

Випробування підвіски

**Програмно-апаратний комплекс
для лабораторних досліджень підвіски автомобіля**

Зміст

Вступ	2
Розділ I. Підвіска автомобіля та параметри її роботи	3
1.1. Підвіска автомобіля та вимоги до неї	3
1.2. Параметри роботи підвіски	4
Розділ II. Діагностування підвіски автомобіля	8
2.1. Методи діагностування підвіски	8
2.2. Статичні методи	9
2.3. Динамічні методи	10
Розділ III. Розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження власних коливань підвіски автомобіля	16
3.1. Програмно-апаратний комплекс для дослідження власних коливань підвіски автомобіля	16
3.2. Проектування випробувального стенда	18
3.3. Засоби отримання та опрацювання даних експерименту	22
3.4. Методика проведення випробувань	28
Висновки	29
Список використаної літератури	30

Вступ

Основними пристроями, які захищають автомобіль від динамічного впливу дороги і зводять коливання і вібрації до необхідного рівня, є підвіска і шини.

Багаторічний досвід показує, що нерівності дороги і викликані ними коливання кузова і коліс автомобіля ведуть, як правило, до погіршення всіх його експлуатаційно-технічних якостей.

Для повноцінного вивчення будови та роботи підвіски важливо проведення лабораторно-дослідницьких робіт з максимально інформативним експериментом.

Дослідження експлуатаційних характеристик плавності ходу проводять за математичними моделями (на етапі проектування підвіски), в дорожніх та лабораторних умовах. При цьому оцінюють цілий ряд показників: жорсткість підвіски, частоту та амплітуду коливань, швидкість, прискорення підресореної маси та ін. У процесі проведення експериментів отримують великі масиви даних. При проведенні аналізу даних експерименту дослідник отримує цілий ряд трудомістких задач. Автоматизація процесу збору та обробки даних дозволяє пришвидшувати проектування та доведення до робочого стану техніки, суттєво зменшує похибки результатів.

Отже, створення лабораторно-дослідного устаткування для проведення досліджень роботи підвіски із залученням сучасних засобів збору та обробки експериментальних даних є актуальним.

Дана робота присвячена створенню програмно-апаратного комплексу для проведення лабораторних випробувань підвіски автомобіля за методом скидання.

Розділ I. ПІДВІСКА АВТОМОБІЛЯ ТА ПАРАМЕТРИ ЇЇ РОБОТИ

1.1. Підвіска автомобіля та вимоги до неї

Підвіска автомобіля (система підресорювання) - сукупність деталей, вузлів і механізмів, що грають роль сполучної ланки між кузовом автомобіля і дорогою. Входить до складу шасі.

Підвіска, являючись проміжною ланкою між кузовом автомобіля і дорогою, повинна бути легкою і разом з високою комфортабельністю забезпечувати максимальну безпеку руху. Для цього необхідні точна кінематика коліс, легкість повороту керованих коліс, а також ізоляція кузова від дорожніх шумів. Крім того, необхідно враховувати, що підвіска передає на кузов сили, що виникають в місці контакту колеса з дорогою, тому вона повинна бути міцною та довговічною.

Підвіска виконує наступні функції:

- фізично з'єднує колеса або нерозрізні мости з несучою системою автомобіля - кузовом або рамою;
- передає на несучу систему сили і моменти, що виникають при взаємодії коліс з дорогою;
- забезпечує необхідний характер переміщення коліс щодо кузова або рами;
- забезпечує необхідну плавність ходу.

Підвіска складається з пружних елементів, напрямних пристроїв і амортизаторів.

Пружні елементи сприймають і передають на раму нормальні сили, що діють від дороги, зменшують динамічні навантаження і забезпечують плавність ходу автомобіля.

Напрямний пристрій сприймає діючі на колеса повздовжні і бокові сили і їх моменти. Кінематика напрямного пристрою визначає характер переміщення коліс відносно рами і впливає на стійкість і керованість автомобіля.

Енергія коливань кузова і коліс поглинається амортизаторами.

У підвісках також встановлюються стабілізатори бокових кренів, які зменшують поперечні нахили кузова при повороті автомобіля.

Для підвісок встановлюються наступні вимоги.

