за допомогою способу «піщаної плями» [18] (додаток Б). На поверхню, що досліджується



ся, розсипається певний об'єм дрібного піску (крупністю часток 0,15–0,30 мм). Пісок розрівнюється лінійкою великої довжини або шпателем у рівень із поверхнею окремих виступів покриття. Плями надається форма кола, у якого вимірюють діаметр. Виміри роблять не менше трьох разів для кожної з «піщаних плям», розміщених на відстані 0,5–1 м одна від одної. Результати вимірів фіксують у таблиці (приклад у табл. 7.1). При розрівнюванні піску на площі круга звичайно залишаються окремі незаповнені ділянки, тому при остаточному визначенні виходять трохи занижені значення шорсткості.

Таблиця 7.1 – Експериментальні дані (приклад)

Номер «піщаної плями»	Виміряні діаметри «піщаної плями», см				Середній діаметр «піщаної плями», см	Шорсткість
	2	3	4	5		
1	29	28	28,5	30	28,88	0,076
2	30	31	30,5	29,5	30,25	0,070
3	22	21,5	22,5	21,5	21,87	0,133
4	28	29	28,5	29	28,63	0,078

До переваг цього способу потрібно віднести простоту методики вимірювання і відсутність потреби у складному й громіздкому обладнанні.

До недоліків способу можна віднести: необхідність закриття руху на час проведення вимірів і відносна трудомісткість виконання вимірів.

Вимірювання, проведені в деяких країнах, указують на певну залежність між величиною коефіцієнта зчеплення й шорсткістю покриття, отриманої способом «піщаної плями».

Діаметр плями залежить від ступеня шорсткості покриття й може змінюватися в значних межах. У табл. 7.2 наведені значення діаметра піщаної плями й відносної шорсткості за даними проф. М. С. Замахаява.

Таблиця 7.2 – Діаметр піщаної плями та відносна шорсткість

Тип покриттів	Діаметр плями, см	Відносна шорсткість
Холодний асфальтобетон	72	0,089
Піщаний асфальтобетон	58	0,137
Цементобетон гладкий	52	0,170
Цементобетон шорсткуватий	45	0,316
Асфальтобетон гладкий	48	0,201
Асфальтобетон шорсткуватий	25	0,734

Шорсткість розраховується за формулою

$$H = \frac{4V}{\pi D^2}, \quad (7.1)$$

де  $V$  – об'єм піску,  $\text{см}^3$ ;

$D$  – діаметр плями,  $\text{см}$ .

Результати фіксують у звіті (наприклад, як у табл. 7.1). Також у звіті з лабораторно-практичної роботи мають бути фотографії. Приклади наведені на рис. 7.2.

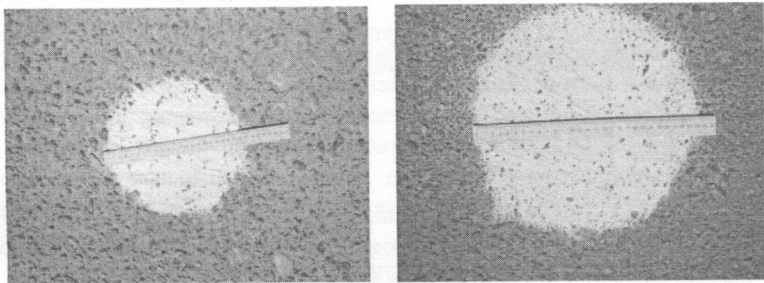


Рисунок 7.2 – Приклади фотографій, які додаються до звіту з лабораторно-практичної роботи

### 7.5 Зміст звіту

1 Потрібно вказати номер, назву та мету лабораторно-практичної роботи.

2 Навести короткий опис методів оцінювання шорсткості поверхні.

3 Надати: опис проведеного дослідження; характеристику поверхні ділянки, на якій проводилося експериментальне випробування; зробити необхідні розрахунки та віддзеркалити їх результати у таблиці (див. приклад табл. 7.1.).

4 У звіті потрібно навести рисунки або фотографії, які відображають певні стадії дослідження (наведіть їх порівняння).

5 Зробити висновки.

### 7.6 Питання для самоконтролю

1 Як Ви розумієте термін «шорсткість поверхні»?

2 Дайте означення терміна «реальна поверхня».

3 Що називають профілограмою?

4 Що відносять до параметрів, які характеризують шорсткість поверхні?

5 Наведіть перелік та сутність методів оцінювання шорсткості поверхні.

# **ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8**

## **ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОЩІ КОНТАКТУ ПНЕВМАТИЧНОЇ ШИНИ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ**

**Мета роботи:** дослідження значущості впливу змінення тиску повітря у шині і навантаження на колесо на площу плями контакту з опорною поверхнею.

### **8.1 Завдання роботи**

1. Формування моделі для планування експерименту.
2. Визначення марки і моделі автомобіля та шини, яку можна використати для вимірювання площі контакту ( $S$ ) колеса з опорною поверхнею.
3. Вибір майданчика для встановлення автомобіля, а також обладнання та приладів для проведення експерименту.
4. Формування матриці експерименту та визначення кількості необхідних вимірювань.
5. Проведення експерименту та отримання необхідної сукупності відбитків площі контакту.
6. Використання дисперсійного аналізу для оцінювання значущості впливу тиску повітря в шині та навантаження на колесо ( $P_w$  та  $N$ ) на функцію відгуку ( $S$ ).

### **8.2 Корисна інформація для виконання роботи**

Раніше площу контакту шини з опорною поверхнею автомобілісти вимірювали різними методами. Наприклад, діагностування технічного стану автотранспортних засобів є одним з основних завдань автомобільного транспорту. У ситуації, коли більша частина автомобільного парку країни має значний пробіг від початку експлуатації, питання діагностування технічного стану транспортних засобів та автомобільних шин набувають особливо важливого значення. В процесі експлуатації АТЗ автомобільна шина має відповідати всім вимогам, які обумовлені особливостями її функціонування: безпеки, економічності і комфортабельності.

Свої функції (несучу, тягову, керівну, підресорювальну та амортизувальну) шина з середньостатистичними властивостями раціонально виконує тільки при ефективному і своєчасному управлінні її технічним станом, який може визначатися тиском повітря в еластичному русії.

