МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до проведення практичних занять з дисципліни
"Дослідження та випробування технічних систем"
для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби»
("Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання"),
усіх форм навчання

Частина 2. Практичні заняття № 5-7

2026

Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни «Дослідження та випробування технічних систем» для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання. Частина 2. Практичні заняття № 5-7 М.В. Сидоренко Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. 62 с.

Укладачі: М. В. Сидоренко, к.т.н., доцент

Рецензент: Р. О. Фролов, к.т.н.

Відповідальний за випуск: М. В. Сидоренко, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
«Деталі машин і ПТМ»
Протокол № _9 від 3.06._2026 р.

Рекомендовано
до видання
НМК М-факультета
Протокол № 9 від 9.06.__2026 р

ЗМІСТ

Частина 2
Вступ 70
Практичне заняття № 5. Стендові випробування повнокомплектних автомобілів 71
5.1 Загальні відомості 71
5.2 Завдання до практичного заняття 85
5.3 Порядок проведення практичного заняття 85
Зміст звіту 85
Практичне заняття № 6. Випробування автомобілів на тягово-швидкісні властивості й паливну економічність 87
6.1 Загальні відомості 87
6.2 Завдання до практичного заняття 101
6.3 Порядок проведення практичного заняття 101
Зміст звіту 101
Практичне заняття № 7. Випробування автомобілів на стійкість, керованість і маневреність 103
7.1 Загальні відомості 103
7.2 Завдання до практичного заняття 125
7.3 Порядок проведення практичного заняття 126
Зміст звіту 126
Рекомендована література 128
Основна ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
Додаткова ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВСТУП

Основною метою практичних занять є ознайомлення з методикою проведення випробувань складних технічних систем: стендових випробувань, а також дорожніх випробувань повнокомплектних автокранів. У процесі виконання практичних занять, у студентів повинні формуватися наступні фахові компетенції:

- Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові і технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.
- Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язування складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.
- Здатність створювати нові техніку та технології в галузі механічної інженерії.
- Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.
- Здатність застосовувати та дотримуватися вимог нормативних документів, правил, стандартів у галузі підйомно-транспортного, будівельного машинобудування.

Навчальним планом дисципліни "Дослідження та випробування технічних систем" передбачено 16 годин практичних занять.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ АВТОКРАНІВ

Мета: Ознайомитися з методикою випробування повнокомплектних автокранів, застосовуваними приладами й дефектами, які можна виявити при стендових випробуваннях .

5.1 Загальні відомості

Стендові випробування повнокомплектних автокранів проводяться головним чином для комплексної оцінки характеристик машини, ґрунтуючись на принципі оборотності руху в системі "машина - опорна поверхня".

Такі випробування в значній мірі наближаються до випробувань у реальних умовах експлуатації й служать не тільки для оцінки конструктивних і експлуатаційних характеристик, але й для складання оптимальних програм іспитових робіт, з урахуванням забезпечення необхідної повноти й вірогідності одержуваної експериментальної інформації, з одного боку, і мінімальних витрат праці, часу й матеріальних ресурсів - з іншого.

Усі види випробувань повнокомплектних автомобілів включають відбір і приймання машин, а також відповідну підготовку до їхнього проведення. На випробування довільно вибираються зразки з готової продукції, що пройшла технічний контроль підприємством-виготовлювачем, в окремих випадках відбір проводиться вибірково. Іноді випробування зазнають машини, що перебувають певний період у реальній експлуатації.

На відібраних для випробувань зразках (якщо це допускається) перевіряються:

- комплектність машини й спорядження, наявність інструмента, оцінки відділу технічного контролю (ВТК), стан пломб;
- якість складання, регулювання й обробки шляхом огляду для виявлення дефектів фарбування, зварювання, оббивки та інше;
- наявність передбаченого технічними умовами експлуатації кількості масел і технічних рідин в агрегатах і системах;

- герметичність з'єднань гідравлічних і пневматичних систем;
- затягування, кріплення, шплінтування деталей, вузлів і агрегатів;
- робота двигуна на холостому ходу й на різних режимах;
- стан трансмісійних агрегатів;
- стан приводів до начіпного й допоміжного устаткування;
- стан гальмових систем і рульового керування;
- регулювання установки фар, зазорів у приладах запалювання, регулювання зазорів у клапанному механізмі двигуна, натяг приводних пасів, стан акумуляторної батареї та інші параметри;
- тиск у шинах;
- справність тяглово-зчіпних пристроїв.

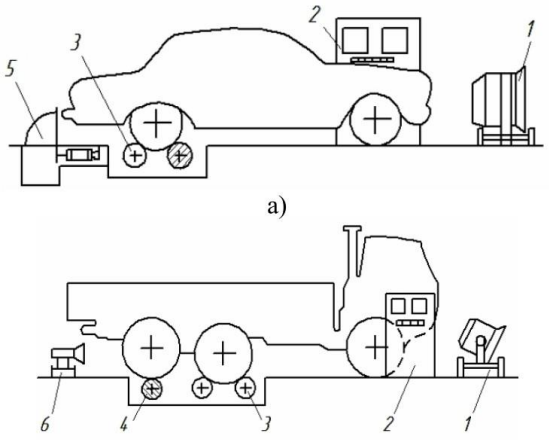
За результатами перевірки усуваються виявлені недоліки й дефекти. Майже у всіх видах стендових випробувань повнокомплектних автомобілів центральним завданням є формування зовнішнього навантаження машин. Загальною вимогою при її розв'язку є, можливо, більш тісна кореляція навантаження на стенді з навантаженням у реальних умовах експлуатації або еквівалентність їх пошкоджуючому впливу. Відбивається цей розв'язок у заданих програмах навантаження, які можуть бути трьох типів:

- з постійним або із циклічним навантаженням, але з постійною амплітудою при нульовому або заздалегідь заданому середньому значенні;
- зі східчастою змінною або циклічним навантаженням, але із заданою зміною амплітуди в окремих блоках;
- з випадковим навантаженням, що відтворює процес навантаження машини в реальній експлуатації (моделювання натурного навантаження).

Підставою для розробки таких програм служать статистичний аналіз навантажувальних режимів відповідних деталей, вузлів, агрегатів і систем, зареєстрованих при випробуваннях у дорожніх умовах; аналіз відмов в експлуатації; теоретичні передумови міцностних і утомних ушкоджень деталей і матеріалів, а також заздалегідь відомі теоретичні характеристики робочих процесів в агрегатах і системах машин.

На рис. 5.1 наведені принципові схеми роликових стендів універсального типу для випробувань двох- і тривісних легкових та ван-

тажних автомобілів.



1 – вентилятор для охолодження двигуна автомобіля,
2 – пульт управління стендом, 3 – підтримуючий ролик,
4 – ведучий ролик, 5,6 – пристрій відводу відпрацьованих газів

Рисунок 5.1 – Принципові схеми універсальних роликових стендів

На стендах для випробувань повнокомплектних автомобілів (у базовій комплектації або в агрегатованому варіанті) їх ведучі колеса встановлюються на обертові круглі котки (барабани або ролики), а кузов утримується від зсуву щодо нерухливої основи розчалюваннями (рис. 5.2 – 5.5).

На стендах досліджуються параметри надійності (в основному безвідмовність і довговічність), тяглово-швидкісні характеристики, паливна економічність машин, температурні режими окремих вузлів і агрегатів, особливості взаємодії коліс із опорною поверхнею та інші властивості (рис. 5.6). Крім того, імітуються перехідні несталі режими руху (наприклад, розгін і накат) при установці в приводах стендів інерційних мас.

Крім усього іншого на таких стендах визначається також універсальна характеристика машини, як коливальної системи, що реагує на вплив дорожніх нерівностей (передатна функція комплексної системи, амплітудно-частотна й фазочастотна характеристики, а іноді сполучена амплітудно-фазочастотна характеристика).



Рисунок 5.2 – Встановлення автомобіля на роликовий стенд



Рисунок 5.3 – Фіксація автомобіля на роликовому стенді розчалюванням



Рисунок 5.4 – Установлення системи відводу відпрацьованих газів



Рисунок 5.5 – Вентилятор встановлений для обдуву двигуна під час випробувань автомобіля на барабанному стенді



Рисунок 5.6 – Процес вимірювання тягово-швидкісних характеристик автомобіля на роликовому стенді

Це досягається установкою на робочій поверхні опорних котків стенда спеціальних накладок, що утворюють по периметру необхідний профіль. При обертанні котків з такими накладками зони контакту коліс, що опираються на них, зміщаються у вертикальному напрямку по заздалегідь заданому закону зміни амплітуд коливань, створюючи кінематичне збурювання всієї коливальної системи. Частота такого збурювання регулюється швидкістю обертання котків, а амплітуда - висотою встановлюваних накладок.

Стендові випробування й дослідження повнокомплектних машин постійно удосконалюються й ускладнюються. Це супроводжується розвитком програм і методик експериментальних робіт, застосуванням сучасних технічних засобів, забезпеченням автоматизації всіх етапів одержання, обробки, інтерпретації, документування й зберігання отриманої інформації.

По функціональних можливостях стенди для випробувань повнокомплектних машин підрозділяються на універсальні й спеціалізовані. Частина із цих стендів можуть мати унікальне цільове призначення. Вони випускаються тільки по індивідуальних замовленнях, інші стенди мають типову конструкцію й випускаються промисловим способом малими серіями.

Показники тяглово-швидкісних властивостей, паливної економічності автомобілів та їх двигунів, робочих характеристик агрегатів і систем визначаються в лабораторних умовах за допомогою роликових (барабанних) тягових стендів, обладнаних як стаціонарними, так і переносними технічними засобами виміру різних параметрів.

Тягові стенди дозволяють визначати показники розвиваної потужності, і тягової сили на ведучих колесах автомобіля, часу розгону (вибігу) у заданому швидкісному інтервалі, різні втрати в трансмісії, швидкість у моменти перемикання гідромеханічної передачі, витрати палива при певних навантажувальних і швидкісних режимах, установку оптимального кута випередження запалювання по силових параметрах (максимальної потужності), температурні режими трансмісійних агрегатів і регулювання на нормативну токсичність відпрацьованих газів.

При випробуваннях автомобіля на тяговому стенді можна також оцінити роботу допоміжних механізмів, наприклад, роботу редуктора моторного гальма, спідометра, лічильника пройденого шляху, тахометра, а також перевірити технічний стан ходової частини автомобіля й

виміряти всі параметри гальмової системи.

Основними ознаками класифікації тягових стендів є спосіб навантаження двигуна й трансмісії автомобіля, тип випробовуваного автомобіля й число одночасно вимірюваних процесів.

По способу навантаження двигуна й трансмісії автомобіля тягові стенди підрозділяють на три типи:

інерційні - у яких навантаження здійснюється обертовими масами роликів та інших елементів тягового стенда й автомобіля, кінематично пов'язаних з роликами;

силові - у яких навантаження здійснюється гальмовим пристроєм, кінематично пов'язаним з роликами;

інерційно-силові - у яких навантаження виконується обертовими масами й гальмовим пристроєм одночасно.

По типу випробовуваних автомобілів тягові стенди підрозділяються на установки для легкових автомобілів, для вантажних автомобілів і машин, створених на їхній базі, для повнопривідних автомобілів і для автобусів, на універсальні (для декількох типів автомобілів).

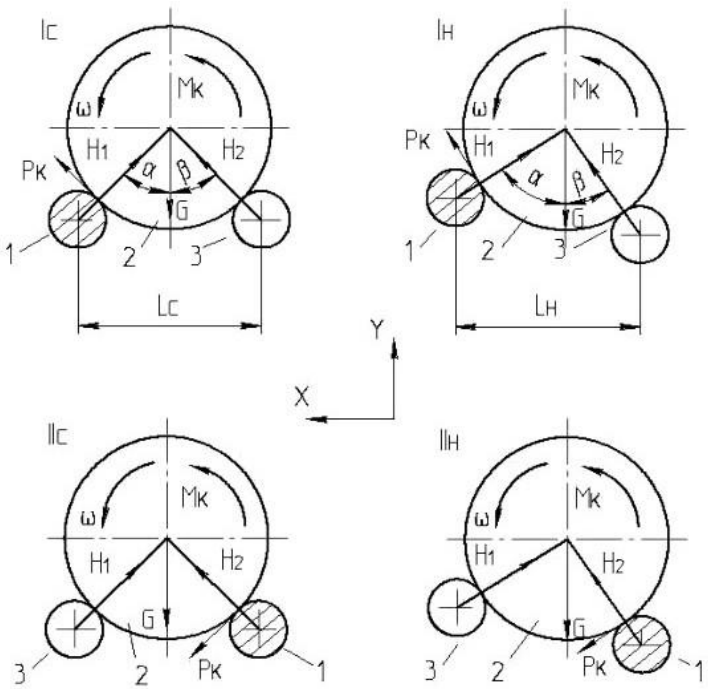
По числу одночасно вимірюваних процесів стенди бувають спеціалізованими для виміру певних характеристик, що заздалегідь задаються, і універсальними для випробувань по різних і методиках. Обоє ці типи стендів оснащуються системами автоматизованого й дистанційного керування.