1. Оптимальна власна частота коливань кузова, що визначається величиною статичного прогину.
2. Достатній динамічний хід, що виключає удари в обмежувачі прогину.
3. Оптимальна величина затухання коливань кузова і коліс.
4. Протидія кренам при повороті, «кльовкам» при гальмуванні і «присіданням» при прискоренні автомобіля.
5. Постійність колії і кутів встановлення шворнів керованих коліс.
6. Відповідність кінематики переміщення коліс кінематиці рульового приводу, що виключає надлишкову поворотність коліс і коливання керованих коліс навколо шворнів

1.2 Параметри роботи підвіски

Одним з основних параметрів роботи підвіски є власна частота коливань. Власна частота коливань визначається статичним прогином підвіски

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{f_p}},$$

де g – прискорення сили тяжіння.

Вагомий вплив на плавність ходу створює форма пружної характеристики підвіски – залежності між вертикальним навантаженням і деформацією підвіски, виміряною безпосередньо над віссю колеса (рис. 1.1).

Пружна характеристика підвіски дозволяє знайти наступні параметри, що характеризують пружний пристрій підвіски: жорсткість c ; статичний прогин f_p ; динамічний хід (прогин) до верхнього і нижнього обмежувачів відповідно $f_{об}$ і $f_{он}$.

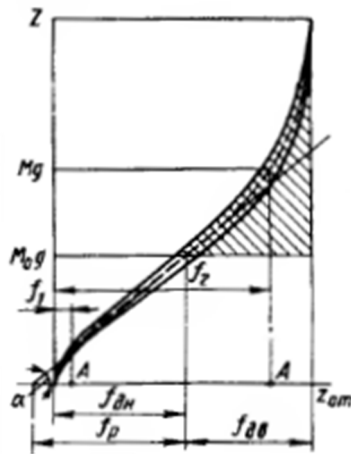


Рис.1.1. Пружна характеристика підвіски:

A- момент включення обмежувача

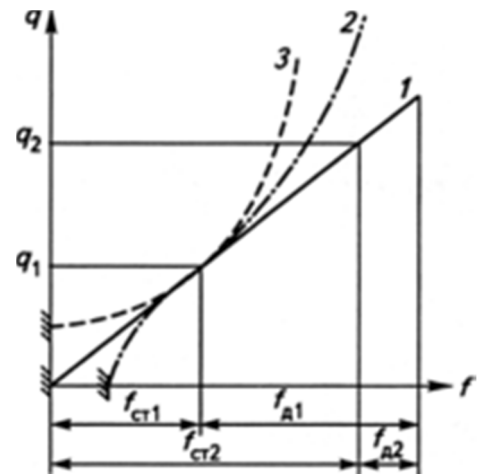


Рис. 1.2. Типи пружної характеристики підвісок:

1- постійної жорсткості; 2- змінної жорсткості прогресивно-регресивна; 3 - прогресивна

Заштрихована площа відповідає найбільшій потенційній енергії, що запасає підвіска при наїзді на нерівність, або так званій динамічній ємності підвіски. Чим більша ця потенційна енергія, тобто чим вища динамічна ємність підвіски, тим менша ймовірність ударів в обмежувач при русі автомобіля по нерівній дорозі.

Величина динамічного прогину до гумового буфера залежить від виду характеристики підвіски і в середньому складає: у легкових автомобілів $f_{ов} = 0,5f_p$; у автобусів $f_{ов} = 0,75f_p$; у вантажних автомобілів $f_{ов} = 1f_p$. Ці дані – орієнтовні. Для більшої точності слід зіставити величини $f_{ов}$ і $f_{дн}$ з ймовірностями ударів в буфери (пробиванням підвіски).

Розрізняють пружні характеристики постійної жорсткості; змінної жорсткості прогресивно-регресивну та прогресивну (рис. 1.2).

При русі в звичайних дорожніх умовах коливання автомобіля відбуваються при майже постійній жорсткості підвіски і можуть наближено розглядатися як лінійні. Якщо амплітуди коливань колеса або кузова значні, то

жорсткість підвіски збільшується, а вплив коливань на пасажирів підсилюється. Конструюючи підвіски, прагнуть того, щоб при максимальних динамічних навантаженнях, іноді перевищуючих статичні в 3-4 рази, не відбувались удари в обмежувачі ходу.

