

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет дошкільної і технологічної освіти
Кафедра загальнотехнічних дисциплін та професійного навчання

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ЗТД та ПН

_____ д.пед.н. Лаврентьєва О.О.

«__» _____ 2018 р.

Реєстраційний № _____

«__» _____ 2018 р.

ПРОЕКТ ДИНАМОМЕТРИЧНОГО ВОЗИКА ДЛЯ
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ
З МЕТОДИКОЮ ВИКОРИСТАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Магістерська робота студента

групи ТОА-м-13

ступінь вищої освіти магістр

спеціальності 014.10 Середня освіта

(Трудове навчання та технології)

Шкварла Івана Сергійовича

Керівник: к.т.н., доцент

Філатов Сергій Валентинович

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ.....	8
1.1. Аналіз основних положень теорії кочення коліс автомобіля.....	8
1.2. Характеристика основних параметрів колеса автомобіля.....	19
1.2.1. Коефіцієнт опору кочення.....	19
1.2.2. Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою	22
1.2.3. Коефіцієнт опору уводу	26
1.3. Огляд методик дослідження параметрів колеса автомобіля	28
Висновки до розділу 1.....	33
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМОМЕТРИЧНОГО ВОЗИКА.....	34
2.1. Технологія виготовлення динамометричного возика	34
2.2. Техніка безпеки при виготовленні макету та перша медична допомога при пораненнях гострими предметами.....	38
2.3. Організація та методика проведення досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика	43
2.4. Аналіз та інтерпретація дослідних даних.....	48
Висновки до розділу 2.....	51
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СТУДЕНТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОФІЛЮ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ.....	53
3.1. Аналіз стану проблеми в практиці роботи вищої професійної школи	53
3.2. Методика організації досліджень студентів основних параметрів колеса автомобіля.....	59
3.3. Аналіз та інтерпретація результатів апробації.....	61
Висновки до розділу 3.....	66
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70
ДОДАТКИ.....	76

ВСТУП

Актуальність дослідження. З кожним роком в світі взагалі, та в Україні зокрема збільшується випуск легкових та вантажних автомобілів, підвищується інтенсивність їх руху на вулицях і дорогах, що висуває на перший план найважливішу проблему безпеки експлуатації автотранспортних засобів і підготовку фахівців відповідної кваліфікації.

Досвід експлуатації автомобілів показує, що збільшення їх кількості супроводжується зростанням дорожньо-транспортних пригод. Впливовим негативним фактором при цьому є незадовільний технічний стан автомобіля. Статистика показує, що 60-70% дорожньо-транспортних пригод є результатом неправильних дій водія, як елементу системи «водій-автомобіль-дорога», 20-30% – припадає на погані дорожні умови, і 10-15% – на вади технічного стану автомобіля. Тож, головними факторами, які можуть значно змінити експлуатаційні якості автомобіля, є: його технічний стан, дорожньо-кліматичні умови, а також досвід і кваліфікація водія.

Отже, необхідно не тільки підвищувати індивідуальну майстерність водіїв, їх професійні якості, але й удосконалювати технічні характеристики використовуваних транспортних засобів, нарощувати технічну освіченість водіїв та автослюсарів, що обслуговують ці автомобілі.

Концепція Державної цільової економічної програми розвитку легкового автомобілебудування на період до 2020 р. (2014) передбачає сприяння створенню в Україні конкурентоспроможного легкового автомобілебудування з рівнем локалізації понад 55 % за рахунок збільшення випуску легкових автомобілів до 734,4 тис. одиниць, а також нарощування експортного потенціалу до 220,3 тис. автомобілів [41]. Обов'язковою умовою успішного розвитку автомобільної техніки є відповідність її конструкції вимогам експлуатації. Це означає, що зміна конструкції та експлуатаційних властивостей рухомого складу повинні забезпечувати перевезення пасажирів і вантажів із максимальною безпекою при найменших витратах. Розробка нових конструкцій автомобілів проводиться на основі перспективного

типажу, який поряд з потребами автомобільного транспорту враховує виробничі можливості автомобільної промисловості. Наукові дослідження в цьому напрямі були розпочаті в 1942 р. Е. Чудаковим і продовжені Д. Великановим і Б. Гольд. Питаннями розвитку теорії автомобіля займаються А. Айзенберг, М. Висоцький, Г. Кокин, Л. Косткин, А. Кригер, А. Липгарт, А. Островцев, В. Осепчугов, А. Просвірнин, А. Титков, Г. Чернышов та ін. Викладають теоретичні основи автомобіля у своїх підручниках В. Вахламов, Г. Зимелев, А. Гришкевич, А. Кононенко, А. Литвинов, Г. Смирнов, В. Тарасик, І. Туревський, В. Фалькевич, Я. Фаробін, С. Філатов, Д. Чудаков, В. Юрженко, Н. Яковлев та ін.

У забезпеченні розвитку автотранспортної галузі особлива роль належить закладам професійної освіти, де майбутні фахівці автотранспортного профілю під керівництвом викладачів повинні отримувати необхідні професійні знання й практичні уміння. Ці та дотичні до них питання досліджуються в працях С. Артюха, О. Белової, Н. Брюханової, Н. Жукової, І. Васильєва, О. Коваленко, І. Коньковського, А. Педорич, Ю. Петрова, В. Полякова, Г. Романцева, Г. Стайнова, Л. Тархан, Є. Ткаченко, В. Федорова, М. Цирельчука та ін.

Як цілком слушно наголошують І. Коньковський, Н. Слюсаренко, В. Сопіга, І. Шиманович та ін., посилення уваги до підготовки інженерів-педагогів цієї спеціалізації зумовлюється підвищенням попиту серед широких верств населення України у професіях автотранспортного профілю. Саме викладач, озброєний ґрунтовними знаннями, є центральною фігурою освітнього процесу. Такого фахівця потребують і чисельні підприємства державної та приватної форми власності, що надають послуги із обслуговування й ремонту автотранспортної техніки, навчання й перепідготовки персоналу, оскільки постійне й стрімке зростання модельного ряду автомобілів спричинило значне скорочення життєвого циклу професійних знань виробничого персоналу цих підприємств [26, с. 7].

Тож, потребує якісного оновлення система професійної підготовки

майбутнього інженера-педагога автотранспортного профілю, з урахуванням динамічних змін у автотранспортній галузі, сучасних педагогічних технологій у засвоєнні інженерно-технічних знань.

На основі вище зазначеного **темою магістерської роботи** було обрано: **«Проект динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля з методикою використання в освітньому процесі».**

Мета дослідження: розробити проект динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля та методик його використання в освітньому процесі на технологічно-педагогічних факультетах.

Завдання дослідження:

1. З'ясувати основні параметри колеса автомобіля та методи й устаткування для їх дослідження.

2. Описати будову й принцип дії та виготовити динамометричний возик для дослідження основних параметрів колеса автомобіля.

3. Дослідити основні параметри колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика та проаналізувати отримані дані.

4. Констатувати доцільність та розробити методичні рекомендації з використання динамометричного возика в освітньому процесі під час вивчення дисциплін автосправи на технологічно-педагогічних факультетах.

Об'єктом дослідження є основні параметри колеса автомобіля; методика навчання дисциплін автосправи на технологічно-педагогічних факультетах.

Предметом дослідження є проект динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля та методика його використання в процесі підготовки фахівців автотранспортного профілю.

У дослідженні використано наступний комплекс *методів*:

– *теоретичних*: аналіз технічної, методичної й психолого-педагогічної літератури, осмислення новаторського й передового досвіду щодо теорії кочення колеса автомобіля; класифікація, побудова аналогій, моделювання

задля проектування динамометричного возика; аналіз та узагальнення одержаних експериментальних даних;

- *емпіричні*: спостереження, натурний експеримент з визначення параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика, констатувальний і діагностичний педагогічний експерименти з метою підтвердження актуальності обраної теми дослідження;

- *методи математичної обробки* результатів дослідження.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблений проект і виготовлений динамометричний возик можуть бути використані для дослідження параметрів колеса автомобіля, стану доріг задля підвищення якості та економічності транспортних перевезень; а розроблений зміст і методичне забезпечення вивчення теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання» (вимоги до рівня знань і сформованості професійних умінь студентів, план-конспект лекції, три методичні розробки лабораторних занять, зрізова контрольна робота, зміст самостійної роботи) можуть бути використані в системі професійної підготовки фахівців автотранспортного профілю.

Структура кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків до роботи, списку використаних джерел, що налічує 66 позицій, 5-ти додатків.

База дослідження. Дослідницька робота проводилась на базі факультету дошкільної та технологічної освіти Криворізького державного педагогічного університету. У дослідженні брали участь студенти спеціальності «Технологічна освіта. Автосправа».

Публікації:

1. Філатов С. В., Шкварла І. С. Оновлення змісту професійного навчання майбутніх інженерів-педагогів автотранспортного профілю. *Матеріали міжнародної конференції «Професійна педагогіка і андрагогіка: Актуальні питання, досягнення та інновації»*. Кривий Ріг: ДВНЗ КДПУ, 2017. С. 67-68.

2. Антоненко І. І., Шкварла І. С. Застосування лазерного зварювання в машинобудуванні. *Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем*. Кривий Ріг : ДВНЗ КНУ. 2017. С. 20-21.

3. Філатов С. В., Кучма О. І., Шкварла І. С. Побудова гранично-математичної моделі колеса автомобіля при його русі. *Новітні технології розвитку автомобільного транспорту* : зб. наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНАДУ, 2018. С. 347-350.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ

1.1. Аналіз основних положень теорії кочення коліс автомобіля

Факти з історії науково-технічних знань свідчать про те, що станом на сьогодні створено наукову дисципліну «Теорія руху автомобіля», яка складає наукову основу оптимального функціонального проектування автомобільної техніки. Така дисципліна націлена на визначення тих параметрів автомобіля, що забезпечують високу ефективність виконання транспортних робіт, стійкість і безпеку руху, комфортні умови для водія й пасажирів при мінімальних трудових і матеріальних витратах. Поряд із описом фізичних властивостей і побудовою математичних моделей, теорія руху автомобіля опікується питаннями оцінки показників функціональних властивостей й впливу на них параметрів автомобіля й зовнішнього середовища [52, с.6].

Загалом теорія автомобіля формувалася і розвивалася як результат діяльності наукових організацій і вчених багатьох країн. Історія становлення й розвитку системи наук з теорії автомобіля починається зі створення перших іграшкових моделей. Уважається, що прообраз автомобіля був побудований у 1672 р. як іграшка для китайського імператора членом єзуїтської громади в Китаї Фердинандом Вербистом. Існують також спогади щодо розробки кріпака Вятської губернії Яранського повіту Росії Леонтія Шамшуренкова, який представив свій чотириколісний самохідний екіпаж із педальним приводом у Санкт-Петербурзі 1 листопада 1752 р. ученому Михайлові Ломоносову. Пізніше, у 1780-х рр. російський конструктор, винахідник і інженер Іван Кулібін розпочав роботу над каретою з педалями. Незадовго до своєї смерті винахідник почав працювати над сполученням парового двигуна зі своєї «самокаткою», але результати його праці так і стали відомими широкому загалу [25].

Більш-менш свідома історія першого автомобіля почалася в 1768 р., як результат створення паросилових машин, здатних перевозити людину. Перший патент на автомобіль у Сполучених Штатах був наданий Оліверу Евансу у 1789 р. О. Еванс продемонстрував не тільки перший автомобіль у США, але також і першу машину-амфібію, яка була здатна подорожувати на колесах по землі й за допомогою лопатей на воді [25].

У 1806 р. з'явилися перші машини, що приводяться до руху двигунами внутрішнього згоряння. Серед інших відзначимо першу парову машину на рідкому паливі, зібрану в 1815 р. професором Празького політехнікуму Йозефом Божеком, а також чотиримісний паровий фаєтон, зроблений у 1813 р. розроблювачем і оператором парових автобусів Лондона Уолтером Хенкок. Винахідником сучасних автомобілів вважається німецький інженер Карл Бенц [25].

У нашій країні в 1918 р у системі Вищої Ради народного господарства була створена Автомобільна Лабораторія, яка стала науковим центром і відіграла значну роль в розвитку автомобільної промисловості СРСР [55, с. 3].

У контексті нашого дослідження параметрів колеса автомобіля необхідно звернути увагу на опубліковані в 1923 р статті М. Жуковського «До динаміки автомобіля» і Е. Чудакова «До динамічного дослідження автомобіля Р-Б, С-24-40», що заклали основи теоретичного аналізу експлуатаційних властивостей автомобіля. У наступних роботах («Динамічне і економічне дослідження автомобіля», 1928 р.; «Тяговий розрахунок автомобіля», 1930 р.; «Теорія автомобіля», 1935 р.; «Розрахунок автомобіля», 1947 р. та ін.) Е. Чудаков чітко сформулював мету і завдання теорії автомобіля, розробив науковий метод теоретичного й експериментального дослідження його експлуатаційних властивостей. У його роботах дана струнка система викладу комплексу питань, що становлять сучасний курс «Теорія автомобіля». Подальший розвиток теорії й удосконалення методів аналізу параметрів руху автомобіля відбулося в працях учнів і послідовників

М. Жуковського і Е. Чудакова [62-63].

Зокрема, у 1932-1939 рр. Г. Зимелевим і Н. Яковлевим було випущено ряд підручників і навчальних посібників з теорії автомобіля, в яких запропоновані нові методичні прийоми, що дозволили уточнити багато питань, зокрема тих, що стосуються динамічності й паливної економічності руху автомобіля. Систематичне дослідження гальмівної динамічності було розпочате Н. Бухаріним у 1946 р. і продовжене А. Гредескул, Н. Метлюк, М. Петровим. Підвищення швидкостей руху автомобілів привернуло увагу вчених до проблем стійкості і керованості. У праці Я. Певзнера «Стійкість автомобіля» (1947 р.) докладно досліджено особливості криволінійного руху автомобіля з урахуванням поперечної еластичності шин. Це складне питання в подальшому вивчалось А. Литвиновим, В. Іларіоновим, Я. Фаробіним [55, с. 4].

Коливання і плавність ходу автомобіля досліджувалися Р. Ротенбергом, І. Пархіловським, Р. Акоюном, Н. Яценко. Ними були розроблені методи випробувань автомобіля на плавність ходу, запропоновані оціночні показники окремих параметрів руху автомобіля. Теорію руху багатовісних автомобілів опрацювали Д. Антонов, Н. Бочаров і Г. Смирнов. У працях Г. Крамаренко, Л. Афанасьєва, Д. Великанова показані шляхи застосування теоретичних положень до вирішення практичних експлуатаційних задач з метою підвищення продуктивності рухомого складу та зниження собівартості перевезень [55, с. 4].

Над удосконаленням конструкції автомобілів працюють великі колективи наукових і навчальних інститутів та конструкторських бюро автомобільних заводів, очолювані провідними фахівцями галузі. Для радянського періоду необхідно відмітити розробки науковців Горьківського автомобільного заводу (ГАЗ) під керівництвом А. Ліпгарта, Московського автомобільного заводу ім. І. Лихачова (ЗІЛ), очолювані А. Островцевим, а також теорії руху вантажних автомобілів, розроблені Є. Крігер, В. Осепчуговим і М. Висоцьким. Ученими був зроблений значний внесок

щодо вдосконалення конструкції і проектування нових моделей автомобілів великої вантажопідйомності. В Україні значна робота проводилася на Запорізькому автозаводі, очолювана його керівниками Т. Габелком, С. Сериковим і головним конструктором В. Стешенком [66].

У процесі розвитку автомобільної науки виросла плеяда чудових конструкторів, які зробили значний внесок у становлення й розвиток вітчизняного автомобілебудування. З-поміж них: А. Айзенберг, В. Барун, М. Висоцький, Г. Кокин, Л. Косткин, А. Кригер, А. Липгарт, Г. Мірзоєв, А. Островцев, В. Осепчугов, А. Просвірнин, Н. Сидоров, З. Сироткин, А. Титков, В. Чвялев, Г. Чернышов, Б. Шапошник та ін. [52, с. 9].

Як результат діяльності вчених були обґрунтовані головні підходи до визначення характеристик автомобільного колеса. Перейдемо до викладу основних положень теорії колісного рушія, вихідних характеристик руху автомобільного колеса.

Рушієм називають робочий механізм автомобіля, за допомогою якого здійснюється його взаємодія з опорною поверхнею дороги. Рушій дозволяє реалізувати енергію двигуна автомобіля й забезпечити його переміщення в заданому напрямку. На автомобілях застосовується *колісний рушій*. Ним є система коліс із еластичними пневматичними шинами [52, с.10].

Автомобільне колесо працює в складних умовах завдяки впливу на колесо складної системи сил і обертаючих моментів. До факторів, що впливають на рух колеса, належать:

- робота двигуна – джерела енергії автомобіля;
- перетворення параметрів потоку енергії двигуна трансмісією при передачі її колесу;
- вплив зовнішнього середовища (дорожньо-кліматичні умови);
- керуючі дії водія;
- пружні властивості шини й опорної поверхні [52, с. 11].

Пневматична шина є еластичною тонкостінною оболонкою, наповненою стисненим повітрям. При коченні автомобільного колеса

дорогою відбувається деформація як шини, так і опорної поверхні. Залежно від ступеня співвідношення цих деформацій, розглядають такі моделі кочення колеса автомобіля:

- еластичне (деформоване) колесо на недеформованій поверхні – модель руху автомобіля по дорогах із твердим покриттям;
- тверде (недеформоване) колесо на деформованій поверхні – рух автомобіля на пухких або болотистих ґрунтах, по сніжній цілині або сипучому піску;
- деформоване колесо на деформованій поверхні – рух при зниженому тиску повітря в шинах на ґрунтах з малою несучою здатністю [52, с. 11-12].

Тобто, при вивченні властивостей автомобільного колеса дослідження охоплюють елементи системи «автомобіль – зовнішнє середовище», в якому колесо взаємодіє з опорною поверхнею та з механізмами автомобіля (трансмісією, підвіскою, гальмами, рульовим керуванням). Характер цих взаємодій впливає на рух автомобіля й на режими роботи його коліс.

Автомобільне колесо може здійснювати як прямолінійний, так і криволінійний рухи. Нехтуючи розвалом і сходженням коліс, можна вважати, що під час прямолінійного руху автомобіля його колеса здійснюють плоско-паралельний рух. Цей рух може бути описаний як система з двох рухів: переносного поступального руху разом із центром колеса та відносного обертального (відносно центра колеса).

У коліс автомобіля (рис. 1.1) розрізняють наступні радіуси: статичний r_c , динамічний r_d і радіус кочення $r_{коч}$ [11, с. 8].

Статичним радіусом r_c є відстань від осі нерухомого колеса до поверхні дороги. Він залежить від навантаження на колесо і тиску повітря в шині, зменшується при зростанні навантаження й зниженні тиску повітря в шині, і навпаки.

Динамічним радіусом r_d є відстань від осі колеса, що котиться, до поверхні дороги. Його значення залежить від навантаження, тиску повітря в шині, швидкості руху й моменту, що передається через колесо. Динамічний

радіус зростає при збільшенні швидкості руху й зменшенні переданого моменту, і навпаки.

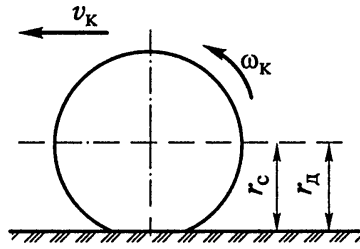


Рис. 1.1. Радіуси автомобільного колеса

Радіусом кочення $r_{коч}$ називається відношення лінійної швидкості осі колеса до його кутової швидкості. Ця величина залежить від навантаження, тиску повітря в шині, переданого моменту, пробуксовування й проковзування колеса, вона визначається експериментально або обчислюється за формулою:

$$r_{коч} = \frac{S_k}{2\pi n_k} \quad (1.1)$$

де n_k – число повних оборотів колеса; S_k – шлях, пройдений колесом за повне число оборотів.

З (1.1) видно, що при повному буксуванні колеса ($S_k = 0$) радіус кочення $r_{коч} = 0$, а при повному ковзанні ($n_k = 0$) $r_{коч} \rightarrow \infty$.

Як показали дослідження, на дорогах із твердим покриттям і гарним зчепленням радіус кочення, статичний і динамічний радіуси розрізняються один від одного незначно. Тому можна вважати їх практично рівними, тобто:

$$r_c \approx r_d \approx r_{коч}.$$

Для різних типів шин радіус колеса може бути визначений за ДСТУ, у якому регламентовані статичні радіуси для ряду значень навантаження й тиску повітря в шинах. Крім того, радіус колеса можна розрахувати за номінальними розмірами шини, використовуючи вираз:

$$r_{коч} = 0,5d + \lambda_{ш} B_{ш}, \quad (1.2)$$

де d – діаметр обіду колеса, м; $B_{ш}$ – ширина профілю шини, м; $\lambda_{ш} = 0,8 \dots 0,9$ – коефіцієнт змінання шини [49, с. 245].

Формула (1.2) забезпечує найбільш точні результати для

найпоширенішого типу шин – тороїдальних.

Головними *кінематичними параметрами* руху колеса автомобіля є:

– *лінійна швидкість колеса*, м/с, $v_k = r_k \omega_k$, де r_k – радіус колеса, м; ω_k – кутова швидкість обертання колеса, рад/с.

– *швидкість автомобіля*, яка при його прямолінійному русі дорівнює лінійній швидкості колеса, тобто $v = v_k$, а якщо розрахунки проводяться в одиницях км/год, то формула для розрахунку має вигляд:

$$v = 3.6v_k = 3.6r_k \omega_k = 3.6r_k \frac{\omega_e}{u_T}$$

– *прискорення автомобіля*, що дорівнює лінійному прискоренню колеса:

$$j = \frac{dv_k}{dt} = r_k \frac{d\omega_k}{dt}$$

Вивчення *динамічних параметрів* колеса здійснюються шляхом виокремлення із загальної системи «автомобіль – зовнішнє середовище» елемент системи «колесо» із застосуванням принципу звільнення від в'язів. При цьому вплив кожного із цих елементів замінюється двома векторами – вектором сили й вектором обертового моменту [49, с. 301].

Розглянемо рух плоского колеса автомобіля (рис. 1.2). Виберемо систему координат xOy , вісь Oy якої збігається з віссю обертання колеса, вісь Oz перпендикулярна площині опорної поверхні дороги, а площина xOz збігається з поздовжньою площиною симетрії колеса. Точку O назвемо центром колеса.

Вплив механізмів автомобіля на колесо відображається силою P і моментом M . Сила P прикладена до центру колеса т. O . Її можна розкласти на складові, спрямовані уздовж осей обраної системи координат, при цьому:

P_z – вертикальне (нормальне) навантаження на колесо.