Основними частинами тягових стендів є опорний пристрій, пульт керування та індикації, технічні засоби вимірів і обробки даних (стаціонарні й переносні), пристрій відводу відпрацьованих газів.

Опорний пристрій стенда складається із блоку роликів, пристроїв в'їзду й виїзду машини, навантажувального пристрою (для силових і інерційно-силових стендів), інерційних навантажувальних мас.

Конструкція блоку роликів повинна забезпечувати реалізацію заданої тягової сили на ведучих колесах на всіх режимах випробувань відповідно до закладеної програми експериментів, стійке положення автомобіля в процесі випробувань - можливість самостійного в'їзду й виїзду автомобіля й не викликати підвищеного зношування шин.

Умова реалізації заданого тягового зусилля залежить від декількох факторів: від схеми розташування роликів, від характеристик поверхні роликів, які визначають коефіцієнт зчеплення ведучих коліс із опорними роликами, від обертів і проковзування ведучих коліс, від характеристик шин. Схеми розташування роликів наведені на рис. 5.7.



1 - робочий ролик; 2 - ведуче колесо автомобіля; 3 - вільний ролик;
$I_с$, $II_с$ - симетричне розташування роликів;
$I_н$, $II_н$ - несиметричне розміщення роликів;
$M_к$ - крутний момент на колесі;
$L_с$, $L_н$ – міжосьові відстані роликів;
G - вертикальне навантаження на колесо;
$P_к$ - тягове зусилля на колесі; H_1, H_2- реакції на роликах стенда

Рисунок 5.7 - Схеми розташування роликів

Умови реалізації заданого тягового зусилля можна розглянути на прикладі схем $I_с$, $II_с$ (рис. 5.7). З метою спрощення аналізу особливостей взаємодії ведучого колеса автомобіля з роликами стенда можна прийняти деякі допущення:

- не враховується деформація шини від вертикального навантаження й тягової сили;
- не враховується опір коченню;
- не враховується кутова швидкість зі швидкістю обертання ко-

леса.

Тоді умови рівноваги колеса на стенді для схеми I_c приймуть вид:

$$\Sigma X = P_K \cos\alpha - H_1 \sin\alpha + H_2 \sin\alpha = 0, \quad (5.1)$$

$$\Sigma Y = P_K \sin\alpha + H_1 \cos\alpha + H_2 \cos\alpha - G = 0, \quad (5.2)$$

де G - вертикальне навантаження на колесо;

H_1, H_2 - нормальні реакції з боку переднього й заднього роликів;

$P_к$ - тангенціальна реакція з боку робочого ролика.

З умов рівноваги колеса на стенді:

$$H_1 = G/2\cos\alpha + P_K/\mathrm{tg}2\alpha, \quad (5.3)$$

$$H_2 = G/2\cos\alpha - P_K/\sin 2\alpha, \quad (5.4)$$

У неробочому стані стенда зусилля:

$$P_K = 0, \quad (5.5)$$

$$H_1 = H_2 = G/2\cos\alpha. \quad (5.6)$$

Аналогічно для схеми II_c можна одержати наступні залежності:

$$H_1 = G/2\cos\alpha + P_K/\sin 2\alpha, \quad (5.7)$$

$$H_2 = G/2\cos\alpha - P_K/\mathrm{tg}2\alpha. \quad (5.8)$$

Таким чином, в обох випадках, тобто при передньому й задньому робочих роликах, передній навантажується більшою нормальною силою, ніж задній. Це справедливо для всіх кутів, що задовольняють умові $\alpha<45°$. Слід зазначити, що стенди з кутами $\alpha>45^o$ не застосовуються. Максимальна тягова сила P_{Kmax}, яку можна реалізувати на стенді за умовами зчеплення, залежить від нормальної реакції й коефіцієнта зчеплення $P_{Kmax} = H_1$ для схеми I_c і $P_{Kmax} = H_2$ для схеми II_c.

Тому при виборі переднього ролика як робочого, можна реалізувати більшу (за умовами зчеплення коліс із поверхнею роликів) тягову силу внаслідок довантаження цього ролика. Значення нормальних реакцій H_1 і H_2 необхідні при визначенні конструктивних параме-

трів блоку роликів. Крім того, знання реакцій H_1 і H_2 допомагає оптимально розподілити інерційні маси між роликами інерційного стенда. Щоб виключити проковзування коліс щодо роликів, загальна інерційна маса повинна розподілятися між роликами відповідно до розподілу нормальних реакцій.

Різні схеми стендів рівняються між собою в частині реалізованої ними тягової сили за коефіцієнтом використання навантаження $К_н$ (відношення максимальної тягової сили P_{Kmax} до вертикального навантаження на колесо G).

Значення кута α в стендах для легкових автомобілів коливається від 27° до 40°. Кути менше 27° не забезпечують стійкість автомобіля, а кути більше 40° не використовуються з конструктивних міркувань (при більших відстанях між роликами легковий автомобіль може торкатися їх днищем). Для цих значень кута α найбільше значення коефіцієнта $К_н$ буде при схемі I_c із переднім ведучим роликом. Ця схема найбільш оптимальна й частіше використовується в тягових стендах.

Значення вертикального навантаження G при випробуваннях автомобілів під дією тягової сили міняється й перерозподіляється по мостах автомобіля. При цьому задній міст розвантажується, а передній довантажується. Для довгобазних автомобілів зміна коефіцієнта $К_н$ не перевищує 3...4 %. а для короткобазних автомобілів зміна цього коефіцієнта досягає 8...10 %.

Умова стійкого положення автомобіля на стенді визначається сталістю контакту шини з обома (переднім і заднім) роликами в процесі випробувань. Виконання цієї умови виключає можливість випадкового виїзду автомобіля зі стенда під дією тягової сили (стійкість у поздовжньому напрямку), а також обмежує переміщення коліс ведучого мосту, встановленого на стенд, уздовж роликів (стійкість у поперечному напрямку).

Під дією тягової сили автомобіль у процесі випробувань прагне виїхати зі стенда в напрямку руху через передній ролик. Нормальна реакція H_2 заднього ролика при цьому зменшується. Для схем з передніми (I_c і $I_н$) робочими роликами реакція H_2 звертається в нуль при значеннях кута α, відповідних до значення $tgα = 0$.

При цьому колесо втрачає контакт із заднім роликом, і автомобіль може перекотитися через передній ролик. Тому умову $tgα > 0$ треба розглядати як умову стійкого (у поздовжньому напрямку) положення автомобіля на стенді з переднім робочим роликом.

Для схем I_c і $II_н$ при будь-яких значеннях кута α значення $H_2 > 0$. Таким чином, схеми із заднім робочим роликом завжди забезпечують стійке положення автомобіля на стенді. Це - їх позитивна властивість. Вираження для визначення значень P_{Kmax}, H_1 і H_2 наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вирази для визначення зусиль на роликах стендів

Схема розміщення роликів	Розрахункова формула		
Ic и IIc **неробочий стан стенду**	$\frac{G}{2\cos\alpha}$	$\frac{G}{2\cos\alpha}$	0
Ic **робочий стан стенду**	$\frac{G\sin\alpha}{\sin 2\alpha - \varphi\cos 2\alpha}$	$\frac{G(\sin\alpha - \varphi\cos\alpha)}{\sin 2\alpha}$	$\frac{G\varphi\sin\alpha}{\sin 2\varphi - \varphi\cos\alpha}$
IIc **робочий стан стенду**	$\frac{G(\sin\alpha + \varphi\cos\alpha)}{\sin 2\varphi + \varphi\cos\alpha}$	$\frac{G\sin\alpha}{\sin 2\alpha + \varphi\cos 2\alpha}$	$\frac{G\varphi\sin\alpha}{\sin 2\varphi + \varphi\cos\alpha}$
Iн и IIн **неробочий стан стенду**	$\frac{G\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)}$	$\frac{G\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)}$	0
Iн **робочий стан стенду**	$\frac{G\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta) - \varphi\cos(\alpha+\beta)}$	$\frac{G(\sin\beta - \varphi\cos\beta)}{\sin(\alpha+\beta) - \varphi\cos(\alpha+\beta)}$	$\frac{G\varphi\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta) - \varphi\cos(\alpha+\beta)}$
IIн **робочий стан стенду**	$\frac{G(\sin\alpha - \varphi\cos\alpha)}{\sin(\alpha+\beta) + \varphi\cos(\alpha+\beta)}$	$\frac{G\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta) + \varphi\cos(\alpha+\beta)}$	$\frac{G\varphi\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta) + \varphi\cos(\alpha+\beta)}$

Стійкість положення автомобіля на стенді в поперечному напрямку забезпечується за рахунок строгої установки (горизонтальної й паралельної) роликів, відхилення що допускається від горизонтального положення й від паралельності роликів, не повинні перевищувати 0,4...0.8 мм на довжині 1 м. Ролики лівої й правої сторін стенда повинні бути співвісними (відхилення не більш 1 мм).

Щоб уникнути скочування автомобіля з роликів при поперечному переміщенні ведучого мосту, стенди звичайно забезпечуються відбійними роликами, установленими по краях робочих роликів з однієї або обох сторін.

При випробуваннях автомобілів з керованим ведучим мостом наявність таких роликів обов'язкова, тому що автомобіль різко зміщається уздовж роликів навіть при незначних поворотах кермового колеса. Положення таких роликів можна регулювати, переміщаючи їх уздовж робочих роликів стенда по напрямних, і фіксувати в потрібному положенні, що відповідає колії випробовуваного автомобіля.

У процесі випробувань автомобіля в таких умовах практично завжди, принаймні одне з його коліс торкається відбійного (що орієнтує) ролика, це викликає додаткові втрати, які необхідно враховувати. Умова самостійного виїзду автомобіля зі стенда під дією тягової сили через застопорений передній ролик без спеціальних піднімальних пристроїв забезпечується при $tg\alpha<0$.

Це означає, що для схем з переднім або обома робочими роликами - умова стійкого положення й умова самостійного виїзду суперечать одна одній й не можуть бути задоволені одночасно.

Для схем із заднім робочим роликом, при будь-яких значеннях кута α задовольняються одночасно умови стійкості й самостійного виїзду. Для несиметричних схем установки роликів при виїзді автомобіля назад (при установці стенда на тупиковому пості) також задовольняються одночасно умови стійкості й виїзду.

Стенди, на яких самостійний виїзд автомобіля неможливий, повинні бути обладнані спеціальними піднімальними пристроями (майданчиками із пневмоприводом), що трохи ускладнює їхню конструкцію. Умова усунення підвищеного зношування шин забезпечується правильним вибором діаметра роликів і режиму випробувань.

Стенди з опорою колеса на два ролики невеликого діаметра мають ряд переваг у порівнянні зі стендами, у яких колесо опирається на один барабан великого діаметра (менші габаритні розміри, маса, від-

сутні спеціальні пристосування, що втримують автомобіль). Однак робота шини, що опирається на два ролики, супроводжується підвищеною деформацією й, як наслідок, сильним нагріванням.

Тому необхідно не тільки обмежувати швидкість обертання ведучих коліс і тривалість випробувань, але й забезпечувати їхнє охолодження шляхом створення спеціальних вентиляторних установок з напрямними насадками.

Від правильного вибору діаметра роликів залежить зношування шин при випробуваннях на стенді й умови імітації дорожніх опорів. Зменшення діаметра роликів, яке пояснюється прагненням знизити габаритні розміри й масу стенда, приводить до підвищення деформації й проковзуванню шин і отже, до збільшення їх зношування.

При співвідношенні $r_р/r_к = 0,4$ втрати на проковзування вдвічі вищі, чим на дорозі, тому діаметр роликів рекомендується ухвалювати $r_р = (0,4...0,6)r_к$.

