

Напрям "Експлуатація та ремонт засобів транспорту"

Шифр "Старий замок"

«СТЕНДОВІ МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ ШИН АВТОТРАНСПОРТУ»

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	3
1. Сучасний стан проблеми випробувань, прогнозування і експлуатації автомобільних шин.....	3
1.1. Робочі умови експлуатації шин автотранспорту.....	3
1.2. Існуючі методи випробування шин.....	4
1.3. Параметри контролю і властивості шин як еластичного колеса.....	9
1.4. Існуючі математичні моделі опису роботи шин автотранспорту.....	14
2. Розробка багатокоординатного стенду для випробування шин.....	16
2.1. Конструктивні рішення, що забезпечують стендові випробування.....	17
2.2. Методи випробування та критерії працездатності шин.....	19
2.3. Динамічні властивості шин та їх експериментальне і теоретичне визначення.....	21
2.4. Міркування щодо керованості і безпеки руху автомобіля в залежності від властивостей шин.....	25
Висновки.....	26
Список використаних джерел	27
Додатки	

ВСТУП

Автомобільна шина - дуже складна, багатофункціональна конструкція. Основним призначенням шини є пом'якшення поштовхів і ударів, переданих на підвіску машини, забезпечення надійного зчеплення колеса з дорожнім покриттям, керованість, передача на дорогу тягових і гальмівних сил. Від шини в значній мірі залежить прохідність в різних дорожніх умовах, коефіцієнт зчеплення, шум і витрата палива у автомобіля під час руху [1, 2]. Крім цього, шина повинна забезпечувати довговічність, надійність і задану вантажопідйомність [3]. Це один з найбільш важливих елементів колеса, що представляє собою пружну резино-метало-тканинну оболонку, встановлену на обід диска. Шина забезпечує контакт транспортного засобу з дорожнім полотном, призначена для поглинання незначних коливань, викликаних недосконалістю дорожнього покриття, компенсації похибки траєкторій коліс, реалізації та сприйняття сил. Результати незалежних випробувань дозволяють зрозуміти, яких саме показників слід очікувати від шин.

1.1 Робочі умови експлуатації шин автотранспорту

При русі автомобіля його кути сходження коліс постійно змінюються. Причиною цього явища є конструктивні особливості системи (зазори в шарнірах рульових тяг та пружність відповідних з'єднань). Вплив на коливання коліс в горизонтальній площині нерівностей дороги, призводить до дисбалансу коліс та дефектів геометрії рульового приводу. Динаміка зміни сходження коліс вивчена недостатньо добре, хоча автомобільні заводи і конструкторські бюро давно потребують різні методики і дослідження. Найбільш актуально це для передньопривідних автомобілів, коли при криволінійному русі до керованих коліс підводиться момент змінний по величині [1].

Визначити рівень шуму і, відповідно, комфорт водіння допомагають спеціальні тести шин. Як правило, вони проводяться в сукупності з випробуваннями на гальмування по сухій і мокрій поверхні, опір аквапланування та іншими тестами. Вимірювання виробленого шиною шуму визначається в децибелах, праворуч і ліворуч від автомобіля, що рухається. При цьому також реєструється швидкість руху автомобіля [2].

Для вивчення вищезгаданих процесів необхідно створення таких випробувальних стендів шин, які б відтворювали усі можливі режими їх роботи і поведінку ланок автомобіля будь-якої марки .

Основними параметрами роботи шин визначені опір кочення (коефіцієнт опору кочення), вантажопідйомності (перевірка на прогинання), проковзування шини (коефіцієнт буксування) [3]. Основними факторами, що впливають на зношування шини є внутрішній тиск повітря, навантаження на колесо, наявність кутів уводу і розвалу, дисбаланс і конструкція шини [2]. Вищезгадані фактори є "входом" для більшості тестів і випробувань та моделей, що прогнозують нормативні показники шин під час експлуатації, тому і детально розглядаються в даній роботі.

Існують модернізовані випробувальні тести засновані на наборі важливих критеріїв, і дозволяють визначати параметри шин, різних виробників де порівнюють їх характеристики в різних дорожніх і погодних умовах. До їх числа відносять показники гальмування і зчеплення на мокрій, сухій і зимовій дорогах, а також показники керованості і аквапланування на мокрій і сухій поверхні.

1.2 Існуючі методи випробувань шин

В даний час значна увага приділяється розробці емпіричних методів визначення чинників, які впливають на знос покриття автомобільних шин. (рис.1). Стендові випробування забезпечують якість виробів і їх технічну надійність відповідно до стандартів, а саме, ISO 10191: 2010 визначає методи випробувань для перевірки можливостей шин для легкових автомобілів.



Рис.1 Випробування на треку властивостей шин бренду Michelin

В Україні діють наступні основні нормативні документи щодо технічних умов:

1. ДСТУ 4406:2005 Шини пневматичні Загальні технічні вимоги безпеки.
2. ДСТУ 2219–93 Шини пневматичні. Конструкція. Терміни та визначення
3. ГОСТ 22374–77 (ИСО 3877-1–78, ИСО 3877-3–78, ИСО 4223-1–78 Шини пневматичні. Конструкція. Терміни та визначення.
4. ДСТУ 3780–98/ГОСТ 30761–2002 Шини пневматичні великогабаритні та надвеликогабаритні.
5. ГОСТ 4754–97 Шини пневматичні для легкових автомобілів, причепів до них, легких вантажних автомобілів особливо малої місткості. Технічні умови
6. ГОСТ 5513–97 Шини пневматичні для вантажних автомобілів, причепів до них, автобусів і тролейбусів. Технічні умови

В даних документах визначені методи випробування шин, що описані в стандартах:

1. ГОСТ 26000–83 Шини пневматичні. Метод визначання основних розмірів.
2. ДСТУ UN/ECE R 30-02:2005 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для дорожніх транспортних засобів і їхніх причепів (UN/ECE R 30-02:1999, IDT)
3. ДСТУ UN/ECE R 54-00:2004 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для дорожніх транспортних засобів

неіндивідуального користування та їхніх причепів (UN/ECE R 54-00:2004, IDT)

На випробувальних стендах перевіряється конструктивна міцність шин, якість гумових сумішей, однорідність, жорсткісні і геометричні характеристики шин і багато іншого (Додаток А). З представлених методів випробувань можливо, що в залежності від типу перевірених шини потрібно тільки деякі з них. Випробування проводяться в лабораторії в контрольованих умовах. Методи випробувань, представлені в ISO 10191: 2010, на призначені для градації характеристик шини або рівня якості. Цей міжнародний стандарт застосовується до всіх легкових автомобілів. ISO 10191: 2010 містить випробування на міцність для оцінки здатності конструкції шини по енергії гальмування в області протектора.

Стендові випробування - один з невід'ємних етапів вивчення шини та її властивостей. Тільки тут можна отримати точні дані, наприклад, про температуру окремо взятого ділянки шини конкретного типорозміру при певній швидкості, навантаження і тиску. Традиційні стенди призначені для динамічних випробувань пневматичних шин (рис.2) і забезпечує визначення в лабораторних умовах терміну служби шини, залежність його від швидкості руху динамічного радіуса шини та шляхи пройденого шиною до руйнування.

Дорожні випробування цих даних не дадуть. Це не швидкий, виснажливий і монотонний, але дуже важливий процес.

Стенд для випробування шин на знос відноситься до засобів випробувань пневматичних шин різної вантажопідйомності на зносостійкість протектора (рис.2 а, б) і може бути використано на підприємствах автомобільної та шинної промисловості. Призначення стенду скорочення термінів випробувань за рахунок форсування усталостного зносу протектора шин (рис.2 в, г). На стенді досліджують зносостійкість протектора, напругу і деформацію шини в зоні контакту її з дорогою, сили, що діють на шину в процесі кочення, так як зовнішня поверхня стрічкового конвеєра імітує дорогу.