P_x – поздовжня сила, паралельна поверхні дороги, яка рухає колесо. Її напрямок залежить від режиму кочення (або убік руху, або у протилежний бік).

M – момент, що підводиться до колеса від піввісі або гальмівного барабану (диска). Іноді цей момент може бути дорівнювати нулеві.

Рівнодійну всіх сил, що діють з боку дороги на колеса в області контакту, називають *реакцією дороги* R . Її можна представити у вигляді трьох складових: R_z і R_x – відповідно нормальна й дотична та R_y – повздовжня складові.

При русі автомобіля ведуче колесо, обертаючись під дією прикладеного до нього обертового моменту M_k , прагне зрушити назад верхній шар дорожнього покриття. З боку дороги на ведуче колесо в зоні контакту діє протилежно спрямована сила – дотична реакція дороги R_x . На рис. 1.2 $a_{ш}$ – це відстань, на яку зміщена точка прикладання сили реакції поверхні дороги відносно вертикальної осі колеса, через більшу деформацію шини в частині дороги, що набігає на колесо, аніж у тій, що збігає з дороги.

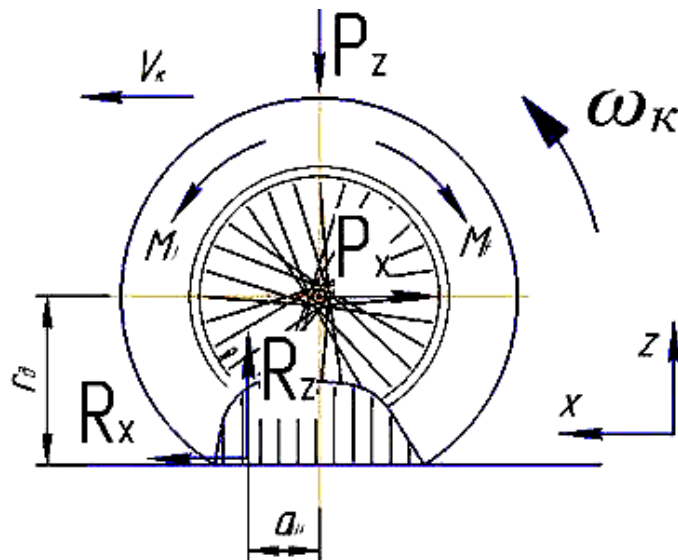


Рис. 1.2. Сили, що діють на ведуче колесо при коченні по недеформованій дорозі

Окрім цього безпосередній радіус кочення колеса залежить від обертового моменту M_k , що йому передається (рис. 1.3).

На рис. 1.3, а ділянки мають такі характеристики:

0-1 і 4-5 – повне проковзування елементів шини щодо опорної

поверхні;

1-2 і 3-4 – пружне прослизання й ковзання колеса;

2-3 – пружна деформація коліс;

точка 0 і 5 – юз і буксування колеса.

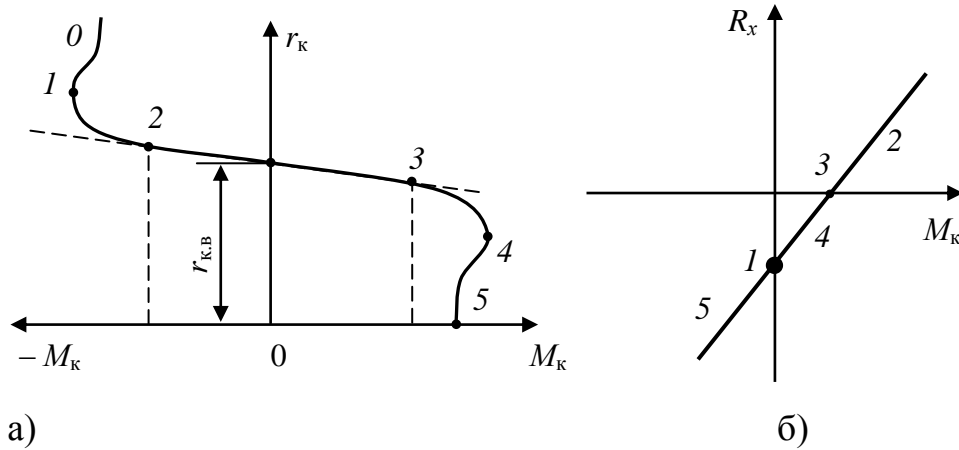


Рис. 1.3. Залежність радіуса кочення колеса від переданого йому моменту [52, с. 14]

При русі автомобіля його колеса можуть котитися в трьох таких режимах, як *тяговий*, *ведений* і *гальмівний*, а також перебувати в *нейтральному* й *вільному* режимах (рис. 1.4) [52, с.12].

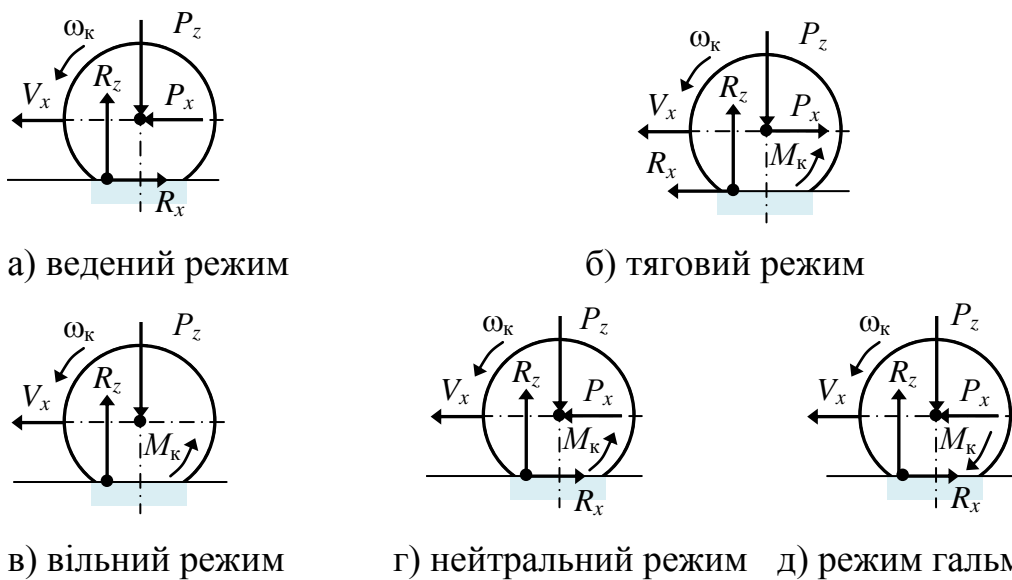


Рис. 1.4. Система сил і моментів, що діють на колесо в різних режимах

Ведений режим кочення колеса (рис. 1.4, а). Сила P_x збігається за напрямком із вектором швидкості. Отже, вона передає колесу енергію, необхідну для кочення. Тому P_x у цьому випадку називають силою, що штовхає. Обертний момент до колеса не підводиться. Колесо, що перебуває в цьому режимі, називають *веденим*. Для веденого колеса дотична реакція дороги R_x характеризується т. 1 графіка рис. 1.3, б. У такому режимі постійно є неприводні колеса автомобіля, тобто колеса, що не мають зв'язків із трансмісією [52, с.12].

Тяговий режим кочення колеса (рис. 1.4, б). Колесо має привід від трансмісії (приводне колесо) і приводиться в обертання моментом M_k , вектор якого збігається за напрямком з вектором кутової швидкості ω_k . Колесо навантажено поздовжньою силою P_x (сила тяги), яка є силою опору руху корпусу автомобіля, протилежною за напрямком швидкості V_x поздовжнього переміщення колеса. Тому для руху корпусу автомобіля необхідно підведення енергії. У цьому випадку енергія, що надається від двигуна через трансмісію, використовується для подолання опору руху корпусу автомобіля й опору коченню колеса. Момент M_t , що діє на колесо, називають тяговим моментом. Його значення відповідає ділянці 2-3 графіка рис. 1.3, б. Колесо, що працює в такому режимі, називають *ведучим*.

Вільним називають режим, при якому колесо приводиться в обертання крутним моментом M_k від трансмісії, а поздовжня сила $P_x = 0$ (точка 3 графіка рис. 1.3, б). Енергія, що підводиться, витрачається лише на компенсацію власних витрат на кочення. Таке приводне колесо не виконує корисної роботи, тому його називають вільним. Приклад такого руху колеса є рух одноколісного циркового велосипеда або коліс повнопривідного автомобіля [52, с.12].

Нейтральний режим кочення колеса (рис. 1.4, г). Колесо одержує енергію для свого руху від двигуна через трансмісію й від корпусу автомобіля, тобто воно приводиться в обертання моментом M_k і силою P_x , що штовхає. Сили реакції співвідносяться з обертним моментом відповідно

до ділянки 1-4 графіка рис. 1.3, б. Колесо, що працює в такому режимі, називають *нейтральним*. Як приклад назвемо колесо повнопривідного автомобіля.

Гальмовий режим є характерним для гальмуючого колеса, як для ведучого, так і веденого (рис. 1.4, д). Момент M підводиться до колеса від гальмового барабана або гальмового диска й напрямок його є протилежним до напрямку обертання колеса. У цьому випадку момент називається гальмовим, колесо приводиться в обертання поздовжньою силою P_x і значення сил опору дороги відповідає ділянці 1-5 графіка рис. 1.3, б. Колесо, що працює в названому режимі, називають *гальмуючим* [52, с.12].

З рис. 1.4 видно, що нормальне навантаження колеса P_z , нормальна реакція дороги на колесо R_z і момент M діють у всіх розглянутих випадках і мають однакові напрямки. Змінюються лише поздовжня сила колеса P_x , поздовжня реакція дороги на колесо R_x і обертовий момент M_k . При коченні колеса неминучими є необоротні втрати в шинах, тому для руху автомобіля використовується не весь момент, підведений до ведучих коліс, а лише деяка його частина. Тож, режим кочення колеса залежить від співвідношень між силою P_x і обертаючим моментом M_k . Залежність між ними відображено на рис. 1.5. Відрізок 1 графіка відповідає ведучому колесу, відрізок 2 – нейтральному, відрізок 3 – гальмуючому. Т. а відповідає веденому колесу, а т. б – вільному.

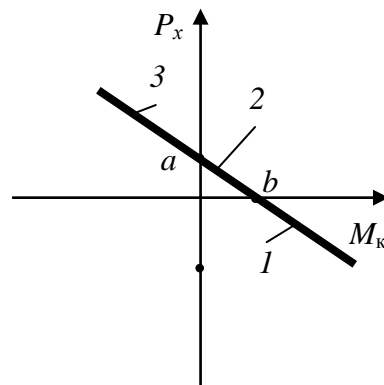


Рис. 1.5. Режимы кочення колеса

При оцінці ефективності виконання колесом свого призначення

необхідно знати його фізичні властивості й установити основні залежності між параметрами колеса й впливами на нього механізмів автомобіля й зовнішнього середовища [52, с. 18].

Під *параметром* будемо розуміти величину, що характеризує фізичну властивість або режим роботи об'єкта. Режим роботи автомобільного колеса в загальному випадку характеризується безліччю параметрів: кутовою швидкістю обертання й швидкістю поступального руху центра колеса; силами й обертаючими моментами, що діють на колесо з боку різних механізмів автомобіля й опорної поверхні дороги. Співвідношення між цими параметрами значною мірою залежать від фізичних властивостей еластичної шини. Вплив сил і моментів на колесо приводять до деформації еластичної шини, і параметри колеса змінюються.

Отже, здійснений теоретичний аналіз у межах теорії автомобіля віддзеркалив можливість з'ясування параметрів колеса автомобіля та способи їх експериментального дослідження за допомогою динамометричного возика.

1.2. Характеристика основних параметрів колеса автомобіля

Основними параметрами руху колеса автомобіля, що виходять з особливостей взаємодії колеса з опорною поверхнею дороги, є коефіцієнт опору кочення f , коефіцієнт зчеплення з дорогою φ , коефіцієнт опору уводу $K_{o,yv}$ і величина проковзування колеса λ [62, с. 5]. Перейдемо до їх безпосереднього розгляду.

1.2.1. Коефіцієнт опору кочення

Силами опору називаються сили, що перешкоджають руху автомобіля. Ці сили спрямовані проти його руху. Загалом виокремлюють сили опору руху автомобіля вгору і сили опору кочення.

Виникнення сили опору коченню при русі обумовлено втратами енергії на внутрішнє тертя в шинах, поверхнєве тертя шин об дорогу й утворення колії (на деформованих дорогах). Під час кочення колеса між частинами

шини внаслідок їх деформації виникає тертя, і теплота, яка виділяється, розсіюється, що призводить до втрати енергії. При коченні колеса деформації в передній частині шини збільшуються, а в задній – зменшуються. Втрати на тертя в шині необоротні, а енергія, затрачувана на деформацію шини, не повертається повністю при наступному відновленні її форми [62].

Розглянемо співвідношення сил і моментів під час кочення колеса (рис. 1.6)

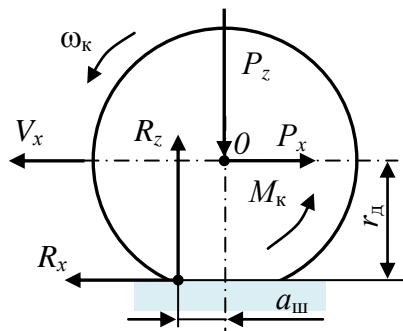


Рис. 1.6. Опір коченню колеса, що котиться без проковзування

Момент опору кочення:

$$M_f = a_{\text{ш}} R_z \quad \frac{M_f}{r_d} = \frac{a_{\text{ш}}}{r_d} R_z \quad P_f = R_z f$$

де $P_f = M_f / r_d$ – сила опору коченню (сила, яку необхідно прикласти до осі колеса по горизонталі для подолання моменту опору коченню).

Сила опору коченню P_f досягає найбільшого значення при русі по горизонтальній дорозі. У цьому випадку

$$P_f = f G ,$$

де G – вага автомобіля, Н; f – коефіцієнт опору коченню.

При русі на підйомі й спуску сила опору кочення зменшується в порівнянні із P_f на горизонтальній дорозі, і тем значніше, ніж вони крутіше. Для цього випадку руху сила опору коченню $P_f = f G \cos \alpha$, де α – кут підйому.

Отже, коефіцієнт опору коченню f чисельно дорівнює відношенню сили, що викликає рівномірне кочення колеса, до нормальної реакції дороги [15, с. 23]:

$$f = \frac{P_k}{N} \quad (1.3)$$

Коефіцієнт опору коченню істотно впливає на втрати енергії при русі автомобіля. Він залежить від багатьох конструктивних і експлуатаційних факторів та визначається експериментально. Його середні значення для різних доріг при нормальному тиску повітря в шині становлять $0,01 \div 0,1$.

На коефіцієнт опору кочення чинять вплив багато різних факторів. Передусім швидкість руху. При зміні швидкості руху в інтервалі $0 \div 50$ км/год коефіцієнт опору коченню змінюється і тому його можна вважати постійним. При підвищенні швидкості руху коефіцієнт опору коченню істотно збільшується внаслідок зростання втрат енергії в шині на тертя. У цих умовах він може бути приблизно розрахований за формулою: $f = (115 + v) / 10000$, де v – швидкість автомобіля, км/год.

Значно впливає на коефіцієнт опору кочення тип і стан покриття дороги – наявність нерівностей, типу шини (малюнка протектора, його зношуваність, конструкції каркаса і якості матеріалу шини), глибини колії, що утворюється під час кочення, й стану ґрунту.

Загалом, коефіцієнт опору коченню колеса, що характеризує тільки силові втрати, може бути описаний формулою: $f = a_{ш} / r_d$, а з урахуванням кінематичних втрат:

$$f = f_c + f_k = a_{ш} / r_d + M_k (r_d - r_k) / (R_z r_d r_k)$$

Ураховуючи той факт, що тиск повітря в шині чинить вплив на значення коефіцієнта кочення, для кожного типу дороги рекомендується певний тиск повітря в шині, при якому коефіцієнт опору коченню має мінімальне значення.

Існує залежність коефіцієнта опору коченню від навантаження на колесо. Наприклад, при збільшенні вертикального навантаження на колесо на деформованих дорогах коефіцієнт опору коченню істотно зростає, а на дорогах із твердим покриттям – майже не змінюється.

Необхідно під час руху враховувати величину моменту, переданого

через колесо. При передачі моменту через колесо коефіцієнт опору коченню зростає внаслідок втрат на прослизання шини в місці її контакту з дорогою. Для ведучих коліс значення коефіцієнта опору коченню на 10-15 % більше, ніж для ведених [62, с. 36].

Оскільки коефіцієнт опору коченню спричиняє суттєвий вплив на паливну економічність автомобіля і навіть незначне його зменшення забезпечує відчутну економію палива, конструктори і дослідники намагаються створити такі шини і розробити такі поверхні дороги, які б забезпечували мінімальне значення коефіцієнта опору коченню.

1.2.2. Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою

Безпека руху автомобіля в складних дорожніх умовах, особливо при з'їздах з ухилом 80-100 %, значною мірою залежить від зчеплення коліс з дорожнім покриттям. При низьких зчипних властивостях поверхні руху відбувається проковзування коліс на крутих підйомах, а на спусках при гальмуванні втрачається керування автомобіля і погіршується його стійкість, унаслідок чого знижується його ефективна продуктивність [62, с. 53].

Силою зчеплення шин з дорогою $P_{зч}$ називають максимальне значення горизонтальної реакції R_{max} , пропорційне вертикальному навантаженню на колесо: $P_{зч} = R_{max} = \varphi R_z$,

де φ – коефіцієнт зчеплення, чисельно рівний відношенню сили, що викликає рівномірне ковзання колеса, до нормальної реакції дороги.

Залежно від напрямку ковзання колеса розрізняють коефіцієнти подовжнього φ_x і поперечного φ_y зчеплення. Ці коефіцієнти залежать від тих самих факторів, і можна вважати їх практично рівними ($\varphi_x = \varphi_y$).

Для руху колеса без подовжнього і поперечного проковзування необхідне дотримання умови $P_{зч} = \varphi R_z \geq \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

За відсутності поперечних сил: $P_{зч} = \varphi_x R_z \geq R_x$.

Коефіцієнт φ_x зазвичай набагато більше коефіцієнта f , тому умова кочення колеса без ковзання можна з невеликою похибкою представити у вигляді $P_m \leq P_{зч} = \varphi_x R_z$.

При цьому, якщо сила тяги менше сили зчеплення $P_{зч}$, ведуче колесо котиться без пробуксовування. Якщо сила тяги більше сили зчеплення, привід пробуксовує і для руху використовується лише частина сили тяги, що дорівнює $\varphi_x R_z$. Інша частина сили тяги викликає прискорене обертання коліс, яке триває до тих пір, поки потужність, що витрачається на буксування, не врівноважує надлишок потужності, підведеної до коліс. Найбільш часто буксування спостерігається при різкому рушанні з місця автомобіля і під час подолання великого опору руху на слизьких дорогах [63, с. 28].

Коефіцієнт зчеплення експериментальним шляхом визначається методом буксирування. На початку експерименту автомобіль повинен рухатися з постійною швидкістю на горизонтальній ділянці дороги. Якщо швидкість не більше 15–16 км/год, можна буде знехтувати силою опору повітряного середовища. При проходженні позначки на дорозі водій повинен екстрено загальмувати автомобіль з відключеною трансмісією. Після повної зупинки вимірюється гальмівний шлях S_g автомобіля.

Згідно з законом збереження енергії кінетична енергія E_k автомобіля буде переведена в теплову завдяки роботі A_T сил тертя при гальмуванні. Таким чином можна записати:

$$E_k = Am = \frac{m_a v_a^2}{2} = P_{зч} \cdot S_g \quad (1.4)$$

де v_a – початкова швидкість автомобіля; $P_{зч}$ – сила зчеплення коліс з дорогою, яка, за визначенням дорівнює:

$$P_{зч} = \varphi_x P_z \quad (1.5)$$

де P_z – вертикальне навантаження на колесо.

Отже коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою може бути розрахований:

$$\varphi_x = \frac{v_a^2}{2gS_g} \quad (1.6)$$

При русі колеса без поздовжнього й поперечного ковзання необхідно дотримуватись умови для випадку рівномірного кочення $F_m = P_{зч} \leq (\varphi + f) P_{кол}$.

Отже величина проковзування колеса у %

$$\lambda = \left(1 - \frac{\omega_k \cdot r_c}{V}\right) \cdot 100\% \quad (1.7)$$

де ω_k – кутова швидкість колеса, рад/с; r_c – статичний радіус колеса, м;
 V – швидкість руху, м/с.

При $\omega_k r_c > V$ – колесо проковзує в напрямі свого обертання; при $\omega_k r_c = V$ – котиться без проковзування; при $\omega_k r_c < V$ – гальмівний режим, колесо проковзує у напрямі, протилежному обертанню; при $\omega_k = 0$ – повне проковзування – юз [52, с. 28].

Буксування коліс пов'язано з значними втратами енергії на тертя шин об дорогу й руйнування опорної поверхні, що, зі свого боку, викликає підвищення витрат палива. Тому, при теоретичних розрахунках і аналізі експлуатаційних властивостей автомобіля прийнято вважати, що при нормальних експлуатаційних режимах роботи дотична реакція на ведучих колесах не повинна перевищувати сили зчеплення шин з дорогою [13, с.25].

Окремі значення коефіцієнтів повздовжнього зчеплення подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Коефіцієнти зчеплення

Тип і стан дороги	$\varphi_{x \max}$	$\varphi_x 100\%$
Сухий асфальт і бетон	0,8...0,9	0,7...0,8
Мокрий асфальт	0,5...0,7	0,45...0,6
Мокрий бетон	0,75...0,8	0,65...0,7
Ґрунтова дорога		
суха	0,65...0,7	0,6...0,65
мокра	0,5...0,55	0,4...0,5
Ущільнений сніг	0,15...0,2	0,15
Лід	0,1	0,07

На дорогах з твердим покриттям коефіцієнт зчеплення залежить

головним чином від тертя ковзання між шиною й покриттям. При змочуванні твердого покриття коефіцієнт зчеплення різко падає через утворення плівки з частинок ґрунту і води, що зменшують тертя між шиною і дорогою. Коефіцієнт зчеплення знижується особливо значно, якщо на покритті є плівка глини. Сильним дощем ця плівка може бути змита, тоді величина φ знову наближається до значень, характерних для сухого покриття [14].

Великий вплив на коефіцієнт надає малюнок протектора (рис. 1.7).