У тягових стендах для експлуатаційних випробувань діаметр роликів коливається в межах від 220 мм до 500 мм, відповідних до співвідношення $r_р/r_к$ від 0,3 до 0,9 для легкових автомобілів різних моделей. Ролики з діаметром 318,3 мм (довжина окружності рівна 1 м) зручні при вимірах пройденого шляху й визначенні витрати палива на одиницю пройденого шляху. Відповідно до ГОСТ 26899-86 діаметр роликів стенда повинен бути не менше 240 мм.

Для зниження нагрівання шин рекомендується підвищувати в них тиск повітря, однак цей захід вимагає додаткового часу й при експлуатаційних випробуваннях його виконувати недоцільно. Крім того, це може привести до збільшення проковзування й зношування шин.

У процесі випробувань рекомендується обдувати шини повітрям, для чого вентилятор, що входить у комплект стенда, забезпечується спеціальним напрямним пристроєм. Обмежується також швидкість випробування залежно від діаметра роликів.

Фірма "Целльнер" (Германія) для експлуатаційних стендів рекомендує застосовувати ролики діаметром 220 мм для швидкостей, що не перевищують 160 км/год, 320 мм - до 200 км/год, 400 мм - до 230 км/год і 510 мм для швидкостей до 250 км/ч.

Звичайно використовуються ролики із гладкою поверхнею, однак при необхідності передачі більших тягових сил застосовуються ролики з поздовжніми канавками (типу шліцевого валу). Такі ролики можуть використовуватися тільки на швидкостях, не більше

100 км/год.

5.2 Завдання до практичного заняття

Спочатку необхідно уважно ознайомитися із представленою методикою випробувань і зрозуміти, які вимоги пред'являються до підготовки випробувань, як вони проводяться, і написати звіт про виконану роботу.

5.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття відповісти на наступні питання.

1. Які автомобілі вибирають на випробування?
2. Що перевіряють на автомобілі перед випробуванням?
3. Які можуть бути програми навантаження випробовуваного автомобіля? Пояснити графіками.
4. Що є підставою для розробки таких програм?
5. Що є опорною поверхнею для ведучих коліс?
6. Які параметри й показники досліджуються на стендах?
7. Для чого на поверхні опорних катків стенда встановлюють спеціальні накладки?
8. Чим регулюється частота й амплітуда збурювання коливань?
9. Які існують засобу навантаження двигуна й трансмісії на тяговому стенді?
10. З яких основних частин складається тяговий стенд?
11. Чим відрізняється симетричне розташування роликів від несиметричного?
12. Як визначається максимальна тягова сила, яку можна реалізувати на стенді за умовою зчеплення?
13. Чому кути установки переднього ролика для легкових автомобілів перебувають у межах від 27° до 40°?
14. Чому при випробуванні автомобілів задній міст розвантажується, а передній навантажується?

15. Яке положення робочого ролика (переднє або заднє) забезпечує поздовжнє стійке положення автомобіля на стенді?
16. Чим забезпечується поперечна стійкість автомобіля на стенді?
17. Коли задовольняються одночасно умови стійкості й самостійного виїзду автомобіля зі стенду?
18. Які переваги мають ролики з діаметром 318,3 мм?
19. Яка поверхня використовується на роликах?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6. ВИПРОБУВАННЯ НА ТЯГЛОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ Й ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ

Мета: Ознайомитися з методикою випробування на тягловошвидкісні властивості (максимальна швидкість, тягові характеристики, подолані підйоми), а також паливну економічність.

6.1 Загальні відомості

Тяглово-швидкісні властивості визначають здатність автомобіля досягати найбільшу швидкість руху на окремих ділянках шляху й середню швидкість на маршруті в заданих дорожніх умовах. Ця здатність залежить від тягових і гальмових характеристик автомобіля, від параметрів підвіски, від керованості й стійкості, від кваліфікації водія й багатьох інших факторів, але в загальному випадку можна вважати, що середня швидкість при змінному режимі руху визначається максимальною швидкістю руху, інтенсивністю розгону, тобто приємістістю, тяговими й гальмовими параметрами.

Максимальна швидкість автомобіля визначається на вищій передачі в коробці передач при розгоні до досягнення максимальної швидкості що встановилася, при в'їзді на вимірювальну ділянку. Розгін і проходження мірної ділянки проводиться при повній подачі палива. Як правило, випробування проводяться на автополігоні НАМИ, де на прямій, рівній (без поздовжніх і бічних ухилів) 5-ти кілометровій дорозі, у центрі якої розташована мірна ділянка довжиною в 1 км, при відсутності поздовжнього й бічного вітру проводиться вимір часу проходження цієї мірної ділянки.

Двокілометрові ділянки до й після мірного 1 км служать відповідно для розгону й гальмування автомобіля. Час фіксується з підвищеною точністю фотоелементним годинником (фотостворами), показаними на рис. 6.1. Заїзди повторюються в протилежних напрямках і вираховується середнє значення.

Максимальна швидкість $V_{max} = 1/t \times 3600$ (км/год), де t - час проходження мірної однокілометрової ділянки в секундах. Для цих випробувань допускається спеціальна підготовка автомобіля.



Рисунок 6.1 - Фотостворі

Приємістість (шлях, час і прискорення розгону) визначається шляхом розгону автомобіля з місця й з ходу. Розгони з місця виконуються з перемиканням передач, відтворюючи процес рушання автомобіля й досягнення необхідної швидкості з найбільш можливою інтенсивністю, тобто при повній подачі палива. Розгони на окремих передачах проводяться з початкової заданої швидкості до максимальної.

Для вантажних автомобілів розгін починається із другої передачі. Для визначення шляху, часу й швидкості розгону автомобіля застосовуються різні прилади, серед яких традиційним є прилад "п'яте колесо", який шарнірно кріпиться позаду (рис.6.2), рідше збоку (рис. 6.3) до автомобіля й дозволяє записувати ці параметри (рис. 6.4).



Рисунок 6.2 – Варіанти кріплення "п'ятого колеса" позаду автомобіля





Рисунок 6.3 – Варіанти кріплення "п'ятого колеса" збоку автомобіля

Записуючий прилад (старої моделі - механічний з годинним механізмом), який ще називається "шлях - час - швидкість", приводиться в дію від "п'ятого колеса" через гнучкий вал (рис. 6.5). За пройдений 1 км "п'ятим колесом" гнучкий вал робить 1000 обертів.

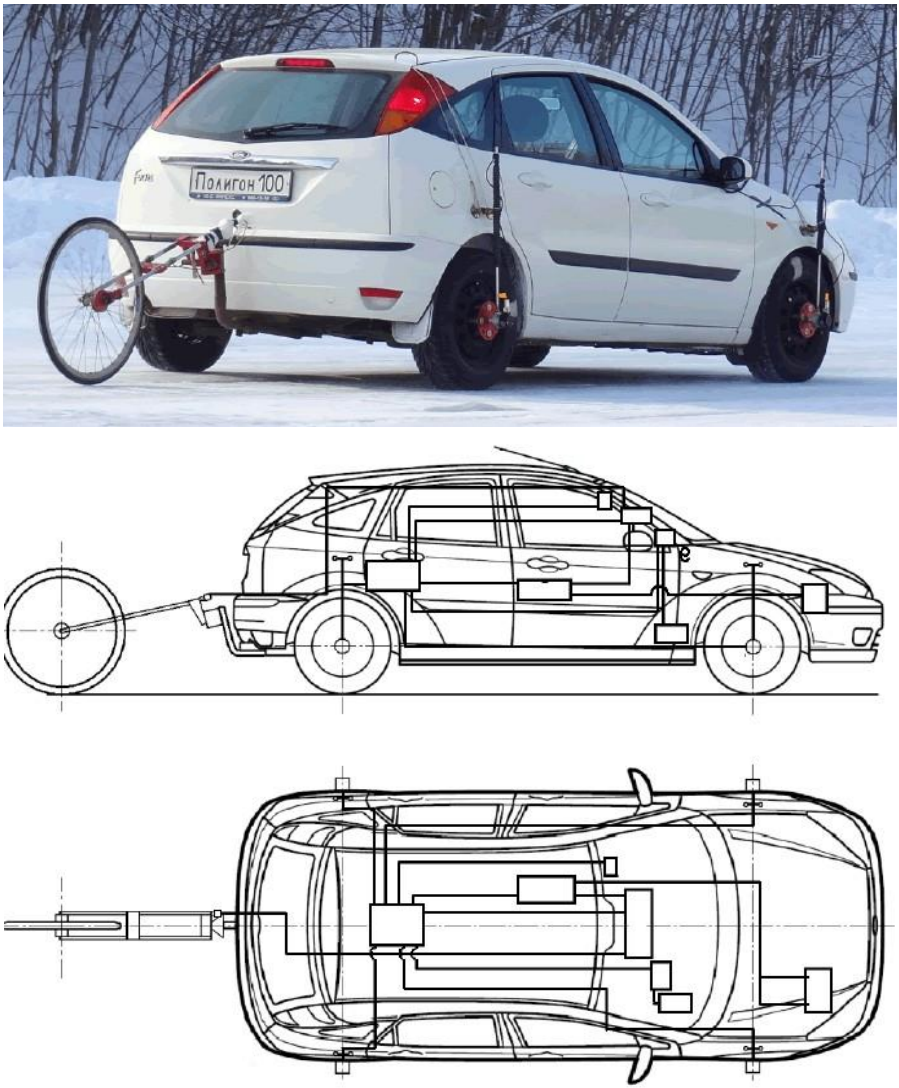


Рисунок 6.4 – Установлене "п'яте колесо" фірми Peiseler на Ford Focus та схема розміщення вимірювальної апаратури на автомобілі

Самописний прилад із записом вимірюваних процесів на паперову графлену стрічку за допомогою олівців або інших засобів у кожний момент фіксує пройдений шлях, час і середню швидкість за прой-

дений шлях. Останні моделі приладів "шлях - час - швидкість" виміри видають у цифровій формі з індикацією на світловому табло. Сучасні записуючі прилади електронного типу мають незрівнянно більші можливості по фіксації записуваних параметрів, по швидкодії й точності.

"П'яте колесо" під час руху передає обертання фотоелектричному датчику, що формує електричні імпульси, пропорційні швидкості, що й відзначають пройдений шлях. Електронна система фіксує величини швидкості в задані моменти розгону, а також формує імпульси часу й шляхи. При визначенні динамічних якостей автомобіля іноді потрібно контролювати величину прискорень у будь-який момент часу. Для цього використовуються прилади, що показують поточне значення прискорень - акселерометри (рис. 6.6).

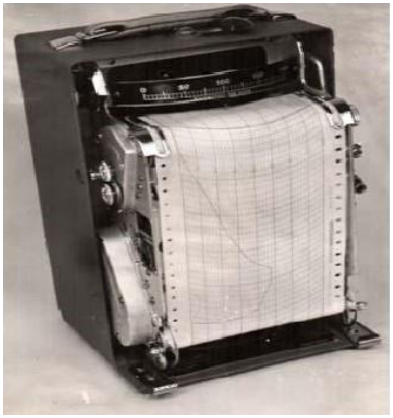
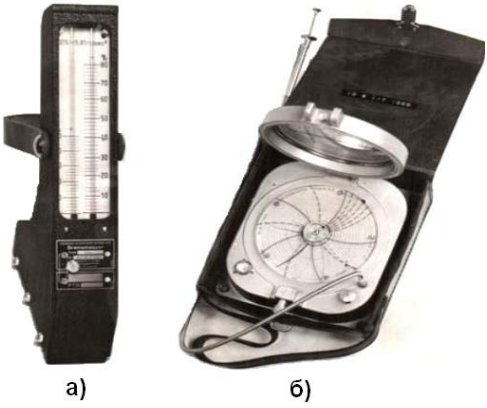


Рисунок 6.5 – Прилад реєстрації "п'ятого колеса"



а) б)

а) - рідинний, б) – електронний
Рисунок 6.6 - Акселерометри

У гідравлічного акселерометра нижня частина посудини заповнена ртуттю, верхня маслом, одна шкала - прискорення, друга - затримка. При прискоренні ртуть, як важка рідина, зміщається й витісняє підфарбоване масло у вказівну трубку прискорень, при затримці ртуть зміщається в іншу сторону й витісняє масло в трубку затримки.

В електронних акселерометрах використовується принцип тензометрирування. У них на згинній балці з тензодатчиками розташований грузик, який згинає балку при прискоренні в одну сторону, а при затримці - в іншу. Датчики, включені у вимірювальну систему, видають сигнал, адекватний вимірюваної величині (прискоренню або за-

тримці). Тягові характеристики автомобілів при оцінці їх динамічних якостей визначаються відповідно до діючих нормативних документів, вони строго регламентовані й проводяться по загальноприйнятих методиках. Тягові характеристики найбільш точно визначаються або на полігонах, або в заданих дорожніх умовах.