Безпосереднє вимірювання тиску повітря в шині є досить трудомісткою операцією, крім того, часте розкриття вентиля підвищує ймовірність його пошкодження або забруднення, що зумовлює втрату герметичності з'єднання і зниження тиску повітря в шинах під час руху транспортних за-

собів. Тому велися розробки методів діагностування технічного стану шин, які засновані на вимірюваннях різних непрямих параметрів, які дають оцінку величини тиску повітря, що дозволяє істотно знизити трудомісткість контролю.

Нижче наведений аналіз конструкцій різних пристроїв, за допомогою яких вимірювалися довжина або площа плями контакту шини з поверхнею. Результати вимірювань мали достатню точність [19].

Існує, наприклад, пристрій для діагностування внутрішнього тиску в пневматичних шинах транспортних засобів, який містить плоскі опорні майданчики, в поздовжніх прорізах яких розташовані вимірювальні диски. Вони пов'язані з реєструвальною апаратурою і закріплені на осі, яка повертається вільно в підшипниках візка, що переміщується механічним або ручним способом уздовж опорної площі (рис. 8.1).

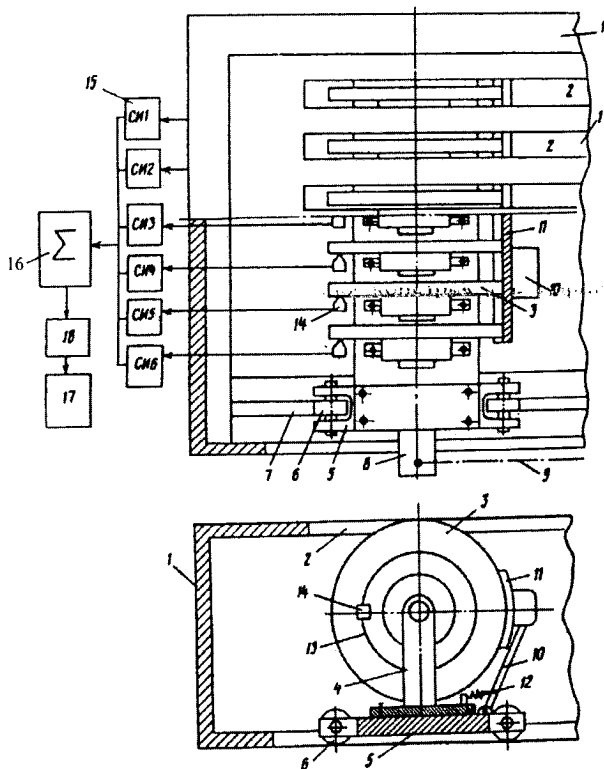


Рисунок 8.1 – Схема пристрою для вимірювання довжини і площі контакту шини з опорною поверхнею

Автомобіль ставиться шиною зверху на корпус 1 пристрою так, щоб прорізи 2 у верхній горизонтальній плиті корпусу 1 були паралельними площі кочення шини. При поздовжньому переміщенні на колесах візка 5, що рухаються уздовж площини кочення шини, обертають вимірювальні диски 3, що входять через вертикальні прорізи 2 в зачеплення з шиною, яка встановлена на опорному майданчику 1, і повертаються навколо своєї осі на деякий кут, за величиною якого можна визначити довжину контакту в цьому прорізі. Кут повороту фіксується датчиком 14, що бере імпульси від магнітної доріжки 13. Далі імпульси з кожного диску підраховуються лічильником СИ, і найбільший кут повороту фіксується приладами 18, 17. Колеса 6 візка 5 рухаються в прорізах 7. Елементи 8 і 9 складають механізм повернення, 10, 11 і 12 – гальмівний пристрій.

Однак такий пристрій має низку недоліків:

- наявність неконтрольованої відстані між вимірювальними дисками, а також можливість виникнення нерівномірного навантаження на вісь дисків і її перекіс, що знижує точність і надійність роботи вимірювального пристрою;

- необхідність установалення колеса на опорний майданчик, а подальше переміщення вимірювального елемента приводним пристроєм в процесі діагностування призводить до збільшення часу контролю;

- наявність візка, встановленого на роликах, які розташовані в напрямних опорного майданчика, в прорізах якого встановлені вимірювальні диски, жорстко закріплені на осі в підшипниках візка, а також гальмівного пристрою і приводу ускладнює конструкцію.

Якщо в цьому ж пристрої кожен диск буде повертатися незалежно від інших дисків 3, то сума поворотів всіх дисків буде характеризувати площу контакту шини з опорною поверхнею. Але такий спосіб вимірювання площі плями контакту є дуже складним для здійснення його при виконанні лабораторної роботи.

Відомий також інший варіант вимірювання площі контакту. Він містить опорні плити з заглибленнями і вимірювальний вузол, який має підпружинені планки, що розташовані в заглибленнях опорних плит, і пристрій для вимірювання довжини контакту шин з опорними поверхнями, що пов'язаний з джерелом живлення через розімкнуті контакти пружних планок, а також має підпружинений важіль. Пристрій для вимірювання довжини контакту шин з опорними поверхнями розташований під опорною плитою й виконаний у вигляді візка зі зворотною пружиною і підпружиненим важелем, на верхньому плечі якого встановлений ролик, який вільно обертається, а вимірювальний елемент виконаний у вигляді лінійного реохорда з повзунком, який має електромагнітний захоплювач, між губками якого проходить стрижень. При цьому обмотка управління електромагнітного захоплювача підключена до джерела живлення через нормально розімкнутий контакт підпружиненої планки.

Однак даний пристрій також має недоліки:

- складність конструкції, яка зумовлена наявністю електромагнітного захоплювача, між губками якого проходить стрижень, а також важеля, який складається зі стояків і роликів, які вільно обертаються;

- низька точність діагностування тиску повітря в шинах автомобіля, що пояснюється наявністю люфтів і інерційністю захоплювача.

Перевагою цього стенда є спрощення конструкції і підвищення точності вимірювання (рис. 8.2).

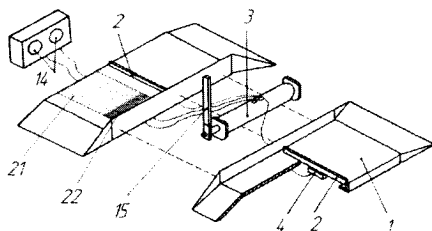


Рисунок 8.2 – Стенд для діагностування тиску повітря транспортних засобів за вимірними довжиною та площею контакту

Стенд має дві опорні плити 1 з заглибленнями і вимірювальний вузол, який має підпружинені планки 2, розташовані в заглибленнях опорних плит 1, пристрій 3 (рис. 8.3) для вимірювання довжини контакту шин з опорними поверхнями і дві чутливі плити 21 з контактними доріжками 22.