Під плавністю ходу автомобіля розуміють можливість тривалої їзди по різноманітних дорогах без втоми або тяжких відчуттів у водія і пасажирів, забезпечуючи при цьому високі швидкості руху та цілість перевезених вантажів.

При аналізі плавності ходу виділяють дві головні складові частини конструкції підвіски: підресорені і непідресорені маси.

До підресореної частини відносять всі агрегати і вузли (кузов, рама, двигун, кабіна й ін.), маса яких сприймається пружними елементами підвіски.

Непідресорені частини містять у собі всі агрегати і вузли, маса яких не сприймається пружними елементами (мости, колеса).

Деталі, що кріплять підресорені і непідресорені маси (пружні елементи, карданні вали, важелі підвіски й амортизаторів, реактивні штанги), умовно поділяють навпіл на підресорені і непідресорені маси.

Плавність ходу автомобіля оцінюється наступними параметрами вертикальних коливань.

Період коливань, τ - час, протягом якого підресорені маси здійснюють повний коливальний рух.

Амплітуда вертикальних коливань z - це найбільше відхилення (переміщення)

підресорених мас від становища рівноваги.

Прискорення коливань \ddot{z} - друга похідна переміщення підресорних мас в часі, м/с^2 .

Відповідно до ГОСТ 26568-85 плавність ходу автомобіля оцінюється величиною середньоквадратичних значень віброприскорень підресорених мас у діапазоні частот 0,7...22,4 Гц. Частотні характеристики і санітарні норми вказані в табл. 1.2.

П а р а м е т р		Н о м е р о к т а в и						
		1	2	3	4	5	6	7
Г р а н и ц я діапазо ну, Гц	н и ж н я	0,7	1,4	2,8	5,6	11,2	22,4	44,8
	в е р х н я	1,4	2,8	5,6	11,2	22,4	44,8	89,6
С е р е д н ь о г е о м е т р и ч н е з н а ч е н н я ч а с т о т и, Г ц		1	2	4	8	16	31,5	63
Д о п у с т и м е з н а ч е н н я в і б р о п р и с к о - р е н н я, м/с^2	в е р т и к а л ь н о г о	1,1 0	0,79	0,5 7	0,6 0	1,14	2,25	4,50
	г о р и з о н т а л ь н о г о	0,3 9	0,42	0,8 0	1,6 2	3,20	6,40	12,8 0

Ваговий коефіцієнт чутливості людини до вібрації	вертикальних	0,50	0,71	1,00	1,00	0,50	0,25	0,125
	горизонтальних	1,00	1,00	0,50	0,25	0,125	0,063	0,032

Табл. 1.2. Частотні характеристики октавних смуг і санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора

Розділ II. ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

2.1. Методи діагностування підвіски

Відповідно до [5] методи діагностування підвіски автомобіля діляться на статичні та динамічні (рис. 2.1).