Подолані кути підйому автомобілем (рис. 6.7) відносяться до сукупних характеристик тяглово-швидкісних якостей автомобілів. Ці випробування проводяться тільки на спеціалізованих полігонах для одержання порівнянних результатів при оцінці однотипних моделей вітчизняних і закордонних автомобілів.



Рисунок 6.7 – Визначення кута підйому подоланого автомобілем

Часто тяглово-швидкісні випробування проводяться в стендових умовах при створенні ідентичних умов навантаження для різних автомобілів. Це дуже важливо при оцінці технічних параметрів автомобілів, що мають приблизно однакові конструктивні й експлуатаційні характеристики.

У стендових випробуваннях використовується принцип оборотності, тобто автомобіль стоїть, а дорога рухається. У якості дороги, що рухається, використовують обертові барабани, на яких автомобіль сто-

їть ведучими колесами, або опорна стрічка, що рухається. Вал барабана з'єднаний з гальмом. Автомобіль установлюється так, щоб вісь колеса збігалася з віссю барабана.

На таких стендах визначаються практично всі основні конструктивні й експлуатаційні характеристики:

- вагові параметри автомобіля;
- реакція на передніх колесах, що залежить від моменту на задніх колесах;
- змінна реакція на ведучих колесах;
- обертаючий момент на ведучих колесах;
- швидкість обертання коліс;
- оберти колінчатого вала двигуна;
- тягове зусилля на ведучих колесах;
- обертаючий момент на валу барабана;
- показання динамометра, що втримує автомобіль;
- показання гальмового динамометра;
- момент, що витрачається на подолання позаінерційних опорів;
- динамічний радіус ведучих коліс;
- координати центру ваги.

Випробування автомобілів на паливну економічність.

Під паливною економічністю мається на увазі властивість автомобіля, що визначає витрати палива при русі в різних експлуатаційних умовах і на різних режимах.

Паливна економічність залежить:

- від економічності двигуна, оцінюваної питомою витратою палива;
- від сил опору руху, обумовлених конструкцією автомобіля (вага, фактор обтічності, інерційні маси та ін.);
- від якості дороги.

Складність явищ, що відбуваються при русі автомобіля, а також безліч зовнішніх різноманітних умов приводять до необхідності експериментального визначення показників економічності. Це виконується або на стенді з біговими барабанами, або в дорожніх випробуваннях.

Автомобіль працює в різних дорожніх умовах, на різних швидкостях, з різним навантаженням, тому єдиного показника економічно-

сті немає. Звичайно експериментально визначаються кілька основних характеристик.

Контрольна витрата палива визначається на одному швидкісному режимі руху в умовах, що дозволяють одержати найбільшу порівнянність результатів (на прямолінійній без ухилів сухій дорозі із твердим покриттям).

Ця характеристика дозволяє судити про відсутність або наявність грубих порушень в регулюванні паливної системи, в установці запалювання й про опори в трансмісії й ходової частини. Контрольна витрата визначається на автомобілі з повним (номінальним) навантаженням на вищій передачі при русі з постійною швидкістю (ГОСТ 20306-85).

Контрольна витрата визначається по заїздах на ділянці 3...5 км. При випробуваннях застосовуються прилади з мірними циліндрами (рис. 6.8), з мірними кулями (рис. 6.9) або лічильник- паливомір.

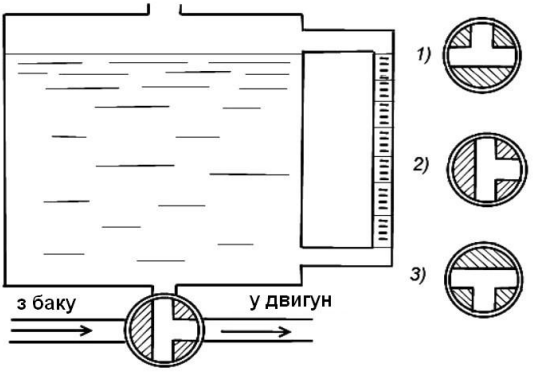
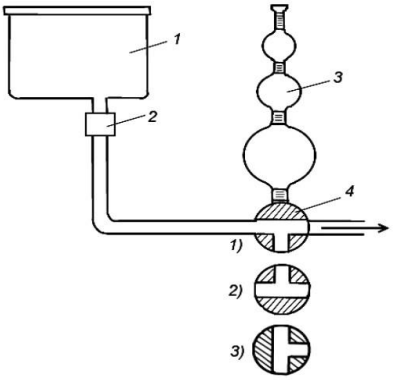


Рисунок 6.8 – Схема побудови мірного циліндру

Прилад включається між паливним баком і насосом. Заповнюється він насосом або використовується розрядження в циліндрі (якщо прилад розташований вище бака). При випробуваннях витрата палива визначається при проходженні автомобілем мірної ділянки, час заміряється секундоміром. До недоліків приладу можна віднести падіння рівня в мірній трубці в момент перемикання на двигун за рахунок різниці тисків, тому що прилад розташовується вище бака й переривчасте заповнення поплавкової камери.



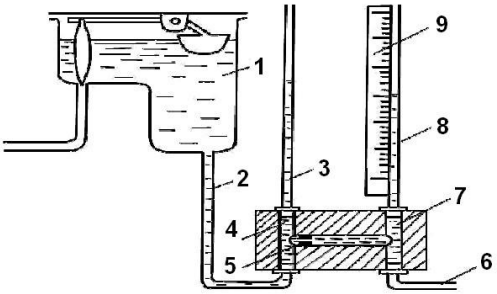
1 – бак; 2 – фільтр; 3- мірні кулі; 4 – 3-х ходовий кран;
1) заповнення карбюратора з паливного баку;
2) заповнення мірних куль та постачання двигуна;
3) вимір витрат палива

Рисунок 6.9 – Схема побудови мірних куль

Іншим приладом, часто застосовуваним для вимірів є пристрій з мірними кулями. Обсяги куль строго виміряні, як правило, верхня куля вміщає один літр, середня куля - три літри, нижня куля - п'ять літрів. Витрата визначається шляхом виміру часу витрати відомого обсягу палива. Лічильник - паливомір ставиться між бензонасосом і карбюратором, паливною рейкою. Він подає паливо у двигун малими порціями постійного обсягу - 4 $см^2$. Лічильник призначений для виміру витрати палива при випробуваннях двигунів.

Для визначення миттєвих значень витрат палива застосовуються, так звані, флоуметри (рис. 6.10). Прилад заснований на вимірі напору палива при проходженні каліброваного отвору. Трубка 3 фіксує тиск у камері 4, а трубка 8 - у камері 7. Шкала проградуйована в кг/годину. При збільшенні витрати палива в одиницю часу знижується рівень палива у вимірювальній трубці 8, відповідно зростає напір і швидкість протікання палива через калібрований отвір 5, що можна спостерігати по шкалі цієї трубки.

Для вимірів витрати палива при діагностиці автомобілів поширені об'ємні (наприклад, К-516.02, КИ-8940, UZP-3, UZP-6, Мотекс, ЭЮФ-80М, Фловтроник-205), ротаметричні (РТА-2, КИ-12371) і турбінні (КИ-13967, К-427) витратоміри палива.



1 - поплавкова камера, що створює постійний статичний напір;
2 – трубопровід; 3 - трубка, що фіксує рівень у
поплавковій камері; 4 - камера розподілу; 5 – жиклер;
6 - трубка карбюратора; 7 - камера тиску;
8 – трубка визначення тиску у камері; 9 – шкала

Рисунок 6.10 - Схема побудови простого флоуметра:

Дорожня економічна характеристика (паливна характеристика усталеного руху) - це залежність витрати палива від швидкості автомобіля при постійному режимі руху на кожній швидкості. Виміри проводяться в обох напрямках на рівній горизонтальній ділянці дороги із сухим покриттям.

Заїзди починаються з максимальної швидкості, потім через рівні інтервали в 10 км/год для вантажних автомобілів і автобусів і в 20 км/год для легкових автомобілів зменшуються аж до мінімально стійкої швидкості руху. Залежно від тягових особливостей автомобіля випробування проводяться або на вищій передачі, або на попередній передачі. Витрата палива визначається мірними циліндрами. Швидкість контролюється тарованим спідометром. Виміряються час проходження мірної ділянки дороги довжиною не менш 1 км і кількість витраченого палива.

Остаточним результатом є середньоарифметична величина витрати при заїздах в обидва боки, округлена до 0,1 л/100 км. Виміри можуть проводитися для різних навантажувальних станів автомобіля. За результатами вимірів, отриманим при заїздах в обох напрямках, будується осереднена крива, що визначає дорожню економічну характеристику (рис. 6.11).

Паливна характеристика при русі по дорозі зі змінним поздов-

жнім профілем знімається на тому самому ділянці іспитової дороги (як правило, на автополігоні) для одержання порівнянних результатів для всіх порівнюваних автомобілів.

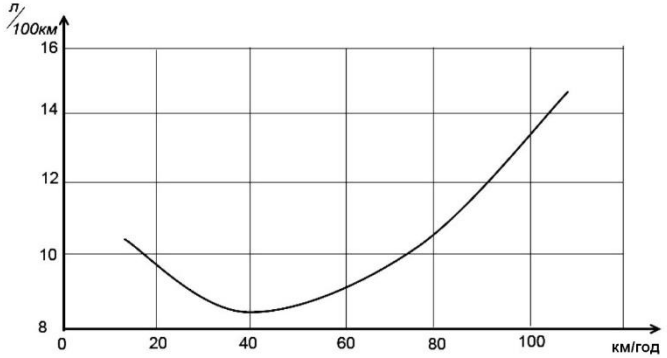


Рисунок 6.11 - Вид дорожньої економічної характеристики автомобіля

Для наближення умов експерименту до умов експлуатації автомобілів на дорогах загального користування, де звичайними є затримки й перешкоди руху від інших транспортних засобів, при знятті характеристики обмежуються найбільші швидкості, що допускаються в ході окремих заїздів. При визначенні кожної точки характеристики пробіг випробуваного автомобіля повинен бути виконаний по встановленому кільцевому маршруту з найбільшою можливою швидкістю, але без перевищення на жодному з ділянок маршруті встановленої граничної для даного заїзду швидкості.

Граничні швидкості задаються в певному діапазоні, починаючи від номінальної швидкості автомобіля до нижчої межі, установлюваної, виходячи з максимальної швидкості автомобіля.

На спусках щоб уникнути перевищення заданої швидкості слід застосовувати гальмування двигуном, гальмом-сповільнювачем (при його наявності) або робочою гальмовою системою (плавне пригальмовування). Аналогічним образом проводять заїзди на всіх режимах, що відрізняються заданими граничними швидкостями руху. За отриманим даними підраховують середні швидкості й середні витрати палива в кожному заїзді. Результати кожної пари заїздів усереднюють.

По підрахованих середніх значеннях швидкостей і питомих витрат палива (на одиницю шляху) для кожного обмеження швидкості будуються характеристики: швидкісна залежність, що виражає, серед-

ню швидкість від заданої граничної (у кожному заїзді), і паливну, що є залежністю середньої питомої витрати палива від середньої швидкості в заїзді.

Паливна характеристика циклічного руху визначається для автомобілів, робота яких в експлуатації носить циклічний (періодично повторюваний) характер, таких, як, наприклад, міські автобуси, автомобілі-самоскиди, автомобілі торговельної або поштової служби.

Для них доцільно визначати витрати палива при циклічному режимі руху, що відтворює типізованому (узагальненому) виді найбільш характерні для автомобіля даного призначення експлуатаційні умови.

Елементи експлуатаційних циклів реєструються в процесі спеціальних попередніх випробувань за допомогою, так званої, режимометричної апаратури. При цьому фіксуються шлях циклу, число й тривалість зупинок, час руху, число включень окремих передач і час (або шлях) руху на передачах, число включень зчеплення, число й інтенсивність гальмувань, витрата палива, навантаження двигуна (наприклад, по положенню органу паливоподачі) і т.п.

Після математичної статистичної обробки формується іспитовий цикл, який відтворюється при визначенні витрати палива в процесі циклічного руху.

Витрата палива й час руху автомобіля виміряються на заданій дистанції (наприклад, на автобусному маршруті), яка може включати кілька десятків або сотень окремих циклів. За цим даними підраховується питома витрата палива на одиницю шляху й середня швидкість, яку визначається як за загальним часом шляху, включаючи час зупинок (середня експлуатаційна швидкість), так і за чистим часом руху (середня швидкість руху).