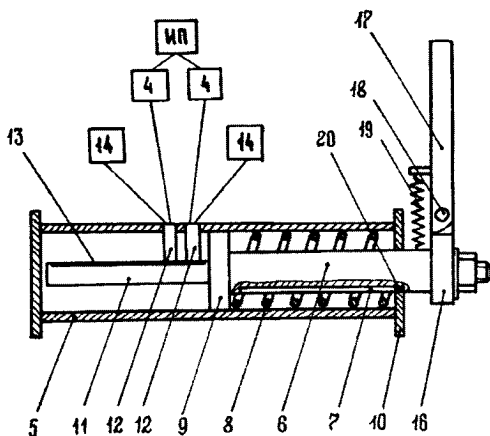


Рисунок 8.3 – Пристрій для вимірювання довжини контакту шин з опорними поверхнями

Під кожною з пружних планок 2 поміщений кінцевий вимикач 4, який має пари нормально розімкнених контактів. Пристрій для вимірювання довжини контакту шин з опорними поверхнями складається з корпусу 5, всередині якого розміщені шток 6 з напрямним пазом 7, зворотної пружини 8, яка розміщена між упором 9 штока 6 і передньою кришкою 10 корпусу 5, а також вимірювального елемента, який складається з рейки 11, жорстко закріпленої на штоку 6, магнітних зчитувальних головок 12, притиснутих до феромагнітної доріжки 13 і лічильників імпульсів 14. На передньому кінці штока 6, що виходить з корпусу 5 в отвір передньої кришки 10, закріплений підпружинений важіль 15, який складається з рухомого стрижня 16, рухомого стрижня 17, шарніра 18 і пружини 19. В отворі передньої кришки 10 є виступ 20, що входить в напрямний паз 7 штока 6.

Плити оцінювання ширини площі контакту шин з поверхнею працюють під вагою автомобіля, гумовий пласт 1 прогинається, і контактні доріжки 2 замикаються з плитою 3. Кількість замкнутих доріжок оцінює ширину площі контакту колеса з поверхнею (рис. 8.4).

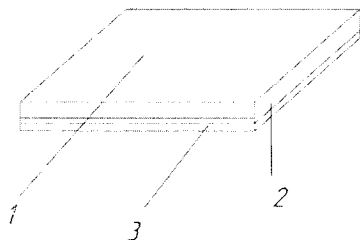


Рисунок 8.4 – Контактна плита стенда

Управління стендом, а також надання інформації щодо результатів вимірювань відбувається за допомогою пульта управління.

Працює стенд таким чином. При русі автомобіля своїм ходом по стенду його передній міст входить в контакт з підпружиненим важелем 15 і переміщує його, а разом з ним і шток 6, долаючи опір зворотної пружини 8. При цьому, разом зі штоком 6, переміщується і рейка 11, на якій нанесена феромагнітна доріжка 13 з магнітними мітками. Надалі шини автомобіля наїжджають на підпружинені планки 2 і відтискають їх, замикаючи контакти кінцевих вимикачів 4, змонтованих під планками 2, живлення подається на магнітні зчитувальні головки 12. Вони притиснуті до феромагнітної доріжки 13 з магнітними мітками на ній. З початком роботи магнітних головок 12 величина переміщення рейки 11 реєструється лічильниками імпульсів 14 до тих пір, поки шини впливають на планки 2. Число імпульсів визначається кількістю перетинів кожної магнітної мітки зчитувальною головкою 12 на феромагнітній доріжці 13 і пропорційно тиску повітря в конкретній шині. При подальшому русі шток 6

зупиняється, бо його переміщення обмежується довжиною прямого паза 7, в який входить виступ 6. Автомобіль, який подолав опір пружини 19 «зламає» підпружинений важіль 15. Потім зворотна пружина поверне шток 6 з підпружиненим важелем 15 і рейкою 11 в початкове положення, а пружина 19 поверне рухомий стрижень 20 підпружиненого важеля 15 в вертикальне положення. Після цього автомобіль продовжує рухатися по стенду, і колесо потрапляє на контактну плиту, де фіксується ширина контакту з поверхнею шини.

Означена вище конструкція вимірювального обладнання має достатню точність, але є складною. Тому в лабораторно-практичній роботі пропонується використати інший комплект обладнання і матеріалів: домкрат, паперові листи формату А1 і фарбу. Такий варіант виконання вимірювань площі контакту шини з опорною поверхнею вимагає багато часу на вимірювання, але він використовувався в наукових дослідженнях, а точність отриманої площі відбитка плями контакту можна оцінити після проведення лабораторно-практичної роботи.

### 8.3 Експериментальне дослідження експлуатаційних властивостей шин

#### 8.3.1 Організація експерименту, прилади, послідовність проведення

Під дією навантаження на колесо шина деформується, утворюючи так звану пляму контакту. Площа цієї плями значно впливає на коефіцієнти зчеплення ( $\varphi$ ) і опору коченню ( $\psi$ ) та залежить від технічних параметрів шини, тиску повітря і навантаження на неї.

Проводиться дослідження значущості впливу змінням тиску повітря у шині і навантаження на колесо (створюється певною кількістю пасажирів в салоні автомобіля) на площу плями контакту.

Виконується двофакторний експеримент, модель якого наведено на рис. 8.5. Досліджується вплив факторів: тиск повітря у шині ( $P_w$ ) та навантаження ( $N$ ).

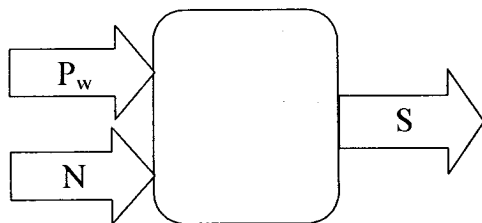


Рисунок 8.5 – Модель експерименту



Для експерименту використовується легковий автомобіль (наприклад, Skoda Octavia A5 2012 р. випуску, рис. 8.6), а також такі обладнання, прилади та матеріали: шина Continental Sport Contact 2 (рис. 8.7), домкрат (рис. 8.8), манометр шинний, фарба акрилова, листи паперові формату А1.