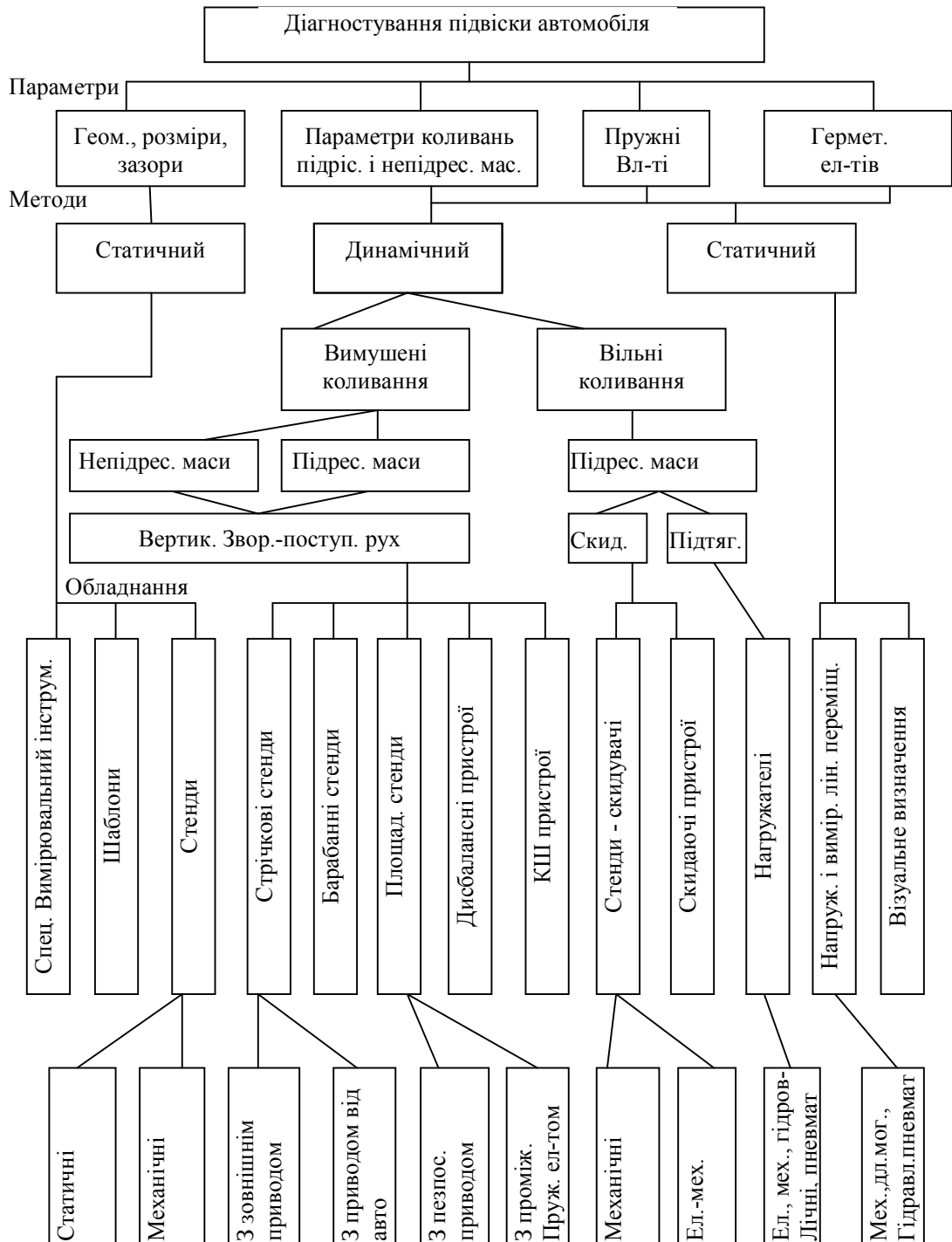


Рис. 2.1. Методи діагностування підвіски

2.2. Статичні методи

При статичних випробовуваннях визначають характеристики пружності підвіски, а також багато параметрів коливальної системи автомобіля, що характеризують її властивості: величини підресорених і непідресорених мас, жорсткість підвіски і ефективний статичний прогин для заданого статичного навантаження і т.д.

Визначення характеристик вертикальної пружності

Характеристика вертикальної пружності підвіски виражає залежність між вертикальним навантаженням на підвіску і її вертикальною деформацією, тобто приведеним до коліс відносним вертикальним переміщенням підресорених і непідресорених мас.

Характеристики вертикальної пружності дозволяють одержати досить важливу вихідну інформацію, яку використовують для попередньої оцінки властивостей підвіски, при аналізі результатів її динамічних лабораторних і дорожніх випробовувань, при вирішенні задач оптимізації.

За відсутності спеціальних стендів характеристики вертикальної пружності підвіски можуть бути визначені найпростішими засобами у відповідності з галузевою нормаллю ОН 025 305-67 [1]. При цьому обидва колеса випробовуваної підвіски встановлюють на ваги і автомобіль завантажують баластом до жорсткого упору в обмежувачі ходу підвіски. Розвантажувальну і навантажувальну вітки характеристики визначають відповідно при підйомі і опусканні кузова за допомогою домкратів чи лебідкою.

Щоб уникнути помилок при визначенні вертикальних характеристик пружності необхідно дотримуватись наступних вимог:

1. Опорні площини всіх коліс автомобіля повинні знаходитися на одній висоті.

2.Повинні виключатися горизонтальні реакції в площині контакту шин з опорною поверхнею, для чого під колеса встановлюють особливі площадки, що забезпечують переміщення в горизонтальній площині з мінімальним тертям.

3.Заміри необхідно проводити з таким розрахунком,щоб отримати достатнє число точок на графіку характеристики. Рекомендується проводити замір деформації через інтервали навантаження не більше 10-20% від статичного навантаження.