Паливна економічність на дорогах загального користування звичайно визначається при заїздах на досить довгу дистанцію (50-100 км і більше) з виміром витрати палива й середньої швидкості руху по декількох типових видах автомобільних доріг, у тому числі по автомагістралях, дорогах з нерівним твердим покриттям, ґрунтовим, гірським і т.п., а також у міських умовах.

На цих дорогах вибираються найбільш характерні ділянки й на них проводяться заїзди, звичайно у двох взаємно протилежних напрямках. Пройдений у кожному заїзді шлях визначається по каліброваному лічильникові шляху з контролем, де можливо, по кілометрових колійних знаках. Час руху виміряється секундоміром.

Витрата палива заміряється за допомогою об'ємного лічильника-паливоміра або знімного мірного бачка (зважуванням або за обсягом). Параметри швидкісного режиму реєструються самописним приладом (наприклад, автометром).

Дорожня регулювальна характеристика визначає можливості регулювань паливних приладів двигуна, які дозволяють змінити показники потужності двигуна, що й впливають на економічність.

Як правило, завод-виготовлювач дає граничні регулювання, тому виникає необхідність знайти оптимальне регулювання. Це досягається рядом заїздів з різними регулюваннями до досягнення максимальної швидкості. Підраховуються витрати палива на максимальній швидкості й на кращій приємістості. Витрата береться на одиницю шляху.

Наведена витрата палива - це частина загальної витрати палива при розгоні, енергія якої витрачається на подолання опору повітря й дороги, на відміну від іншої частини палива, яка перетвориться в кінетичну енергію руху автомобіля.

Ця витрата визначається при заїздах по циклу "розгін - накат" з виміром загального шляху й витрати палива на розгін.

$$Q = 100Qp/Sц, \quad (6.1)$$

де Qp - витрата палива на розгін;

Sц - шлях циклу, м.

При цих випробуваннях використовуються росходовимірні прилади, які призначені для визначення миттєвої витрати палива (сумарного або на одиницю шляху).

Найпоширеніші витратоміри, які розраховано на діапазон 0,5-40 л/год із дискретністю 1см^3. Ці витратоміри встановлюються між паливним насосом і карбюратором (у дизелів - після насоса низького тиску, що підкачує). Дія їх заснована на послідовному переміщенні поршнів у циліндрах під тиском палива, що надходить від паливного насоса двигуна. Поршні зв'язані шатунами із кривошипом центрального валика. Діаметр циліндрів і хід поршнів розраховані так, що за один оберт валика витісняється 2 см^3 палива.

Імпульси від витратомірів надходять на друкуючі прилади й підраховуються ними або протягом 3,6 с, або на шляху 100м. Результати підрахунку видаються в цифровій формі й відповідають годинній ви-

траті палива або витраті палива в літрах на 100 км шляху.

При оцінці наведеної витрати палива середнє прискорення Jp підраховується по формулі:

$$Jp = V_2 - V_1/3{,}6\ Tp, \quad (6.2)$$

де V_1 і V_2 - відповідно швидкість кінця й початку розгону в км/год;

Tp - час розгону в секундах.

Витрата палива на холостому ходу визначає загальну паливну економічність автомобіля, тому що значний час двигун працює на холостому ходу (при прогріві, на стоянці, перед світлофором, у пробках і т.п.).

Зростаючі останнім часом екологічні вимоги щодо шкідливих викидів автомобілів, також вимагають проведення спеціальних випробувань для визначення токсичності відпрацьованих газів під час руху за допомогою сучасної апаратури (рис. 6.12).



Рисунок 6.12 – Апаратура для виміру токсичності відпрацьованих газів під час дорожніх випробувань

6.2 Завдання до практичного заняття

Спочатку необхідно уважно ознайомитися із представленою теоретичною частиною, зрозуміти методику проведення випробувань автомобілів на тягово-швидкісні властивості й паливну економічність, і написати звіт про виконану роботу.

6.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття дати відповіді на наступні питання.

1. Яка методика визначення V_{max}?
2. Як визначити шлях, час і прискорення розгону?
3. Як виміряються шлях, час, швидкість і як вони видаються в цифровому форматі?
4. Для чого використовуються акселерометри?
5. Який принцип дії гідравлічного акселерометра?
6. Який принцип дії електронного акселерометра?
7. Як визначається величина подоланого кута підйому?
8. Яка методика стендових тягово-швидкісних випробувань?
9. Які конструктивні й експлуатаційні характеристики визначаються на стендах?
10. Які основні характеристики паливної економічності?
11. Що впливає на паливну економічність?
12. Чи існує єдиний показник економічності?
13. Як визначається контрольна витрата палива?
14. Як влаштований прилад для визначення контрольної витрати палива з мірними циліндрами?
15. Принцип роботи приладу з мірними циліндрами.
16. Як працювати із приладом, що має мірні кулі?
17. Як визначається дорожня економічна характеристика?
18. Як будується графік дорожньої економічної характеристики?
19. Як визначається паливна характеристика при русі по дорозі зі

змінним профілем?

20. Для яких автомобілів визначається паливна характеристика циклічного руху?
21. Які елементи експлуатаційних циклів фіксуються в процесі випробувань?
22. Як визначається питома витрата палива на одиницю шляху (1 км)?
23. Як визначається паливна економічність при русі на дорогах загального користування?
24. Як визначається пройдений шлях, час руху, витрата палива, параметри швидкісного режиму?
25. Яка методика визначення витрати палива на максимальній швидкості?
26. Як визначається наведена витрата палива?
27. Який принцип роботи витратоміра для визначення миттєвої витрати палива?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7. ВИПРОБУВАННЯ НА СТІЙКІСТЬ, КЕРОВАНІСТЬ І МАНЕВРЕНІСТЬ

Мета: Вивчить методику визначення кута поперечної стійкості, бічного крену, заносу на повороті, керованості й маневреності.

7.1 Загальні відомості

Випробування автомобілів на стійкість, керованість і маневреність.

У сучасному трактуванні керування автомобілем визначається здатністю системи "водій - автомобіль - дорога" (ВАД) зберігати стійкість керування в заданих умовах і режимах руху. Стійкість керування - це властивість системи ВАД виконувати з необхідною точністю заданий закон руху, який складається зі стійкості керування траєкторією, швидкістю, прискоренням і затримкою, стійкості курсового керування й поперечною стійкістю.

Під стійкістю розуміється здатність колісної машини рухатися в різноманітних умовах без перекидання й без бічного ковзання коліс усіх осей або однієї з них, тобто стійкість керування траєкторією - це властивість системи ВАД відслідковувати задану траєкторію руху, а стійкість курсового керування визначає можливість регулювання різниці кутів відведення на осях після втрати автомобілем курсової стійкості.

Стійкість колісної машини безпосередньо пов'язана з іншою важливою якістю - керованістю. Під керованістю розуміється здатність колісної машини точно додержуватися повороту керованих коліс.

Основними оціночними показниками автомобіля є:

- коефіцієнт поперечної стійкості;
- кут перекидання;
- кут крену;
- стійкість керування траєкторією (у балах);
- стійкість курсового керування (у балах);
- стійкість проти перекидання (у балах);
- стійкість керування швидкістю (у балах);
- стійкість керування затримкою (у балах);

- стійкість керування траєкторією при гальмуваннях;
- гранична швидкість виконання маневру.

Для оцінки стійкості керування використовується шкала бальних оцінок: 5,0 - відмінно, поліпшувати не потрібно, водій не відчуває утруднень при керуванні автомобілем; 4,5 - неясно: добре або відмінно; 4,0 - добре, бажане поліпшити, водій відчуває невеликі утруднення в невідповідності реакції автомобіля на керуючий вплив; 3,5 - неясно: посередньо або добре; 3,0 - посередньо, необхідно поліпшити, водій зазнає труднощів; 2,5 - неясно: задовольняє чи ні; 2,0 - погано, необхідні зміни, водій працює на межі своїх можливостей, найменша помилка приведе до втрати стійкості керування; 1,5 - неясно: чи буває гірше; 1,0 - гірше не може бути, стійке керування неможливе.

Визначення кута поперечної (бічної) стійкості.

Кут поперечної (або бічної) стійкості автомобіля визначається в стаціонарних умовах на спеціальному стенді або при русі автомобіля по косогору із твердим рівним ґрунтом і поступово збільшується з ухилом. При русі в момент досягнення колісною машиною хиткої рівноваги, тобто початку бічного перекидання, рух припиняється, і вимірюється кут нахилу косогору, якщо він заздалегідь не позначений (звичайно ставлять стовпчики через кожні 30° збільшення кута нахилу, на яких позначений кут косогору в градусах).

Щоб уникнути перекидання й аварії при випробуваннях слід застосовувати запобіжні пристрої у вигляді троса (рис. 7.1) або спеціальних упорів на випробовуваній машині. Один кінець троса кріпиться до випробовуваної машині, а інший до рами машини супроводу.

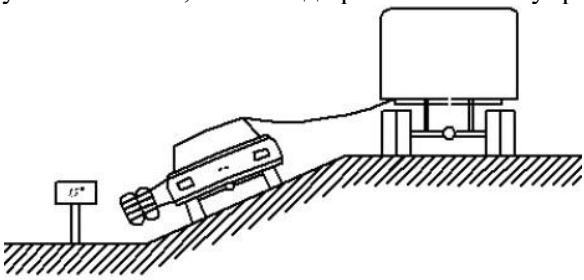


Рисунок 7.1 - Схема випробувань на косогорі

При визначенні кута бічної стійкості в стаціонарних умовах випробовувана машина встановлюється на твердій платформі або рамі.

Потім одну сторону цієї платформи або рами піднімають за допомогою талі, механічного підйомника або гідропідйомника. Платформа піднімається поступово з інтервалами кута нахилу не більш 5, аж до початку відриву від опорної поверхні коліс однієї сторони. Стенд обов'язково обладнується пристроєм, що попереджує перекидання машини.

При досягненні граничного положення машини кут нахилу платформи фіксується кутомірним приладом.

Досліди повторюються для двох вагових станів:

- без вантажу;
- з повним навантаженням.

У цьому випадку вантаж (не сипучий), розташовується так, щоб його центр ваги збігався із точкою перетинання діагоналей кузова (рис. 7.2).

Для автомобілів-самоскидів і причепів-самоскидів з розвантаженням у сторони необхідно додатково визначати стійкість при розвантаженні на косогорі. Для кількісної й порівняльної оцінки стійкості машини проти перекидання можна використовувати коефіцієнт бічної стійкості ho, який являє собою відношення колії автомобіля B до висоти центру ваги hg.

$$h_0 = B/2hg \tag{7.1}$$

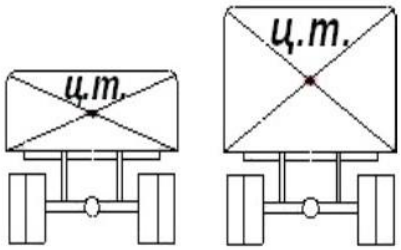


Рисунок 7.2 - Розташування центру ваги вантажу в кузові

Тому що ho - чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу дороги, при якому наступає хитка рівновага, то звичайно його значення зіставляють із величиною експериментально знайденого кута перекидання.

Визначення кута перекидання в стаціонарних умовах переважніше, тому що цей спосіб може застосовуватися в будь-який час року й дає більш стабільні й порівнянні результати в порівнянні з дорожні-

ми випробуваннями. З іншої сторони в дорожніх умовах точніше визначається реальний кут перекидання на різних опорних поверхнях, тому що при цьому діють багато зовнішніх впливів, які не можуть бути враховані на стендах.

Визначення бічного крену шини.

У лабораторних умовах бічна стійкість кузова й інших підресорених частин може бути оцінена по величині кутової твердості λ підвіски, що представляє собою відношення моменту М, що нахиляє підресорені маси в поперечній площині, до викликуваного їх куту нахилу α. Кутова твердість λ визначається експериментально додатком до кузова відомих моментів М і виміром кутів α (рис. 7.3). Додавання моменту М може бути здійснене за допомогою рамки, укріпленої на автомобілі в площині центру ваги кузова, на яку з однієї сторони діє піднімальний пристрій, а з іншого така ж сила в протилежному напрямку.