а)



б)



в)



г)

Рис.2 Традиційні стенди випробування шин (компанія Michelin):

- а), б) – стенди для випробування на зношування протектора з одним ступенем вільності; в) – стенд випробування жорсткості (плями контакту);
г) - трикоординатний стенд для комплексного випробування параметрів шини

Колесо, яке повинно передавати зусилля і моменти, що діють між автомобілем і дорогою, забезпечуючи його рух, має надійно протистояти ударним і циклічним навантаженням протягом усього життєвого циклу. Найбільш типові пошкодження шин в процесі експлуатації наведено в таблиці 1 [4].

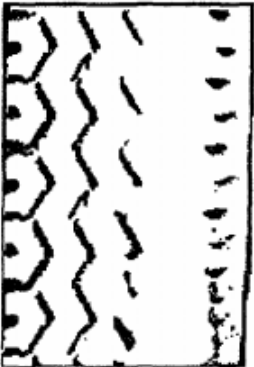
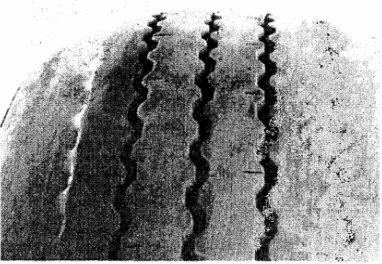
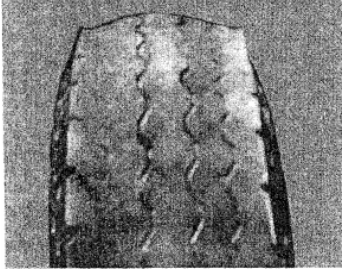
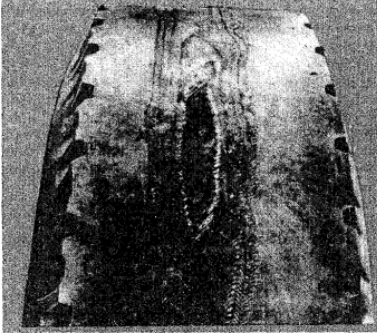
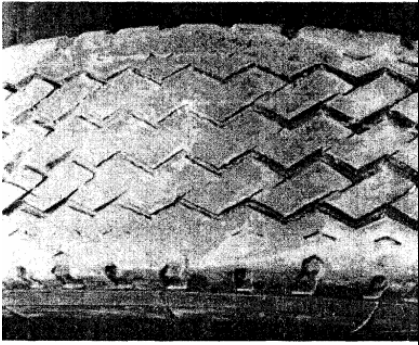
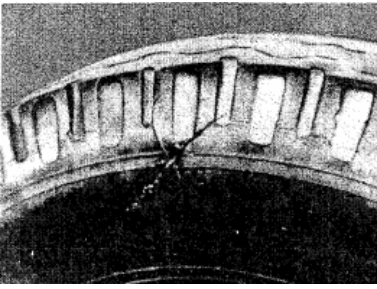
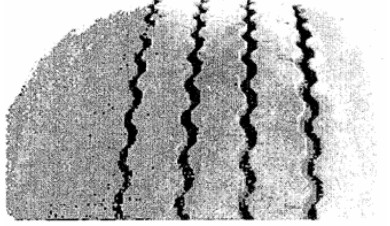
Способи випробування шини на стендах , містять наступні етапи:

- етап позиціонування випробувального стенду в певному місці випробувальної доріжки,
- етап визначення ідеальної траєкторії випробувального стенду на малій швидкості на поздовжньої осі випробувальної доріжки,
- один або кілька етапів випробувань, кожен з яких включає:
- фазу набору швидкості випробувального стенду,

- фазу випробувань, під час якої запускають цикл послідовних кутів заносу перевіряється шини, заздалегідь програмований і дистанційно завантажується на випробувальний стенд,
- фазу зупинки.

Таблиця 1

Типові пошкодження шин в процесі експлуатації

зношування шин "на конус" 	зношування шин в наслідок непаралельності мостів 	зношування шин в наслідок низького тиску повітря 
зношування шин в наслідок підвищеного тиску повітря 	плямисте" зношування  "	відшарування на бокових поверхнях 
розрив шарів каркасу 	зношування в результаті різкого гальмування 	однобічне зношування (невірні кути сходження передніх коліс) 

Існує випробування, випробування на зняття борта, коли оцінюють опір розтину шини на борт. Це відноситься тільки до безкамерних шин. Випробування на витривалість, оцінює опір шини з обслуговування при повному навантаженні і помірної швидкості на великі відстані. Застосовують, високошвидкісний тест оцінює здатність шини у відповідності зі своєю категорією швидкості.

1.3 Параметри контролю і властивості шин як еластичного колеса

Тиск в шинах - один з важливих показників, який впливає на витрату палива будь-якого автомобіля. При зниженні тиску збільшується зона деформації шини в плямі контакту (рис.4), що призводить до помітного збільшення опору коченню. Збільшення опору коченню і веде до того, що двигуну потрібно витратити більше палива для підтримки стандартного режиму їзди автомобіля.

Вплив тиску на ресурс шин визначають, також вивчаючи пляму контакту шини. Зона найбільшого тиску в зоні контакту протектора шини з дорогою показана на рис.3. [9]



Рис.3. Пляма контакту шини з поверхнею в залежності від тиску в ній [10]

При зниженому тиску більш високе навантаження припадає на краю шини, тобто плечову зону, провокуючи в цій частині протектора підвищений знос.

При підвищеному тиску - більш високе навантаження в плямі контакту доводиться на центральну частину протектора. В цьому випадку центральна частина шини починає зношуватися швидше, ніж бічні блоки протектора.

Знижений тиск при високій швидкості призводить до нечітких рульових реакцій (знижується швидкість проходження поворотів, автомобіль різкіше зривається в бічний юз, виникає неприємне повизгування), що небезпечно, до впливу задньої осі на бічному профілі шини, що призводить до ризику непрогнозованого заносу автомобіля, до внутрішнього розігріву каркаса і, отже, підвищеного зносу шин [11].

Осадка шин

$$f_{\theta} = \frac{M_a g}{2c_{\theta}} \quad \text{або} \quad f_{\theta} = \frac{M_a g}{A_0 + B_0 p_{\theta}} \quad (1)$$

де c_{θ} - жорсткість шин, пропорційна тиску p_{θ} в шинах:

$$2\tilde{n}_{\theta} = \dot{A}_0 + \hat{A}_0 \delta_{\theta}, \quad (2)$$

де A_0, B_0 – коефіцієнти.

Різним значенням $M_a g$ відповідає сімейство гіпербол (рис.4). Наприклад, для шини 9,75—18 в середньому $B_0 = 100$ см; $A_0 = 170$ кг/см, паспортний тиск в шинах для досліджуваного вантажного автомобіля – $4,0$ кг/см².

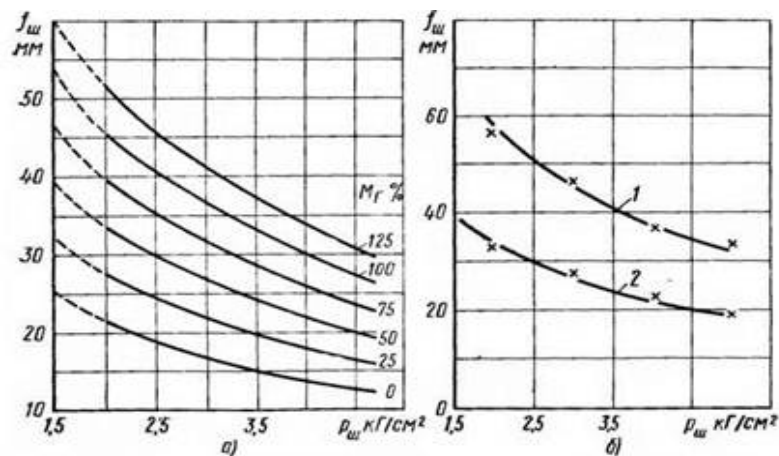


Рис. 4. Вплив статичного навантаження на шину марки 9,75-18 і внутрішнього тиску повітря на її осадку: а - за результатами розрахунку для

задньої шини вантажного автомобіля; б - за даними випробувань для задньої шини автобуса

Межі зміни навантаження на заднє колесо при розвантаженні-навантаженню цього автомобіля складають 800—1700 кГ . На підставі наведених даних і формули (1) побудовані криві, показані на рис. 4, а (цифри на кривих позначають навантаження у відсотках) [11].