4.Точність заміру переміщень повинна забезпечувати величину похибки не більше 1 мм. Похибка в замірі навантаження повинна бути не більше 2%.

5.Рекомендується встановлювати кожне колесо на окремі ваги. Це дозволяє уникнути впливу можливого нерівномірного розподілу навантаження між колесами.

6.У процесі визначення навантажувальної вітки характеристики деформація повинна змінюватися тільки в напрямку від меншої до більшої, при визначенні розвантажувальної вітки – від більшої до меншої. Зміна напрямку деформації змінює напрямок сил тертя і призводить до помилкових результатів.

7.Деформацію підвіски приймають рівну напівсумі величин, отриманих при замірах з правої і лівої сторони. Щоб зменшити ймовірність випадкових похибок, все випробовування рекомендується повторити не менше 2-3 рази.

2.3. Динамічні методи

Динамічні методи діляться на лабораторні та дорожні. В даній роботі розглянуто лише лабораторні методи (рис. 2.2)

Основною метою лабораторних динамічних випробовувань є визначення динамічних характеристик підвіски, які встановлюють зв'язок між динамічними впливами на коливальну систему і її реакціями. Крім того, при динамічних випробовуваннях визначають параметри коливальної системи, якщо вони не можуть бути знайдені в статичних умовах: частоти вільних коливань, коефіцієнти відносного демпфування, моменти інерції і ін.

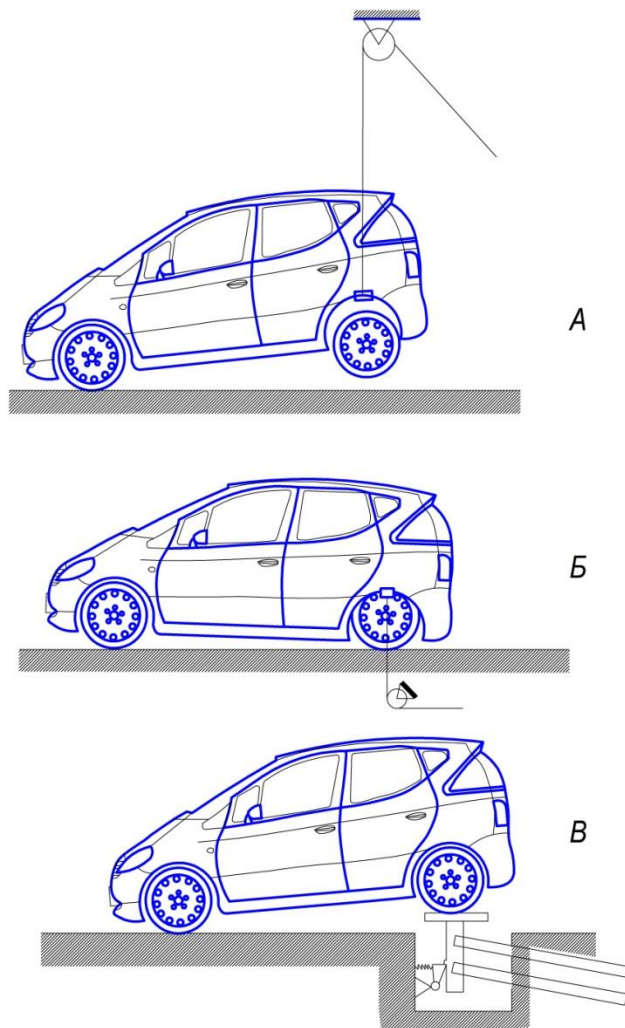


Рис. 2.2. Динамічні лабораторні випробування

Динамічні характеристики дозволяють зі значно більшою повнотою, ніж статичні, оцінити властивості підвіски при різноманітних режимах її роботи, в тому числі при режимах, близьких до експлуатаційних. Тому при оцінці якості підвіски в лабораторних умовах динамічні випробування займають центральне місце.

Визначення характеристик вільних коливань

Основною метою випробувань підвіски при вільних коливаннях є визначення власних частот коливальної системи і оцінка величини загасання. Крім того, при вільних коливаннях можуть бути визначені величини невіднесених мас.

Відомі два методи дослідження вільних коливань – підтягування та скидання [6].