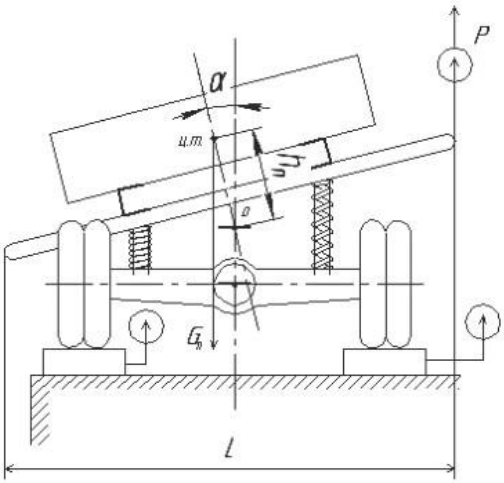


Рисунок 7.3 - Схема визначення кутової твердості підвіски автомобіля

У цьому випадку бічна твердість підвіски визначиться з вираження:

$$\lambda = \frac{M}{\alpha} = \frac{0{,}5PL + G_{\text{П}} h_{\text{П}} \sin\alpha}{\alpha} \qquad (7.2)$$

де Р - зусилля динамометра;

L - плече дії сили;

α - кут крену в поперечній площині;

$G_п$ - вага підресорених частин;

$h_п$ - відстань центру ваги підресорених мас від осі поперечних коливань автомобіля.

Для визначення моменту М необхідно попередньо визначити вагу підресорених частин і розташування їх центру ваги. Потім визначається положення осі поперечних коливань.

Вісь поперечних коливань являє собою геометричне місце точок, навколо яких повертаються підресорені маси під дією поперечного моменту (рис. 7.4).

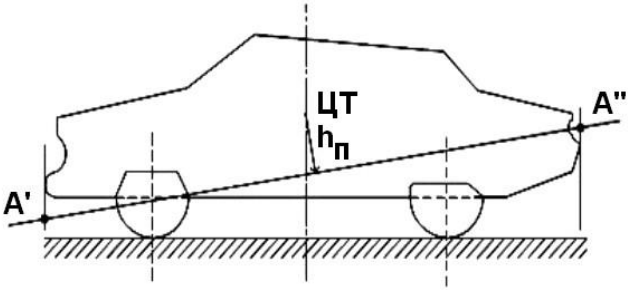


Рисунок 7.4 - Розташування осі поперечних коливань

Внаслідок високої твердості рами й кузова машин це геометричне місце точок близько до прямої, що лежить при нейтральному положенні кузова в поздовжній вертикальній площині симетрії машини. Положення осі поперечних коливань A'-A" обумовлюється кінематикою передньої й задньої підвісок і може бути по різному нахилене до горизонталі. Для експериментального знаходження осі поперечних коливань машина встановлюється на горизонтальному рівному майданчику й до кузова прикріплюється мірна дошка (рис. 7.5).

Вісь мірної дошки повинна точно збігатися з поздовжньою віссю симетрії машини. До двох точок A_1 і A_2 на осі мірної дошки підводять покажчики. Потім кузов повертається за допомогою рамки, як описано вище, і відзначаються покажчиками нові точки A_3 і A_4. Точка $A_к$, будучи миттєвим центром обертання кузова (тому що вона лежить на перетинанні прямих A_1A_2 і A_3A_4), буде лежати на осі поперечних коливань.

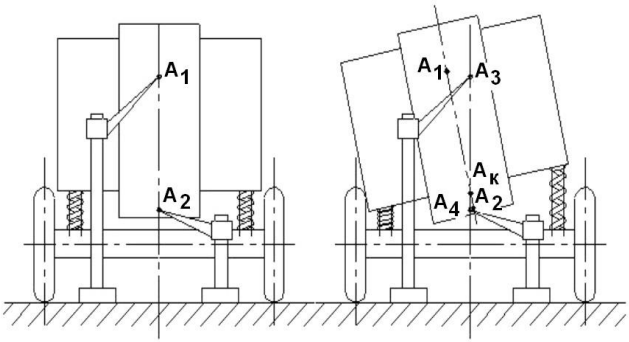


Рисунок 7.5 - Схема визначення осі поперечних коливань

Провівши таке випробування попереду й позад машини, знаходять положення осі поперечних коливань (перевіряють нахилом кузова в обидва боки). Вісь поперечних коливань можна визначити фотозйомкою яскравої точки на кузові (на осі симетрії) з великою експозицією при розгойдуванні кузова. Для невеликих кутів нахилу (до 8°) можна прийняти sinα ≈ α, тоді:

$$\lambda = \frac{PL}{2\alpha} + G_{П} h_{П} \quad . \tag{7.3}$$

При визначенні бічної твердості А рекомендується контролювати вагу, що діє на колеса. Для цього колеса ставляться на ваги.

У дорожніх умовах бічна стійкість кузова машини оцінюється безпосередньо по куту його крену при русі на повороті з різними швидкостями. Запис ведеться самописом за допомогою гіроскопа й позначника часу.

Випробування проводяться на дорогах автополігону (швидкісній, динамометричній, бруковій рівного замощення, гірській й на круглому іспитовому майданчику), а також на дорогах загального користування (третьої категорії), що включають повороти малих радіусів і ділянки з нерівним покриттям.

Випробування на увод й занос колісної машини на повороті.

Сукупність якостей, що забезпечують відповідність дійсного напрямку руху заданому кермом, визначає керованість колісної машини. Причинами, що викликають відхилення від прямолінійного ру-

ху, можуть бути зовнішні фактори:

- поперечний ухил дороги;
- нерівності дороги;
- бічний вітер;
- фактори, обумовлені конструкцією й станом машини;
- неоднаковість тиску в шинах;
- неправильна установка коліс;
- наявність зазорів у кермовому приводі;
- неврівноваженість коліс;
- перекіс осей коліс у горизонтальній площині, викликаний різним прогином правої й лівої підвісок, фактори руху;
- бічний вітер;
- відцентрові сили на повороті.

При русі машини по дорозі (а всі дороги мають нерівності) площина обертання коліс може змінюватися залежно від кінематики підвіски. Виникаючий при цьому гіроскопічний ефект буде прагнути повернути керовані колеса.

Невідповідність кінематики кермового привода й підвіски при реальній деформації пружних елементів також може викликати кутові коливання керованих коліс. У тих випадках, коли прогин пружних елементів підвіски супроводжується зміною кутів нахилу шворнів у поздовжній і поперечній площинах, порушується стабілізація керованих коліс при русі.

Машина внаслідок бічної еластичності шин може почати рух під кутом до заданого напрямку. Цей кут називається кутом бічного відведення. Оцінка керованості машини проводиться тільки дорожніми випробуваннями. У цьому випадку звичайно визначаються:

- бічні сили (бічні реакції на колесах);
- амплітуди й частоти кутових коливань керованих коліс навколо шворнів;
- сумарний кут повороту кермового колеса, необхідний для підтримки прямолінійного руху на ділянці шляху;
- кути відведення передньої й задньої осей.

Бічні сили (бічні реакції на колесах) звичайно виміряються за допомогою динамометричних маточин (рис. 7.6). Такі маточини виконуються або з гідравлічною, або тензометричною ланкою, а іноді й з їхньою комбінацією. На цапфі 3 колеса 1 установлена бронзова втулка

4, що допускає обертання й осьове переміщення маточини 2. З маточиною 2 зв'язаний (для тривалих випробувань ставиться через упорні підшипники) корпус поршня 7.

Поршень 7 може переміщатися в циліндрі 8. На цапфі закріплена кришка 5 циліндра. Між кришкою циліндра 5 і корпусом циліндра 8 установлена діафрагма 6. Бічні зусилля реєструються або самописним манометром (тиск міняється в порожнині між діафрагмою й кришкою), або тензоапаратурою. Датчики клеяться на діафрагму. За результатами випробувань будуються графіки залежності бічної сили від швидкості руху по колу заданого радіуса.

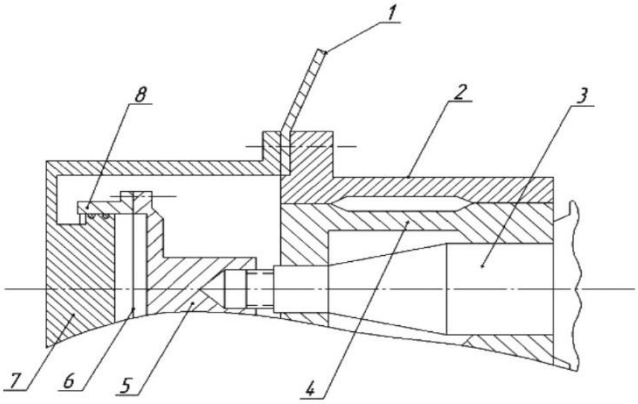


Рисунок 7.6 - Динамометрична маточина колеса

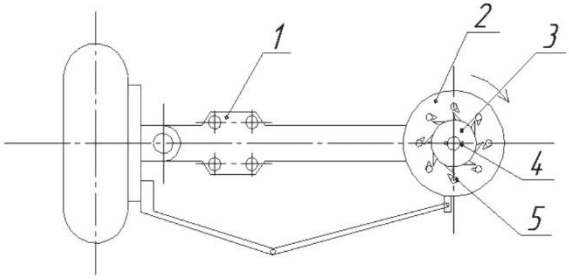
Так наприклад при випробуваннях автомобілів ВАЗ-2116 по колу радіусом в 20 метрів виявлено, що до 22 км/год бічна реакція розподіляється між передніми колесами майже нарівно. При збільшенні швидкості внутрішнє колесо починає сприймати все меншу частину бічної сили, і при швидкості 27 км/год відбувається падіння бічної реакції.

Швидкість, при якій починається перерозподіл навантажень, відповідає проковзуванню внутрішнього колеса, а зменшення абсолютного значення бічної реакції на колесах означає початок ковзання.

Кутові коливання керованих коліс звичайно реєструються по коливаннях торця гальмового барабана або гальмового диска. Биття торця барабана (або диска) записуються вимірювальною тензоапаратурою або за допомогою спеціалізованих інформаційно-вимірювальних систем. Коливання передніх коліс можуть бути оціне-

ні також по сумарному куту їх повороту при прямолінійному русі з різними швидкостями (рис. 7.7).

При коливаннях колеса навколо шворня за рахунок системи важелів гойдається диск 2, а храпове колесо повертається храповиками в одну сторону, накопичуючи кут повороту за проміжок часу. Контакти 4 посилають сигнал у підсумовуючий лічильник (це механічний інтегратор). Точність результату залежить від кроку храповика. Потім будується графік зміни кута коливань колеса на швидкостях при проходженні 1 км шляху. Зміни положення кермового колеса звичайно реєструються реостатними датчиками.



1 - передня вісь; 2 - поворотний диск; 3 - храпове колесо;
4 – контакти; 5 – храповик

Рисунок 7.7 - Схема виміру сумарного кута повороту керованих коліс

Кути відведення передньої й задньої осей характеризують стійкість і керованість колісних машин, як при прямолінійному русі, так і на повороті. Виникаюча при русі автомобіля на повороті відцентрова сила змусить колеса внаслідок бічної еластичності шин переміщатися в напрямках, що не збігаються із площиною обертання (рис. 7.8).

Кути бічного уводу, що виходять між площинами обертання коліс і дійсними напрямками їх руху позначені: $\delta_з$ - кут бічного уводу задніх коліс; $\delta_п$ - кут бічного уводу передніх коліс. Наявність цих кутів приводить до того, що центр повороту машини буде перебувати не в точці O_1 (теоретичний центр), а в точці О (дійсний центр).

Якщо $\delta_з > \delta_п$, то автомобіль рухається по кривій меншого радіусу, ніж той, який відповідає куту повороту передніх коліс.

При деякої "критичній" швидкості цей радіус буде безупинно зменшуватися, отже, буде збільшуватися відцентрова сила й кут уводу коліс, поки не настане втрата зчеплення, тобто бічне ковзання (занос).

При $\delta_з < \delta_п$ машина буде повертатися на більшому радіусі, ніж задане передніми кутами повороту керованих коліс.