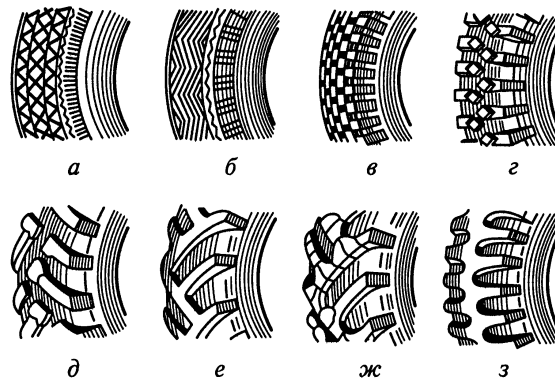


Рис. 1.7. Малюнки протектора шин: а, б – дорожній; в, г – універсальний; д-з – підвищеної прохідності

Протектор шин легкових автомобілів має невеликий малюнок, що забезпечує добре зчеплення з твердим покриттям. У шин вантажних автомобілів малюнок протектора великий, з широкими і глибокими западинами. Такі шини врізаються в ґрунт, покращуючи прохідність автомобіля. При стиранні виступів протектора під час експлуатації погіршується зчеплення шини з дорогою. Найменший коефіцієнт зчеплення мають шини, у яких повністю зношений рисунок протектора. Тому експлуатація автомобілів з такими шинами заборонена. Недостатня величина коефіцієнта зчеплення є причиною багатьох дорожньо-транспортних пригод. Для забезпечення безпеки руху його величина не повинна бути менше 0,4 [15, с. 63].

На коефіцієнт зчеплення також впливає внутрішній тиск повітря в шині. При збільшенні тиску коефіцієнт зчеплення спочатку зростає, а потім

зменшується. При збільшенні швидкості руху коефіцієнт зчеплення спочатку зростає, а потім спадає. Збільшення ж вертикального навантаження на колесо приводить до незначного зменшення коефіцієнта зчеплення.

Коефіцієнт зчеплення істотно впливає на безпеку руху. Його недостатньо високе значення викликає численні аварії й нещасні випадки на дорогах. Як показали дослідження, із цієї причини відбувається 15 % загального числа дорожньо-транспортних пригод, а в несприятливі періоди року – близько 70 %. Дослідженнями встановлено, що для забезпечення безпечного руху значення коефіцієнта зчеплення повинне становити не менш 0,4 [11, с. 39].

1.2.3. Коефіцієнт опору уводу

Кочення еластичного колеса, навантаженого поперечною (бічною) силою, має свої особливості, оскільки шина еластична не тільки в радіальному напрямку, але й у поперечному. Під дією бічної сили автомобіль може переміститися в напрямку її дії. Якщо дорога не слизька й зчеплення шини з дорогою є досить великим, ближня до дороги частина шини залишається зчепленою з дорогою, а перетин шини викривлюється й деформується і колесо під дією бічної сили зміщається на якусь відстань (рис. 1.8). Таке кочення називають *уводом колеса*, а кут, який вектор швидкості центру колеса утворює з його площиною, – кутом уводу $\delta_{ув}$.

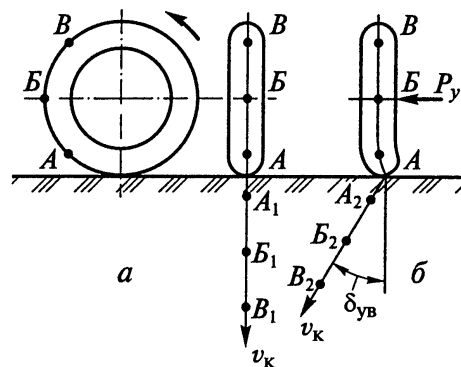


Рис. 1.8. Увод колеса

Кут уводу колеса залежить від прикладеної до нього поперечної сили

[48, с. 57]. При відсутності бічного ковзання шини $\delta_{yв} = 4...6^\circ$, при повному ковзанні шини вбік при $P_y = P_{сц}$ ($\delta_{yв} = 12... 15^\circ$).

Кут уводу колеса можна визначити за формулою

$$\delta_{yв} = \frac{P_y}{K_{yв}} \quad (1.8)$$

де $K_{yв}$ – коефіцієнт опору уводу колеса.

Коефіцієнт $K_{yв}$ залежить від розмірів і конструкції шини, тиску повітря в ній і вертикального навантаження на колесо. Так, при збільшенні розмірів шини й тиску повітря в ній коефіцієнт опору уводу зростає. При збільшенні вертикального навантаження на колесо він спочатку зростає, а потім зменшується.

Для шин вантажних автомобілів і автобусів значення цього коефіцієнта становлять $30 \div 100$ Н/рад, а для шин легкових автомобілів – $15 \div 40$ Н/рад. Від значення коефіцієнта опору уводу багато в чому залежить бічне ковзання колеса. Чим менше цей коефіцієнт, тим раніше починається бічне ковзання [48, с. 57].

Увід може бути викликаний також установкою ведених коліс під кутом до напрямку руху (сходженням) і з нахилом до вертикалі (розвалом). Для малих кутів уводу (до $4 \div 6^\circ$) коефіцієнт $K_{yв}$ наближено можна вважати постійним.

При підвищенні швидкості автомобіля кути уводу також зростають. При деякій швидкості, що називають критичною, автомобіль починає рухатися криволінійно, хоча його керовані колеса перебувають у нейтральному положенні [48, с. 58].

При уводі шина деформується не тільки в радіальному напрямку, але і в поперечному, внаслідок чого внутрішнє тертя в шині зростає. Крім того, при великих кутах уводу частки протектора інтенсивно прослизують по дорозі. Урешті-решт, під час уводу сила, необхідна для кочення колеса, різко збільшується: при коченні колеса з уводом $6 \div 7^\circ$ вона може бути в кілька разів більше сили, яку потрібно прикласти до нього при коченні без уводу

[29, с. 43].

Увід коліс приводить до уводу осей і автомобіля загалом, що істотно відбивається на його керованості.

Схарактеризовані параметри колеса автомобіля вивчаються і досліджуються за допомогою визначених методик.

1.3. Огляд методик дослідження параметрів колеса автомобіля

Існує ряд методик визначення параметрів колеса. Вони поділяються на стендові та дорожні випробування (рис. 1.9) [62, с. 68].

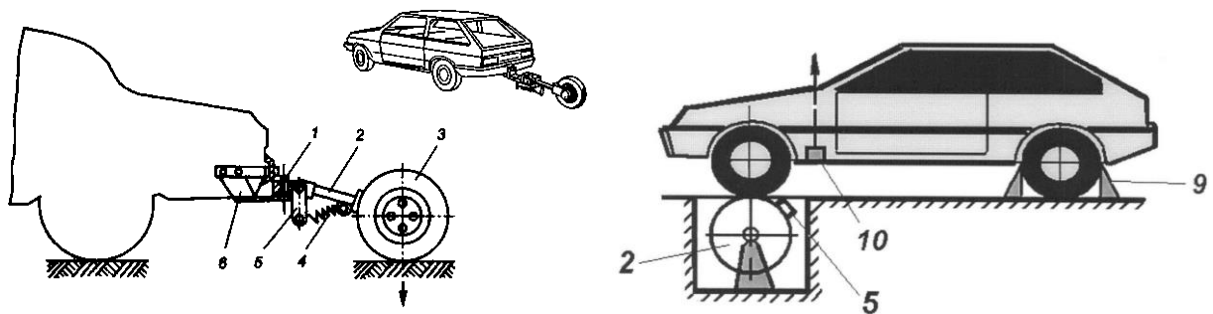


Рис. 1.9. Дорожні і стендові випробування автомобільного колеса

Дорожні випробування найбільш повно відтворюють реальні експлуатаційні умови, але точність їх невелика. На стендах відтворюються стабільні умови випробувань, застосовується точна апаратура й вимірювальні прилади, проте під час таких випробувань украй важко, а в деяких випадках і неможливо відтворити експлуатаційні умови реального руху. Тому дорожні випробування доповнюють стендові й навпаки.

Перед проведенням випробувань визначають вагові покази автомобіля і коефіцієнти опору коченню й зчеплення шин з дорогою. Безпосередньо перед початком випробувань усі агрегати автомобіля повинні бути прогріті шляхом пробігу протягом 0,5 – 1 години, а в період випробувань температура охолоджуючої середовища і масла повинна підтримуватися у встановлених

межах. Температура повітря повинна бути від +5 до + 25 ° С при швидкості вітру не більше 3 м/с. Випробування проводять на рівній горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям при повному навантаженні [29, с. 52].

При випробуваннях автомобілів визначаються такі показники, як швидкісні характеристики: «розгін – вибіг» на вищій і попередній передачах і при русі по дорозі зі змінним поздовжнім профілем; крім того, максимальна і умовна максимальна швидкості, час розгону на ділянках колії довжиною 400 і 1000 м, а також час розгону до заданої швидкості.

Швидкість автомобіля вимірюють тахогенератором або імпульсним датчиком, розміщеним безпосередньо на колесі автомобіля або на «п'ятому» вимірювальному колесі. Швидкісні характеристики визначаються на ділянці шляху довжиною 13 – 15 км. Ділянка шляху зі змінним поздовжнім профілем повинен містити підйом і спуск довжиною 500 – 700 м з ухилом 4 – 5% [63, с. 34].

Розгін автомобіля при визначенні характеристики «розгін – вибіг» проводиться до максимальної швидкості на шляху 2000 м. Максимальна швидкість визначається на вищій передачі при повній подачі палива. Умовна максимальна швидкість визначається при розгоні з місця як середня швидкість проходження останніх 400 м ділянки шляху довжиною 2000 м. За характеристикою «розгін – вибіг» визначають час розгону на ділянках шляху 400 і 1000 м, а також час розгону до заданої швидкості.

Мінімальну стійку швидкість визначають на двох послідовних ділянках руху по 100 м кожен, з відстанню між ними 200 – 300 м. Встановлення постійної швидкості руху має забезпечуватися до в'їзду автомобіля на першу ділянку. На проміжному ділянці швидкість збільшується до 20 – 25 км / год шляхом різкого збільшення подачі палива. Перед входом на другу ділянку швидкість знову знижують.

Лінійні прискорення автомобіля вимірюють акселерометрами.

При визначенні сили тяги заміряють крутний момент на півосі

ведучого моста. Під дією моменту піввісь скручується. Причому кут закрутки пропорційний прикладеному моменту. Ця крутильна деформація вимірюється за допомогою тензометричних датчиків [55, с. 40].

Для реєстрації досліджуваних параметрів при дорожніх та стендових випробуваннях застосовуються шлейфові осцилографи або самописці [15, с. 68]. Найбільш часто застосовуються самописці. Вони випускаються одно-, трьох- і дев'ятиканальними.

Розглянемо методики визначення параметрів колеса автомобіля [30, с. 55].

Перший метод полягає у випробуванні колеса на стенді з біговими барабанами (рис. 1.20).

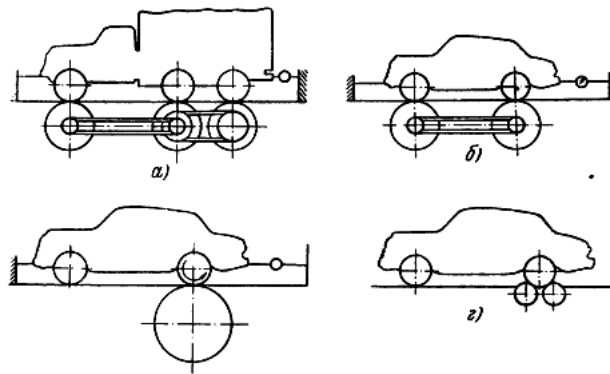


Рис. 1.20. Випробування на стенді з біговими барабанами

Колесо встановлюється у вилку, що притискає його до бігового барабана і створює навантаження на нього. Обертання колеса здійснюється від електродвигуна. Гальмуючий момент, що прикладається до валу бігового барабана, створюється гальмуючим генератором, вихід якого з'єднано з динамометричною муфтою. Принцип дії останньої побудовано на вимірюванні магнітної провідності чіпів, встановлених на торсіоні, що дає можливість реєструвати відносний кутовий зсув при його закручуванні, а також визначати відношення сили зчеплення до ваги колеса через статичний радіус і відстань від осі колеса до точки прикладення динамометра.

Недоліками даного методу є те, що при зіткненні колеса з біговим барабаном відбувається перекручування плями контакту між ними, також

величина закручування торсіону повинна фіксуватися миттєво й точно, що є складним задля вимірювання коефіцієнту опору кочення, коефіцієнту зчеплення колеса з дорогою й коефіцієнту проковзування колеса. Також за цим методом неможливо чітко визначити кут уводу колеса на біговому барабані у зв'язку з деформуванням опорної поверхні з овальної до бобовидної форми [62, с. 89].

Другий метод визначення засновано на «вільному вибігу» автомобіля до його повної зупинки при визначеній початковій швидкості. У деяких науково-дослідних інститутах, зокрема у Bureau of Standards (США), були зроблені спроби визначення коефіцієнта f за допомогою вільного кочення автомобіля з підйому до повної зупинки [15, с.73]. Коли швидкість руху на ухилі зберігається постійною, легко визначити при відомому ухилі сумарні сили опору, а отже і коефіцієнт опору кочення й коефіцієнт зчеплення колеса. Проте добір таких ухилів є дуже складним для визначення оптимального дорожнього покриття, у зв'язку з тим, що зчеплення може залежати від якості поверхні автомобільної дороги, а також від погодних умов. Коефіцієнт опору уводу колеса за цим методом досліджується за величиною вільного вибігу автомобіля до його повної зупинки при визначеній початковій швидкості. Коли швидкість руху на ухилі зберігається постійною, легко визначити коефіцієнт опору уводу колеса, але при даному випадку ми не можемо це визначити, оскільки колесо продовжує рухатися. Недоліком цього методу для визначення коефіцієнту проковзування колеса є те, що швидкість руху колеса повинна бути сталою, а при вибігу це не є можливим [15, с. 78].

Третій метод полягає в моделюванні об'єкта, що випробовується, – колеса на динамометричному візку, встановленому на рейках. При цьому опір кочення сталевго колеса рейкою є мінімальним; сила зчеплення колеса з поверхнею дороги – оптимальною; кут уводу колеса ми можемо визначити на прозорій опорній поверхні при його рівномірному русі.

Четвертий метод визначення коефіцієнтів опору кочення й зчеплення

опрацьовується за допомогою динамометричного візка із гумовими шинами, встановленим між тягачем і автомобілем. Візок обладнано динамометром, що реєструє силу тяги, силу зчеплення й силу уводу. Цей метод має значні переваги перед іншими, оскільки дозволяє виконувати досліди на різних дорожніх покриттях, проте, не є достатньо точним.

Для експериментів, використовується така конструкція динамометричного возика (рис. 1.10).

На рамі 1 візка встановлені важільні млини 2, що фіксується амортизатором 3. У середині встановлено колесо 4, до якого кріпиться гальмівний тросик 5, 7. Показники динамометрів за допомогою електричного фіксатора передаються по проводу 8 до дослідника у автомобілі 9. До підрамника 6 одним кінцем прикріплений вимірювальний блок, який складається із вертикального й горизонтального динамометрів 10, 11, фіксуючої скоби 12 та штоку 13.

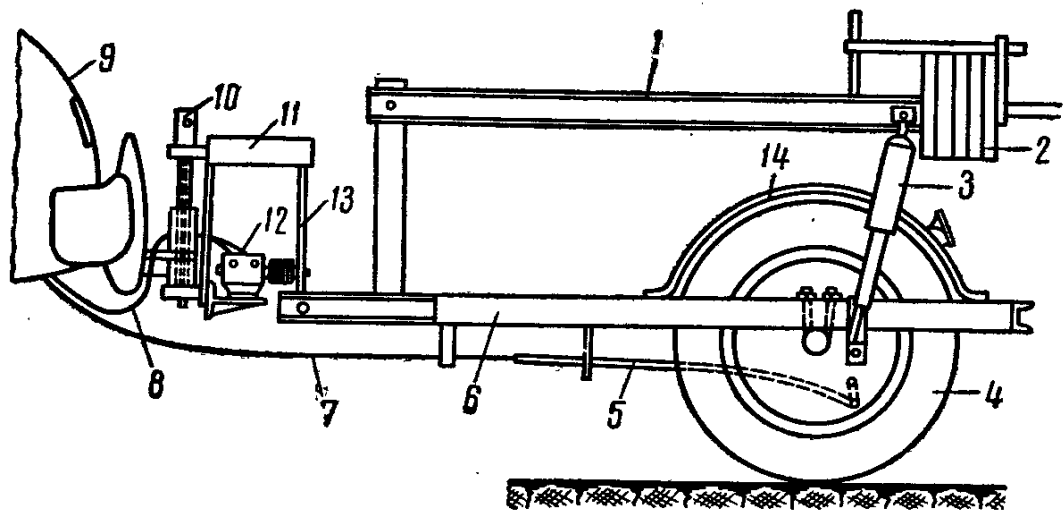


Рис. 1.10. Схема динамометричного возика [66]

Такий возик чи подібний до нього може бути використаний для визначення параметрів колеса автомобіля.

Висновки до розділу 1

У розділі було розглянуто окремі аспекти теорії кочення колеса автомобіля та методи дослідження його параметрів.

1. Проаналізовані елементи системи «автомобіль – зовнішнє середовище» та моделі, що описують цю систему. Виокремлено колесо як елемент системи, що під час кочення взаємодіє з опорною поверхнею та з механізмами автомобіля (трансмisiєю, підвіскою, гальмами, рульовим керуванням). З'ясовано, що характер цих взаємодій впливає на режими роботи коліс автомобіля, зумовлює різні кінематичні та динамічні параметри колеса під час кочення.

2. Визначено, що виходячи з особливостей конструкції колеса й взаємодії колеса автомобіля з опорною поверхнею дороги, основними параметрами колеса автомобіля є коефіцієнт опору кочення f , коефіцієнт зчеплення з дорогою φ , коефіцієнт опору уводу $K_{o,yv}$ і величина проковзування колеса λ . Ці параметри значною мірою залежать від фізичних властивостей еластичної шини і змінюються, залежно від роду дорожнього покриття, умов кочення, режиму руху, ступеня впливу сил і моментів, переданих колесу від механізмів автомобіля.

3. Здійснено огляд методик дослідження параметрів колеса автомобіля, що поділяються на стендові та дорожні випробування. Підтверджено доцільність використання динамометричного возика для визначення параметрів колеса автомобіля.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИНАМОМЕТРИЧНОГО ВОЗИКА

2.1. Технологія виготовлення динамометричного возика

Модель динамометричного возика створювалася на основі креслення (рис. 1.10) і орієнтувалася на такі параметри (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Параметри динамометричного возика

Габаритні розміри рами, мм	1095 x 495
Діаметр колеса, мм	600
Діаметр додаткових коліс, мм	125
Габаритні розміри, мм	1210 x 495 x 600
Маса, кг	23

Матеріали: куток сталевий 40 x 40, куток сталевий 15 x 15, шина автомобільна, 2 колеса малі, кругляк, арматура 190 x 15 x 15, фарба масляна, динамометр.

Обладнання: зварювальний апарат інверторний, болгарка, розміточний інструмент, слюсарний інструмент.

Технологічні операції: розмітка, різка, зварювання, збірка, фарбування.

Далі представимо етапи й технологічну картку виготовлення моделі.

ПЕРШИЙ ЕТАП

1. Підбір 2-х профілів-кутів, розміром 2 метри.

2. Зварювання перемички (рис. 2.2).

ДРУГИЙ ЕТАП

3. Зробити 2 отвори для встановлення колеса на станину.

4. Закріпити колесо гайками (рис. 2.3).



Рис. 2.2. Операції першого етапу

ТРЕТІЙ ЕТАП

5. Зварювання П-образного упору для встановлення пристрою уводу колеса (рис. 2.4).



Рис. 2.3. Операції другого етапу



Рис. 2.4. Результат третього етапу

ЧЕТВЕРТИЙ ЕТАП

6. Приварювання до станини 2-х пластин із отворами для підтримуючих коліс возика (рис. 2.5).

П'ЯТИЙ ЕТАП

7. З одного кінця залізного прута, діаметром 12 мм, нарізати різьбу.

8. З другого кінця залізного прута приварити болт для кріплення допоміжних коліс (рис. 2.6).



Рис. 2.5. Операції четвертого етапу



Рис. 2.6. Результат п'ятого етапу

ШОСТИЙ ЕТАП. ЗАВЕРШАЛЬНИЙ

9. Установка головного колеса на станині (рис. 2.7).
10. Установка допоміжних коліс (рис. 2.7).
11. Підготовка возика до фарбування.
12. Фарбування возика[46; 65, с. 55].



Рис. 2.7. Установка головного колеса на станині і допоміжних коліс

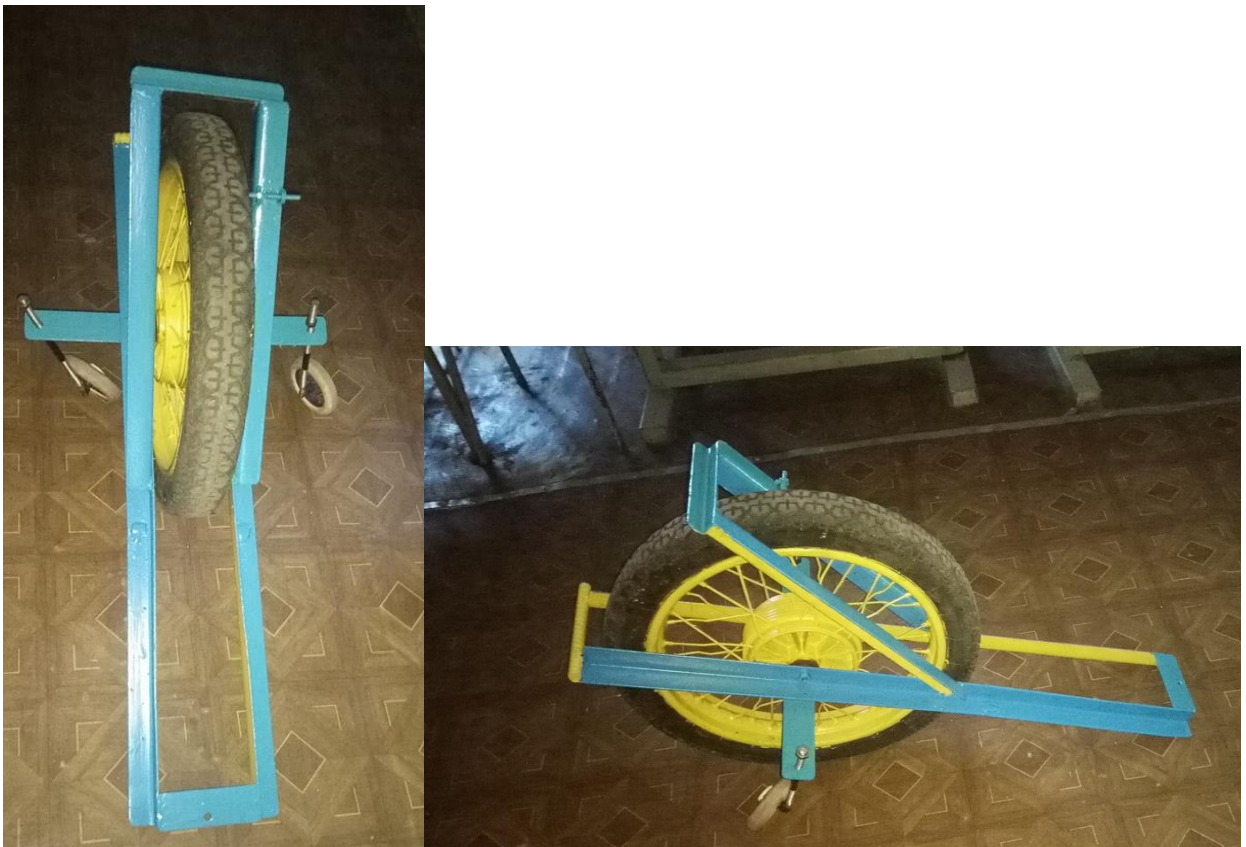


Рис. 2.8. Модель возика

Було визначено собівартість такого возика (див. табл. 2.2).