Максимальний ресурс шини досягається при рекомендованому заводом-виробником тиску (рис.5) [4].

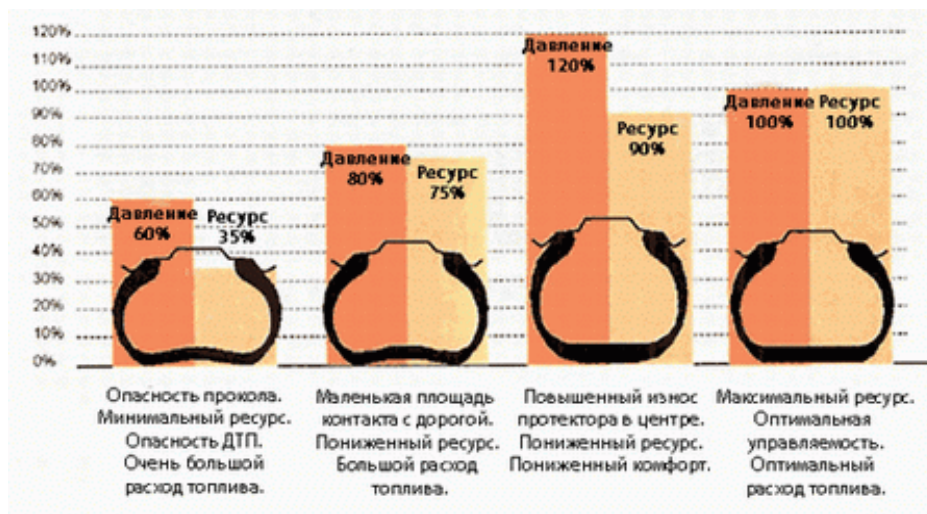


Рис.5. Діаграма залежності ресурсу шини від тиску в ній

Тиск в шинах має велике значення для комфортної та, головне, безпечної їзди на автомобілі (табл. 2).

Таблица 2

Залежність показників автомобіля від тиску в шинах

Показник	Тиск в шинах вище норми	Тиск в шинах нижче норми
Жорсткість покриття	Збільшується	Зменшується
Ресурс покриття	Зменшується	Зменшується
Підвіска	Збільшується знос	-
Протектор	Збільшується знос середньої частини протектору	Збільшується знос бічних частин протектора
Рух в дорозі	Знижується зчеплення колеса з дорогою	Збільшується сила тертя кочення, знижується курсова стійкість (особливо в поворотах), проявляється ефект «подламлення гуми»
Паливо	-	Збільшується витрата

Розгінна динаміка - на потужному автомобілі помітити погіршення динаміки складно, але на відносно малопотужних автомобілях зменшення тиску щодо заводських рекомендацій може збільшити розгін до сотні на 0,5-1 сек.

Гальмівна динаміка - центральна частина шини не притискається до дорожнього полотна з необхідним зусиллям, тому тиск в плямі контакту нерівномірно. Гальмівний момент розподіляється невірно, що призводить до ускладнення дозування необхідного тиску в контурах гальмівної системи водієм. При уповільненні на межі блокування коліс (із заниженим тиском) раніше спрацює АБС. Все це призводить до збільшення гальмівного шляху.

Авторами [2] для дослідження характеристик шин легкових автомобілів з обертаючим колесом був розроблений і виготовлений спеціальний стенд, схема якого показана на рис. 67. На цьому стенді, для визначення характеристик шин, застосований метод вільних коливань системи, пружним елементом якої є пневматик. Основні вузли стенда такі: стрічково-пластичний транспортер, призначений для імітації опорної площини; пневматична навантажувальний пристрій для створення необхідного радіального навантаження на колесо; маятник зі стрижнем для установки вантажів; привід; обурює пристрій, за допомогою якого коливальна система виводиться з рівноваги.

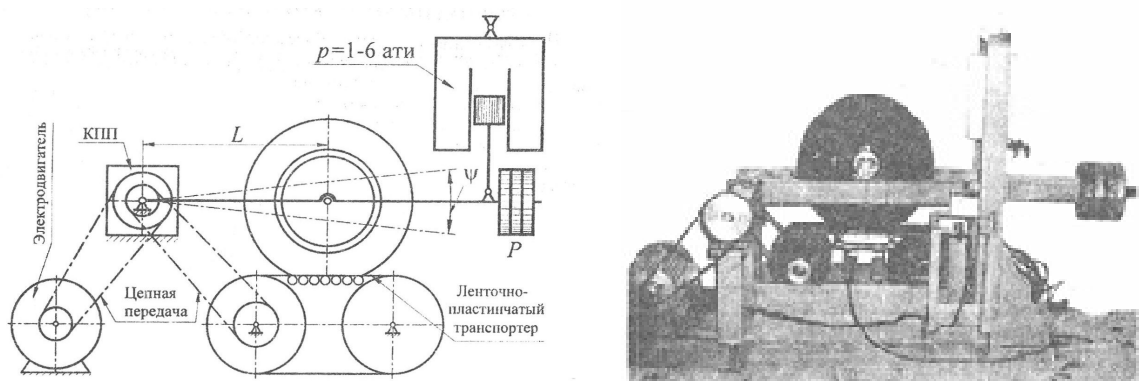


Рис. 6. Схема і конструкція стенду для визначення вібраційних характеристик шин [2]

Основною частиною коливальні системи стенду є маятник з колесом в зборі. Зміна моменту інерції маятника для отримання різних частот коливань здійснюється зміною кількості вантажів, що встановлюються на стрижень маятника. На описаному стенді (рис. 6) були визначені радіальна жорсткість та коефіцієнт похибки шин при радіальних коливаннях для обертається колеса залежно від швидкості прокачування, тиску повітря в шині, радіальної навантаження та частот вібрацій.

На рис. 7 наведені деякі результати експерименту для шини 6,00-16 (I-77).

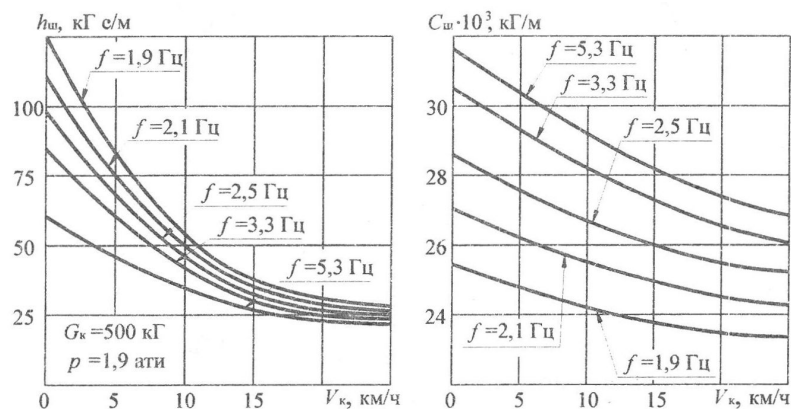


Рис.7. Визначені авторами [2] експериментальним шляхом коефіцієнт демпфування і жорсткість шин в залежності від швидкості автомобіля для різних частот коливання колеса

На цьому стенді, для визначення характеристик шин, застосовується метод вільних коливань системи, який еластичний елементом якого є пневматик. Основні вузли стенду наступні: стрічково-пластичний транспортер, призначений для імітації опорної площі; пневматична навантажувальна установка для створення необхідної радіальної навантаження на колесо; маятник із стержнем для встановлення вантажів; привід звуковий пристрій, за допомогою якого вібраційна система виводиться з рівноваги. Однак не наведено математичної моделі, що може дати уявлення про зміну конструкції шини та умов її орієнтації під час руху автомобіля. Удосконалення можливе за рахунок використання багатокоординатної системи приводів і збільшення ступеню вільності колеса під час випробування.