Рисунок 8.6 – Автомобіль, Skoda Octavia A5 2012



Рисунок 8.7 – Шина встановлена на автомобілі, Continental Sport Contact 2

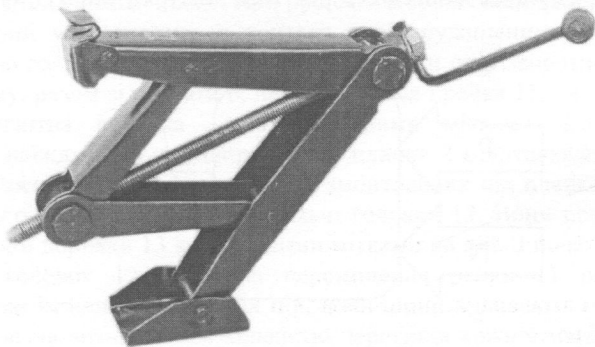


Рисунок 8.8 – Домкрат

За допомогою домкрата автомобіль припіднімається з лівої передньої сторони (рис. 8.9). Після нанесення тонкого шару фарби на покришку, під колесом розміщується аркуш паперу і автомобіль опускається.



Рисунок 8.9 – Ліве переднє колесо, припідняте за допомогою домкрата

Потім автомобіль знову підіймається для вилучення листа з відбитком плями контакту (рис. 8.10).

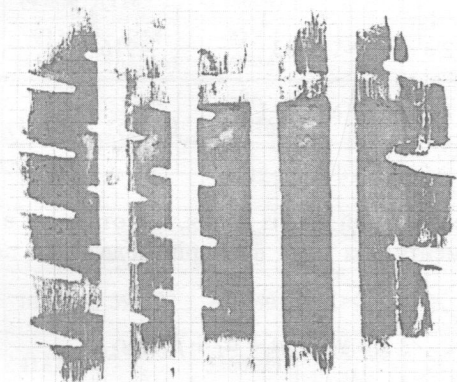


Рисунок 8.10 – Відбиток плями контакту колеса, отриманий під час експерименту (зображення зменшено у 2 рази)

### 8.3.2 Аналіз отриманих показників

Усього потрібно провести шістнадцять вимірювань. Для чистоти отриманих даних вимірювання проводяться в порядку, визначеному генератором послідовностей.

Для аналізу даних і отримання найбільш точних значень площ використовується метод із застосуванням комп'ютерної програми «Компас». Лис-

ти з відбитками скануються для отримання електронних версій зображень. Далі за допомогою програми «Компас» створюються контури плям, і інструментом «Площа» вимірюються їх площі. Результати експерименту, що подані сукупністю визначених площ контактів (мм<sup>2</sup>) наводяться у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Матриця експерименту

Тиск повітря в шині (МПа)	P <sub>w1</sub>		P <sub>w2</sub>		P <sub>w3</sub>		P <sub>w4</sub>	
	1,8		1,9		2,0		2,1	
Навантаження на колесо (число пас.)								
0	5567 <sup>1</sup>		5152 <sup>1</sup>	3	4737 <sup>1</sup>	1	4594 <sup>1</sup>	
1	5699 <sup>1</sup>		5237 <sup>1</sup>	5	4826 <sup>1</sup>		4672 <sup>1</sup>	4
2	5872 <sup>1</sup>	0	5383 <sup>1</sup>		4916 <sup>1</sup>	6	4758 <sup>1</sup>	
3	5964 <sup>1</sup>	2	5516 <sup>1</sup>		5006 <sup>1</sup>		4824 <sup>1</sup>	

Проводиться дисперсійний аналіз даних, що отримані в експерименті. Результати експерименту для двох факторів подаються такою лінійною моделлю [20]:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad (8.1)$$

де  $y_{ij}$  – значення функції відгуку (площі контакту), що отримане в результаті проведення дослідів з  $i$ -им,  $j$ -им рівнями, відповідно, факторів А і В;

$\mu$  – загальний ефект у всіх дослідів (дійсне середнє сукупності, з якої отримана вибірка);

$\alpha_i$  – ефект рядка, дисперсія, що отримана за рахунок зміни фактора А (навантаження на колесо);

$\beta_j$  – ефект колонки, дисперсія, що отримана під впливом зміни фактора В (тиск повітря);

$\varepsilon_{ijk}$  – дисперсія, що викликана помилкою експериментального дослідження.

Для зручності обробки результатів проведених дослідів потрібно перенести їх у таблицю 8.2. Причому, крім результатів експерименту, у кожній клітинці результат експерименту зводиться у квадрат і записується в дужках.

Таблиця 8.2 – Аналіз результатів експерименту

Тиск повітря в шині (МПа)	$P_{W1}$	$P_{W2}$	$P_{W3}$	$P_{W4}$	$A_i$	$\bar{A}_i$	$\sum_{i=1}^4 y_{ij}^2$	$A_j^2$
Навантаження на колесо (число пасажирів)	1,8	1,9	2,0	2,1				
0	397 (157609)	18 (324)	-433 (187489)	-576 (331776)	-594	-149	677198	352836
1	529 (279841)	67 (4489)	-344 (118336)	-498 (248004)	-246	-62	650670	60516
2	702 (492804)	213 (45369)	-254 (64516)	-412 (169744)	249	62	772433	62001
3	794 (630436)	346 (119716)	-164 (26896)	-346 (119716)	630	158	896764	24964
$B_j$	2422	644	-1195	-1832	39			500317
$\bar{B}_j$	606	161	-299	-458				
$\sum_{i=1}^4 y_{ij}^2$	1560690	169898	397237	869240			2997065	
$B_j^2$	5866084	414736	1428025	3356224	11065069			

Скористаємося таким порядком проведення дисперсійного аналізу.

1. Обчислюємо суми значень функції відгуку за рядками  $A_i$  і стовпцями  $B_j$  (табл. 8.2).

Наприклад, для першого рядка таблиці 8.1

$$A_i = 397 + 18 - 433 - 576 = -594.$$

Визначаємо середні значення за рядками  $\bar{A}_i$ , стовпцями  $\bar{B}_j$

Наприклад, для першого рядка сума середніх значень дорівнює

$$\bar{A}_{11} = \frac{1}{n} A_{11} = -\frac{594}{4} = -149$$

де  $n$  – кількість рівнів фактора.