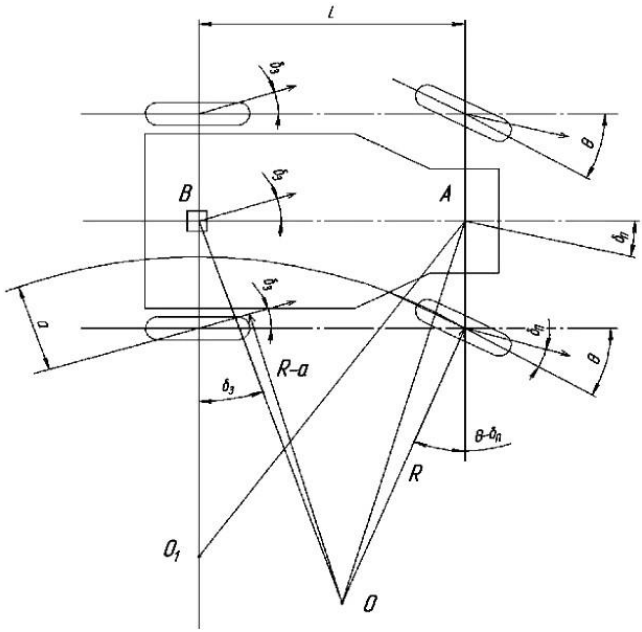


Рисунок 7.8 - Схема уводу автомобіля на повороті

Таким чином, ці кути бічного уводу визначають властивості зайвої або недостатньої повертальності машини. Кількісну оцінку цієї властивості можна зробити тільки експериментально.

Експериментально визначаються кути бічного уводу трьома способами:

- за допомогою теодоліта або проекційного апарата при русі автомобіля по заданому колу;
- слідами шин, що залишаються;
- за допомогою "п'ятого колеса".

Перший метод зводиться до виміру кутів повороту коліс і радіусів окружностей, по яких вони котяться в дійсності при заданому повороті керма й постійній швидкості руху.

Для одержання чітких слідів шин застосовується спеціальне покриття, що не погіршує зчеплення шин з дорогою (що швидко висихають спецемульсії). Зіставляючи дійсні траєкторії коліс із площина-

ми їх обертання, можна знайти кути бічного уводу.

При використанні теодоліта машина рухається на гладкому майданчику по окружності заданого радіуса, яку наносять фарбою на дорозі. Теодоліт установлюється в кузові машини над задньою віссю так, щоб його оптична вісь була перпендикулярна поздовжній осі машини. Установка проводиться на нерухливому автомобілі, який стоїть на позначеній фарбою окружності, у центрі якої стоїть віха наведення оптичної осі теодоліта.

Випробування проводяться на постійній швидкості, причому в русі теодоліт удруге наводиться на віху, у результаті чого кут зміни й буде вказувати увод коліс задньої осі. Знаючи кут $\delta_З$ і кут повороту керованих коліс Θ можна визначити кут $\delta_п$. Якщо замість теодоліта в кузові встановлюється проекційний апарат, то кут уводу визначається на матовому екрані по зсуву зображення віхи. Цей метод дозволяє спостерігати увод й визначати характер його зміни. Фіксувати увод можна, якщо замість проекційного апарата встановити кінокамеру.

Метод 5-го колеса суттєво відрізняється від попередніх. Коли немає уводу задніх коліс (мала швидкість) 5-е колесо котиться по окружності, по якій іде середина мосту автомобіля. Коли швидкість збільшується й починається увод, то міст автомобіля зміщається, а 5-е колесо продовжує котитися по тій же окружності. Кути уводу машини при прямолінійному русі визначаються після додавання бічної сили. Ця сила створюється за допомогою установки крил або бічної тяги тросом від машини, що йде паралельно (рис. 7.9).

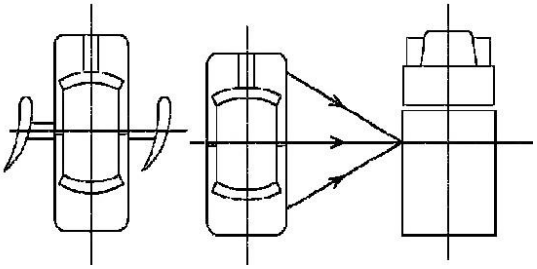


Рисунок 7.9 - Схеми створення бічної сили

У перерахованих випробуваннях для запису динамічних параметрів руху може використовуватися вимірювальний комплекс Corrsys Datron, що дозволяє визначати до 25 параметрів руху автомобіля.

Основними приладами комплексу є: датчик швидкості й уводу

(рис. 7.10); датчик коливань колеса (рис. 7.11); вимірювальне кермо (рис. 7.12); двохкоординатний безконтактний вимірювач швидкості й кута положення кузова; вимірник положення колеса по осях X, Y, Z; кут повороту (рис. 7.13); кут нахилу, вимірювач гальмівного зусилля та інші пристрої.



Рисунок 7.10 – Датчик швидкості та уводу



Рисунок 7.11 – Датчик коливань колеса



Рисунок 7.12 – Вимірювальне кермо



Рисунок 7.13 – Датчик положення колеса

Випробування автомобілів на керованість.

У результаті випробувань визначаються параметри, що характеризують керованість системи "автомобіль - водій", і знаходять характеристики автомобіля, що виявляють вплив на його керованість. Керованість системи "автомобіль - водій" - це здатність автомобіля, керованого водієм, зберігати заданий напрямок руху або змінювати його за бажанням водія впливом на рульове керування в певних дорожніх умовах.

Керованість автомобіля тісно пов'язана зі стійкістю, тому що чим вище стійкість, тим більше наближається фактична траєкторія руху автомобіля до траєкторії, що задається водієм. Тому при випробуваннях визначають показники, що характеризують стійкість по перекиданню, курсову стійкість, тобто здатність зберігати заданий напрямок руху й бічну стійкість, яка характеризує бічні зсуви при русі.

Показники керованості й стійкості визначаються при русі автомобіля як у нормальних експлуатаційних умовах, так і по розмічених траєкторіях на спеціальних майданчиках.

Випробуванням піддають автомобілі, параметри яких відповідають технічним умовам при повній їхній масі. Попередньо обов'язково перевіряються кути установки керованих коліс, зазори в рульовому керуванні, тиск повітря в шинах, зношування протектора шин, який не повинен перевищувати 30 % його первісної висоти. Довжина ділянок повинна становити 500 м при русі зі швидкостями 10...30 км/год і 1000 м при більших швидкостях.

Під час випробувань визначається комплекс показників, що характеризують керованість і стійкість автомобіля: бічні відхилення автомобіля, коливання курсового кута, крени та коливання кузова автомобіля (рис. 7.14), чутливість автомобіля до керування, стабілізація положення керованих коліс, величини зусиль на кермовому колесі та ін.

Випробування на керованість по спеціально розмічених траєкторіях включають рух по прямій (курсова стійкість), переклад автомобіля з однієї смуги руху на іншу (переставка), поворот з переходом на кругову траєкторію (вхід у поворот), "ривок керма" і "змійку" (рис. 7.15 – 7.16). Курсова стійкість перевіряється на прямолінійних ділянках доріг шириною не менше 3,5 м, з поздовжнім ухилом до 1 % і поперечним - не більш 0,5 %. Випробування проводяться на дорогах з асфальтобетонним або цементобетонним покриттям у сухому й мок-

рому станах з обмеженою величиною нерівностей і із установленими на дорогах штучними перешкодами певної форми й розмірів, а також із бруковим сухим покриттям гарної якості й на укочених засніжених дорогах. На кожній ділянці проводиться не менш восьми заїздів у кожному напрямку з різними швидкостями.



Рисунок 7.14 – Коливання кузова автомобіля під час екстренного гальмування



Рисунок 7.15 - Поворот з переходом на кругову траєкторію



Рисунок 7.16 – "Ривок керма"

При випробуваннях на сухій асфальтобетонній або цементобетонній дорозі швидкості повинні бути менше максимальної на 10 км/год для легкових автомобілів і на 5 км/год для вантажних автомобілів і автобусів. Випробування на всіх інших типах доріг для всіх автомобілів проводяться при максимально можливій швидкості руху за умовами безпеки.

Відхилення поздовжньої осі автомобіля від заданого прямолінійного руху записуються за допомогою гіроскопічного напівкомпаса, а кути повороту кермового колеса реєструються на стрічці осцилографа, магнітографа або за допомогою комп'ютера (наприклад, через дротовий круговий потенціометр).

Перестановка проводиться при обгоні, при підготовці до повороту, при об'їзді перешкоди, що раптово з'явилася. Випробування зі зміною смуги руху характеризують керованість і стійкість автомобіля й проводяться при різних станах поверхні твердого дорожнього покриття. На ділянці дороги (рис. 7.17 - 7.18) за допомогою переставних яскраво пофарбованих конусів розмічають смуги, по яких водій повинен вести автомобіль, не збиваючи й не зміщаючи розмічальних конусів зі зміною смуги руху.



Рисунок 7.17 – Випробування "переставка"



1 - вертикальні обмежники розмітки коридору руху;
2 - датчики виміру швидкості автомобіля

Рисунок 7.18 - Схема розмітки майданчика для випробувань "переставка"

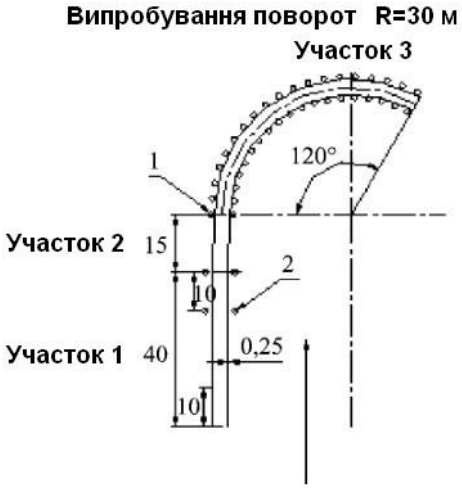
Показником керованості при цьому є найбільша швидкість, при якій виконуються вимоги зміни смуги руху. Крім того, визначається

кут крену машини, зусилля на кермовому колесі й кути його поворотів, зсуву поздовжньої осі автомобіля від положення, відповідного до прямолінійного руху.

При вході у поворот визначається гранична швидкість руху на повороті постійного радіусу з високим коефіцієнтом зчеплення у момент втрат керованості автомобіля, викликаної перекиданням, заносом або, що невписованістю у задану траєкторію.

Радіус повороту встановлюється рівним 25 метрів для вантажних автомобілів і автобусів із числом місць більше 10 і 35 метрів - для легкових автомобілів і автобусів малої місткості.

Перед ділянкою входу в поворот наносять дві лінії прямолінійного коридору й перехідну криву, по якій автомобіль входить у рух по колу (рис. 7.19).



1 - вертикальні обмежники коридору руху;
2 - датчики швидкості

Рисунок 7.19 - Випробування "поворот" з радіусом 30 м:

Випробування "ривок керма" проводяться з попереднім розгоном для автомобілів категорій Ml, M2, N1, N2 до швидкості 80 ± 3 км/год, категорій M3, N3 - до 60 ± 3 км/год. При в'їзді із цією швидкістю на разворотний майданчик проводиться різкий поворот керма з кутовою швидкістю не менш 400 град/с.

Кут повороту кермового колеса збільшується в послідовних заїздах до виникнення бічного (відцентрового) прискорення до 4,5 м/с^2 або втрати зчеплення шин, а також при початку бічного перекидання.

Випробування виконуються при ривку керма в праву й ліву сторони. Гранична швидкість визначає як курсову стійкість, так і повертальність машини. На рис. 7.20 показана схема руху автомобіля при випробуванні "змійка", де визначаться максимально можлива швидкість синусоїдального руху.

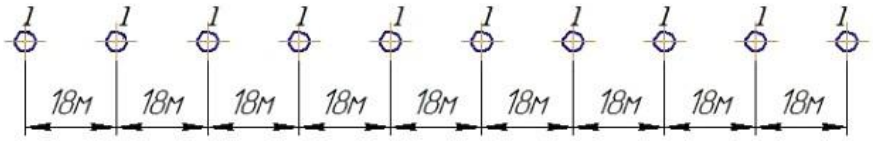


Рисунок 7.20 - Розмітка для руху "змійка"

При перерахованих випробуваннях автомобіль повинен мати одне або два страхових начіпних колеса, встановлених на спеціальних кронштейнах, які обмежують нахил автомобіля при повороті (у період відриву коліс від поверхні дороги) на кут, що не перевищує 25...30.° На легкових автомобілях страхові колеса рекомендується встановлювати на кронштейнах у передніх і задніх бамперів.

До характеристик автомобіля, що виявляють вплив на керованість, відносяться статична й динамічна повертальність, гранична швидкість руху по окружності на дорозі з малим коефіцієнтом зчеплення, стабілізація керованих коліс, найменші радіуси повороту, легкість рульового керування, максимальні кути повороту кермового колеса й керованих коліс, а також кутове передаточне число рульового керування.