1.4 Існуючі математичні моделі опису роботи шин автотранспорту

Існує багато моделей коливань кузова автомобіля, що дозволяють дослідити реакцію підвіски на дорожні нерівності. Багатьма авторами ставилось за мету визначити коливання кузова автомобіля під дією моментів гальмових сил та встановлення основних факторів, що сприяють виникненню таких коливань.

Пропонуються різні математичні моделі, які досліджують вертикальні коливання автомобіля. Так, у роботі [13] досліджується вплив коефіцієнта опору амортизаторів на рівень прискорення та швидкості підресореної маси, а у роботі [14] побудована математична модель коливань, яка враховує електромеханічне демпфірування в підвісці автомобіля. У статті [15] розглянуто моделі коливань кузова автомобіля під дією моментів, що виникають під час гальмування. Описано запропоновану модель коливань у двох площинах та спрощену модель коливань в одній площині.

Найбільш наближену до фізичних явищ для автомобільних шин в науковій літературі наводять як кільце на пружній основі (рис.8).

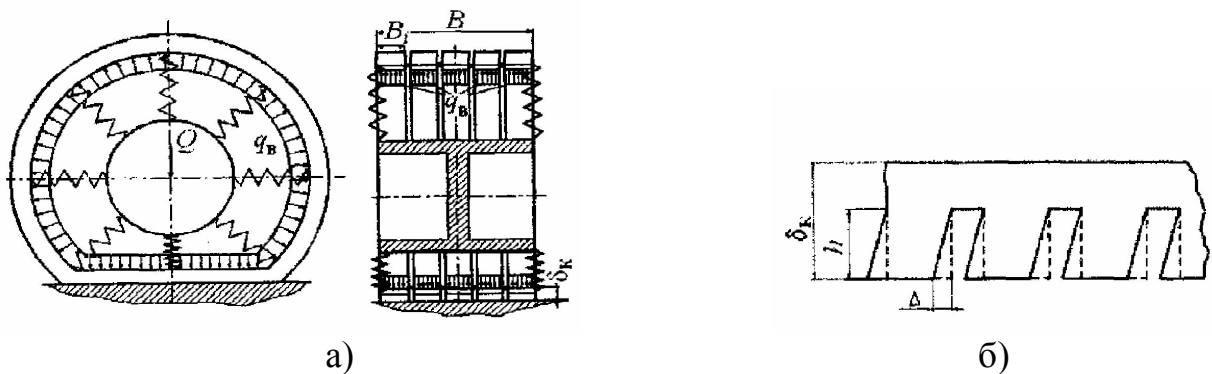


Рис.8. Статична модель шини (а) і спрощена розрахункова схема деформації елементів рисунку протектора (б)

При навантаженні шини вертикальною силою відбувається деформація каркаса і брекера, ці деформації викликають переміщення поверхневій частині протектора щодо опорної поверхні. В результаті чого на протектор діють дотичні напруження, направлені в протилежну сторону ніж переміщених. В зоні, де спостерігаються прослизання елементів протектора

щодо опорної поверхні, дотичні напруження пов'язані з нормальними співвідношенням

$$\tau = f * \sigma \quad (3)$$

де τ - дотичні напруження , МПа;

f – коефіцієнт тертя;

σ – нормальне навантаження.

Проковзування елементів малюнка протектора щодо опорної поверхні з урахуванням сил тертя [2] в зоні ковзання визначають по залежності

$$s_{\tau} = w - \Delta + \frac{h}{R} \left(\frac{dx}{d\theta} - \frac{dx_0}{d\theta} + w_0 - w \right) \quad (4)$$

де w - поздовжнє переміщення срединної поверхні, м;

$d\theta$ - зрушення срединної поверхні при деформації протектора, м;

h - товщина шару протектора, м;

w_0 -початкове значення поздовжніх переміщень срединної поверхні, м;

x -вертикальне переміщення срединної поверхні, м.

Зрушення срединної поверхні (рис.8, б) визначають по залежності

$$\Delta = \frac{\tau * h (h + K(\delta_K - h))}{G_p * \delta_K} \quad (5)$$

Де K - коефіцієнт насиченості малюнка протектора;

G_p -модуль зсуву гуми МПа;

δ_K -товщина кільця, м.

Авторами [12] отримані аналітичні вирази дозволяють оцінювати вплив амплітудно-частотних характеристик крутильного моменту на колесі і пружних характеристик шин на стійкість поступального руху автомобіля. У міру наближення колової частоти коливань крутильного моменту на колесі до колової частоти власних коливань шини відбувається різке збільшення відносного буксування й величини поздовжнього коефіцієнта зчеплення ,

який використовується, що може призвести до втрати стійкості поступального руху.

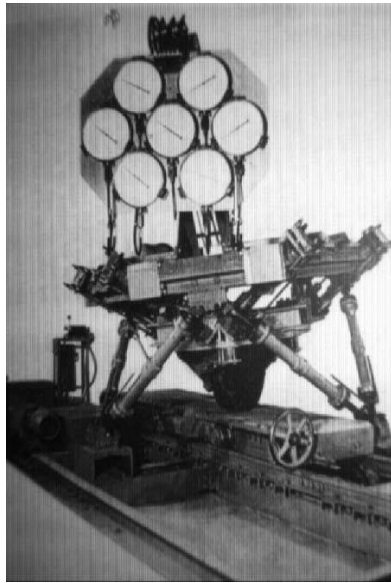
Об'єктом дослідження є автомобіль, що складається з кузова, підвіски та коліс, при цьому до коліс прикладені гальмові сили, під час гальмування виникають коливальні процеси, пов'язані з характером взаємодії двох систем «пружина-демпфер», і характер цих процесів (амплітуда та частота коливань) залежить від співвідношень між вихідними значеннями коефіцієнтів жорсткості та демпфірування

2. РОЗРОБКА БАГАТОКООРДИНАТНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ШИН

Історія застосування багатокоординатних механізмів для випробування шин починається у 1947 р. пропозицією Гофа 6-ти координатного механізму з паралельною структурою на телескопічних штангах змінної довжини [6] (Рис. 9, а)

В сучасних умовах застосовують універсальні стенди платформа Гофа , яку використовують в компанії Dunlop Tyres і знаходиться на виставці в Британському національному музеї науки і промисловості (Рис. 1, б)

Платформа Гофа - це рухома платформа, до якої прикріплена шина, має кінематичний зв'язок із основою за допомогою 6-ти штанг змінної довжини. На кінцях штанг встановлено універсальні шарніри, кульково-роз'ємне з'єднання на іншому. Зміна довжини штанг призводить до змін положення та орієнтації рухомої платформи з колесом. Колесо обертається конвеєрним ременем, а механізм дозволяє оператору проводити вимірювання зносу шин в різних умовах



а)



б)



в)



г)

Рис. 9. Приклади випробувальних стендів автомобільних шин на основі механізмів паралельної структури [7, 8]

2.1 Конструктивні рішення , що забезпечують стендові випробування

В даній роботі пропонується використання механізму з паралельною структурою із чотирма штангами постійної довжини, які приводяться до руху каретками на напрямних, що утворюють пірамідальну каркасну компоновку (рис. 10) [8]. Запропонований стенд призначений для динамічних випробувань пневматичних шин і забезпечує визначення в лабораторних умовах терміну служби шини, залежність його від швидкості руху динамічного радіуса шини та шляху пройденого шиною до руйнування. Випробувальний стенд дозволяє відтворювати умови експлуатації шини, в

тому числі найбільш екстремальні з точки зору вертикального навантаження, кута заносу і швидкості.