2. Обчислюємо суму квадратів результатів усіх спостережень  $SS_1$

$$SS_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (y_{ijk})^2. \quad (8.2)$$

Для цього спочатку обчислюємо суми квадратів спостережень за рядками й стовпцями. Отримані результати підсумовуємо. Якщо обчислення проведені правильно, то суми квадратів за рядками й стовпцями мають бути однаковими. Так, для першого рядка таблиці 8.2 обчислення проводять так:

$$\sum_{i=1}^4 y_{i1}^2 = 157609 + 324 + 187489 + 331776 = 677198$$

Сума квадратів за рядками

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 y_{ij}^2 = 677198 + 650670 + 772433 + 896764 = 2997065$$

Сума квадратів за стовпцями

$$\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 y_{ij}^2 = 1560690 + 169898 + 397237 + 869240 = 2997065$$

Отже,  $SS_1 = 29970653$ .

Визначаємо суму квадратів підсумків за рядками, що ділиться на число елементів у кожному рядку  $SS_2$ :

$$SS_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i^2. \quad (8.3)$$

Тоді  $SS_2 = (352836 + 60516 + 62001 + 24964) / 4 = 125079$

3. Сума квадратів підсумків за стовпцями, що ділиться на число елементів у стовпці  $SS_3$ ,

$$SS_3 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n B_j^2.$$

Тоді  $SS_3 = (5866084 + 414736 + 1428025 + 3356224) / 4 = 2766267$

4. Для визначення коригувального члена  $SS_5$ , квадрат загального підсумку  $Q$  ( $Q^2 = 6093$ ) ділимо на загальне число клітинок квадрата (загальне число дослідів)  $N$ ,  $N = 16$

$$SS_5 = \frac{G^2}{n^2} = \frac{G^2}{N}, \quad (8.4)$$

$$SS_5 = \frac{(39)^2}{16} = \frac{1521}{16} = 95.$$

5. Визначаємо суму квадратів відхилень для рядка, тобто обумовлену впливом фактора А  $SS_a$ .

$$SS_a = SS_2 - SS_5, \quad (8.5)$$

$$SS_a = 125079 - 95 = 124984.$$

6. Обчислюємо суму квадратів відхилень для стовпця, що обумовлена впливом фактора В  $SS_b$ .

$$SS_b = SS_3 - SS_5.$$

$$SS_b = 2766267 - 95 = 2766172.$$

7. Визначаємо загальну суму квадратів усіх спостережень із урахуванням коригувального члена  $SS_3$ .

$$SS_3 = SS_1 - SS_5.$$

$$S_3 = 2997065 - 95 = 2996970.$$

8. Для оцінювання помилки експерименту обчислюємо залишкову суму квадратів  $SS_o$  або суму квадратів, що зумовлена помилкою дослідів  $SS_{II}$

$$SS_o = SS_{II} = SS_3 - (SS_a + SS_b), \quad (8.6)$$

$$SS_o = 2996970 - 124984 - 2766172 = 105814$$

9. Результат розрахунків обчислень зводимо у таблицю дисперсійного аналізу (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 – Результати дисперсійного аналізу

Ч.ч.	Джерело мінливості	Число ступенів вільності	Сума квадратів	Середній квадрат	Розрахунковий критерій	Табличний критерій Фішера
1	Фактор А	$n-1 = 4 - 1 = 3$	124984	$124984:3 = 41661$	2,36	4,76
2	Фактор В	$n - 1 = 3$	2766172	$2766172:3 = 922057$	52,29	4,76
3	Помилка	$(n - 1) \times (n - 2) = 3 \times 2 = 6$	105814	$105814:6 = 17635$		
	Разом:	$(n_2 - 1) = 16 - 1 = 15$	2996970			

Залишкова дисперсія – сумарна величина, яка складається з дисперсії, що зумовлена помилкою досліду, і дисперсії, що зумовлена взаємодіями, якщо вони є.

10. Значимість впливу кожного з перерахованих факторів на функцію відгуку визначається за критерієм Фішера, для цього обчислюється розрахункове значення критерію Фішера ( $F_p$ ), яке знаходять з відношення середнього квадрата кожного досліджуваного фактора до середнього квадрата помилки, й порівнюється з табличним значенням критерію Фішера ( $F_T$ ). Якщо  $F_p > F_T$  – лінійний ефект значущий, тобто значущі відмінності в середніх значеннях рівня.

Для перевірки відмінності середніх значень рівня переходимо до наступного пункту. Якщо ж перевірка за критерієм Фішера не дала позитивних результатів, то статистичний аналіз на цьому закінчується.

Значення середнього квадрата для кожного джерела мінливості одержується шляхом ділення суми його квадратів на відповідне їй число ступенів вільності.

За числом ступенів вільності для чисельника  $f_1 = 3$ , знаменника  $f_2 = 6$  і прийнятого рівня значущості  $\alpha = 0,05$  [20] визначасмо табличне значення критерію Фішера:

$$F_T (\alpha = 0,05; f_1 = 3; f_2 = 6) = 4,76;$$

$$F_a < F_T; F_b > F_T; F_c < F_T.$$

На основі аналізу даних таблиці можна зробити такі висновки:

– тиск повітря (фактор А), при його зміні від 0,18 до 0,21 МПа, на величину площі контакту впливає незначно; критерій Фішера  $F_p < F_T$  при отриманій величині помилки;

– навантаження на колесо впливає на площу контакту значно, критерій Фішера  $F_p > F_T$ .

11. Аналіз відмінності середніх значень рівнів значимих факторів проводиться за  $t$ -критерієм або множинним ранговим критерієм Дункана. Значущий фактор В (навантаження) має чотири рівні: 0, 1, 2, 3 пасажери. Потрібно встановити який з рівнів впливає на площу, для цього:

а) з таблиці 8.3 випишуються величини значущого фактора  $\bar{B}_j$  й розташовуються у порядку зростання в таблиці 8.4

Таблиця 8.4 – Середні значення значущого фактора

Рівні навантаження на колесо	0	1	2	3
Середнє значення площі	-149	-62	62	158

б) обчислюємо нормовану помилку середнього

$$S_{\{\bar{y}\}} = \sqrt{\frac{S_{II}^2}{n}}, \quad (8.7)$$

де  $S_{II}^2$  – значення середнього квадрата помилки, тобто дисперсії відтворюваності. Згідно з таблицею 8.3  $S_{II}^2 = 17635$ .

$$S_{\{\bar{y}\}} = \sqrt{\frac{17635}{4}} = 66;$$

в) для прийнятого рівня значущості ( $\alpha = 0,05$ ) числа  $n_D$ , рівного числу ступенів вільності середнього квадрата помилки ( $n_D = f = 6$ ) та  $p = 2, 3, \dots, n$ , вибираємо  $(n - 1)$  значущих рангів ( $r_{\omega}$ ).