Перевагами методу підтягування (рис. 2.2 б) є те, що вільні загасаючі коливання починаються відразу після приведення в дію муфти миттєвого розвантаження. Здійснюючи підтягування вгору або вниз на різну величину, можна отримати вільні коливання із заданою початковою амплітудою.

При визначенні характеристик коливань методом підтягування проводяться такі випробування для передньої і задньої підвісок:

а) підтягування кузова вгору на висоту 60-80 мм, вимірюємо над віссю. Висота підтягування вибирається так, щоб при випробуваннях не відбувалося ударів об обмежувачі ходу;

б) підтягування кузова вниз на ту ж величину. Рівність висот, на які проводиться підтягування вгору і вниз, має бути витримано з точністю до 3-4 мм;

в) підтягування осі вниз на 30 мм.

При швидкому звільненні кузов робить власні низькочастотні коливання з заданим початковим відхиленням. В випадку, якщо коефіцієнт розподілу підресорених мас не дорівнює одиниці, точка прикладання зусиль повинна знаходитися над віссю досліджуваної підвіски автомобіля.

Підтягування осі проводиться аналогічно підтягуванню кузова. При швидкому звільненні вісь здійснює власні високочастотні коливання з заданим початковим відхиленням.

Результатом випробувань є характеристики коливань кузова (рис. 2.3) . З характеристик коливань кузова визначаються низька частота і загасання коливань при відбої і стисненні від опору амортизаторів і тертя.

При випробуваннях методом підтягування інтенсивність коливань не підресорених частин може виявитися недостатньою, щоб запис міг бути використаний для визначення частот коливань. В цьому випадку можливо застосування підтягування вниз безпосередньо непідресореної частини.

При випробуваннях методом «скидання» (рис. 2.2 а, в) після вимкнення запірної пристрою відбувається вільне падіння підресореної і непідресореної частини автомобіля разом з опорними майданчиками до упорів.

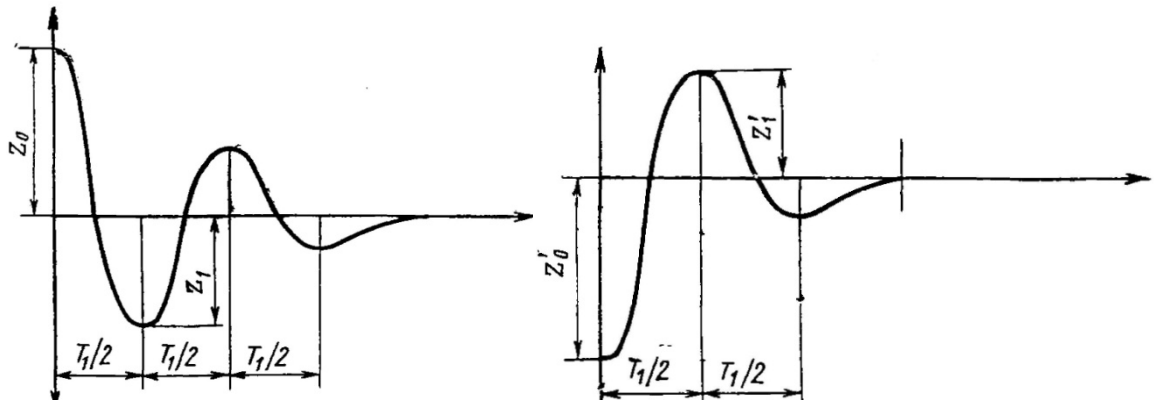


Рис. 2.3. Характеристики коливань кузова при використанні методу підтягування

В цьому випадку початкові амплітуди вільних коливань для різних автомобілів не однакові, що затрудняє можливість порівняння.

При визначенні характеристик коливань кузова і осі методом скидання автомобіль встановлюється передніми (задніми) колесами на спеціальні майданчики, які піднімаються на висоту 65 мм, а потім прибираються, викликаючи падіння коліс і кузова і наступні власні коливання.

Випробовується автомобіль без навантаження і з повним навантаженням при тиску в шинах, встановленому згідно заводської інструкції.

Результатом випробувань є характеристики коливань передньої і задньої підвісок автомобіля (рис. 2.4). початковій ділянці коливань кузова (між точками 0 і 1) відповідає падіння коліс і кузова; крім того, на цій ділянці коливання кузова супроводжуються інтенсивними коливаннями осі. Тому оброблювана ділянка кривої коливань кузова починається з точки 1. На оброблюваній ділянці визначається низька частота коливань p і оцінка загасання.