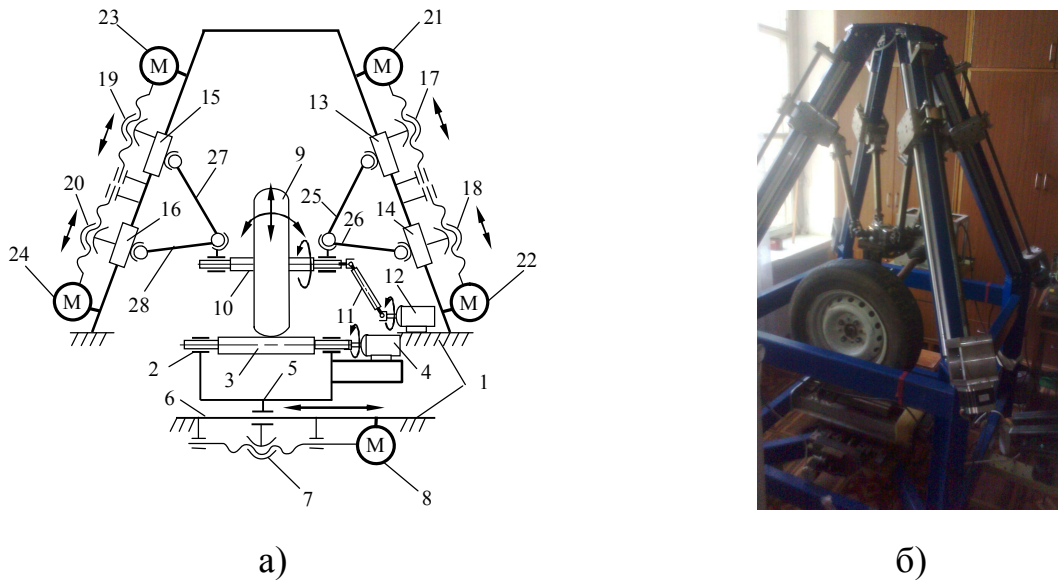


Рис.10. Схема чотирикоординатний стенд для випробування шин: а) - кінематична схема; б) - виготовлений дослідний зразок

На станині 1 встановлено в опорах 2 біговий барабан 3 з приводом обертання 4, який кріпиться на двокоординатному приводі 5 з напрямною 6 і рухомою передачею гвинт-гайка 7 до електродвигуна 8. Колесо із шиною 9 встановлено на обертальну вісь вузла кріплення 10 шини 9 і з'єднано з приводом обертання колеса, який складається з обох кінців шарнірно-з'єданого валу 11 і електродвигуна 12. На станині 1 змонтовано у вигляді ребер піраміди чотири незалежні приводи лінійного руху з каретками 13, 14, 15, 16 з передачею гвинт-гайка 17, 18, 19, 20 від окремих електродвигунів 21, 22, 23, 24, які шарнірно-зв'язані за допомогою штанг постійної довжини 25, 26, 27, 28 з вузлом кріплення 10 шини 9 і утворюють єдиний виконавчий орган механізму радіального навантаження на шину і кутів орієнтації колеса, що випробовується.

В процесі випробувань шин можуть бути реалізовані такі комбінації навантажень на матеріал шин:

- окреме циклічне радіальне навантаження на шину;

- окрема зміна кута орієнтації шини 9 без зміни радіального навантаження;
- окреме циклічне зворотно-поступальне зміщення бігового барабану 3 в горизонтальній площині, без змін радіального навантаження і кута орієнтації шини 9;
- спільна зміна в різних діапазонах радіального навантаження і кута орієнтації шини 9;
- спільна зміна радіального навантаження і циклічне зміщення бігового барабану 3 в горизонтальній площині;
- спільна зміна кута орієнтації шини 9 і зміщення бігового барабану 3 у горизонтальній площині;
- забезпечення різних швидкостей обертання бігового барабану 3 і шини 9 для імітації гальмування;
- усі варіанти разом.

Запропоновані конструктивні рішення дозволяють досягнути технічного результату – точного відтворення дорожніх умов експлуатації шин широкого типорозміру, комбінацій навантажень і орієнтації шин до дорожнього покриття та може бути використано на підприємствах автомобільної і шинної промисловості.

В подальших дослідженнях планується вимірювання динаміки і віброхарактеристик (амплітуд, декрементів затухань, визначення коефіцієнтів демпфування, побудова віброграм і ін.) різних шин від виду впливу і законів зміни навантажувальних сил в різних напрямках координат та вплив даних характеристик на безпеку руху та якість складових ланок автомобілів.

2.2 Методи випробування та критерії працездатності шин

На рис. 11 наведено технічні рішення запропоновані в патентах SU203993, SU1633314 щодо конструкції стендів, які застосовують для випробувань шин на зношування протектора.

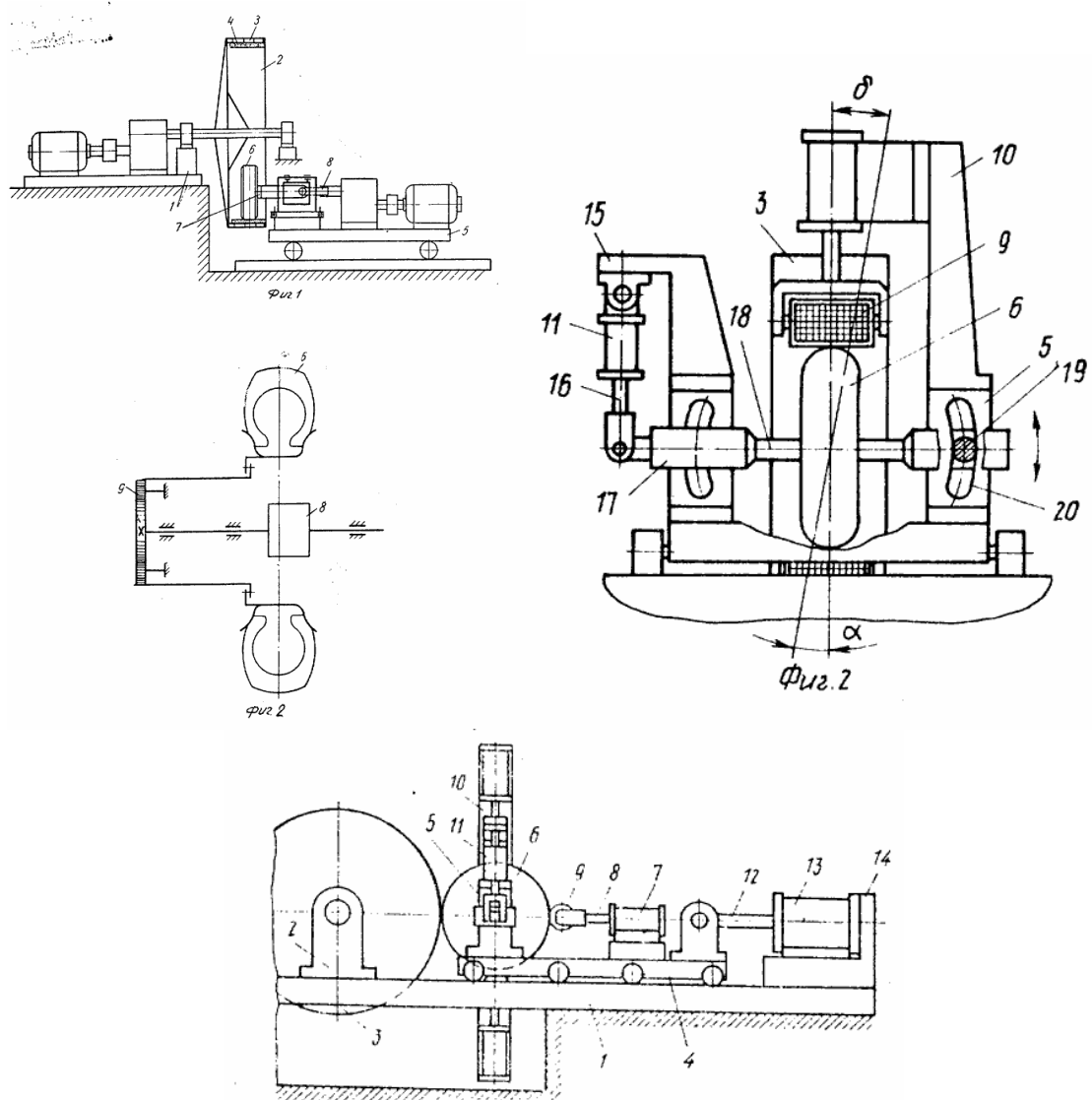


Рис.11. Спроби удосконалення стендів для випробування шин різними авторами на рівні винаходів

Стає очевидним, що існує прагнення до додаткових механічних впливів і рухів колеса під час випробування. Однак збільшення системи послідовних приводів руху ускладнює реалізацію даних схем як єдиного механізму.