Таблиця 8.5 – Значущі ранги

$P$	2	3	4
Ранги, $r_{\omega}$	3,46	3,58	3,64

г) обчислюємо найменші значущі ранги ( $H_j$ )

$$H_1 = 3,46 \cdot 66 = 228; H_2 = 3,58 \cdot 66 = 236; H_3 = 3,64 \cdot 66 = 240.$$

д) визначивши різниці між середніми ( $E_{\mu}$ ) і порівнявши їх з відповідним  $H_j$ , оцінюємо значущість відмінності величин площі при різних навантаженнях на колесо. Починаємо підраховувати різниці з крайніх значень.

Різницю максимального й мінімального значень порівнюємо з найменшим значимим рангом  $H_1$  при  $p = n$ , потім знаходимо різницю макси-



мального середнього й першого, що перевершує мінімальне, і порівнюємо її з найменшим значимим рангом  $H_2$  при  $p = n - 1$ . Це порівняння продовжуємо для другого, за величиною середнього, яке порівнюємо з найменшим і т. д., поки будуть досліджені всі  $\frac{n(n-1)}{2}$  можливі пари. Якщо різниця між середніми значеннями рівнів більша відповідного найменшого значущого рангу, то відмінність між середніми значуща.

$$E_1 = \bar{B}_4 - \bar{B}_1 = 158 - (-149) = 307 > 240 - \text{відмінність значуща.}$$

$$E_2 = \bar{B}_4 - \bar{B}_2 = 158 - (-62) = 220 < 236 - \text{відмінність незначуща.}$$

$$E_3 = \bar{B}_4 - \bar{B}_3 = 158 - 62 = 96 < 228 - \text{відмінність незначуща.}$$

$$E_4 = \bar{B}_3 - \bar{B}_1 = 62 - (-149) = 211 < 236 - \text{відмінність незначуща.}$$

$$E_5 = \bar{B}_3 - \bar{B}_2 = 62 - (-62) = 124 < 228 - \text{відмінність незначуща.}$$

$$E_6 = \bar{B}_2 - \bar{B}_1 = -62 - (-149) = 87 < 228 - \text{відмінність незначуща.}$$

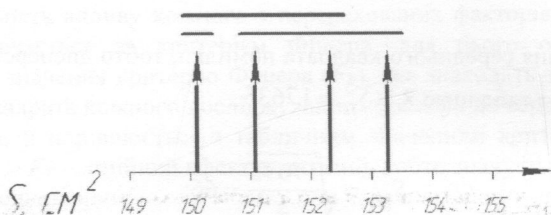


Рисунок 8.11 – Схематична візуалізація результатів дисперсійного аналізу за критерієм Дункана

Таким чином, величина діапазону змінювання площі контакту є недостатньою для діагностичного параметра.

## 8.6 Зміст звіту

1. Потрібно вказати номер, назву та мету лабораторно-практичної роботи.
2. Навести модель експерименту.
3. Надати: інформацію про транспортний засіб та шини до нього; характеристику місця проведення експерименту; параметри потрібного обладнання та приладів; матрицю експерименту (див. табл. 8.1.); результати дисперсійного аналізу (див. табл. 8.3).
4. У звіті потрібно навести рисунки або фотографії, які відображають певні стадії дослідження.
5. Зробити висновки.

## 8.7 Питання для самоконтролю

1. Наведіть характеристику впливу внутрішнього тиску повітря в шині легкового автомобіля на площу контакту еластичного рушія з опорною поверхнею.
2. Назвіть два параметри пневматичної шини, які можуть змінити площу її контакту з дорогою.
3. Які вимоги можуть бути до майданчика, що призначений для вимірювання основних статичних характеристик пневматичних шин?
4. Яка модель використовується для експерименту?
5. Охарактеризуйте основні компоненти проїзного стенда для діагностування тиску повітря в шині за параметрами площі контакту з опорною поверхнею.
6. Яке обладнання можна використати для вимірювання площі контакту колеса з опорною поверхнею?
7. Чому для експерименту обирається легковий автомобіль?
8. Які вимоги висуваються до місця проведення експерименту?
9. Яким чином отримуються відбитки плями контакту шини з поверхнею?
10. Як обґрунтовується кількість вимірювань в експерименті?
11. Охарактеризуйте сутність проведення дисперсійного аналізу.
12. Як розраховується число ступенів вільності для факторів експерименту та для помилки?
13. Дайте характеристики основним рівням входних факторів в матриці експерименту.
14. Якою лінійною моделлю подані результати експерименту для двох факторів?
15. Як подані результати дисперсійного аналізу?
16. Вплив якого фактору визначено значущим?
17. Поясніть аналіз відмінності середніх значень рівнів значущих факторів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Макаров В. А. Про можливі шляхи до підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою для сучасного автотранспортного комплексу. Вісник машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету. 2017. Вип. № 2 (6). С. 105–109.
2. Rudolph F. Verkehrswende für Deutschland. Der Weg zu CO2-freier Mobilität bis 2035 / F. Rudolph, T. Koska, C. Schneiderю – Wuppertal Institut, 2017. – 88 S.
3. Балабин И. В., Макаров В. А., Писанец А. А. Внутреннее давление воздуха в шине как силовой фактор, определяющий несущую способность автомобильного колеса. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2012. № 3. С. 64–68.
4. Макаров В. А. Особливості експлуатації та випробування еластичної шини автомобіля : монографія. Донецьк : ДААТ, 2010. 152 с.
5. Макаров В. А. Наукові основи поліпшення курсової стійкості руху легкового автомобіля : дис. ... док-ра техн. наук : 05.22.02 / Національний транспортний університет. Київ, 2011. 341 с.
6. Вербицкий В. Г., Макаров В. А., Костенко А. В. До питання про вплив розташування шин із жорсткісною неоднорідністю на курсову стійкість руху легкового автомобіля. Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. 2007. № 2. С. 7–15.
7. How the MICHELIN X Tweel Airless Radial Tire Works. URL : <https://www.michelintweel.com/aboutTweel.html>.
8. Шина Goodyear Oxygene виробляє електрику і очищує повітря. Новини IT. 2018. URL : <https://root-nation.com/news-ua/it-news-ua/ua-shina-goodyear-oxygene/>.
9. Макарова Т. В., Оринський І. А., Коновалов М. Д. Аналіз сучасних аспектів розвитку безповітряних шин. Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ : електрон. вид. 2020. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9149>.
10. Goodyear представила концепцію шин, способных трансформироваться в воздушные винты. URL : <https://itc.ua/blogs/goodyear-predstavila-kontseptsiyu-shin-sposobnyih-transformirovatsya-v-vozdushnyie-vintyi/>.
11. Сверхфутуристичная шина Kumho Maxplo с изменяющимся протектором. URL : <https://xexe.mirtesen.ru/blog/43330379671/Sverhfuturistichnaya-shina-Kumho-Maxplo-s-izmenyayuschimsya-prot>.
12. Zündkerzenbild / Gesicht der Zündkerze : веб-сайт. URL : <https://www.bosch24.de/zuendkerzen-richig-deuten/> (дата звернення: 22.04.2021).

13. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011–07–01]. Київ, 2011. 30 с.

14. Правила технічної експлуатації коліс та пневматичних шин колісних транспортних засобів категорій L, M, N, O та спеціальних машин, виконаних на їх шасі : Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 р. № 549. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1452-13#Text>.

15. Експлуатаційні норми середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 20.05.2006 р. № 488. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0712-06#Text>.

16. Макаров В. А., Хребет В. Г., Дугельний В. М. Про один підхід до оцінки впливу жорсткісної неоднорідності еластичної пневматичної шини на стійкість руху дорожнього транспортного засобу. Вісник Центрального наукового центру Транспортної академії України. 2000. Вип. 3. С. 95–96.

17. Fahr Sicherheitssysteme. BOSCH. [E. Siegert, H. Geisler, A. van Zanten, R. Becker und andere.] ; red. Horst Bauer. – [2. – aktualisierte und erw.]. – Braunschweig, Wiesbaden : Vieweg, 1998. – 249 S.

18. Über DEKRA. URL: <https://www.dekra.de/de/ueber-dekra/>.

19. Устройство для диагностирования пневматических шин колесных транспортных средств : а.с. № 687356 СССР. Открытия. Изобретения. 1979. №35.

20. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. /Шеффе Г. – М., 1980.

## ДОДАТКИ

Додаток А

*«Приклади відображення значень діагностичних параметрів за результатами оцінювання ефективності дії гальмівної системи»*

Наведені дані діагностування ефективності дії гальмівної системи проводилися на майданчику з асфальтобетонним покриттям для легкового автомобіля.

Таблиця А.1 – Значення діагностичних параметрів

Найменування Показника	Номери заїздів при діагностуванні														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Довжина гальмівного шляху фактична, $S_i$ (м)	19,7	12,6	33,6	18,1	11,6	18,5	33,1	36,2	38	25,3	28,1	34,2	17,4	42	27
Перерахована довжина гальмівного шляху, $S_n$ (м)	15,1	13,2	16,4	18	11,9	15,7	15,5	16,4	15,4	16,3	16,6	16,5	14,6	16,3	16,1
Стале уповільнення, $J$ (м/с <sup>2</sup> )	7,43	6,28	6,21	6,79	6,4	6,68	6,15	6,79	6,79	6,34	6,47	7,05	6,57	6,34	6,21
Початкова швидкість уповільнення, $V_0$ (км/ч)	40,8	37,7	42,7	45,1	35,5	41,8	41,4	42,8	41,2	42,7	43,1	42,9	40	42,6	42,3
Час дії гальмівної системи, $t$ , (с)	1,05	0,45	1,95	0,67	1,7	0,96	2,1	2,32	2,55	1,27	1,57	2,77	0,75	2,7	1,5
Зусилля дії на педаль, $F$ (кгс)	50	52	35	38	64	66	71	71	63	36	47	39	54	47	39
Лінійне відхилення, (м)	0,99	6,37	0,5	0,23	1,59	1,15	0,6	0,39	0,61	0,62	1,33	0,89	0,86	0,41	0,46
Численність екіпажу автомобіля, осіб	2				3				4				5		

**Оцінювання шорсткості дорожнього покриття  
методом «піщаної плями»**

Метод «піщаної плями», який відповідає необхідним вимогам, нате-пер використовується в Німеччині на випробувальних полігонах DECRA. Для визначення шорсткості дорожнього покриття необхідні прості вимірювальні прилади, матеріал і оснащення, а саме: рулетка, пісок, ємність для піску, лінійка.

Послідовність оцінювання шорсткості:

– для визначення шорсткості дорожнього покриття вибираються кілька довільно взятих ділянок дороги, на якій виконується лабораторно-практична робота або експериментальне дослідження; у прикладі вибрані 3 ділянки (рис. Б.1);

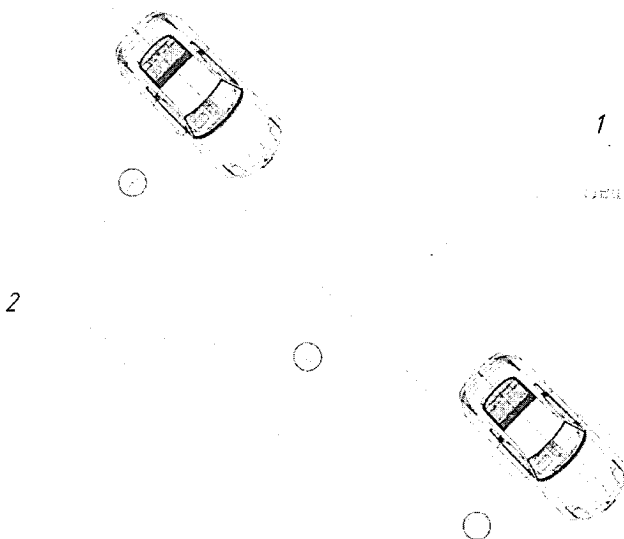
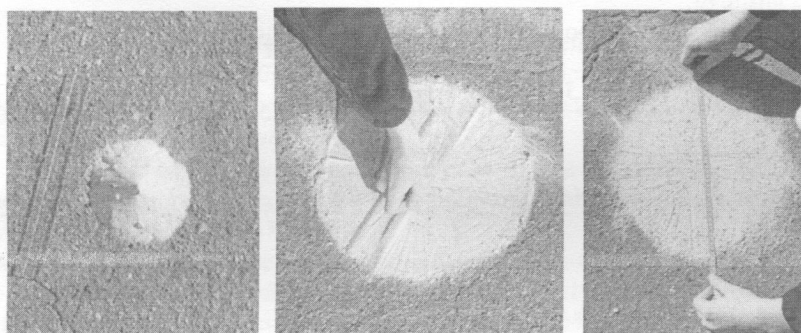