Статичною повертальністю характеризується здатність автомобіля пручатися уводу, викликаному дією відцентрової сили при русі по колу із заданою швидкістю.

Випробування проводяться на цементобетонному горизонтальному сухому майданчику діаметром не менше 80 м. Комплект апаратури, установленої на автомобілі, повинен забезпечувати безперервний запис кута уводу задньої осі, шляху й часу, прохідний якою-небудь точкою автомобіля, або кутів уводу обох осей і відцентрового прискорення. Записуються кути уводу за допомогою "п'ятого колеса", установлюваного під задньою віссю двовісного автомобіля або під

серединою бази заднього візка тривісного автомобіля. Допускається зсув "п'ятого колеса" у поперечному напрямку до центру повороту автомобіля.

Під час випробувань автомобіль рухається по окружності діаметром 25 м зі швидкостями, що послідовно збільшуються в заїздах, від мінімальної – 3-4 км/год до граничної, причому швидкість підтримується постійною від початку до кінця проходження довжини окружності. Динамічна повертальність визначається при русі автомобіля по синусоїдальній траєкторії між вішками, поставленими по прямій.

Характеристиками динамічної повертальності є різниця кутів уводу передньої й задньої осей автомобіля, максимальна швидкість обертання кермового колеса за період проїзду синусоїди, різниця фактично зробленого й теоретично необхідного кута повороту кермового колеса на ділянці, обмеженому чотирма вішками.

У якості допоміжного параметра використовується різниця кутів уводу осей у момент досягнення максимального кута повороту кермового колеса. Усі перераховані параметри представляються у вигляді залежності від максимального кутового прискорення при русі по синусоїді. Випробування проводяться на сухій цементобетонній дорозі шириною не менш 10 м, на якій установлюють більше семи вішок.

Відстань між вішками призначається залежно від бази автомобіля, наприклад, 10 м для автомобілів з базою до 2,7 м і 25 м - для автомобілів з базою більш 4,2 м. Автомобіль проходить між вішками на можливо близькій відстані від них.

При випробуваннях швидкості змінюються від максимально можливої до мінімальної – 8-10 км/год з інтервалом 2-3 км/год). Апаратурою записуються кути повороту осі автомобіля, кути повороту кермового колеса, оцінки часу.

Однією з характеристик керованості автомобіля є, гранична швидкість його руху по окружності на горизонтальній поверхні з малим коефіцієнтом зчеплення. Стійкість автомобіля характеризується граничною швидкістю руху передньої осі по окружності (основний параметр) і відцентрове прискорення, при якому відбувається занос однієї з осей автомобіля (допоміжний параметр) рис. 7.21.

Під час випробувань автомобіль рухається по окружності радіусом 15 м на горизонтальному майданчику, щільно та постійно покритому шаром води за допомогою гумових шлангів (рис. 7.22), або льодом у зимовий період року.



Рисунок 7.21 – Занос задньої осі автомобіля під час руху по окружності



Рисунок 7.22 – Рух автомобіля по окружності на горизонтальній поверхні з малим коефіцієнтом зчеплення

При цьому випробуванні водій веде автомобіль переднім лівим колесом по окружності, поступово збільшуючи швидкість до початку заносу, причому збільшення швидкості при проходженні одного кола не повинне бути більш 1-1,5 км/год. Перед початком заносу проводиться безперервний запис кутової швидкості поздовжньої осі авто-

мобіля або кута повороту й часу.

Стабілізація керованих коліс автомобіля визначається по швидкості повернення коліс у нейтральне положення при виході з повороту. Автомобіль рухається зі швидкістю 20 км/год так, що переднє зовнішнє колесо перебуває на окружності радіусом 15 м, нанесеної на рівному й сухому майданчику із твердим покриттям.

По команді водій відпускає кермове колесо, і воно повертається в положення, яке відповідає прямолінійному руху автомобіля. При цьому реєструються зміни кута або швидкості повороту кермового колеса за часом. Рух автомобіля триває з постійною швидкістю до припинення обертання кермового колеса. Потім автомобіль зупиняється й кермове колесо доводять до нейтрального положення. У результаті обробки даних визначаються середні кутові швидкості самоповернення кермового колеса й стабілізації керованих коліс для трьох заїздів у пряму й зворотну сторони.

Легкість керування автомобілем оцінюється по величині зусиль на ободі кермового колеса при повороті керованих коліс на місці, при русі по траєкторії "вісімка" і при переїзді перешкод. Випробування проводяться на горизонтальному асфальтобетонному майданчику в сухому стані. Повороти на місці проводяться вправо й уліво до упору в обмежники. При наявності підсилювача кермового привода випробування проводяться при працюючому двигуні.

Повороти при русі по траєкторії "вісімка" здійснюються зі швидкостями 25 км/год для легкових автомобілів, автобусів із числом місць до восьми й вантажних автомобілів з повною масою до 3500 кг і 20 км/год для інших автомобілів.

Перша категорія автомобілів випробовується при русі по траєкторії "вісімка" діаметром 20 м та з відстанню між центрами 28 м, а друга - діаметром 30 м з відстанню між центрами 42 м.

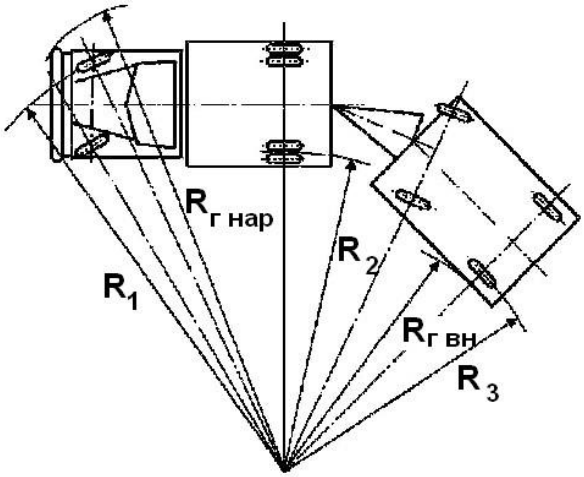
Переїзд штучних перешкод трапецевидної форми висотою 6 см і шириною по основі 30 см, установлених через 0,75 м, проводиться зі швидкістю 20 км/год по черзі колесами кожної сторони автомобіля.

Випробування автомобілів на маневреність.

Маневреність - це здатність автомобіля або автопоїзда робити повороти й розвороти на мінімальній площі. При випробуваннях на маневреність визначаються (рис.7.23):

- радіуси повороту;

- габаритні радіуси повороту;
- ширина смуги, на якій відбувається поворот (для автопоїздів);
- величина зсуву осі причепа щодо осі тягача;
- здатність автопоїзда рухатися заднім ходом по заданій траєкторії. Випробування проводяться на рівному горизонтальному майданчику із твердим покриттям. Автомобіль рухається з мінімально можливою швидкістю по колу з повернеными до упору в обмежники керованими колесами.



R_1 - зовнішній радіус повороту, R_2 - внутрішній радіус повороту,
R_3 - внутрішній радіус повороту причепа,
$R_{г\ нар}$ - габаритний зовнішній радіус,
$R_{г\ вн}$ - габаритний внутрішній радіус

Рисунок 7.23 - Схема повороту автомобіля із причепом

Автомобіль проїжджає повне коло, після чого виміряється діаметр кола по осьовій лінії сліду переднього зовнішнього колеса.

Для виміру габаритних радіусів повороту виміряється відстань від осі сліду переднього зовнішнього колеса до висків, укріплених на автомобілі у двох точках - найбільш наближених до центру повороту й найбільш віддалених від нього.

При випробуваннях на маневреність фіксуються виключення перекидання й заносу, точна й швидка реакція автомобіля на поворот кермового колеса, відповідність кута повороту кермового колеса куту

повороту керованих коліс і зворотний зв'язок між зусиллям на кермовому колесі й бічними реакціями на керованих колесах.

Методи випробувань і оцінні параметри ґрунтуються на діючих нормативних документах (РД 37.001.005-86 "Методи випробувань і оцінки стійкості керування автотранспортними засобами" і ОСТ 37.001.471-88 "Керованість і стійкість автотранспортних засобів. Методи випробувань"). Випробування, проведені відповідно до цих нормативних документів, дозволяють зафіксувати забезпечення норм керованості й стійкості, що необхідно при сертифікації моделей, що випускаються.

Найменші радіуси повороту переднього зовнішнього колеса й габаритні радіуси повороту (зовнішній і внутрішній), що характеризують ширину проїзду автопоїзда з напівпричепом (рис. 7.24), визначаються при повороті вправо й уліво.

Слід ураховувати, що крім перерахованих випробувань часто використовуються органолептичні оцінки, що виставляються по п'ятибальній системі у вигляді комплексної оцінки стійкості керування траєкторією руху, курсової стійкості, стійкості проти заносу й перекидання.

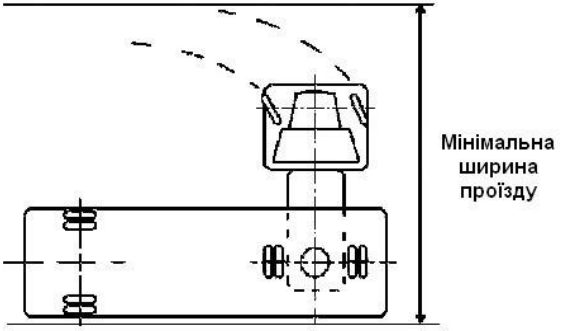


Рисунок 7.24 - Ширина проїзду автопоїзда

7.2 Завдання до практичного заняття

Спочатку необхідно уважно ознайомитися із представленою теоретичною частиною і зрозуміти методику проведення випробувань автомобілів на визначення кута поперечної стійкості, бічного крену, заносу на повороті, керованості й маневреності, і написати звіт про

виконану роботу.

7.3 Порядок проведення практичного заняття

Ознайомитися з загальною теоретичною частиною практичного заняття. Оформити звіт з практичного заняття у відповідності до поставленої мети заняття.

Зміст звіту

У звіті про практичне заняття дати відповіді на наступні питання.

1. Що розуміється під стійкістю автомобіля?
2. Що розуміється під керованістю автомобіля?
3. Які показники є оцінними при випробуванні на стійкість?
4. Яка оцінка ставиться за результатами випробувань на стійкість, коли випробувач робить висновок, що стійкість бажано поліпшити, тому що водій відчуває невеликі утруднення в невідповідності реакції автомобіля на керованість?
5. Як визначається кут поперечної стійкості?
6. Як розташовується вантаж у кузові при випробуванні з повним навантаженням?
7. Як розраховується коефіцієнт поперечної (бічний) стійкості?
8. Який показник характеризує величину бічного крену автомобіля?
9. Яка методика визначення кутової твердості підвіски?
10. Яка методика визначення осі поперечних коливань?
11. Яка методика випробувань бічної стійкості кузова автомобіля в дорожніх умовах?
12. Описати причини, що викликають відхилення автомобіля від прямолінійного руху.
13. Як виміряються бічні реакції на колесах?
14. Як експериментально визначаються кути бічного уводу за допомогою теодоліта?
15. З яких основних приладів складається вимірювальний комплекс Corrsys Datron?
16. Які показники визначаються при випробуванні автомобіля на керованість?
17. Яка методика випробування "переставка"?
18. Яка методика випробування "поворот" на керованість і стійкість?

19. Як проводять випробування "ривок керма"?
20. Який показник визначається при випробуванні "змійка"?
21. Що відноситься до характеристик автомобіля, які виявляють вплив на його навантаженість?
22. Яка методика визначення динамічної повертальності?
23. Яка методика визначення стабілізації керованих коліс автомобіля?
24. Як проводяться випробування автомобіля на маневреність?
25. Чи допускається використання органолептичної комплексної оцінки стійкості керування траєкторією руху, курсової стійкості, стійкості проти заносу й перекидання?

Література

[1], с.112-137.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. та ін. Дослідження та випробування технічних систем : навч. посіб. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 212 с.
2. Болвашенков І., Каммерманн Й., Френкель І., Герцог Х.-Г. Багаторівнева ієрархічна модель надійності технічних систем: теорія та застосування. In: Ram, M., Pham, H. (eds) Advances in Reliability Analysis and its Applications. Springer Series in Reliability Engineering. Springer, Cham, 2020. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-31375-3_5.
3. Герасимчук О.Н. Теорія технічних систем: навч. посіб. для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2023. 112 с.
4. Методичні вказівки з вивчення дисципліни «Дослідження та випробування технічних систем» та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби», усіх форм навчання / Укл. : О. М. Артюх., М.В. Сидоренко Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. 119 с.