Державними стандартами і технічними умовами різних країн виробників передбачені критерії перевірки працездатності шин. Деякі визначення для видів руйнування шин стандартизовано (Додаток В)

Методи контролю об'єднують випробування на витривалість, опір зсуву борту шини з полки ободу, визначення енергії руйнування шини і ін. Числові значення основних критеріїв працездатності наведені у Додатку Г:

- норми навантажень на шини для вибору режиму роботи при різних тисках;

- співвідношення між індексами та значеннями тиску;
- швидкості, застосовані при експлуатації шин, і відповідні їм індекси категорії швидкості;
- зміна індексу несучої здатності в залежності від швидкості шини;
- індекси несучої здатності;
- енергія руйнування.

2.3 Динамічні властивості шин та їх експериментальне і теоретичне визначення

Для побудови динамічних моделей механічних систем і тіл використовується метод рівнянь Лагранжа [5], а для комп'ютерного моделювання процесу гальмування – середовище SIMULINK. Кутові коливання корпусу автомобіля з незалежною підвіскою надають помітний вплив на стійкість руху керованих коліс, так як при цьому встановлюється двосторонній гіроскопічний зв'язок між колесами коліс у горизонтальній (навколо шкворней) і вертикальній площині. В зв'язку з цим розглядається вплив на стійкість систем основних параметрів незалежної підвіски.

Виникнення коливань є одночасно наслідком та причиною перехідних процесів у підвісці та гальмовому керуванні автомобіля; при цьому властивість гасити такі перехідні процеси є одним із проявів стабільності гальмового керування.

Багатьма дослідниками вивчалось явище автоколивань керованих коліс [2], яке проявляється в тому, що у автомобіля з цілком справним рульовим керуванням і врівноваженими колесами на рівній дорозі в певному діапазоні швидкостей можуть виникати незгасаючі коливання коліс щодо шкворней при повністю нерухомому рульовому колесі. Причиною виникнення автоколивань є наявність гіроскопічного і пружного зв'язку між коливаннями передньої осі автомобіля в поперечній площині і коливаннями (поворотами) коліс навколо осей шворнів. Для виникнення коливань необхідний початковий поштовх, що отримується при наїзді колеса на нерівність дороги.

Для опису вищезазначених процесів побудовано розрахункову схему (рис.12).

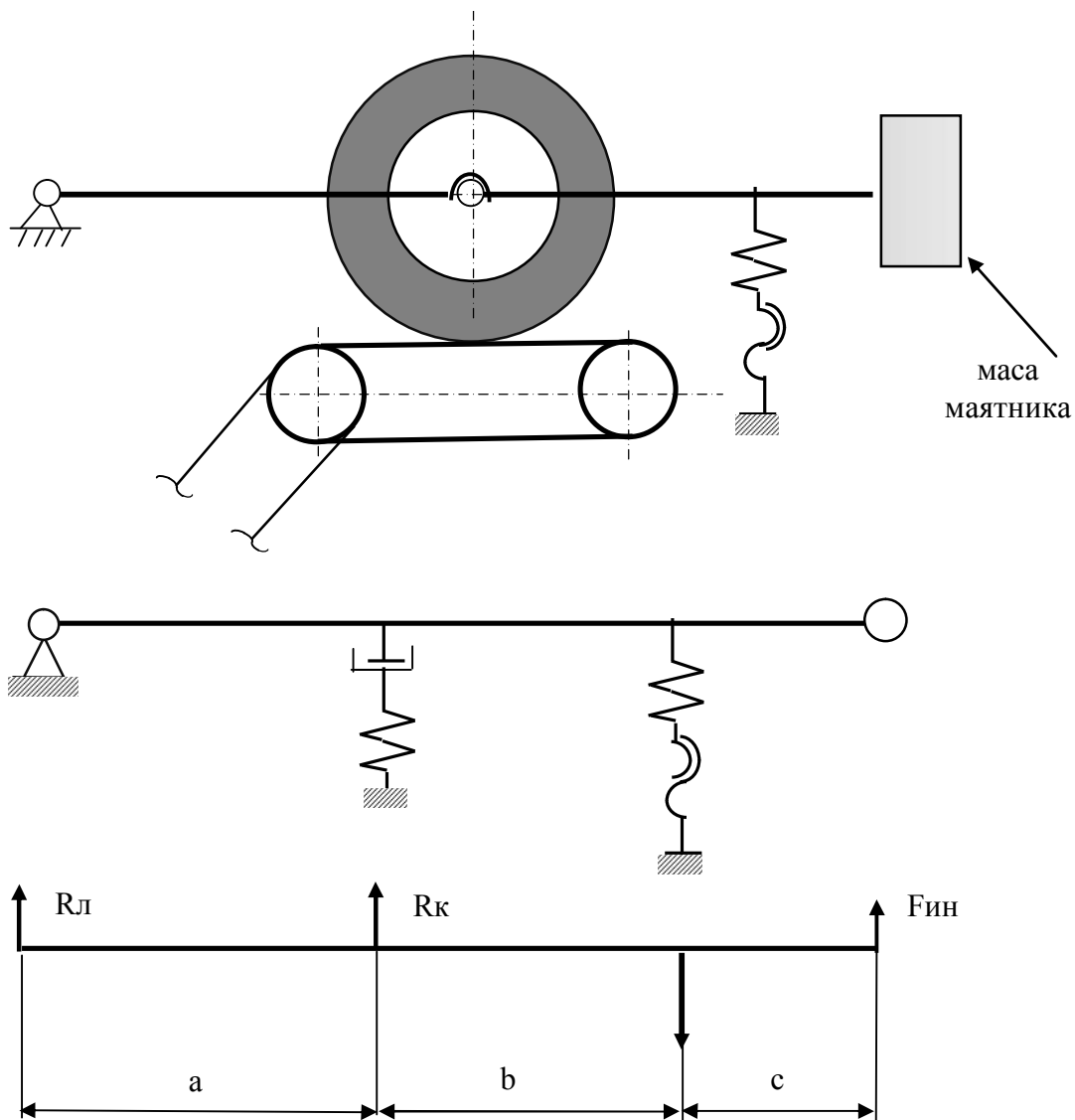


Рис.12. Силова схема конструкції стенду по рис. 6
(R_L -реакція лівої опори, R_k - реакція колеса, F_o -сила натягу пружини,
 $F_{ин}$ -сила натягу вантажу)

Математична модель (6) враховує рівновагу і суму дії моментів (7) і сил (8) для даної розрахункової схеми.