Рисунок Б.1 – Візуалізація фрагмента випробувального майданчика, на якому оцінюється шорсткість покриття:  
1 – траєкторія руху центра мас автомобіля; 2 – три «піщані плями» (круги), які виконані для вимірювання їх діаметра

- набирається пісок в спеціальну ємність, яка має тарований обсяг ( $200 \text{ см}^3$ );
- висипається пісок у формі конуса (рис. Б.2, а) на обрану ділянку; лінійка ставиться горизонтально на вершину конуса (в центр майбутньої піщаної плями) шкалою перпендикулярно до опорної поверхні і починаються обертальні рухи кистю руки (рис. Б.2, б), тим самим намагаються отримати круг з однаковим діаметром в одній площині; пісок розрівнюється лінійкою великої довжини або шпателем у рівень із поверхнею окремих виступів покриття;
- плямі надається форма круга, у якого вимірюють діаметр (рис. Б.2, в);
- виміри повторюють не менш чотирьох разів для кожної «піщаної плями»;
- результати вимірів фіксують у табл. Б.1.



а)

б)

в)

Рисунок Б.2 – Стадії підготовки та оцінювання розмірів: насипання конуса з піску (а), його розподіл на площині у формі круга (б) та вимірювання діаметра плями з піску на дорожньому покритті (в)

Таблиця Б.1 – Експериментальні дані та розраховані величини

Номер «піщаної плями»	Значення вимірних діаметрів «піщаної плями», см				Середній діаметр «піщаної плями», см	Відносна шорсткість
	№	$D_1$	$D_2$	$D_3$		
1	37,0	33,5	36,7	33,0	35,050	0,103
2	44,5	46,0	45,8	46,0	45,575	0,061
3	28,0	29,0	29,0	29,0	28,750	0,154

Приклад визначення конкретних величин шорсткості наведений нижче. Шорсткість розраховується за формулою



$$H = \frac{4V}{\pi D_{cp}^2}, \quad (\text{Б.1})$$

де  $V$  – об'єм піску,  $\text{см}^3$  ( $100 \text{ см}^3$ );

$D_{cp}$  – середній діаметр плями,  $\text{см}$ .

Середній діаметр плями дорівнюється:

$$D_{cp} = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_4}{4}, \quad (\text{Б.2})$$

де  $D_1, D_2, D_3, D_4$  – діаметри однієї піщаної плями, що відповідають чотирьом вимірам.

Середні діаметри розраховані та наведені вище в табл. Б.1:

$$D_{cp 1} = \frac{37 + 33.5 + 36.7 + 33}{4} = 35.05 \text{ см};$$

$$D_{cp 2} = \frac{44.5 + 46 + 45.8 + 46}{4} = 45.575 \text{ см};$$

$$D_{cp 3} = \frac{28 + 29 + 29 + 29}{4} = 28.75 \text{ см}.$$

Тоді шорсткість дорожнього покриття буде дорівнювати, відповідно,

$$H_1 = \frac{4V}{\pi D_{cp 1}^2} = \frac{4 \times 100}{3.14 \times 35.05^2} = 0.1036942;$$

$$H_2 = \frac{4V}{\pi D_{cp 2}^2} = \frac{4 \times 100}{3.14 \times 45.575^2} = 0.0613306;$$

$$H_3 = \frac{4V}{\pi D_{cp 3}^2} = \frac{4 \times 100}{3.14 \times 28.75^2} = 0.1541185.$$

Всі результати розрахунків діаметра та шорсткості наведені у таблиці Б.1.

Діаметр плями залежить від ступеня шорсткості покриття, його величина може змінюватися в значних межах. У табл. Б.2 наведені значення

діаметра піщаної плями й відносної шорсткості за даними проф. М. С. Замахасєва.

Таблиця Б.2 – Діаметр піщаної плями та відносна шорсткість

Тип покриття	Діаметр плями, см	Відносна шорсткість
Холодний асфальтобетон	72	0,089
Піщаний асфальтобетон	58	0,137
Цементобетон гладкий	52	0,170
Цементобетон шорсткуватий	45	0,316
Асфальтобетон гладкий	48	0,201
Асфальтобетон шорсткуватий	25	0,734

За результатами розрахунку шорсткості дорожнього покриття майданчика для проведення випробування автомобіля можна зробити такі висновки:

- з сукупності можливих факторів на зчеплення коліс автомобіля з дорожнім покриттям найбільший вплив має шорсткість поверхні;
- піщані плями 2 (див. рис. Б.1) мають різні діаметри та, відповідно, неоднакові відносні шорсткості;
- шорсткість дорожнього покриття за своїми показниками відповідає трьом типам покриття, а саме: холодний асфальтобетон, піщаний асфальтобетон, цементобетон гладкий;

Якщо експериментальне випробування планується проводитися по всій площині покриття майданчика (див. рис. Б.1), то можна прийняти середнє значення шорсткості  $H_{cp} = 0,106$ , що відповідає покриттю з піщаного асфальтобетону.

*Навчальне видання*

**Макаров Володимир Андрійович  
Макарова Тамара Володимирівна  
Цимбал Сергій Володимирович**

**«СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
РОБОТОЗДАТНІСТЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»  
ЕЛАСТИЧНІ РУШІЇ**

Практикум

Рукопис оформив *В. Макаров*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет виготовила *О. Кушнір*

Підписано до друку 02.09.2021 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.  
Наклад 40 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2021-083.

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
інформаційний редакційно-видавничий центр.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 65-18-06.  
[press.vntu.edu.ua](mailto:press.vntu.edu.ua);  
*E-mail*: [kivc.vntu@gmail.com](mailto:kivc.vntu@gmail.com).  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01. 07.2009 р.