Обрахунок собівартості динамометричного возика

Матеріал / обладнання	Кількість / обсяг	Вартість, гр
Куток 40 x 40	2 м	120
Куток 25 x 25	1 м	20
Арматура 190 x 15 x 15	1 м	20
Шина 500 x 185 x 5	2 шт.	60
Колесо МТ	1 шт.	300
Колеса стабілізуючі	2 шт.	150
Динамометр	1 шт	180
Фарба масляна	350 мл	70
Загальна вартість		920 гр.

Розроблюваний у цій роботі динамометричний візок дозволяє визначати:

- коефіцієнти опору кочення f , зчеплення колеса з дорогою φ , опору вводу $K_{o,yb}$;
- площу плями контакту S_n ,
- проковзування λ ,
- ступінь зниження коефіцієнту опору кочення залежно від поперечного профілю дороги $F_{\lambda v}$.

2.2. Техніка безпеки при виготовленні макету та перша медична допомога при пораненнях гострими предметами

Техніка безпеки при роботі з гострими ріжучими інструментами повинна виконуватися дуже чітко і обов'язково.

Не варто думати, що травми-порізи випадковість: вони неминучі всякий раз при порушенні правил техніки безпеки. Порізи – справа

неприємна, а якщо вони достатньо сильні, то людина декілька днів не може працювати й після одужання побоюється різати, довго не пристосовується. Звичайно, тут вже нічого й думати стосовно якісної виконання роботи [65, с. 70].

Перша допомога – це найпростіші, термінові та необхідні заходи для рятування життя й попередження ускладнень, які проводяться до прибуття лікаря чи доставки потерпілого до медичного закладу. Від правильного та своєчасного надання першої допомоги залежить успіх наступної медичної допомоги та подальшого лікування, а інколи і життя потерпілого.

Перша допомога включає в себе три групи заходів [5, с. 30]:

- негайне припинення дії зовнішніх вражаючих факторів;
- надання невідкладної медичної допомоги потерпілому залежно від його стану та характеру травми, нещасного випадку;
- негайний виклик лікаря швидкої допомоги чи організація транспортування потерпілого до найближчого медичного закладу.

Надання негайної медичної допомоги до прибуття кваліфікованих медиків

Найчастіше перша допомога припускає підтримку життєдіяльності постраждалого до прибуття допомоги.

Коли виникає необхідність в наданні першої медичної допомоги, необхідно дотримуватися наступних правил:

- Не впадати в паніку. Зберігати спокій.
- Ніколи не переміщати важко пораненого потерпілого, окрім випадків, коли постраждалому необхідне свіже повітря, або з метою його захисту від подальших каліцтв.
- Провести уважний огляд потерпілого.
- Якщо необхідно зробити негайні заходи для врятування життя (штучне дихання, зупинка кровотечі тощо) надати доцільну допомогу без зволікання.
- Викликати необхідні служби.

Кровотеча

Кровотечу, що виникла при порізі або серйознішому пораненні, слід зупинити щонайшвидше.

Кровотеча вважається сильною, якщо:

- кров б'є з рани струменем;
- ви встановили, що крововтрата перевищила 250 мл (майже повний стакан);
- кровотеча не припиняється протягом 5 хвилин.

Сильна кровотеча

З невеликої рани кровотеча незабаром припиняється мимоволі, але при важкому пораненні кров може вилитися з такою швидкістю, що не встигає згорнутися [65, с.112].

Дії під час кровотечі [5, с. 35]:

Головне завдання – зменшити кровотік в пошкодженій ділянці, сприяючи згортанню крові в рані і закупорці пошкодженої судини. Для цього потрібно здавити рану одним із способів, описаних нижче. Є загальне правило: пошкоджену частину тіла бажано тримати вище за рівень серця. Не треба намагатися промивати глибоку рану водою або антисептиком. Як тільки перша допомога надана, треба викликати швидку допомогу.

Загоєння невеликих порізів

Протріть шкіру навколо порізу в напрямі від країв ранки чистим ватяним тампоном, кожного разу міняючи його.

Антисептики нанесіть не на ранку, а на використовуваний тампон.

Невеликі порізи заживають швидше, якщо їх не бинтувати.

Проте якщо краї рани розійшлися, стягніть їх і накладіть уперек рани одну або дві смужки лейкопластиря.

При будь-яких проникаючих пораненнях бажано ввести антибіотики і обов'язково – протиправцеві засоби. Це зроблять в лікарні за призначенням лікаря.

Поранення. Під час надання першої допомоги в разі поранення

необхідно зупинити кровотечу, накласти стерильну пов'язку і доставити потерпілого до лікаря. Той, хто надає допомогу при пораненні, повинен помити руки з милом, а якщо це неможливо – намазати пальці йодною настоянкою. Доторкуватися до рани навіть вимитими руками не дозволяється. Не дозволяється обмивати рану водою.

При незначних порізах рану обробляють йодною настоянкою: накладають марлеву пов'язку, яка захищає організм від мікробів, сприяє швидкому зсіданню крові.

Шкіру навколо рани обробляють йодною настоянкою або розчином брильянтової зелені, перев'язують і звертаються медпункт. У разі кровотечі у вигляді крапель або рівної струмини під тиском, судину, яка кровоточить, потрібно притиснути до кістки вище від місця поранення, а якщо це кровотеча на руці або нозі, після цього максимально зігнути кінцівку в суглобі та забинтувати такому положенні. Потім накладають джгут на 5-10 см вище від рани. Під джгут необхідно підкласти тканину або марлеву пов'язку, також записку про час його накладання. Джгут не можна залишати на кінцівці довше, ніж на 1,5 год [65, с.128].

Різновиди ран

Зовнішня кровотеча може бути результатом відкритих ран, де шкіра ушкоджена раною. Загалом розрізняють сім типів відкритих ран, які можуть привести до зовнішньої кровотечі, а саме:

Садно – ушкодження шкіри в результаті подряпини або натирання. Кровотеча звичайно буває незначною.

Уколи – ушкодження, утворені проколом шкіри. Може бути в результаті уколу шпилькою, кулею тощо. На додаток до зовнішньої кровотечі при цьому виді рани можуть бути й внутрішні кровотечі.

Рвана рана – зазубрені або розірвані тканини після впливу гострих нерівних предметів, таких, як розбите скло тощо.

Порізи – розходження тканин у результаті дії гострих ріжучих предметів – ніж, бритва тощо. Цей тип ран може привести до важкої

кровотечі й можливе ушкодження м'язів, нервів і сухожиль.

Відрив має на увазі розрив тканини з відділенням від тіла. Цей тип ран може привести до важкої кровотечі.

Здавлена рана – цей тип ран може бути результатом автомобільної або промислової катастрофи. Можуть бути ушкодження внутрішніх органів і переломи кісток. Можуть розвинути важкі внутрішні й зовнішні кровотечі.

У перший момент під час допомоги при ранах варто остудити ушкоджене місце, наприклад за допомогою льоду. Найкраще розтирати травмоване місце льодом, але ніколи не залишати лід на одному місці, щоб не обпалити шкіру. Якщо льоду по близькості немає, то можна травмоване місце «підставити» під холодну воду. Далі потрібно з'ясувати (не дуже напружуючи травмоване місце), якого роду травма отримано й, відповідно, які дії потрібно почати. Якщо це не забиття і не розтягання, то не треба зміщати положення кістки після одержання травми.

При серйозних травмах – пораненнях, струсах мозку, переломах тощо, нерідко розвиваються загальні складні стани організму – шок і колапс. Ці ускладнення супроводжуються різким ослабленням кровотечі в артеріях, венах і капілярах унаслідок зниження температури стінок судин або щодо великої втрати крові [65, с. 131].

Виконання наступних рекомендацій виключає травмування.

Не можна працювати в сильному хвилюванні або стомленні, коли притупляється увага й важко зосередитися. Категорично забороняється працювати в нетверезому стані.

Робоче місце завжди необхідно втримувати в порядку. На поверхні столу не повинно бути зайвих предметів, її слід своєчасно очищати від зайвих матеріалів.

Невживаний інструмент не повинен заважати роботі. Його потрібно завжди класти в певне місце, яке передбачає швидкий доступ до кожного предмету й певний порядок.

Не слід відволікатися і, якщо це не потрібно для виготовлення, ходити

з інструментом у руках. Тримати інструмент і, тим більше, транспортувати його в м'яких чохлах дуже небезпечно: при випадковому падінні, зіткненні або ударі він легко протикає матеріал і може поранити.

Інструмент завжди потрібно підтримувати в хорошому робочому стані.

При роботі двома руками фактично порізатися неможливо, і, вже не побоюючись порізу, працювати так само вільно, як художник пише пензлем.

Необхідно завжди мати під рукою бинт, йод, нашатирний спирт, перекис водню і бактеріцидний лейкопластир [65, с.142].

2.3. Організація та методика проведення досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика

Мета досліджень – установити закономірності зміни параметрів руху автомобіля від поздовжнього ухилу й профілю дороги, а відтак – забезпечити підвищення пропускної й провізної спроможності автодоріг за рахунок оптимізації поздовжнього профілю транспортних автодоріг.

Для експериментів прийнято об'єднану методику лабораторних досліджень, яка забезпечує прийнятну точність під час досліджень із застосуванням динамометричного візку на поверхнях з різним поперечним профілем.

З огляду на необхідність виявлення закономірності зміни площі плями контакту, як колесо використовується автомобільна покришка розмірами 175/70R15, яка має більш високу деформацію порівняно зі звичайним колесом [30, с.73].

Методика експерименту включає:

- установку необхідних поздовжніх ухилів поверхні руху,
- вимірювання динамометрами сил опору кочення і уводу колеса при його вільному русі та зчеплення колеса з дорогою при загальмованому,
- визначення площі й орієнтації плями контакту відносно осі руху шляхом знімання контурів плями на прозорій «дорозі» з масштабною сіткою.

Метод вимірювання дозволяє забезпечити вимоги методики раціонального планування експерименту, а також, з урахуванням прийнятих держстандартів на проведення експериментів, отримати достовірні результати.

Схема установки наведена на рис. 2.9.



Рис. 2.9. Дослідження параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика

Для виявлення зв'язку досліджуваних параметрів колеса автомобіля необхідно мати не менше п'яти точок і при двох змінних чинниках виконати дослідження у 25 варіантах, кожен з яких виконується двічі: при різноманітних профілях дороги [11, с.11].

Визначалися: сили опору кочення, уводу колеса, зчеплення, величина зсуву осі колеса, форма і площа плями контакту з поверхнею руху.

Як параметри, що характеризують профіль поверхні руху, було прийнято поздовжній ухил і профіль, значення яких наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Параметри профілю поверхні руху

Повздовжній ухил i , ‰	0	20	40	80	100
Повздовжній профіль β_n , ‰	0	20	40	60	80

Вхідні дані:

1. Тиск у шині $P_m = 1,2 \text{ атм} = 1,2 \text{ кгс/см}^2 - \text{const.}$
2. Швидкість руху візка $V = 12,3 \text{ м/с} - \text{const.}$
3. Сходження колеса $\alpha_{cx} = 70' - \text{const}$, або 5 мм, де 1 мм = 14'.
4. Маса колеса (вага диска + гуми) $P_{кол} = 195 \text{ Н.}$

Методика експерименту

1. Виставляється поздовжній ухил $i = 0 \text{ ‰.}$
2. Виставляється повздовжній профіль $\beta_n = 0 \text{ ‰.}$
3. Вимірюється сила опору кочення візка разом із колесом $F_{о.к.}$.
4. Від сили опору кочення візка з колесом $F_{о.к.заг}$ віднімається сила опору кочення самого візка $F_{о.к.віз}$ і одержується сила опору кочення колеса ($\vec{F}_{о.к.} = \vec{F}_{о.к.заг} - \vec{F}_{о.к.віз}$).

5. У кожному досліді виконується по 5 вимірювань при різноманітних профілях дороги.

6. Визначається сила зчеплення колеса з дорогою $F_{зчеп.}$ шляхом виміру зусилля динамометра при загальмованому колесі $F_{загаль}$ за виключенням сили

опору кочення без колеса $F_{оп.коч.візка}$ ($\vec{F}_{зчеп.} = \vec{F}_{загальм.} - \vec{F}_{о.к.віз}$).

7. Визначається сила уводу колеса $F_{ув.}$ шляхом виміру її динамометром.
8. Визначається величина поперечного зсуву ℓ_3 в мм.
9. Не змінюючи поздовжнього ухилу $i = 0 \text{ ‰}$, змінюється поздовжній профіль дороги, починаючи з 20 ‰, 40 ‰, 60 ‰, 80 ‰.
10. Визначаються розміри плями контакту колеса з дорогою.
11. Аналогічно виконуються виміри при значеннях поздовжнього профілю дороги в 20 ‰, 40 ‰, 80 ‰, 100 ‰.[62, с.97]

Розрахункові величини

Коефіцієнт опору кочення колеса знаходиться за формулою:

$$f = \frac{F_{о.к.заг.} - F_{о.к.віз}}{P_{заг.} - P_{віз}}, \quad (2.1)$$

де $F_{о.к.заг.}$ – загальна сила опору кочення колеса з візком, Н;

$F_{оп.коч.без\ колеса.}$ – сила опору кочення візка без колеса, Н;

$P_{заг.}$ – загальна маса колеса з візком, Н;

$P_{віз}$ – маса візка, Н;

$F = F_{оп.коч.}/P_{кол}$ ($F_{оп.коч.}$ – сила опору кочення, Н; $P_{кол}$ – маса колеса, Н).

Коефіцієнт зчеплення.

У динамометричному візку істотно впливає на силу зчеплення з дорогою висота прикладення сили і відстань від точки її прикладення до осі колеса.

$$\varphi = \frac{F_{зчеп}}{(P_{кол} - \frac{F_{зчеп.} \cdot r_c}{l})}, \quad (2.2)$$

де r_c – статичний радіус кочення колеса, м;

l – відстань від осі колеса до точки прикладення динамометра, м.

При русі колеса без поздовжнього і поперечного ковзання необхідно дотримуватись умови для випадку рівномірного кочення $F_t = F_{зчеп.} \leq (\varphi + f)P_{кол}$. [62, с. 99].

Коефіцієнт опору уводу колеса автомобіля

Знаходиться величина кута зміщення колеса:

$$\sigma_{y\theta} = \arctg\left(\frac{\ell_3}{L}\right), \quad (2.3)$$

Визначається коефіцієнт опору уводу, що показує, яку потрібно прикласти поперечну силу до колеса, щоб воно котилося з уводом у 1 радіан.

$$k_{o,y\theta} = \frac{F_{y\theta}}{\sigma_{y\theta}}, \quad (2.4)$$

Визначається величина проковзування колеса в %

$$\lambda = \left(1 - \frac{\omega_k \cdot r_c}{V}\right) \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

де ω_k – кутова швидкість колеса, рад/с;

r_c – статичний радіус колеса, м;

V – швидкість руху, м/с.

При $\omega_k r_c > V$ – колесо проковзує в напрямі свого обертання;

при $\omega_k r_c = V$ – котиться без проковзування;

при $\omega_k r_c < V$ – гальмівний режим, колесо проковзує у напрямі, протилежному обертанню;

при $\omega_k = 0$ – повне проковзування – юз.

Оскільки заміряти кутову швидкість складно, визначається величина проковзування колеса – $\lambda = \text{tg}(\sigma_{y\theta}) \cdot 100\%$.

Площа плями контакту колеса з дорогою:

$$S_n = \frac{\pi}{4}(a_n \cdot b_n), \quad (2.6)$$

де a_n – довжина плями контакту, м; b_n – її ширина, м.

Методика і порядок виконання роботи:

1. Встановити динамометричний возик на поверхню автомобільної дороги.
2. З'єднати динамометричний возик із автомобілем за допомогою динамометра.

3. Визначити статичний радіус кочення колеса r_c (м).
4. Визначити відстань від осі колеса до точки прикладання динамометра l (м).
5. Визначити загальну масу візка та масу колеса з візком.
6. Розпочати рівномірний рух автомобіля на дорозі з початковим продовжнім та поперечним ухилом.
7. Результати вимірювань занести в таблиці вимірювальних значень для кожного повздовжнього ухилу автодороги, причому в чисельнику записати значення для різноманітних профілях автодороги.

Таблиці вимірних значень подано у додатку А, а розрахованих – у додатку Б. Основні результати досліджень опубліковані в роботі [59].

2.4. Аналіз та інтерпретація дослідних даних

На підставі 625 дослідів, стверджується, що зі збільшенням поздовжнього ухилу дороги сила опору кочення $F_{оп.коч}$ зростає. Стосовно сил $F_{зчеп}$, $F_{уводу}$ і величини ℓ , то вони за цих умов змінюються не так значно як $F_{оп.коч}$.

У результаті досліджень з використанням методики раціонального планування експериментів отримано 25 значень сили опору кочення колеса при різних, згідно комбінаційному квадрату, варіантах кутів ухилів автодороги, які наведено у додатку А і Б.

З таблиць розрахованих значень, поданих у додатку Б видно, що одні й ті самі величини при різноманітних профілях автодороги істотно розрізняються.

Виконуємо усереднення отриманих значень результатів за кожним із первинних факторів і заносимо їх до табл. 2.5.

Аналіз залежності коефіцієнта опору кочення колеса від повздовжнього профілю дороги показує, що зміна останнього дозволяє значно знизити цей коефіцієнт і енергоємність транспортування (на 20-60 %).

Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою при зміні повздовжнього профілю змінюється незначно (7-8 %).

Аналіз залежності коефіцієнтів опору уводу, проковзування та площі плями контакту колеса від даного показника свідчить про те, що зміна повздовжнього профілю значно знизила їх (відповідно, на 19, 24 і 21 %).

Таблиця 2.5

Залежність величини сили опору кочення колеса при поздовжньому ухилі

$i, ‰$	$\beta_n, ‰$						Сума	Середнє
	0	20	40	60	80			
0	11,4	31	35,2	44,2	48	169,8	33,96	
20	21,4	41	45	54	56	217,4	43,48	
40	32	52	65	74	76	299	59,8	
80	61,4	81	91,6	102	116	452	90,4	
100	72,6	74,8	90	100	120	457,4	91,48	
Сума	198,8	279,8	326,8	374,2	416	1595,6	319,12	
Середнє	39,76	55,96	65,36	74,84	83,2	319,12	63,824	

Згідно з розробленою методикою досліджень було виконано кореляційний аналіз кожного параметру, що впливає на рух автомобіля залежно від профілю автодороги [9, с. 135].

Розраховувались пари вимірів для різноманітних профілів автодороги з метою виявлення кореляційної залежності між: коефіцієнтом опору кочення (f), коефіцієнтом зчеплення (φ), кутом уводу ($\sigma_{y\varphi}$), коефіцієнтом опору уводу ($K_{o,y\varphi}$), величиною проковзування колеса (λ) та площею плями контакту (S_n).

При цьому розраховувались величини парної кореляції між формою і параметрами поперечного профілю автодороги (X^*) і параметрами руху колеса (Y^*).

Усі розраховані кореляційні залежності профілю дороги від параметрів руху автомобіля наведені в табл. 2.6.

Середнє значення

$$\bar{X}^*(\bar{Y}^*) = \frac{\sum_{i=1}^n X^*_i(Y^*_i)}{n^*}, \quad (2.7)$$

де $X^*_i(Y^*_i)$ – i -та величина вимірів;

n^* – кількість вимірів;

$\bar{X}^*(\bar{Y}^*)$ – середні значення параметрів руху колеса.

Таблиця 2.6

Параметри кочення коліеса	Кореляційні залежності							
	\bar{X}^*	\bar{Y}^*	D_X	D_Y	σ_X	σ_Y	r_{XY}	$\pm S_0$
f	40	0,184	1000	0,0061	31,62	0,078	0,946	0,035
	40	0,117	1000	0,0067	31,62	0,081	0,915	0,0366
φ	40	0,682	1000	0,0051	31,62	0,071	0,955	0,032
	40	0,614	1000	0,0123	31,62	0,108	0,911	0,049
$\sigma_{yв}$	40	0,0042	1000	$3 \cdot 10^{-8}$	31,62	$1,73 \cdot 10^{-4}$	0,936	$2,6 \cdot 10^{-4}$
	40	0,0031	1000	$2 \cdot 10^{-7}$	31,62	$4,47 \cdot 10^{-5}$	0,956	$6,39 \cdot 10^{-4}$
$K_{o,yв}$	40	18821	1000	$3,2 \cdot 10^{-7}$	31,62	$5,6 \cdot 10^3$	0,823	2540
	40	22513	1000	$3,9 \cdot 10^{-7}$	31,62	$5,6 \cdot 10^3$	0,962	2802
λ	40	0,421	1000	0,0655	31,62	0,225	0,839	0,114
	40	0,314	1000	0,0204	31,62	0,142	0,956	0,0639
S_n	40	0,0305	1000	$6,95 \cdot 10^{-6}$	31,62	$2,6 \cdot 10^{-3}$	0,932	0,00117
	40	0,0286	1000	$1,085 \cdot 10^{-5}$	31,62	$3,2 \cdot 10^{-4}$	0,679	0,00147

Дисперсія

$$D_{(XY)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X^*_i - \bar{X}^*)^2}{n^* - 1}, \quad (2.8)$$

де $\sum_{i=1}^n (X^*_i - \bar{X}^*)^2$ – сума квадратів різниць між i -тим та середнім значенням параметрів автодороги (X^*) та руху автомобіля (Y^*)[58, с.152].

Середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_{(X,Y)} = \sqrt{D}.$$

Коефіцієнт парної кореляції

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X^*_i - \bar{X}^*)(Y^*_i - \bar{Y}^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X^*_i - \bar{X}^*)^2 \sum_{i=1}^n (Y^*_i - \bar{Y}^*)^2}}. \quad (2.9)$$

Похибка вимірювання

$$S_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y^*_i - \bar{Y}^*)^2}{n^*(n^*-1)}}. \quad (2.10)$$

Проведений кореляційний аналіз підтверджує залежність основних параметрів руху колеса автомобіля від різноманітного профілю автодороги з високим коефіцієнтом парної кореляції $r_{XY}=0,946$, та малою середньоквадратичною похибкою $S_0=3,5\%$.

Висновки до розділу 2

У розділі було здійснене проектування та презентовано організацію досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика.

1. Розроблений і виготовлений автором динамометричний возик для замірів основних параметрів кочення колеса залежно від повздовжнього ухилу й профілю автодороги дає можливість повністю змоделювати процес руху автомобіля в лабораторних умовах, з'ясувати параметри підвищення пропускної й провізної спроможності автодоріг.

2. Представлені в розділі технологічна картка й технологія виготовлення динамометричного возика, розрахована його собівартість й техніка безпека під час виготовлення вможливають відтворення цього процесу в реальних умовах.

3. Подані в роботі результати 625 лабораторних досліджень ілюструють значення досліджуваних коефіцієнтів опору кочення, зчеплення з дорогою, опору уводу і величини проковзування колеса автомобіля. Отримані, проаналізовані й статистично оброблені дані свідчать про те, що

коефіцієнти опору руху автомобіля істотно відрізняються один від одного зі зміною повздовжнього ухилу і профілю поверхні руху, що можна пояснити, як зміною сили бічного уводу колеса, поперечної сили від сходження коліс, так і бічної еластичності шини.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ СТУДЕНТАМИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОФІЛЮ ПАРАМЕТРІВ КОЛЕСА АВТОМОБІЛЯ

3.1. Аналіз стану проблеми в практиці роботи вищої професійної школи

З метою модернізації змісту професійної освіти відповідно до сучасних загальноєвропейських тенденцій і вимог соціально зорієнтованої економіки необхідно вводити до змісту професійного навчання майбутніх фахівців автотранспортного профілю сучасні дослідження, які спрямовані на вивчення студентами під керівництвом викладачів нагальних проблем автотранспортної галузі [40, с.10].

Для вирішення проблеми методики організації досліджень студентами основних параметрів колеса автомобіля із застосуванням динамометричного возика під час вивчення циклу дисциплін автосправи було проведено дослідницьку роботу.

Це передбачало поетапне вирішення таких завдань:

- проаналізувати методичне й матеріально-технічне забезпечення дисциплін автосправи в системі професійної підготовки майбутніх учителів трудового навчання і технологій;
- дослідити стан упровадження матеріальних об'єктів у освітній процес, а також пов'язані з цим труднощі;
- визначити критерії, схарактеризувати рівні якості знань студентів з дисциплін автосправи;
- розробити методику організації досліджень студентами параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика;
- проаналізувати отримані дані;
- сформулювати методичні рекомендації для викладачів та студентів щодо застосування в освітньому процесі динамометричного возика для

дослідження параметрів колеса автомобіля.

Дослідницька робота проводилась на базі факультету дошкільної та технологічної освіти Криворізького державного педагогічного університету. У дослідженні брали участь студенти спеціальності «Технологічна освіта. Автосправа».

Передусім, було досліджено матеріально-технічну базу викладання дисциплін автосправи. Було з'ясовано, що кафедра загальнотехнічних дисциплін та професійного навчання Криворізького державного педагогічного університету має сформовані традиції підготовки фахівців з експлуатації та ремонту автомобілю, педагогів профільного й професійного навчання за цією спеціалізацією.

Випускники зарекомендували себе висококваліфікованими спеціалістами, підготовленими до активної професійної діяльності в сфері освіти, й можуть працювати вчителями технічної праці, трудового навчання в основній школі, учителем технологій і креслення; учителем профільного навчання (автосправа), учителем інформатики, майстрами виробничого й професійного навчання, керівниками гуртків у позашкільних закладах освіти, викладачами загальнотехнічних і спеціальних дисциплін в автошколах, технікумах, училищах.

Також вони мають можливість переорієнтації на певну суміжну професію, спираючись на потужну базу загальнотехнічних та інженерних знань, і працевлаштовуватися на посаду фахівця з автопостачання, діагностики обслуговування й ремонту автомобіля, спеціаліста з питань палива та змащувальних речовин у будь-яких приватних установах чи організаціях.

На кафедрі створено й успішно функціонує автокомплекс, що складається з групи приміщень, загальною площею 70 м². У автокомплексі наявні такі матеріальні моделі для організації освітнього процесу: машина ГАЗ 5227 5440, гарячий стенд з/ч трактора «Беларусь», двигун (2 шт.), передній міст автомобіля ГАЗ-24, домкрат гідравлічний на 5т, задній міст,

кабінет тракторної справи, навчальні наочні приладдя з автосправи, прес гідравлічний, прес ручний для обслуговування шарнірів, прилад для демонстрації вибуху горючої суміші, прилад виміру температури охолодження рідини, прилад очищення свічок запалювання, прилад перевірки роботи Комутатора ТК-100, прилад перевірки термостату, прилад регулювання форсунки, прилад реле поворотів, спідометр, модель склоочіщувача, прилад вимірювання рівня палива, прилад Ц-4322, секундомір, демонстраційні стенди з автосправи (33 шт.), генератор ГАЗ-24, двигун розрізний, механізм рульового керування, стартер, зарядний пристрій для акумулятора, фільтр мастила для автомобілю «Москвич», «КАМАЗ», щупи регулювання клапанів, задній міст автомобіля, коробка передач[69].

У майстернях автокласу наявні необхідний слюсарний інструмент і обладнання, зокрема: верстат свердлильний, верстат токарно-гвинторізний, верстат фрезерний, електроточило (2 шт.), тиски слюсарні.

У межах кваліфікаційних і науково-дослідницьких робіт студентами виготовляється нове обладнання, стенди і моделі, що ілюструють принцип дії, схеми, механізм функціонування вузлів та агрегатів автомобіля.

Для того, щоб з'ясувати доцільність запровадження новітніх технологій до освітнього процесу нами було проведено анкетування 50 студентів 4-5-х курсів, спеціальності «Технологічна освіта. Автосправа».

Анкета

1. Чи вважаєте Ви доцільним навчатися за профілем «Автосправа»?

А. Так	Б. Ні	В. Частково	Г. Не маю відповіді
--------	-------	-------------	---------------------
2. Чи подобаються Вам дисципліни, які вивчаються за цим профілем?

А. Так	Б. Ні	В. Частково	Г. Не маю відповіді
--------	-------	-------------	---------------------
3. Чи в достатній мірі зміст дисциплін віддзеркалює сучасний стан розвитку автомобільної галузі?

А. Так	Б. Ні	В. Частково	Г. Не маю відповіді
--------	-------	-------------	---------------------
4. Чи маєте інтерес до занять автосправою?

А. Так	Б. Ні	В. Частково	Г. Не маю відповіді
--------	-------	-------------	---------------------

5. Як би Ви могли вплинути на зміст дисциплін автосправи, щоб насамперед Ви змінили?

А. Нічого. Б. Не маю відповіді В. Мої пропозиції такі – ...

6. Чи достатній на Ваш погляд обсяг дисциплін автосправи, кількість лекційних, практичних і лабораторних занять?

А. Так Б. Ні В. Можливо Г. Не маю відповіді

7. Чи варто, на Ваш погляд, дослідження натуральних об'єктів, стендів, моделей (вузлів та агрегатів автомобілів), замінити на їх комп'ютерне моделювання?

А. Так, повністю Б. Ні в якому разі В. Можливо окремі
Г. Не маю відповіді Д. У всьому потрібна міра

8. Чи маєте бажання займатися дослідженням актуальних питань автомобільної галузі.

А. Так Б. Ні В. Можливо Г. Не маю відповіді

9. Якщо б Вам запропонували на вибір ознайомитися теоретично з окремими положеннями чи з'ясувати певні закономірності й принципи за допомогою безпосереднього дослідження, щоб Ви обрали для себе?

А. Лекцію Б. Практичну роботу В. Спочатку лекцію, потім практичну роботу Г. Спочатку лекцію, потім розв'язання типових проблем, а потім – практичну роботу Д. Не маю відповіді

10. Чи маєте Ви бажання займатися науково-дослідницькою роботою з розв'язання актуальних проблем автомобільної галузі?

А. Так Б. Ні В. Можливо Г. Не маю відповіді

Аналіз анкет студентів показав, що загалом більшість з них має достатній рівень мотивації до занять автосправою. Серед опитаних нами: 30 % має високий рівень умотивування; 40 % – середній і 30 % – низький рівні, при цьому таких, які б виявили негативне налаштування до занять автосправою нами виявлено не було.

На думку 40 % студентів зміст, обсяг і логіка викладання дисциплін автосправи є цілком прийнятними для їх професійної підготовки. В

уточнюючих бесідах студенти зазначили, що мають можливість отримувати на заняттях актуальну й цікаву інформацію, яка стосується новітніх напрямів автомобілебудування, розвитку транспортної галузі, зокрема для промислового міста. При цьому 70 % із опитаних виявили інтерес і бажання займатися науковими й прикладними дослідженнями в цьому напрямі.

Окрім цього, студенти висловили окремі пропозиції щодо покращення викладання дисциплін автосправи, зокрема: доцільність змістового оновлення наочних матеріалів, моделей і стендів (80 %); запровадження комп'ютерного контролю знань (70 %); використання елементів комп'ютерного моделювання та візуалізація явищ і процесів, що відбуваються у вузлах та агрегатах автомобіля (64 %); більш ширше залучення студентів до створення засобів унаочнення, стендів, моделей, натуральних об'єктів (64 %).

Отримані дані щодо вмотивованості студентів, інтересу до проведення дослідної роботи на заняттях з дисциплін автосправи показано на діаграмі рис. 3.1.

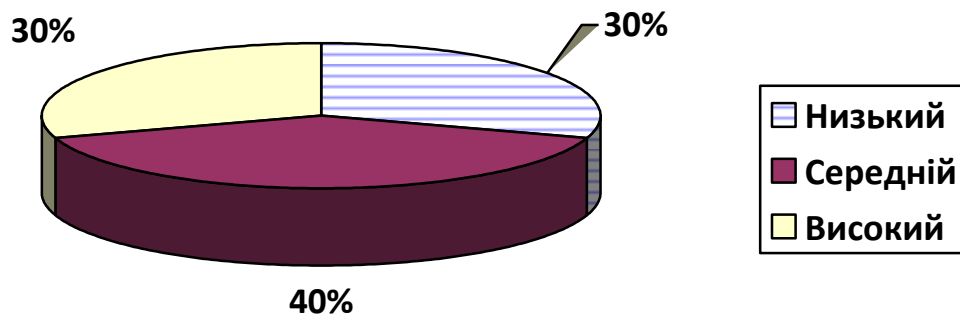


Рис. 3.1. Вихідний рівень інтересу студентів до занять автосправою

Нами було проведено аналіз навчальних програм дисциплін автосправи («Автомобіль», «Експлуатація та ремонт автомобіля», «Автомобіль, паливо та ПЗМ», «Методика вивчення автосправи»), що вивчаються на спеціальності 7.01010301 «Технологічна освіта. Автосправа» [36, с.7].

З'ясовано, що досліджувана проблема – вивчення основних параметрів

колеса автомобіля, розглядається лише побічно, а з-поміж переліку тем лабораторних робіт не передбачено вивчення параметрів колеса автомобіля, зокрема коефіцієнту опору кочення, зчеплення з дорогою, опору уводу і величини проковзування колеса. Відсутнє спеціальне обладнання, а серед наявних матеріальних моделей в автокомплексі є модель, що демонструє динаміку кочення колеса та стенд для визначення маркування шин.

Проведений аналіз навчальних планів підготовки магістрів за цією спеціальністю показав, що на вивчення дисциплін автосправи відводиться 24 кредити ECTS. Урахування логіки вивчення циклу дисциплін автосправи, а також необхідність вже сформованих у студентів опорних знань для засвоєння й проведення досліджень з визначення параметрів руху колеса автомобіля, дало змогу виділити для реалізації цілей нашого дослідження дисципліну «*Експлуатація та ремонт автомобіля*» (7 кредитів) [45].

Предметом навчальної дисципліни є теоретичні основи фізико-хімічного старіння, експлуатаційної надійності автомобілів, технічного діагностування автомобілів на основі сучасної технології технічного обслуговування й поточного ремонту автомобілів.

Мета курсу «Експлуатація та ремонт автомобіля»: формування в студентів наукових та професійних знань з теорії та конструкції автомобіля, вивчення методів і факторів, які впливають на конструктивні та експлуатаційні показники транспортних засобів, аналізування процесів, що відбуваються у двигуні внутрішнього згорання; вивчення та аналіз сучасного стану автомобілебудування.

Завдання курсу: поглиблено вивчити теорію й конструкцію автомобіля, а також навчити майбутніх фахівців надавати аналіз різноманітним конструкціям вузлів і агрегатів автомобіля, його системам і механізмам і їх призначенню та своєчасному технічному обслуговуванню й ремонту.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен: *знати:* будову автомобіля, класифікацію та марки; принцип роботи окремих вузлів та агрегатів, систем та механізмів; процеси, які проходять всередині двигуна

автомобіля; сили, що діють на автомобіль при його русі; основні положення з технічного обслуговування та ремонту автомобіля.

Студент повинен *вміти*: проводити розборку та збірку вузлів та агрегатів автомобіля; самостійно проводити регулювання вузлів та агрегатів автомобіля; проводити всі види технічного обслуговування автомобіля, проводити поверхню діагностику та попереджувальні ремонти вузлів та агрегатів автомобіля.

Програма навчальної дисципліни складається з трьох *змістових модулів*:

1. Теоретичні основи.
2. Технологія технічного обслуговування і ремонту автомобілів.
3. Матеріали ресурсозбереження на автотранспорті.

Доцільним у контексті нашого дослідження є доповнення теми 2.4. *«Технічне обслуговування, діагностика і ремонт шин, коліс, органів керування автомобілів»* актуальними знаннями щодо параметрів колеса автомобіля та методів їх дослідження за допомогою динамометричного возика.

Отже, зміст програми дисципліни дає змогу забезпечити засвоєння студентами знань щодо параметрів колеса автомобіля та сформувати практичні вміння та навички з їх дослідження під час стендових та дорожніх випробувань.

3.2. Методика організації досліджень студентів основних параметрів колеса автомобіля

В основу дослідницької роботи ми поклали аналіз причин труднощів у використанні натуральних моделей на заняттях з дисциплін автосправи.

Метою дослідницької роботи було створення методики організації досліджень студентами основних параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика.

На цьому етапі роботи взяли участь 10 студентів групи ТОА-м-17.

Програму було створено на основі чинних навчальних планів і програм, передового педагогічного досвіду, методичних рекомендацій з викладання дисциплін автосправи [36, с.7; 45, с.11] (див. табл. 3.1).

Під час своєї роботи ми намагалися:

- забезпечувати мотивацію студентів до занять з автосправи,
- цілеспрямовано формувати в студентів знання з теорії та методики досліджень основних параметрів колеса автомобіля,
- активізувати пізнавальну та практико-перетворювальну діяльність студентів у напрямі дослідження основних техніко-технологічних й конструкційних параметрів руху автомобіля,
- включати їх у практичні дослідження окремих параметрів руху автомобіля.

Таблиця 3.1

Програма апробації методики організації досліджень студентами основних параметрів колеса автомобіля під час вивчення дисципліни «Експлуатація та ремонт автомобіля»

Тема	Вид заняття	К-сть годин
Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання	Лекція	2
Визначення коефіцієнта опору коченню коліс автомобіля	Лабораторна робота	2
Визначення зчеплення колеса з опорною поверхнею	Лабораторна робота	2
Визначення коефіцієнта опору бокового уводу колеса	Лабораторна робота	2
Розв'язання задач на визначення параметрів колеса автомобіля	Самостійна робота	6
<i>Усього</i>		<i>14</i>

Було з'ясовано, що в результаті засвоєння цієї теми студенти мають *знати*: конструкційні характеристики колеса автомобіля, конструктивні й

експлуатаційні фактори руху колеса, динаміку руху автомобіля, режими кочення автомобіля (тяговий, ведений, гальмівний), силу й коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою, залежність параметрів руху від типу й стану покриття дороги, коефіцієнт опору коченню, коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою, опор уводу, проковзування колеса, методики дослідження параметрів колеса автомобіля, конструкцію та принципи дії динамометричного возика [36].

По закінченню роботи студенти повинні *вміти*: розв'язувати типові завдання щодо визначення параметрів руху колеса автомобіля, використовувати лабораторне обладнання для визначення параметрів колеса автомобіля, проводити дослідження із застосуванням динамометричного возика, моделювати дослідження параметрів колеса автомобіля.

З метою забезпечення засвоєння студентами зазначених знань, було розроблено зміст лекції (див. додаток В).

З метою формування практичних умінь та навичок студентів було розроблено та апробовано три лабораторні роботи, на яких студенти мали засвоїти методику застосування динамометричного возика для дослідження параметрів колеса автомобіля. Їх зміст представлено в додатку Д.

Зазначена методика була запроваджена в освітній процес, її результативність буде оцінена в наступному параграфі кваліфікаційної роботи.

3.3. Аналіз та інтерпретація результатів апробації

Дослідницька робота з апробації методики організації досліджень студентами параметрів колеса автомобіля проводилася упродовж 2017-2018 н. р. на базі факультету дошкільної і технологічної освіти Криворізького державного педагогічного університету, вона охопила 10 студентів групи ТОА-м-17. Про її результативність ми робили висновки за такими ознаками:

– підвищення інтересу студентів до занять автосправою;

- сформованість знань з теми;
- сформованість практичних умінь і навичок з проведення натуральних досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика.

Рівень інтересу студентів до запропонованої нами проблематики оцінювалася за результатами анкетування й співбесід за методикою, наведеною у п. 3.1. Відзначимо, що окрім підвищення інтересу студентів до вивчення дисциплін автосправи загалом, ми виявили ще один потужний мотивуючий фактор. В уточнюючих бесідах студенти вказали, що застосування на заняттях результатів досліджень інших студентів факультету, самотужки розроблені ними стенди, макети, моделі, значно мотивують їх до власних занять науково-технічною творчістю. Кількісні результати за результатами апробації подано в табл. 3.2 і на ілюстративних діаграмах рис. 3.2.

Таблиця 3.2

Рівень інтересу студентів до занять автосправою

	До апробації		Після апробації	
	К-ть	%	К-ть	%
Низький	3	30,0	1	10,0
Середній	4	40,0	5	50,0
Високий	3	30,0	4	40,0

Кількісний аналіз даних табл. 3.2 показує, що за результатами апробації на 10 % стало більше студентів з показниками середнього рівня інтересу до занять автосправою, на 10 % – із високим, відповідно на 20 % зменшилася кількість тих студентів, які мали низький рівень інтересу.

Для визначення рівня ефективності засвоєння студентами теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання» нами було розроблено зміст контрольної роботи (див. додаток Г).

Із метою оцінки рівня якості знань студентів нами було розроблено

відповідні критерії та показники (див. табл. 3.3).

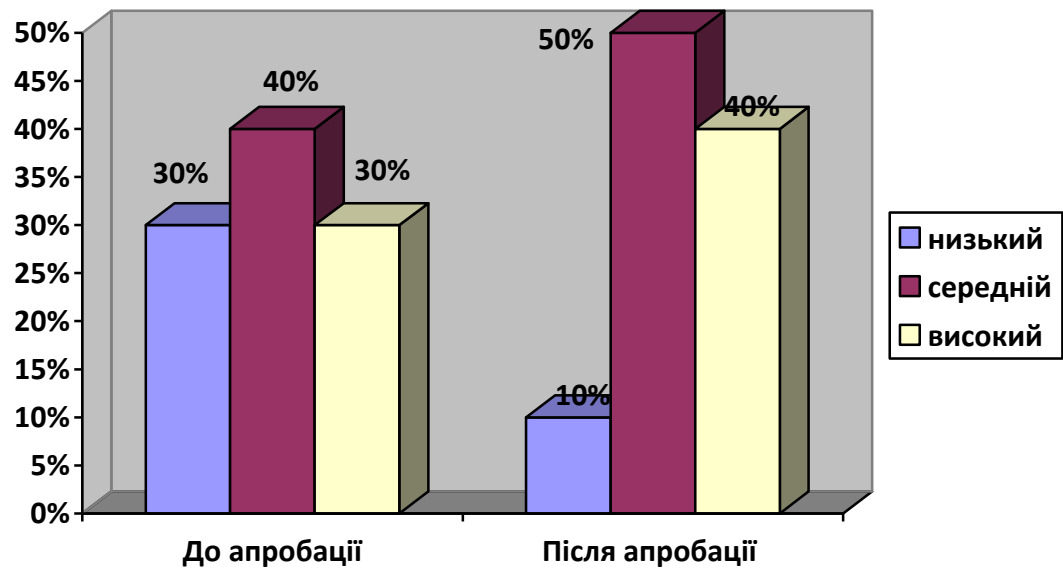


Рис. 3.2. Динаміка рівня інтересу до занять автосправи за результатами апробації

Таблиця 3.3

Показники якості знань студентів за результатом вивчення теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання»[59, с.68]

Рівень	Ознака рівня
Початковий	Відповіді студента є фрагментарними, характеризуються початковими уявленнями про предмет вивчення; процес навчання цих студентів відбувається за примусом та контролем з боку викладача; розумові операції аналізу, синтезу, а також дослідницькі вміння та навички розвинені слабо; інтересу до занять автосправою й виконання самостійних досліджень ці студенти не виявляють.
Репродуктивний	Студент знає та здатен відтворювати основні факти, явища, методи дослідження параметрів колеса автомобіля, розв'язувати типові задачі, ставити та проводити найпростіші досліди, використовувати наявне лабораторне обладнання; володіє елементарними вміннями навчально-пізнавальної та дослідницької діяльності, мисленнєвими операціями синтезу, аналізу, порівняння; виявляє епізодичний інтерес до занять автосправою, до окремих тем і напрямів самостійної навчальної діяльності.