$$(C_k U_k + \mu_k U_k) a - C_o U_o (a + b) - mgL - F_o L = \pm m \ddot{U}_m L \quad (6)$$

$$\Sigma M_1 = R_{ка} - F_o (a + b) \pm F_{ин} L - mgL = 0 \quad (7)$$

$$\Sigma F: R_L + R_k - F_o + F_{ин} = 0 \quad (8)$$

$$U_o = U_k \frac{a + b}{a}, \quad U_m = U_k \frac{L}{a + b}$$

Розрахунок і розв'язання рівняння (6) руху колеса на стенді в середовищі Maple.

```
> restart;
Ck:=15000/(4*0.015); # Жорсткість шин (вага авто на одне колесо
до деформації шини), Н/м
C0:=Ck/4; # Жорсткість дод. пружини (як частина від Ck)
mu:=1000; # Коеф. демпфування, Н*с/м
a:=0.5; # Геометрія рычагу
b:=0.5; #
c:=0.5; #
L:=a+b+c;
m:=20; # Маса вантажу на рычагу
F00:=500; # Початковий натяг дод. пружини
g:=9.81; # У. с. п.
Ck := 250000.0000 C0 := 62500.00000 mu := 1000 a := 0.5 b := 0.5 c := 0.5 L := 1.5
m := 20 F00 := 500 g := 9.81
```

```
> Eq:=(-Ck*U(t)-mu*diff(U(t),t))*a-C0*(a+b)^2*U(t)/a-F00*L-
m*g*L=diff(U(t),t$2)*m*L^2/(a+b);
```

$$Eq := -250000.0000 U(t) - 500.0 \left(\frac{d}{dt} U(t) \right) - 1044.300 = 45.00000000 \left(\frac{d^2}{dt^2} U(t) \right)$$

```
> res:=dsolve({Eq, U(0)=0, D(U)(0)=0}, U(t));
```

$$res := U(t) = \frac{10443}{447500000} e^{\left(-\frac{50t}{9}\right)} \sin\left(\frac{50\sqrt{179}t}{9}\right) \sqrt{179} \\ + \frac{10443}{2500000} e^{\left(-\frac{50t}{9}\right)} \cos\left(\frac{50\sqrt{179}t}{9}\right) - \frac{10443}{2500000}$$

```
> plot(rhs(res), t=0..1);
```

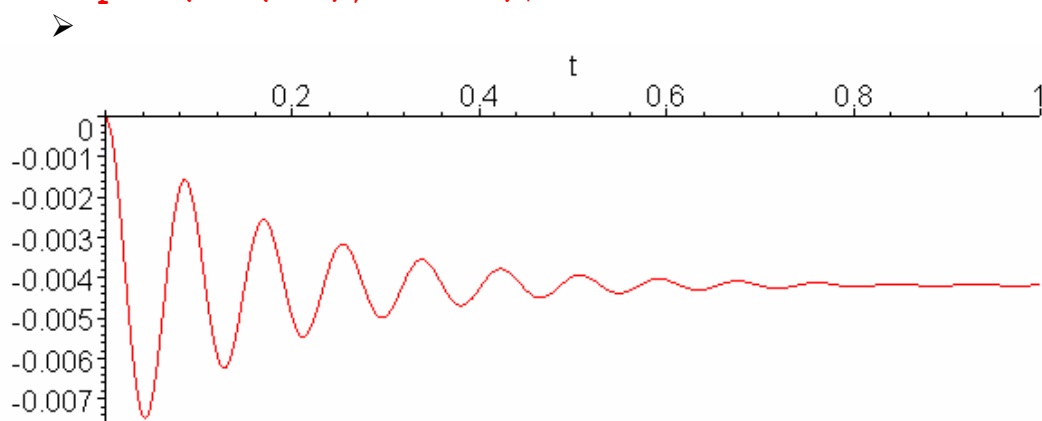


Рис.14. Теоретична віброграма вільних коливань колеса для стенду на рис.6

Отримана залежність дозволяє прогнозувати (вираховувати) частоту власних коливань, колеса при зміні навантаження на шину, її жорсткість і

коефіцієнти демпфування. Розрахунковий експеримент для деяких значень наведено у Додатку Д.

В вібраційних дослідженнях важливо виявити значення коефіцієнтів демпфування [5] конкретної конструкції шини і нормативних значення її параметрів для підстановки в рівняння (6). Виконується це тільки експериментально (рис. 15).

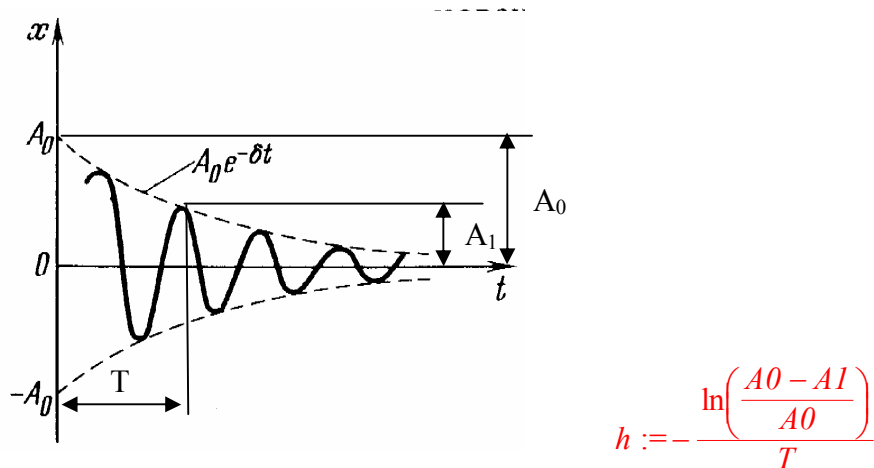


Рис.15. Рівняння згинаючої вільних коливань і розрахунок коефіцієнту демпфування [5]

Виконано експериментальне випробування коливань при ударних навантаженнях для стенду наведеному на рис. 10, б і визначено коеф. демпфування (вимірювальна плата – двохосьовий акселерометр MPU6050)

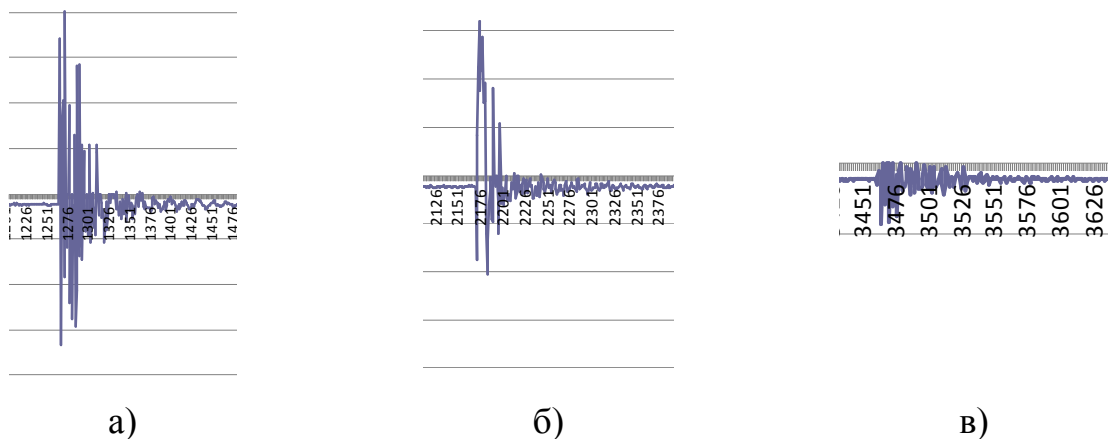


Рис. 16.Віброграми зняті при одиничному ударі в різних місцях стенду з навантаженою шиною до бігового барабану: а) - удар по цапфі приводного валу колеса; б) - удар по поверхні шини; в) - удар по поверхні бігового барабану

В експерименті (для стенду на рис. 6) коефіцієнт демпфування буде розраховуватись зі співвідношень:

$$\frac{A0}{A1} = \frac{e^{\left(-\frac{(a^3 \mu + a^2 \mu b) t}{2 m L^2 a}\right)} - \frac{a L (F00 + m g)}{Ck a^2 + C0 (a + b)^2}}{e^{\left(-\frac{(a^3 \mu + a^2 \mu b) (t + T)}{2 m L^2 a}\right)} - \frac{a L (F00 + m g)}{Ck a^2 + C0 (a + b)^2}},$$

$$\mu = - \frac{2 \ln \left(\frac{A1 Ck a^2 + A1 C0 a^2 + 2 A1 C0 a b + A1 C0 b^2 + a L F00 + a L m g}{A0 Ck a^2 + A0 C0 a^2 + 2 A0 C0 a b + A0 C0 b^2 + a L F00 + a L m g} \right)}{T a (a + b)} m L^2$$

де T – період коливань, $A0$ и $A1$ – амплітуди в піку t и на слідуючому піку відповідно.

2.4 Міркування щодо керованості і безпеки руху автомобіля в залежності від властивостей шин.

Міцність коліс автотранспортних засобів коштів багато в чому визначає їх безпеку. Численні випадки ДТП, техногенних аварій з важкими наслідками були викликані руйнуваннями коліс. Відомі випадки важких аварій з виїздом на зустрічну смугу і смертельними наслідками через руйнування коліс швидкісних легкових автомобілів, через перекидання великовантажних кар'єрних самоскидів, перекидань і аварій автокранів. У зв'язку з цим автомобільні колеса піддаються обов'язковим сертифікаційних випробувань при різних видах навантажень, і їх установка на транспортний засіб вимагає обов'язкового отримання сертифіката відповідності. Джерелом руйнування завжди є тріщини, що виникають в колесі автомобіля і швидко розвиваються при перевантаженнях. Тріщини можуть виникати через накопичення втомних пошкоджень і при впливі ударних навантажень. Таким чином, руйнування колеса відбувається або при вичерпанні ресурсу, або при впливі перевантаження. Поведінка колеса при різних видах навантаження залежить від конструкції, матеріалу і технології виготовлення колеса. В основі оцінки, як міцності колеса, так і його опору ударному впливу лежить

розрахунок, елементний аналіз коліс

Надійність колеса в значній мірі визначає безпеку транспортного засобу. Відмова колеса може бути обумовлений двома основними причинами: перевищенням параметрами навантаженості допустимих величин небезпечного рівня впливів при аварійній ситуації і недостатньою несучою здатністю колеса через невідповідність його конструкції даному транспортному засобу.

Аварійна ситуація може бути викликана різними відхиленнями в дорожній обстановці - наїзд на перешкоду, занос і т.д. Внаслідок цього змінюється штатна навантаженість колеса, відповідна його стаціонарного коченню по рівному дорожньому покриттю - відбувається ударна взаємодія колеса через шину з перешкодою. Крім того, в процесі експлуатації колесо схильне до дії нестационарних циклічних силових збурень, обумовлених взаємодією колеса через шину з дорожнім покриттям від навантажень з боку транспортного засобу.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу проблеми визначення і забезпечення механічних властивостей автомобільних шин в сучасних умовах їх виготовлення, випробування і експлуатації запропоновано удосконалені методи випробування і надано пропозиції щодо вимог експлуатації автомобілів.

2. Розроблено математичну модель для опису затухаючих коливань і визначення частот шин як пружного тіла з різними нормативними значеннями, що регламентуються стандартами.

3. Запропоновано, змонтовано і проведено тестові випробування (силові і вібраційні) на багатокординатному стенді з просторовим розташуванням приводів для відтворення орієнтації колеса в найбільш наближених до дорожніх умов.

4. Визначено коефіцієнти демпфування шин легкових автомобілів від тиску повітря і зміни жорсткості, що можуть бути використані в подальшому моделюванні руху автомобіля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобильный транспорт: респ. межвед. науч.-техн. сб. Вып. 26 / Харьковский гос. автомобильно-дорожный техн. ун-т ; отв. ред. Н. Я. Говорущенко. - Киев : Техніка, 1989. - 103 с.
2. Механика шини: монографія / В.А. Перегон, В.А.Карпенко, Л.П. Гречко и др. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 404 с.
3. Колесные и гусеничные транспортные средства. Обеспечение эффективности: учеб. пособие. Ч.2 / В. С. Блохин, Н. Г. Малич, К. М. Басс. - Дн-ск : ИМА-пресс, 2008. - 424 с.
4. Ларин А.Н., Черток Е.Е., Юрченко А.Н. Колесные узлы современных автомобилей (шины, камеры, диски) / А. Н. Ларин [и др.] ; общ. ред. А. Н. Юрченко. - Х. : С.А.М., 2004. - 260 с.: ил. - Библиогр.: с. 258-260. - ISBN 966-8591-04-6
5. Диментберг Ф.М., Шаталов К.Т., Гусаров А.А. Колебания машин. Тираж 5200 экз. М. Машиностроение 1964г. 308 с
6. Gough V.E. Contribution to discussion of papers on research in automobile stability, control and tyre performance, 1956-1957. Proc.Auto Div. Inst. Mech. Eng.
7. J.-P. MERLET Parallel Robots //SOLID MECHANICS AND ITS APPLICATIONS. Volume 128. 2006 Springer
8. Дмитрієв Д.О., Войтович О.А., Чурсов С.О., Баль О.Д. Застосування багатокоординатних механізмів в якості випробувальних стендів шин автотранспорту // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції "Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем". ЧНТУ:10-12 травня 2018р., м. Чернігів. - С.147-148
9. Войтович О. А. , Ткач В. О. Вплив тиску в шинах на безпеку руху автотранспорту // Вісник ХНТУ.-2017. - №4(63)., - С.33-38
10. Система контроля давления в шинах: как обеспечивается безопасность на дороге? [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до

ресурсу: <https://auto.today/bok/1956-sistema-kontrolya-davleniya-v-shinah-ili-kak-obespechivaetsya-bezopasnost-na-doroge.html>.

11. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобіля // Роберт Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 316 с.

12. Абрамов Д.В Концепція покращення функціональної стабільності динамічних та енергоперетворюючих властивостей автомобілів Автореферат канд. техн .наук Спеціальність 05.22.02-автомобілі та трактори Харків 2018 40 с.

13. В.Г. Вербицький, професор, д.ф.-м.н., ЗІА, А.В. Щербина, ст. викладач ЗНТУ ДОСЛІДЖЕННЯ КУТІВ СХОДЖЕННЯ КОЛІС ПРИ РІЗНИХ ШВИДКОСТЯХ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

14. В.Г. Скрипкарь, соискатель, В.В. Криволап, ст. преп., А.Г. Яценко, к.т.н., доцент, Д.М. Яценко, канд. техн. наук, асистент (НТУ) ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ КЕРУЮЧОГО КОЛІСНОГО МОДУЛЯ

15. Богомолов, професор, д.т.н., В.О. Гелло, аспірант, ХНАДУ МОДЕЛІ КОЛИВАНЬ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ У ПРОЦЕСІ ГАЛЬМУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

Метою роботи є розробка кінематичної схеми, конструкції вузлів та програмно-математичного апарату універсального програмно-керованого стенду для випробування шин АТЗ в умовах, що найбільш наближені до експлуатаційних. Провести вимірювання і дослідження вібраційних характеристик коліс і шин в найбільш поширених комбінаціях навантажень при русі АТЗ, порівняти їх та визначити вплив на безпеку руху автомобіля.

Задачі дослідження .

1. Проаналізувати методи, параметри шин і конструкції випробувальних стендів , що застосовуються в сучасному автопромі.
2. Розробити математичну модель, що здатна описувати і прогнозувати контрольовані механічні параметри шин.
3. Розробити програмно керований стенд для випробування шин і виконати вимірювання їх динамічних характеристик.
4. Надати технічні пропозиції щодо удосконалення контролю , експлуатації і руху автомобіля враховуючи невід’ємною складовою параметрів шин.

Об’єкт дослідження. Стендові методи і устаткування для випробування автомобільних шин та прогнозування їх роботи в процесі експлуатації автомобіля.

Предмет дослідження. Робочі процеси і властивості шин під час стендових випробувань та експлуатації автомобіля .

Наукова новизна. Вперше розроблено конструкцію стенду для випробування шин на зношування протектора і визначення динамічних характеристик на основі просторової системи приводів , що забезпечує точне відтворення дорожніх умов експлуатації.

Практична цінність. Виготовлено дослідний зразок стенду і проведено тестові випробування . Визначені параметри демпфування і жорсткості шин при різному тиску у шинах. Розроблені математичні моделі руху колеса, що прогнозують їх поведінку під час руху автомобіля в різних дорожніх умовах.