Рівень	Ознака рівня
Конструктивний	Студент володіє знаннями з теми, знає істотні ознаки понять, явищ, зв'язки між ними, уміє пояснити основні закономірності в русі колеса автомобіля, а також самостійно застосувати знання в стандартних ситуаціях, здатен під час розв'язання навчальних проблем виділити головне, систематизувати, встановити причинно-наслідні зв'язки й узагальнити запропоновану інформацію; самостійно провести лабораторне дослідження з використанням наявного обладнання; у нього присутній стійкий інтерес до занять автосправою й до технічної творчості
Творчий	Знання студента є глибокими, міцними, системними; студент уміє застосовувати їх для виконання творчих завдань, його навчальна діяльність позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію під час опрацювання питань автотранспортної галузі. Цей рівень дозволяє студентам виконувати навчальні проекти та інші роботи творчого характеру і стимулює їх до технічної творчості в напрямі проектування та конструювання моделей, стендів за змістом дисциплін автосправи. Такі студенти беруть активну участь в науково-дослідницькій роботі. Наявність пізнавального інтересу та позитивного ставлення до дисциплін автосправи в них яскраво виражені

Оцінювання студентів відбувалося двічі: 1) за результатами прослуховування лекції і виконання завдань для самостійної роботи з теми; 2) після виконання лабораторних робіт. Такий підхід надав можливість прослідкувати зміни, що спричинила розроблена методика на ступінь сформованості в студентів предметних знань і практичних умінь.

Результати подано в табл. 3.4.

Як бачимо за результатами апробації цілісної методики організації досліджень студентів параметрів колеса автомобіля спостерігається позитивна динаміка у рівнях якості знань з даної теми: на 10 % збільшилася кількість студентів з показником творчого рівня й на 10 % – з показником конструктивного, за рахунок зменшення студентів з показником

репродуктивного рівня на 10 % та переходу студентів з початковим рівнем на більш високий.

Таблиця 3.4

Рівні якості знань студентів з теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання»

	Вихідний зріз		Підсумковий зріз	
	К-ть	%	К-ть	%
Початковий	1	10,0	–	–
Репродуктивний	4	40,0	3	30,0
Конструктивний	4	40,0	5	50,0
Творчий	1	10,0	2	20,0

Наочно динаміку показано на ілюстративній діаграмі рис. 3.3.

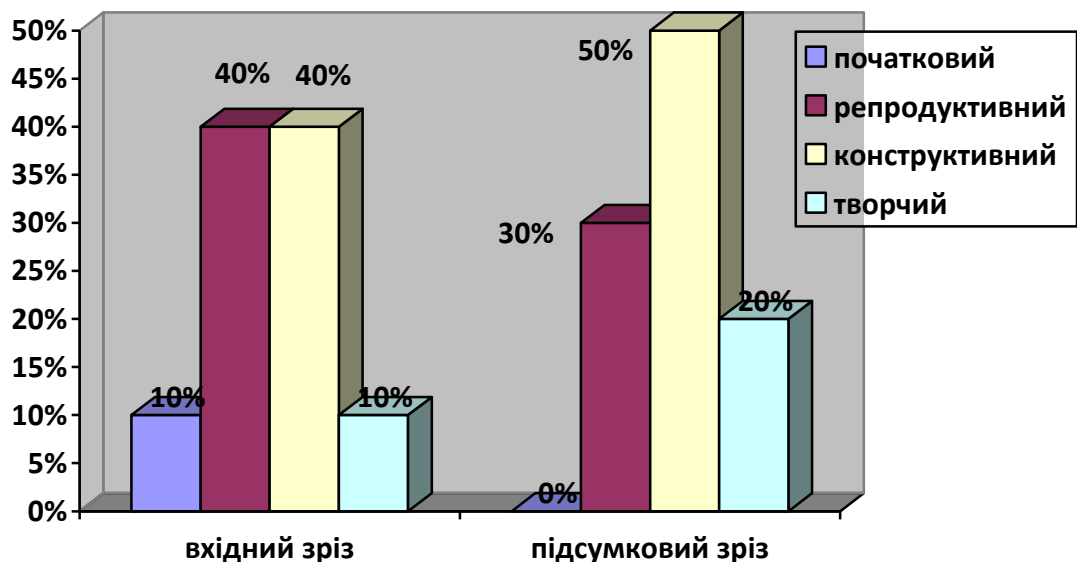


Рис. 3.3. Динаміка рівня якості знань студентів з теми результатами апробації

Отримані дані дозволяють вважати розроблену методику організації досліджень студентів параметрів колеса автомобіля із застосуванням динамометричного возика результативною.

Висновки до розділу 3

У розділі представлено методику організації досліджень студентами автотранспортного профілю параметрів колеса автомобіля.

1. Проведений аналіз навчальних програм дисциплін автосправи, що вивчаються магістрантами спеціальності 7.01010301 «Технологічна освіта. Автосправа», показав доцільність організації досліджень студентів основних параметрів колеса автомобіля у межах вивчення дисципліни «Експлуатація та ремонт автомобіля». Вивчення та аналіз стану цієї проблеми показав, що ця тема розглядається в курсі лише побічно, а з-поміж переліку тем лабораторних робіт не передбачено вивчення параметрів руху автомобіля; відсутнє спеціальне обладнання й матеріальні моделі. Поряд із цим зафіксовано значний інтерес з-поміж більшості студентів до досліджень у межах вивчення дисциплін автосправи.

2. Під час дослідницької роботи, що відбувалася впродовж 2017-2018 н.р. забезпечувалася мотивація студентів до занять з автосправи, цілеспрямовано формувалися в студентів знання з теорії та методики досліджень основних параметрів колеса автомобіля, активізовувалася пізнавальна та практико-перетворювальна діяльність студентів у напрямі дослідження основних техніко-технологічних й конструкційних параметрів руху автомобіля, студентів включали у практичні дослідження окремих параметрів руху автомобіля.

3. Було розроблено та апробовано показники якості засвоєння теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання», вимоги до результатів вивчення, зміст лекції та трьох лабораторних робіт, зрізової контрольної роботи. Грунтуючись на тому, що під час апробації методики організації досліджень студентів основних параметрів колеса автомобіля спостерігалася підвищення інтересу студентів до занять автосправою; сформованість знань з теми; сформованість практичних умінь і навичок з проведення натуральних досліджень параметрів колеса автомобіля за

допомогою динамометричного возика, зроблено висновок про її доцільність та ефективність.

Результати дослідження, а також розроблене методичне забезпечення вивчення теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання» можуть бути використані в системі професійної підготовки фахівців автотранспортного профілю.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено проект динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля та методику його використання в освітньому процесі на технологічно-педагогічних факультетах.

1. На підставі дослідження провідних аспектів теорії кочення колеса автомобіля з'ясовано, що основними параметрами колеса автомобіля є коефіцієнт опору кочення f , коефіцієнт зчеплення з дорогою φ , коефіцієнт опору уводу $K_{o,yv}$ і величина проковзування колеса λ . Визначено, що виходячи з особливостей взаємодії в системі «автомобіль – зовнішнє середовище» вищеназвані параметри колеса залежать від конструкції колеса й роду взаємодії колеса автомобіля з опорною поверхнею дороги, від фізичних властивостей еластичної шини, роду дорожнього покриття, умов кочення, режиму руху, впливу сил і моментів, переданих колесу від механізмів автомобіля.

Проаналізовано головні методики дослідження параметрів колеса автомобіля, що поділяються на стендові та дорожні випробування та мають свої переваги та недоліки, тож зазвичай використовуються в комплексі. Підтверджено доцільність розробки та використання динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля.

2. Описано будову й принцип дії, презентовано технологію й обраховано собівартість виготовлення динамометричного возика для дослідження основних параметрів колеса автомобіля, представлено правила з техніки безпеки, актуальні під час його виготовлення та експлуатації.

Обґрунтовано, що розроблений і виготовлений автором динамометричний возик для замірів основних параметрів кочення колеса залежно від повздовжнього ухилу й профілю автодороги дає можливість повністю змодельовати процес руху автомобіля в лабораторних умовах, з'ясувати параметри підвищення пропускнуої й провізної спроможності автодоріг.

3. У роботі подані й проаналізовані результати 625 лабораторних досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика, що ілюструють значення досліджуваних коефіцієнтів опору кочення, зчеплення з дорогою, опору уводу й величини проковзування колеса автомобіля від профілю дороги. Установлено, що зміна повздовжнього профілю дороги дозволяє значно знизити коефіцієнт опору кочення колеса і енергоємність транспортування на 20-60 %; а також суттєво знизити коефіцієнти опору уводу, проковзування та площі плями контакту колеса відповідно на 19, 24 і 21 %. Проведений кореляційний аналіз підтвердив залежність основних параметрів руху колеса автомобіля від різноманітного профілю автодороги з високим коефіцієнтом парної кореляції $r_{XY}=0,946$, та малою середньоквадратичною похибкою $S_o=3,5\%$.

4. Констатовано доцільність та розроблено методику організації досліджень студентів автотранспортного профілю основних параметрів колеса автомобіля у межах курсу «Експлуатація та ремонт автомобіля» під час вивчення теми «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання» (14 год.). За результатами дослідницької роботи спостерігалось підвищення інтересу студентів до занять автосправою; сформованість знань з теми; сформованість практичних умінь і навичок з проведення натуральних досліджень параметрів колеса автомобіля за допомогою динамометричного возика, що підтвердило доцільність та ефективність запропонованих засобів.

Отримані дані підтверджують, що в процесі дослідження досягнуто мети, виконано поставлені завдання.

Результати дослідження можуть бути використані в практиці навчання студентів автотранспортного профілю на технологічно-педагогічних та інженерно-педагогічних спеціальностях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авдонькин Ф. Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: Учеб. Пособие для вузов. М.: Транспорт, 1985. 215 с.
2. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. ГОСТ 17697-72.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971. 284 с.
4. Антоненко І.І., Шкварла І. С. Застосування лазерного зварювання в машинобудуванні. *Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем: зб. наук. праць*. Кривий Ріг : ДВНЗ «КНУ», 2017. С. 20-23.
5. Атаманчук П. С., Мендерецький В. В., Панчук О. П., Чорна О. Г. Безпека життєдіяльності (теоретичні основи) : Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : Буйницький О.А., 2008. 108 с.
6. Балабин И. В., Пугин В. А. Автомобильные и тракторные колеса. Челябинск : Челябинское книжное издательство, 1963. 335 с.
7. Белятынский А. А., Василенко Л. В., Романюха А. М. Проектирование автомобильных дорог с учетом экономии энергоресурсов. К. : Будівельник, 1990. 104с.
8. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов в прикладных науках / Пер. с англ. А. Ф. Зазовского; ред. Р. В. Гольштейна. М. : Мир, 1984. 424 с.
9. Бреббиа К., Уонерс Д. Применение метода граничных элементов в технике / Пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; ред. Э. И. Григолюка. М. : Мир, 1982. 247 с.
10. Ванцевич В. В., Высоцкий М. С., Дубовик Д. А. Управление трансмиссией. Регулирование мощности в двигателе как средство управления динамикой колесных машин. *Автомобильная промышленность*. 2004. №1. С. 10–12.
11. Васильев А. П. Проектирование дорог с учётом влияния климата на условия движения. М. : Транспорт, 1986. 248 с.

12. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М. : Транспорт, 1976. 244 с.
13. Вольская Н. С. Оценка проходимости колесной машины при движении по неровной грунтовой поверхности : Монография. М. : МГИУ, 2007. 280 с.
14. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств. М. : Мир, 1978. 210 с.
15. Говорущенко М. Я., Варфоломеев В. Н. Экономическая кибернетика транспорта. Харьков : РИО ХНАДТУ, 2000. 218 с.
16. Гольштейн Р. В., Зазовский А. Ф., Спектр А. А., Федоренко Р. П. Решение пространственных контактных задач качения с проскальзыванием и сцеплением вариационным методом. М. : 1979. 173 с. (Препринт №134 Ин-та проблем механики АН СССР).
17. ГОСТ 8430-76. Шины пневматические для большегрузных автомобилей, строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин. М. : Изд-во стандартов, 1976. 36 с. (Інформація та документація).
18. Долматовский Ю. А. Автомобиль в движении. М. : Транспорт, 1987. 159 с.
19. Доценко І. К., Шагомяло М. І. Автомобіль. К. : Радянська школа, 1961. 329 с.
20. ДСТУ 2708-94. «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Повірка засобів вимірювань. Організація і порядок проведення». *Наказ Держстандарту №194 від 29.07.94.* К. : Держстандарт України, 1994. 24 с. (Інформація та документація).
21. Есеновский-Лашков Ю. К., Котляренко В. И. Вездеходные транспортные средства для труднодоступной местности. *Конверсия в машиностроении.* 2000. № 4. С. 43-49.
22. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність №113/98 - ВР.// Урядовий кур'єр №54., 21.03.98, 87-89с.
23. Заборницький В. Й., Аленіч М. Д., Кизима С. С. Транспортно-

експлуатаційні якості автомобільних доріг : Навч. посіб. К. : ІСДО. 1995. 136 с.

24. Зимилев Г. В. Теория автомобиля. М. : Машгиз, 1959. 312 с.

25. История автомобиля. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D1%8F (Дата звернення: 2018).

26. Каньковський І. Є. Система підготовки інженерів-педагогів автотранспортного профілю : монографія. Хмельницький: ФОП Цюпак А. А., 2014. 562 с.

27. Кирпичев М. В. Теория подобия. М. : Академиздат, 1953. 93 с.

28. Кнорз В. И., Кленников Е. В. Шины и колеса. М. : Машиностроение, 1975. 184с.

29. Кнороз В. И., Кленников Е. В. Теория колеса автомобиля. М. : Машиностроение, 1975. 182 с.

30. Кнороз В. И. Работа автомобильной шины. М. : Транспорт, 1976. 238 с.

31. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела / Пер. с англ. М. А. Тлеужанова; под ред. А. М. Линькова. М. : Мир, 1987. 328 с.

32. Ларин В. В. Теория движения полноприводных колесных машин : Учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 391 с.

33. Метод конечных элементов в механике твердых тел. Киев. : Вища школа, 1982. 478 с.

34. Михлин С. Г. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения. М. : Физматгиз, 1962. 254 с.

35. Михлин С. Г., Смолицкий Х. Л. Приближенные методы решения дифференциальных интегральных уравнений. М. : Наука. 1965. 383 с.

36. Нормативна програма дисципліни «Експлуатація і ремонт автомобіля» для студентів напряму підготовки (спеціальності) 7.01010301

Технологічна освіта / Філатов С. В. Кривий Ріг : КДПУ, 2017. 7 с.

37. Петрушов В. А., Московкин В. В., Евграфов А. Н. Мощностной баланс автомобиля. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.

38. Пирковский Ю. В., Бочаров Н. Ф., Шухман С. Б. Влияние конструктивных показателей полноприводных автомобилей на сопротивление движению по деформируемому грунту. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1996. 73 с.

39. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. М. : Машиздат, 1989. 312 с.

40. Програма нормативної дисципліни «Методика викладання автосправи» для студентів напряму підготовки 6.010103 Технологічна освіта (автосправа) / Великодний Д. О. Кривий Ріг : КДПУ, 2016. 10 с.

41. Проект концепції Державної економічної програми розвитку легкового автомобілебудування на період до 2020 року (Схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 січня 2014 р. № 25-р) : URL : [http://zakonO.rada.gov.ua /laws/show/25-2014-r#n9](http://zakonO.rada.gov.ua/laws/show/25-2014-r#n9) (Дата звернення: 2018).

42. Протодяконов М. М., Тедер Р. Н. Методика рационального планирования экспериментов. М. : Наука, 1970. 76 с.

43. Работа автомобильной шины / Под ред. В. И. Кнороза. М. : Транспорт, 1976. 238 с.

44. Робоча програма дисципліни «Експлуатація і ремонт автомобіля» для студентів напряму підготовки (спеціальності) 7.01010301 Технологічна освіта / Філатов С. В. Кривий Ріг : КДПУ, 2017. 15 с.

45. Робоча програма дисципліни «Методика викладання автосправи», освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» для студентів спеціальності 7.01010301 «Технологічна освіта» / Великодний Д. О. Кривий Ріг : КДПУ, 2015. 11 с.

46. Робоча програма дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів спеціальності 7.01010301 Технологічна освіта (автосправа) /

Кучма О. І. Кривий Ріг : КДПУ, 2016. 14 с.

47. Сегерлинд А. Д. Применение метода конечных элементов. М. : Мир, 1979. 200 с.

48. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин. М.: Транспорт, 1981. 217 с.

49. Смирнов Г.А. Теория движения автомобиля. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.

50. СНиП 2-05-85. Автомобильные дороги. М. : Стройиздат, 1985. 86 с.

51. СНиП 3.06.03-85*. Промышленный транспорт. Автомобильные дороги. М. : Стройиздат, 1986. 48 с.

52. Тарасик В. П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. Спб.: БХВ-Перербург, 2006. 478 с.

53. Гарновский В. Н., Гудков В. А., Третьяков О. Б. Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт. М. : Транспорт, 1990. 272 с.

54. Теория и конструкция автомобиля : Учебник для автотранспортных техникумов / В. А. Иларионов, М. М. Морин, Н. М. Сергеев и др. М. : Машиностроение, 1979. 303 с.

55. Теория автомобиля : Учебник для автотранспортных техникумов / ред. В. А. Иларионова. – М. : Машиностроение, 1985. 270 с.

56. Федоренко Р. П. Метод численного решения пространственных задач с проскальзыванием и сцеплением. М. : 1979. 157 с. (Препринт №158 Ин-та прикладной математики АН ССР им. М. В. Келдыша).

57. Філатов С. В., Гірін І. В, Гірін В. С., Жуков С. О. Моделювання режиму руху великовантажних самоскидів на кар'єрних автодорогах різного профілю. *Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Шляхи вирішення проблем експлуатації спеціалізованих автотранспортних засобів», 24-25 жовтня 2013 р.* Кривий Ріг : ДВНЗ «КНУ», 2013. С. 8-11.

58. Філатов С. В., Гірін В. С., Жуков С. О. Максимізація відповідності зовнішніх та внутрішніх факторів руху великовантажних кар'єрних

автосамоскидів, як метод оптимізації їх роботи. *Гірничий вісник*. Кривий Ріг. 2016. Вип. 101. С. 150-153.

59. Філатов С. В., Шкварла І. С. Оновлення змісту професійного навчання майбутніх інженерів-педагогів автотранспортного профілю. *Матеріали міжнародної конференції «Професійна педагогіка і андрагогіка: Актуальні питання, досягнення та інновації»*. Кривий Ріг: ДВНЗ КДПУ, 2017. С. 67-68.

60. Хачатуров А. А. Динамика системы дорога – шина – водитель. М. : Машиностроение, 1976. 535 с.

61. Ходовая часть автомобиля. Обнаружение и устранение неисправностей / ред. А. Н. Юрченко. Харьков : Вища школа; Изв-во при Харьковском университете, 1983. 120 с.

62. Чудаков Е. А. Качение автомобильного колеса. М.-Л. : Академиздат, 1948. 198с.

63. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. М. : Машгиз, 1961. 463 с.

64. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения : Учеб. пособие для ВТУЗов / И. И. Леонович, Н. П. Вырко, К. Ф. Шумчик, А. П. Лащенко. Мн. : Выш. шк., 1988. 348с.

65. Ярошевська В. М. Безпека життєдіяльності : Підручник. К. : ВД «Професіонал», 2004. 560 с.

66. Динамометрическая тележка. URL: <http://www.ngpedia.ru/id502429p1.html> (дата звернення: 17.03.2017).

Додатки

Додаток А

Результати вимірювання параметрів колеса автомобіля

Таблиця А.1

Виміряні величини при подовжньому ухилі $i = 0\%$

Повздожній профіль β , (%)	Сила опору коченню F _{оп.коч.кол.} , (Н)					Сила зчеплення F _{зчеп.} , (Н)					Сила уводу (бічна) F _{ув.} (Н)					Величина зміщення колеса ℓ, (мм)				Габаритні розміри плями контакту				
	10	12	13	11	11	115	116	119	120	116	55	55	56	54	54	8	8	10	6	6	а, (м)	в, (м)		
0	11,4					117,1					54,8					7,6				0,28	0,12			
	30	32	33	30	30	115	115	118	115	115	65	68	65	65	67	15	16	15	15			16	0,29	0,13
20	31					115,5					66					15,4				0,26	0,12			
	11	9	7	10	9	115	110	110	115	115	58	53	57	53	57	10	6	8	6			9	0,26	0,12
	9,2					113					55,6					7,8								
40	34	38	33	34	37	110	115	110	110	115	70	68	68	70	68	17	16	16	17	16	0,29	0,14		
	35,2					112					68,8					16,4				0,26			0,14	
	12	14	13	15	17	80	95	85	90	95	63	58	64	60	58	12	9	13	10		9	0,26		0,14
14,2					89					60,6					10,6									
60	40	48	48	45	40	100	105	95	97,5	100	80	80	68	69	69	20	20	16	16	16	0,29	0,14		
	44,2					99,5					73,2					17,6				0,29			0,14	
	30	32	30	30	31	90	95	90	87,5	87,5	68	65	65	67	68	17	15	15	16		17	0,29		0,14
30,6					90					66,6					16									
80	45	45	48	47	45	95	100	100	90	100	100	102	102	98	98	28	28	28	26	26	0,3	0,14		
	46					97					100					27,2				0,29			0,14	
	40	45	40	45	45	85	85	85	87,5	87,5	80	82	80	84	82	20	21	20	22		21	0,29		0,14
43					86					81,6					20,8									

Таблиця А.2

Виміряні величини при подовжньому ухилі $i = 20\%$

Повздожній профіль β , (%)	Сила опору коченню F _{оп.коч.} , (Н)					Сила зчеплення F _{зчеп.} , (Н)					Сила уводу (бічна) F _{ув.} (Н)					Величина зміщення колеса ℓ, (мм)				Габаритні розміри плями контакту				
	20	22	23	21	21	112	111	113	116	109	58	55	56	54	57	16	14	12	17	16	а, (м)	в, (м)		
0	21,4					112					56					15				0,29	0,12			
	40	42	43	40	40	111	110	112	111	109	68	70	65	65	67	20	24	18	18			20	0,3	0,13
20	41					110,5					67					20				0,29	0,1			
	20	19	17	20	19	107	109	108	110	107	58	52	57	53	55	12	15	14	9			10	0,29	0,1
	19					108					55					12								
40	43	48	43	44	47	105	110	105	105	110	72	67	69	72	70	28	25	30	27	30	0,29	0,12		
	45					107					70					28				0,29			0,13	
	25	24	23	25	26	75	90	80	85	90	46	52	44	50	48	12	9	13	10		11	0,29		0,13
24,6					84					48					11									
60	50	58	57	55	50	95	100	91	91,5	95	80	78	86	84	82	30	33	26	29	32	0,29	0,12		
	54					94,5					82					30				0,29			0,13	
	38	42	39	40	41	85	90	85	82,5	82,5	46	54	50	48	52	17	15	15	16		17	0,29		0,13
40					85					50					16									
80	55	55	58	57	55	90	95	95	85	95	110	112	112	108	108	34	28	32	26	30	0,3	0,14		
	56					92					110					30				0,29			0,14	
	50	55	50	55	55	80	80	80	82,5	82,5	65	72	64	72	62	16	21	15	22		16	0,29		0,14
53					81					67					18									

Таблиця А.3

Виміряні величини при подовжньому ухилі $i = 40 ‰$

Повздожній профіль β , (‰)	Сила опору коченню Гоп.коч.кол., (Н)					Сила зчеплення Fзчеп., (Н)					Сила уводу (бічна) Fув.(Н)					Величина зміщення колеса ξ , (мм)					Габаритні розміри плями контакту	
	а, (м)																	а, (м)	в, (м)			
0	30	32	36	31	31	103	99	100	98	100	60	54	56	58	62	24	18	22	18	18	0,29	0,12
	32					100					58					20						
20	50	54	53	52	51	96	104	99	95	101	68	72	66	70	69	28	24	20	26	27	0,3	0,13
	52					99					69					25						
	32	28	26	30	34	99	102	103	98	101	58	52	57	53	55	18	15	14	12	16	0,29	0,1
30					100,5					55					15							
40	63	68	63	64	67	89	91	90	92	88	76	79	74	73	78	36	30	35	28	31	0,29	0,12
	65					90					76					32						
	48	50	48	54	50	75	85	75	80	85	47	54	46	50	48	14	15	13	15	18	0,29	0,13
50					80					49					15							
60	70	76	77	75	72	90	90	86	86,5	85	85	86	92	84	88	38	35	30	34	38	0,29	0,12
	74					87,5					87					35						
	58	60	59	60	63	75	74	73	77	76	42	49	44	42	48	17	20	18	21	24	0,29	0,13
60					75					45					20							
80	75	75	78	77	75	70	72,5	67,5	72,5	67,5	116	112	114	122	111	36	30	34	26	34	0,3	0,14
	76					70					115					32						
	70	75	70	75	75	65	65	65	67,5	67,5	54	50	52	48	46	30	28	34	32	26	0,29	0,14
73					66					50					30							

Таблиця А.4

Виміряні величини при подовжньому ухилі $i = 80 ‰$

Повздожній профіль β , (‰)	Сила опору коченню Гоп.коч.кол., (Н)					Сила зчеплення Fзчеп., (Н)					Сила уводу (бічна) Fув.(Н)					Величина зміщення колеса ξ , (мм)					Габаритні розміри плями контакту	
	а, (м)																	а, (м)	в, (м)			
0	60	62	63	61	61	95	90	90	90	95	64	54	56	66	60	28	20	26	28	23	0,29	0,12
	61,4					92					60					25						
20	80	82	83	80	80	91	92	89	90	88	68	74	67	70	76	35	30	33	26	26	0,3	0,13
	81					90					71					30						
	55	55	50	50	50	94	97	96	93	95	58	52	57	53	55	24	18	24	20	24	0,29	0,1
52					95					55					22							
40	94	88	90	90	96	84	86	83	87	85	86	89	84	83	88	40	35	35	38	42	0,29	0,12
	91,6					85					86					38						
	60	65	65	63	60	82,5	85	78	80	87	50	52	46	56	46	20	25	22	18	20	0,29	0,13
62,6					82,5					50					21							
60	105	100	105	100	100	73	76	79	73	74	94	86	96	86	98	44	38	40	42	36	0,29	0,12
	102					75					92					40						
	90	92	92	90	90	70	69	68	72	71	40	38	44	36	42	37	30	38	32	38	0,29	0,13
90,8					70					40					35							
80	120	110	115	115	120	57,5	62,5	57,5	65	57,5	126	122	124	122	111	38	46	36	48	42	0,3	0,14
	116					60					121					42						
	115	120	120	110	110	49	47	54	52,5	47,5	84	78	82	84	82	38	40	44	36	42	0,29	0,14
115					50					82					40							

Таблиця А.5

Виміряні величини при подовжньому ухилі $i = 100 ‰$

Повздожній профіль β , (‰)	Сила опору коченню Гоп.коч.кол., (Н)					Сила зчеплення Fзчеп., (Н)					Сила уводу (бічна) Fув.(Н)					Величина зміщення колеса ξ , (мм)					Габаритні розміри плями контакту	
	а, (м)																	а, (м)	в, (м)			
0	72	74	73	72	72	90	92,5	87,5	90	90	63	63	63	62	63	20	22	20	22	21	0,29	0,12
	72,6					90					62,8					21						
20	74	76	75	75	74	87,5	87,5	90	87,5	90	74	75	73	75	75	29	28	28	27	28	0,3	0,13
	74,8					88,5					74,4					28						
	70	70	70	71	71	85	87,5	80	90	90	65	60	55	60	60	20	19	21	20	20	0,29	0,1
70,4					86,5					60					20							
40	90	85	95	90	90	85	82,5	87,5	87,5	82,5	86	79	74	83	78	20	26	24	18	22	0,29	0,12
	90					85					80					22						
	80	84	88	83	90	92,5	91	87,5	85	94	75	85	74	82	84	20	26	24	18	22	0,29	0,13
85					90					80					22							
60	95	104	106	100	95	78	81	84	82	75	92	85	96	82	95	34	28	30	32	26	0,29	0,12
	100					80					90					30						
	98	92	95	95	90	85	84	91	82	83	82	88	77	95	88	27	24	28	22	24	0,29	0,13
94					85					86					25							
80	125	110	125	115	125	72,5	80	77,5	72,5	72,5	108	92	106	94	100	36	30	36	35	38	0,3	0,14
	120					75					100					35						
	122	110	104	110	124	78	80	85	77	80	96	105	95	100	104	38	35	32	36	34	0,29	0,14
114					80					100					35							

Додаток Б
Таблиці розрахованих значень параметрів колеса автомобіля

Таблиця Б.1

Розрахункові величини при подовжньому ухилі $i = 0 \%$

Повздожній профіль β , (%)	Коефіцієнт опору кочення f	Коефіцієнт зчеплення φ	Кут уводу σ , рад	Коефіцієнт опору уводу $K_{0, ув-}$, Н/рад.	Величина проковзування колеса λ , %	Площа плями контакту S , м ²	Показник зменшення коеф. опору кочення F , %
0	0,060	0,751	0,00190	28842,140	0,19000	0,0264	0,000
20	0,168	0,738	0,00385	17142,942	0,38500	0,0296	71,446
	0,048	0,718	0,00195	28512,857	0,19500	0,0245	
40	0,192	0,710	0,00410	16780,582	0,41000	0,0319	61,143
	0,075	0,538	0,00265	22867,978	0,26500	0,0286	
60	0,245	0,615	0,00440	16636,471	0,44000	0,0319	32,468
	0,166	0,545	0,00400	16650,089	0,40000	0,0319	
80	0,256	0,596	0,00680	14706,109	0,68000	0,0330	7,039
	0,238	0,517	0,00520	15692,449	0,52000	0,0319	

Таблиця Б.2

Розрахункові величини при подовжньому ухилі $i = 20 \%$

Повздожній профіль β , (%)	Коефіцієнт опору кочення f	Коефіцієнт зчеплення φ	Кут уводу σ , рад	Коефіцієнт опору уводу $K_{0, ув-}$, Н/рад.	Величина проковзування колеса λ	Площа плями контакту S , м ²	Показник зменшення коеф. опору кочення F , %
0	0,114	0,710	0,00375	14933,403	0,3750	0,0273	0,000
20	0,226	0,699	0,00500	13400,112	0,5000	0,0306	55,460
	0,101	0,679	0,00300	18333,388	0,3000	0,0228	
40	0,250	0,672	0,00700	10000,163	0,7000	0,0273	47,323
	0,132	0,503	0,00275	17454,589	0,2750	0,0296	
60	0,305	0,578	0,00750	10933,538	0,7500	0,0273	27,829
	0,220	0,510	0,00400	12500,067	0,4000	0,0296	
80	0,318	0,560	0,00750	14666,942	0,7500	0,0330	5,891
	0,299	0,482	0,00450	14888,989	0,4500	0,0319	

Таблиця Б.3

Розрахункові величини при подовжньому ухилі $i = 40 \%$

Повздожній профіль β , (%)	Коефіцієнт опору кочення f	Коефіцієнт зчеплення φ	Кут уводу σ , рад	Коефіцієнт опору уводу $K_{0, ув-}$, Н/рад.	Величина проковзування колеса λ	Площа плями контакту S , м ²	Показник зменшення коеф. опору кочення F , %
0	0,174	0,619	0,00500	11600,097	0,50000	0,0273	0,000
20	0,293	0,611	0,00625	11040,144	0,62500	0,0306	44,595
	0,162	0,622	0,00375	14666,735	0,37500	0,0228	
40	0,375	0,545	0,00800	9500,203	0,80000	0,0273	25,234
	0,280	0,475	0,00375	13066,728	0,37500	0,0296	
60	0,434	0,528	0,00875	9943,111	0,87500	0,0273	21,081
	0,343	0,441	0,00500	9000,075	0,50000	0,0296	
80	0,448	0,408	0,00800	14375,307	0,80000	0,0330	4,510
	0,428	0,382	0,00750	6666,792	0,75000	0,0319	

Таблиця Б.4

Розрахункові величини при подовжньому ухилі $i = 80 \%$

Повздожній профіль β , (%)	Коефіцієнт опору кочення f	Коефіцієнт зчеплення φ	Кут уводу σ , рад	Коефіцієнт опору уводу $K_{0 \text{ ув-н}}$ Н/рад.	Величина проковзування колеса λ	Площа плями контакту S , м ²	Показник зменшення коеф. опору кочення F , %
0	0,352	0,560	0,00625	9600,125	0,62500	0,0273	0,000
20	0,482	0,545	0,00750	9466,844	0,75000	0,0306	39,295
	0,293	0,582	0,00550	10000,101	0,55000	0,0228	
40	0,557	0,510	0,00950	9052,904	0,95000	0,0273	35,453
	0,359	0,493	0,00525	9523,897	0,52500	0,0296	
60	0,634	0,441	0,01000	9200,307	1,00000	0,0273	12,998
	0,551	0,408	0,00875	4571,545	0,87500	0,0296	
80	0,742	0,343	0,01050	11524,233	1,05000	0,0330	1,073
	0,734	0,280	0,01000	8200,273	1,00000	0,0319	

Таблиця Б.5

Розрахункові величини при подовжньому ухилі $i = 100 \%$

Повздожній профіль β , (%)	Коефіцієнт опору кочення f	Коефіцієнт зчеплення φ	Кут уводу σ , рад	Коефіцієнт опору уводу $K_{0 \text{ ув-н}}$ Н/рад.	Величина проковзування колеса λ	Площа плями контакту S , м ²	Показник зменшення коеф. опору кочення F , %
0	0,425	0,545	0,00525	11962,015	0,52500	0,0273	0,000
20	0,440	0,535	0,00700	10628,745	0,70000	0,0306	6,687
	0,410	0,521	0,00500	12000,100	0,50000	0,0228	
40	0,545	0,510	0,00550	14545,601	0,55000	0,0273	6,500
	0,510	0,545	0,00550	14545,601	0,55000	0,0296	
60	0,619	0,475	0,00750	12000,225	0,75000	0,0273	7,149
	0,574	0,510	0,00625	13760,179	0,62500	0,0296	
80	0,774	0,441	0,00875	11428,863	0,87500	0,0330	6,210
	0,726	0,475	0,00875	11428,863	0,87500	0,0319	

Додаток В

План-конспект лекції

Дисципліна: Експлуатація та ремонт автомобіля.

Тема: «Основні параметри колеса автомобіля та методи їх вимірювання».

Дидактична мета: сформувати знання стосовно параметрів колеса автомобіля та методики їх дослідження.

Розвивальна мета: сприяти розвитку мимовільної уваги, довгострокової пам'яті, аналітичного й технічного мислення студентів, пізнавального інтересу до автомобільної галузі.

Виховна мета: виховувати відповідальність і самостійність студентів.

Дидактичні засоби: стенд «Маркування шин автомобіля», модель динаміки руху автомобіля, динамометричний возик.

Міжпредметні зв'язки: автомобіль; автомобіль, паливо та ПЗМ; методика викладання автосправи, теоретична механіка, деталі машин.

Тип заняття: лекція.

Місце проведення: автоклас.

План лекції

1. Будова колеса автомобіля
2. Конструкція шини
3. Теорія кочення колеса по опорній поверхні
4. Основні параметри колеса автомобіля
5. Класифікація коліс
6. Методи дослідження параметрів колеса автомобіля

Список використаних джерел

1. Автомобили. Специализированный подвижной состав : учеб. пособие / М.С. Высоцкий, А.И. Гришкевич, Л.Х. Гилелес и др. Мн.: Высш. шк., 1989. 240 с.
2. Будова автомобіля / Ю.І. Боровських, Ю.В. Буральов, К.А. Морозов.

К. : Вища школа, 1991. 303 с.

3. Вишняков Н. Н. Автомобиль. Основы конструкции. М. : Машиностроение, 1986. 304 с.

4. Гандзюк М.П. Желібо Є. П., Халімовський О. В. Основы охорони праці. К. : Каравела, 2010. 384 с.

5. Кисликов В. Ф. Луцик В. В. Будова і експлуатація автомобілів : підручник. К. : Либідь, 1999. 400 с.

6. Михайловский Е. В. Серебряков К. Б., Тур Е. Я. Устройство автомобиля. М. : Машиностроение, 1985. 638 с.

7. Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета. М. : Машиностроение, 1989. 304 с.

8. Практикум по устройству, техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта / [под. ред. Токаренко В.М.]. К. : Урожай, 1989. 436 с.

9. Сирота В. І. Основы конструкції автомобілів: навчальний посібник. К. : Аристей, 2005. 280 с.

10. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основы конструкції, теорія : Навчальний посібник. К. : Аристей, 2007. – 288 с.

План проведення

I. Організаційний момент. Мотивація навчально-пізнавальної діяльності.

II. Актуалізація опорних знань студентів.

III. Опрацювання лекційного матеріалу.

1. Будова колеса автомобіля

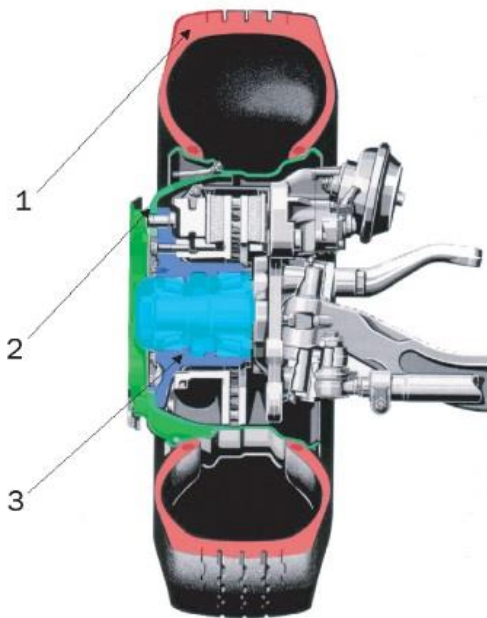
Колесо автомобіля складається з пневматичної шини, ободу, сполучного елемента (диска), маточини і пневматичних шин.

Залежно від конструкції ободу і сполучного елемента колеса можуть бути розбірними і не розбірними, дисковими і бездисковими. Маточина колеса забезпечує його вільну установку на осі автомобіля.

Обід слугує для з'єднання шини з колесом. З цією метою йому надається спеціальної форми. Колесо у зборі має бути збалансоване, важелі

балансувань кріпляться до ободу за допомогою пружинних затисків або клею. На більшості легкових автомобілів і вантажних невеликої вантажопідйомності використовується глибокий, нерозбірний обід.

Глибокий обід жорстко з'єднується з диском, який слугує для кріплення колеса до маточини за допомогою болтів або гайок з шпильками. Полиці глибокого ободу мають конусну форму для щільної посадки шини на обід. Кут нахилу полиць складає, як правило $(5\pm 1)^\circ$. Полиці ободу закінчуються закраїнами, що мають певну форму і слугують бічними упорами для шини.



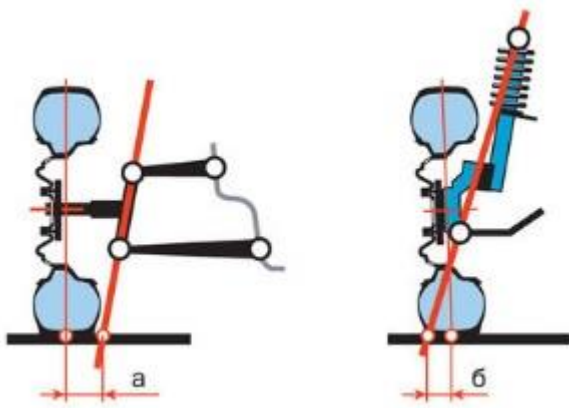
Облаштування автомобільного колеса : 1 - шина; 2 - обід; 3 – маточина



Нерозбірне колесо з глибоким ободом

Відстань між закраїнами називається шириною профілю ободу. У середній частині обода є поглиблення, необхідне для полегшення монтажу і демонтажу шини. Це поглиблення (струмок) може бути розташоване симетрично відносно площини колеса або зі зміщенням.

Розміри і профіль обода регламентовані відповідними стандартами. На кожен обід наноситься відповідна маркіровка, з якої можна упізнати розміри і профіль. Основні розміри ободу, ширину профілю і діаметр, як правило, усі виробники вказують в дюймах, за винятком компанії Michelin, яка застосовує для цього міліметри.



Позитивне (а) і негативне (б)
плече обкату керованого колеса

2. Конструкція шини.

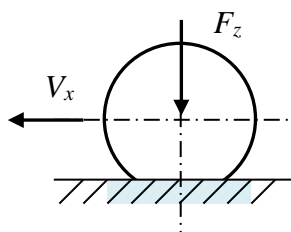
Сучасна шина має досить складну конструкцію. Основним матеріалом для виготовлення шини слугує гума і спеціальна тканина – корд. Якщо виготовити шину тільки з гуми, то при заповненні її повітрям, вона значно змінюватиме свої розміри і форму. Гума, що використовується для виробництва шини, виготовляється з каучуку (натурального і синтетичного), до якого в процесі виробництва додаються різні наповнювачі: сірка, сажа, смоли та ін.



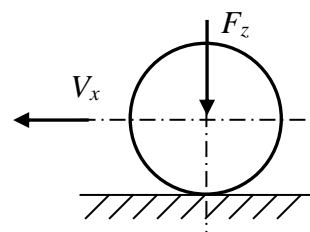
Конструкція пневматичної шини:
1 – двошаровий протектор (червоним виділена м'яка гума); 2 – спеціальна форма бортового кільця; 3 – плечові частини, стійкі до порізів; 4 – захисний бортовий шар

Після ознайомлення з конструкцією шин перейдемо до взаємодії коліс з опорною поверхнею.

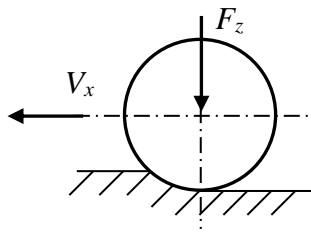
3. Теорія кочення колеса по опорній поверхні



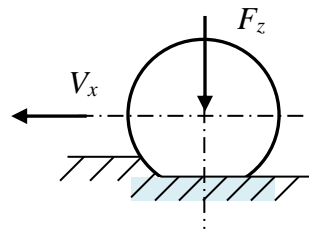
еластичне колесо
по недеформованій поверхні



жорстке колесо
по деформованій поверхні



*еластичне колесо
по деформованій поверхні*



*жорстке колесо
по недеформованій поверхні*

1. Рух колеса, що деформується під дією нормальної реакції, по твердій опорній поверхні, коли її деформація мала в порівнянні з радіальною деформацією колеса, і нею можна знехтувати. Наприклад, рух автомобільного колеса по асфальтобетонному покриттю.

2. Рух жорсткого колеса по деформованій поверхні, коли нормальна деформація колеса мала в порівнянні з деформацією опорної поверхні. Наприклад, рух автомобіля з жорсткими шинами по сніжній цілині, піщаним і іншим рихлим ґрунтам.

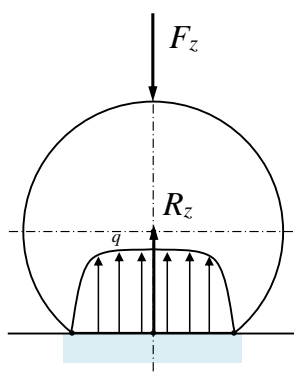
3. Рух еластичного колеса по деформованій поверхні, коли деформації колеса і опорної поверхні порівнянні. Рух автомобіля з малим тиском повітря в шинах по снігу, піску тощо.

4. Рух жорсткого колеса по недеформованій поверхні. Наприклад, кочення сталевого колеса трамвая або поїзда по рейковому шляху.

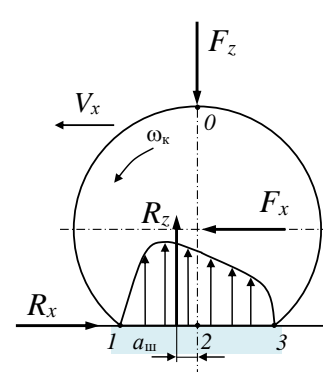
Взаємодія еластичного колеса з твердою опорною поверхнею

Нерухоме колесо,

навантажене нормальним навантаженням



Рухоме колесо,



R_z - нормальна реакція опорної поверхні

F_z - нормальне навантаження колеса

F_x - поздовжня сила, прикладена до осі колеса

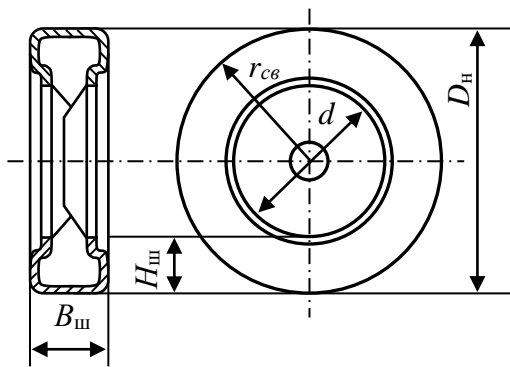
R_x - поздовжня реакція опорної поверхні

$a_{ш}$ - зміщення нормальної реакції дороги, обумовлене особливостями пружних властивостей матеріалу шини (тим, що елементарні реакції в набігає області більше, ніж збігає);

також: плече тертя і коефіцієнт тертя кочення 2-го роду.

Радіуси автомобільного колеса

Вільний радіус колеса



Вільний радіус – половина зовнішнього діаметра D_n (найбільшого окружного перетину бігової доріжки) нерухомого колеса при відсутності контакту з опорною поверхнею, залежить від тиску в шині.

$$r_e = 0,5D_n$$

$$r_e = 0,5d + \Delta_{ш} B_{ш}$$

$$\Delta_{ш} = H_{ш}/B_{ш} \text{ – коефіцієнт форми профілю шини}$$

Радіус кочення (кінематичний радіус) – відношення поздовжньої складової поступальної швидкості колеса до його кутової швидкості.

$$r_k = V_x / \omega_k$$

Експериментально радіус кочення знаходять із співвідношення

$$r_k = S / 2\pi N_k$$

де S – шлях, пройдений колесом, м;

N_k – число обертів колеса на пройдений шлях

Радіус кочення колеса залежить від обертового моменту і поздовжньої

сили:

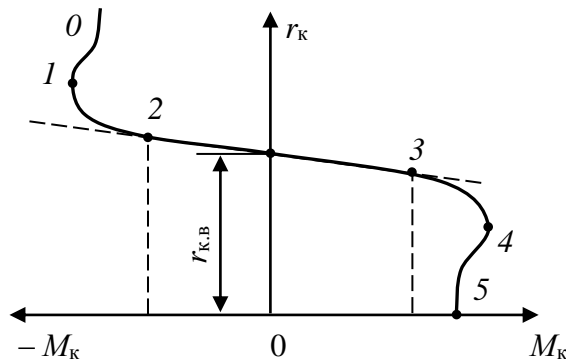
$$r_k = r_{k.v} - \lambda_T T_k$$

$$r_k = r_{k.c} - \lambda_F F_x$$

T_k і F_x – обертовий момент і поздовжня сила

$r_{k.v}$ і $r_{k.c}$ – радіуси кочення відповідно веденого і вільного колеса.

Залежність радіусу кочення колеса від переданого їм моменту



0-1 і 4-5 - повне ковзання елементів шини щодо опорної поверхні;

1-2 і 3-4 - пружне проковзування і ковзання колеса;

2-3 - пружна деформація коліс;

точка 0 і 5 - юз і буксування колеса.

Після розрахунку кінематики коліс в загальному вигляді, перейдемо до більш детальнішого розрахунку кінематики автомобільних коліс:

Швидкість автомобіля

$$V = V_x = \omega_k r_k = \omega_e r_k / u_{тр}, \text{ м/с}$$

де ω_e – кутова швидкість обертання вала двигуна (рад / с);

$u_{тр}$ – передаване число трансмісії.

Якщо відома частота обертання валу двигуна n_e (хв⁻¹), то:

$$\omega_e = \pi n_e / 30 = 0,105 n_e,$$

$$V = 0,105 n_e r_k / u_{тр}, \text{ м/с}$$

Швидкість автомобіля V_a

$$V_a = 3,6V = 3,6 \omega_e r_k / u_{тр}$$

Прискорення розгону автомобіля

$$a_a = \frac{dV}{dt} = \frac{d\omega_e}{dt} \frac{r_k}{u_{\text{тр}}} = \varepsilon_e r_k / u_{\text{тр}}$$

де $\dot{\varepsilon}_e = d\omega_e / dt$ - кутове прискорення вала двигуна

4. Основні параметри колеса автомобіля

Коефіцієнт опору коченню f чисельно дорівнює відношенню сили, що викликає рівномірне кочення колеса, до нормальної реакції дороги:

$$f = \frac{P_k}{N}$$

Коефіцієнт опору коченню істотно впливає на втрати енергії при русі автомобіля. Він залежить від багатьох конструктивних і експлуатаційних факторів та визначається експериментально. Його середні значення для різних доріг при нормальному тиску повітря в шині становлять $0,01 \div 0,1$.

Оскільки коефіцієнт опору коченню спричиняє суттєвий вплив на паливну економічність автомобіля і навіть незначне його зменшення забезпечує відчутну економію палива, конструктори і дослідники намагаються створити такі шини і розробити такі поверхні дороги, які б забезпечували мінімальне значення коефіцієнта опору коченню.

Силою зчеплення шин з дорогою $P_{зч}$ називають максимальне значення горизонтальної реакції R_{max} , пропорційне вертикальному навантаженню на колесо: $P_{зч} = R_{max} = \varphi R_z$, де φ – коефіцієнт зчеплення, чисельно рівний відношенню сили, що викликає рівномірне ковзання колеса, до нормальної реакції дороги.

Коефіцієнт φ_x зазвичай набагато більше коефіцієнта f , тому умова кочення колеса без ковзання можна з невеликою похибкою представити у вигляді $P_m \leq P_{зч} = \varphi_x R_z$.

При цьому, якщо сила тяги менше сили зчеплення $P_{зч}$, ведуче колесо котиться без пробуксовування. Якщо сила тяги більше сили зчеплення, привід пробуксовує і для руху використовується лише частина сили тяги, що

дорівнює $\varphi_x R_z$. Інша частина сили тяги викликає прискорене обертання коліс, яке триває до тих пір, поки потужність, що витрачається на буксування, не врівноважує надлишок потужності, підведеної до коліс. Найбільш часто буксування спостерігається при різкому рушанні з місця автомобіля і під час подолання великого опору руху на слизьких дорогах.

Коефіцієнт зчеплення істотно впливає на безпеку руху. Його недостатньо високе значення викликає численні аварії й нещасні випадки на дорогах. Як показали дослідження, із цієї причини відбувається 15 % загального числа дорожньо-транспортних пригод, а в несприятливі періоди року – близько 70 %. Дослідженнями встановлено, що для забезпечення безпечного руху значення коефіцієнта зчеплення повинне становити не менш 0,4.

Коефіцієнт опору уводу колеса автомобіля

Кочення еластичного колеса, навантаженого поперечною (бічною) силою, має свої особливості, оскільки шина еластична не тільки в радіальному напрямку, але й у поперечному. Під дією бічної сили автомобіль може переміститися в напрямку її дії. Якщо дорога не слизька й зчеплення шини з дорогою є досить великим, ближня до дороги частина шини залишається зчепленою з дорогою, а перетин шини викривлюється й деформується і колесо під дією бічної сили зміщається на якусь відстань. Таке кочення називають *уводом колеса*, а кут, який вектор швидкості центру колеса утворює з його площиною, – кутом уводу $\delta_{ув}$.

Кут уводу колеса залежить від прикладеної до нього поперечної сили. При відсутності бічного ковзання шини $\delta_{ув} = 4...6^\circ$, при повному ковзанні шини вбік при $P_y = P_{сц}$ ($\delta_{ув} = 12... 15^\circ$).

Коефіцієнт $K_{ув}$ залежить від розмірів і конструкції шини, тиску повітря в ній і вертикального навантаження на колесо. Так, при збільшенні розмірів шини й тиску повітря в ній коефіцієнт опору уводу зростає. При збільшенні вертикального навантаження на колесо він спочатку зростає, а потім зменшується.

У реальних дослідженнях знаходиться величина кута зміщення колеса:

$$\sigma_{y\theta} = \arctg\left(\frac{\ell_3}{L}\right),$$

Визначається коефіцієнт опору уводу, що показує, яку потрібно прикласти поперечну силу до колеса, щоб воно котилося з уводом у 1 радіан.

$$k_{o,y\theta} = \frac{F_{y\theta}}{\sigma_{y\theta}}$$

Визначається величина проковзування колеса у %

$$\lambda = \left(1 - \frac{\omega_k \cdot r_c}{V}\right) \cdot 100\%$$

де ω_k – кутова швидкість колеса, рад/с;

r_c – статичний радіус колеса, м;

V – швидкість руху, м/с.

При $\omega_k r_c > V$ – колесо проковзує в напрямі свого обертання;

при $\omega_k r_c = V$ – котиться без проковзування;

при $\omega_k r_c < V$ – гальмівний режим, колесо проковзує у напрямі, протилежному обертанню;

при $\omega_k = 0$ – повне проковзування – юз.

Оскільки заміряти кутову швидкість складно, визначається величина проковзування колеса – $\lambda = \text{tg}(\sigma_{y\theta}) \cdot 100\%$.

5. Класифікація коліс.

При експлуатації легкового автомобіля літом найбільше поширення отримали дорожні, всесезонні й універсальні типи шин. Дорожні шини (що називаються літніми), призначені для застосування при плюсових температурах на шосейних дорогах. Шини цього типу забезпечують найкраще зчеплення з сухим і мокрим твердим покриттям, паливну економічність, мають максимальну зносостійкість і якнайкраще пристосовані для швидкісної їзди. Для руху по ґрунтових дорогах (особливо мокрим) і взимку вони малопридатні. Малюнок протектора відрізняють чітко виражені

подовжні канавки для відведення води з плями контакту протектора з дорогою, слабо виражені поперечні канавки і відсутність мікромалюнка. Крім того, вони мають обов'язковий плавний (що округляє) перехід від протектора до боковин.

Всесезонні шини є компромісним варіантом між літніми і зимовими шинами, тому поступаються їм по забезпеченню зчеплення з дорогою при використанні у відповідному сезоні. Вони пристосовані для роботи на сухому і мокрому асфальті, до зимових доріг, забезпечують непоганий рівень комфорту і задовільну економічність, але відрізняються дещо більшим зносом, ніж літні.

6. Методи дослідження параметрів колеса автомобіля

Існує ряд методик визначення параметрів колеса. Вони поділяються на стендові та дорожні випробування. Останні найбільш повно відтворюють реальні експлуатаційні умови, але точність їх невелика. На стендах відтворюються стабільні умови випробувань, застосовується точна апаратура й вимірювальні прилади, проте під час таких випробувань украй важко, а в деяких випадках і неможливо відтворити експлуатаційні умови реального руху. Тому дорожні випробування доповнюють стендові й навпаки.

Розглянемо методики визначення параметрів колеса автомобіля.

Перший метод полягає у випробуванні колеса на стенді з біговими барабанами.

Другий метод визначення засновано на «вільному вибігу» автомобіля до його повної зупинки при визначеній початковій швидкості.

Третій метод полягає в моделюванні об'єкта, що випробовується, – колеса на динамометричному візку, встановленому на рейках. При цьому опір кочення сталевого колеса рейкою є мінімальним; сила зчеплення колеса з поверхнею дороги – оптимальною; кут уводу колеса ми можемо визначити на прозорій опорній поверхні при його рівномірному русі.

Четвертий метод визначення коефіцієнтів опору кочення й зчеплення опрацьовується за допомогою динамометричного візка із гумовими шинами,

встановленим між тягачем і автомобілем. Візок обладнано динамометром, що реєструє силу тяги, силу зчеплення й силу уводу. Цей метод має значні переваги перед іншими, оскільки дозволяє виконувати досліди на різних дорожніх покриттях, проте, не є достатньо точним.

IV. Закріплення матеріалу.

1. З чого складається автомобільне колесо?
2. Для чого проводять розрахунки коліс?
3. Які шини краще підходять для наших доріг?
4. Навіщо розраховують кінематичну швидкість колеса?

V. Підбиття підсумків.

VI. Огляд самостійної роботи

Додаток Г

Задачі на визначення параметрів колеса автомобіля

1. Вага вантажного автомобіля дорівнює 55 кН, а база 4 м. Центр ваги знаходиться на відстані 1,2 м від заднього моста на висоті 0,9 м від площини дороги. Визначити нормальні реакції на передній і задній мости в статичному стані і при рівномірному русі автомобіля з малою швидкістю по горизонтальній дорозі, якщо сила тяги дорівнює 1100 Н.

2. Обчислити коефіцієнти зміни нормальних реакцій автомобіля за даними попередньої задачі для випадку руху його по сухому асфальтобетонному шосе ($\phi = 0,8$) з повним використанням зчеплення провідними колесами.

3. Визначити, використовуючи емпіричну формулу, як змінюються ефективні потужність і момент чотиритактного карбюраторного двигуна при збільшенні кутової швидкості колінчастого вала від 100 до 150 рад / с, якщо $N_{\max} = 120$ кВт, $\omega = 200$ рад / с.

4. Вантажний автомобіль, рухаючись рівномірно по дорозі, яка характеризується коефіцієнтом опору коченню $f = 0,05$, може подолати підйом, ухил якого дорівнює 0,25. Яка максимальна величина ухилу при буксировці причепа, вага якого дорівнює половині ваги автомобіля, при незмінних силі тяги і швидкості?

5. Автомобіль рухається зі швидкістю $v = 11$ м/с по горизонтальній дорозі, яка характеризується коефіцієнтом зчеплення $\phi = 0,6$ і коефіцієнтом опору коченню $f = 0,02$. На якому мінімальному ділянці дороги можна знизити швидкість до 1,4 м/с?

6. Як зміниться максимальна швидкість автомобіля за умовами занесення, якщо на заокругленні дороги з тим же радіусом коефіцієнт зчеплення збільшити вдвічі?

Додаток Д

Лабораторні роботи з курсу «Експлуатація та ремонт автомобіля»

Лабораторна робота № 1

Тема: Визначення коефіцієнта опору коченню коліс автомобіля

Мета роботи: експериментально визначити значення коефіцієнту опору коченню при русі колеса автомобіля по сухому й вологому твердому покриттю.

Обладнання: спеціальний стенд для визначення коефіцієнтів кочення опору руху коліс автомобіля, динамометр, навантажувальне пристосування.

Теоретичні відомості

При визначенні тягово-зчіпних якостей автомобіля необхідно знання величини коефіцієнта опору руху автомобіля при заданих дорожніх умовах.

Коефіцієнт опору коченню автомобіля може визначатися для окремих коліс і для машин в цілому.

У реальних умовах коефіцієнт опору коченню автомобіля визначають на рівних ділянках доріг. При цьому автомобіль через динамометр приєднується до тягача і буксирується ним. Рух повинен проходити плавно, без ривків.

Експеримент проводиться не менше двох разів в прямому й зворотному напрямках, щоб виключити вплив поздовжнього ухилу. Замір показників динамометра проводять на заздалегідь виділеній ділянці шляху. При замірі визначається сила опору коченню f .

Значення коефіцієнта опору кочення визначається за формулою:

$$f = P_f / G \quad (1)$$

де G – вага машини, P_f – сила опору коченню.

Значення коефіцієнта опору коченню залежить від сил тертя в підшипниках коліс, деформації колеса й опорної поверхні, а також – від конструкції шин.

Значення коефіцієнта опору коченню наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнта опору коченню.

Опорна поверхня	Шини високого тиску	Шини низького тиску
цементобетон	0,015-0,02	0,02
сухий асфальтобетон	0,015-0,02	0,02
суха ґрунтова дорога	0,02-0,06	0,025-0,035
мокра ґрунтова дорога	0,15-0,25	0,2-0,3
ґрунт розпушений	0,20-0,30	0,1-0,2
ґрунт ущільнений	0,1-0,2	0,10-0,15

Порядок виконання роботи

1. Для виконання лабораторної роботи використовується динамометричний возик, який дозволяє змінювати навантаження на вісь колеса і вимірювати силу тяги при плавному коченні колеса по вибраному зразку дороги.

2. Встановлюється возик на підготовлену ділянку, обладнується пристосуваннями для навантаження колеса з внутрішнім тиском 0,2 МПа і 0,15 МПа (додатковий дослід) для вимірювання тягового зусилля при плавному його русі.

3. Відмічається відрізок шляху, на якому проводяться виміри, приблизно рівний довжині кола колеса.

4. Після приєднання динамометра до осі колеса проводиться його переміщення не менше двох разів в прямому й зворотному напрямках.

5. Показники динамометра фіксуються і результати заносяться в таблицю (зразок – таблиця 2).

6. Розраховується значення коефіцієнта опору коченню коліс автомобіля.

Результати визначення коефіцієнта опору коченню колеса автомобіля

№ п/п	Опорна поверхня при тиску в шині p_B : 0,2 МПа- верхня стрічка, 0,15 МПа – нижня	Осьова сила, Н P_f	Сила тяги, прикладена до осі колеса, Н P_f	Значення коефіцієнта опору кочення, f
1	Сухий асфальтобетон			
2	Суха ґрунтова дорога			
3	Мокра ґрунтова дорога			
4	Мокрий асфальтобетон			

7. Отримані значення коефіцієнтів опору коченню порівняти з величинами наведеними в таблиці 1.1.

8. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. Що характеризує коефіцієнт опору коченню коліс автомобіля?
2. Як залежить коефіцієнт опору коченню від особливостей дорожнього покриття?
3. За якою формулою визначається коефіцієнт опору коченню коліс автомобіля?
4. Назвіть значення коефіцієнту опору коченню для різних видів і стану дорожнього покриття.
5. Як впливає тиск в шинах на величину коефіцієнт опору коченню коліс автомобіля?

Лабораторна робота № 2

Тема: Визначення зчеплення колеса з опорною поверхнею

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

Обладнання: возик динамометричний, насос, динамометр, набір вантажів, зразки різних опорних поверхонь.

Теоретичні відомості

Коефіцієнт зчеплення експериментальним шляхом визначається методом буксирування возика.

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

У цьому випадку сила тяги P_T використовується для подолання сили зчеплення коліс з опорною поверхнею.

Згідно з законом збереження енергії кінетична енергія E_k автомобіля буде переведена в теплову завдяки роботі A_T сил тертя при гальмуванні. Таким чином можна записати:

$$E_k = Am = \frac{m_a v_a^2}{2} = P_{зч} \cdot S_z \quad (2.1)$$

де v_a – початкова швидкість автомобіля;

$P_{зч}$ – сила зчеплення коліс з дорогою, яка, за визначенням дорівнює:

$$P_{зч} = \varphi_x P_Z = \varphi_x G_a = \varphi_x m_a g, \quad (2.2)$$

де P_Z – вертикальне навантаження на колесо, яке для возика загалом дорівнює G_a – вазі возика з додатковим навантаженням.

Згідно з рівнянням (2.2) $P_T = \varphi_x G_a$, отже

$$\varphi_x = \frac{F_m}{G_a} \quad (2.3)$$

Для випадку застосування динамометра з вимірюванням сили тяги в кГс

$$\varphi_x = \frac{F_m}{m_a} \quad (2.4)$$

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

Порядок виконання роботи

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

Обробка експериментальних даних

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

$$\varphi_x = \frac{P_d}{m_o + m_g}$$

де P_d – покази динамометра, кг;

m_o – маса возика, кг;

m_B – маса вантажів, кг.

У разі, якщо при проведенні експерименту блокувалися лише 2 колеса

$$\varphi_x = 0.5 \cdot \frac{P_d}{m_o + m_g}$$

Таблиця 2.1

Експериментальні дані та результати розрахунку

Умови експерименту				Показання динамометра $P_{\text{дин}}$, кг	Коефіцієнт зчеплення μ
Тип поверхні	Тиск повітря, кПа	Маса			
		возика m_0 , кг	вантажу $m_{\text{в}}$, кг		
Тверда суха					
Тверда волога					
Пісок					

Контрольні питання

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

Лабораторна робота № 3

Тема: Визначення коефіцієнта опору бокового уводу колеса

Мета роботи: засвоїти методику й експериментально визначити коефіцієнт опору бокового уводу колеса.

Обладнання: динамометричний возик, похила площина, вимірювальна лінійка.

Теоретичні відомості

Поряд із радіальною і тангенціальною еластичністю, шина володіє також еластичністю в поперечному напрямку. При наявності бокових сил, діючих на рухоме колесо, це робить можливим рух останнього під деяким кутом до площини обертання. Відхилення траєкторії, еластичного колеса під впливом бокової сили від траєкторії не навантаженого боковою силою колеса називаються *боковим уводом колеса*, а відповідно кут відхилення δ -кутом уводу. Кут уводу залежить від величини бокової сили P_y прикладеної до колеса і кута нахилу колеса, а також від параметрів, що впливають на бокову еластичність шини (діаметр, ширина, число шарів корду, схеми укладки корду, якості гуму, тиску повітря в шині).

Залежність між боковою силою і кутом уводу колеса можна записати у вигляді

$$P_y = K_{y\delta} \delta ,$$

де $K_{y\delta}$ – коефіцієнт уводу, який залежить від вертикального навантаження на колесо, величини кута уводу, коефіцієнта зчеплення з поверхнею. Його розмірність Н/рад.

При малих значення бокової сили, колесо на твердій поверхні змінює напрямок руху тільки внаслідок пружних бокових деформацій шини. При русі по деформованому ґрунті або при великих значення бокової сили в боковому уводі беруть участь частково бокове прослизання точок контакту і бокова деформація ґрунту. При цьому кут уводу росте прямуючи до 90 градусів, а машина втрачає стійкість, оскільки зберігання вибраного напрямку руху становиться неможливим.

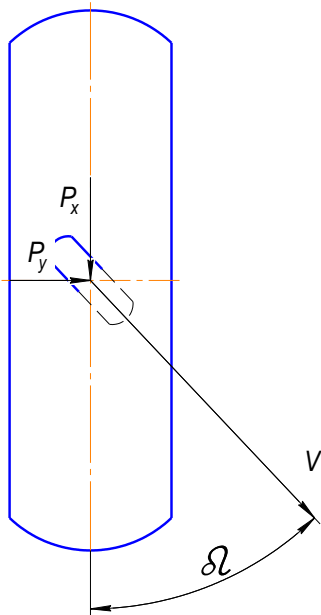


Рис. 3.1. Схема бокового уводу пневмоколеса

Явище бокового уводу характерно не тільки для еластичного колеса, але й для руху гусениць під дією бокових сил по деформованому ґрунту. В цьому випадку боковий увод пов'язаний з боковою деформацією ґрунту і частковим або повним боковим ковзанням.

Боковий увод може бути визваний відцентровою силою на повороті, або складовою автогрейдера, універсального бульдозера та ін.

При русі автопоїздів явище бокового уводу може визвати впливання причепа.

При роботі автогрейдера, особливо коли колеса рухаються по раніше підсипаному розпушеному ґрунті, величина бокового уводу надто велика і потрібні спеціальні методи для забезпечення стійкості руху машини.

Порядок виконання роботи

1. Установити похилу площину і визначити кут її нахилу замірявши два катети.
2. Провести по верхньому краю похилої площини крейдою лінію.
3. Провести по середині площини колеса крейдою лінію.
4. Встановити на похилу площину динамометричний возик так, що середня площина колеса появилася на проведеній лінії.
5. Включити рух возика (при цьому траєкторія руху возика відбивається

білою лінією на площині) .

6. Перевірити, чи є траєкторія руху моделі лінією, яка співпадає з намальованою.
7. Виконати заміри і визначити кут бокового уводу.
8. Підрахувати силу діючу поперек руху – P_y .

$$P_y = \frac{Q_M + tg(\alpha)}{2}$$

9. Визначити значення коефіцієнта опору уводу K_y за формулою

$$K_y = \frac{P_y}{\delta}$$

10. За пунктами 6-9 зробити висновки.

Контрольні питання

1. Що називають боковим уводом колеса?
2. Від чого залежить кут уводу колеса?
3. За якою формулою визначається бокова сила?
4. Чим може бути визваний боковий увод колеса?