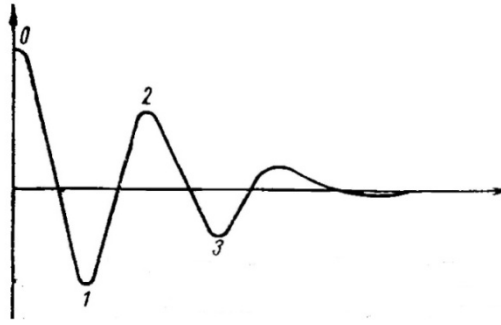


Рис. 2.4. Характеристика коливань підвіски автомобіля при скиданні

Визначення власних частот і оцінка згасання

Автомобіль являє собою складну коливальну систему, що має цілий ряд власних частот. При випробуваннях в режимі вільних коливань зазвичай стоїть задача визначення основних частот коливань в повздовжній площині: двох низьких частот, що відповідають коливанням підресореної маси, і двох високих; що відповідають коливанням не підресорених мас передньої і задньої підвіски. Якщо коливання передньої і задньої підвісок між собою не зв'язані, при випробуваннях збуджуються коливання тільки передньої або тільки задньої підвіски.

Якщо між коливаннями передньої і задньої підвісок існує зв'язок, збуджувані низькочастотні коливання мають дві складові різної частоти. Однак при початковому збудженні тільки випробовуваної (передньої чи задньої) підвіски і не дуже сильного зв'язку (коефіцієнт розподілення мас $\epsilon = 0,8 \dots 1,2$) наявність другої складової практично не помітна.

Точність визначення частоти залежить від тривалості коливань, яка буде тим більша, чим більша початкова деформація. Зазвичай застосовують підтягування на 60-80 мм і скидання з висоти 60-65 мм при умові відсутності ударів об обмежувачі ходу і відривання коліс від опорної площини.

Велика тривалість коливань може бути досягнута, якщо дослід проводити при відключених амортизаторах. Для усунення поперечних коливань необхідно

забезпечити симетричність підтягування з лівої і правої сторін і синхронність вивільнення майданчиків під правим і лівим колесом при скиданні.

Визначення частот варто проводити як для автомобіля без навантаження, так і при повному навантаженні. Для зменшення випадкових помилок дослід при кожному ваговому стані варто повторити 3-4 рази.

Коливання низької і високої частоти здійснюються одночасно. Тому записувані коливання підресореної маси автомобіля можуть мати спочатку окрім основної низькочастотної ще й високочастотну складову. Це змушує виключити з обробки початкову ділянку запису. Щоб виявити частоти з більшою точністю, варто користуватися записом величин, коливання яких відбуваються переважно з однією частотою. Для низької частоти варто користуватися записом переміщень підресорених мас, для високої частоти – записом прискорень непідресорених мас.

Для запису переміщень підресореної маси датчик кріплять в точці кузова (рами), розташованій над віссю. Датчик для запису прискорень не підресорених мас кріплять біля колеса.

Амплітудно-частотні характеристики відносних переміщень підресорених і непідресорених мас використовують для оцінки можливості ударів об обмежувачі ходу, а також режимів роботи пружних елементів і їх довговічності.

Амплітудно-частотні характеристики прискорень непідресорених мас дозволяють оцінити інтенсивність їх коливань.

Розділ III. ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБОВУВАНЬ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

3.1. Програмно-апаратний комплекс для дослідження власних коливань підвіски автомобіля

Для проведення лабораторних та наукових робіт з вивчення підвіски автомобіля, дослідження параметрів її роботи та параметрів плавності руху, в лабораторії «Автомобілі і трактори» кафедри автомобільного транспорту спроектований програмно-апаратний комплекс для проведення випробовувань підвіски методом скидання. Як зазначалося вище в п.2.1.2, метод скидання дозволяє оцінити параметри вільних коливань підвіски, таких як частота та амплітуда вільних коливань, швидкість та прискорення підресореної маси, затухання коливань.

Програмно-апаратний комплекс, схема якого представлена на рис. 3.1 складається з випробувального стенду 1, траверси 2, піднімальної балки 3, електромагнітів 4, акселерометра 5, швидкісної цифрової відеокамери 6, екрану 7, комп'ютера 8.

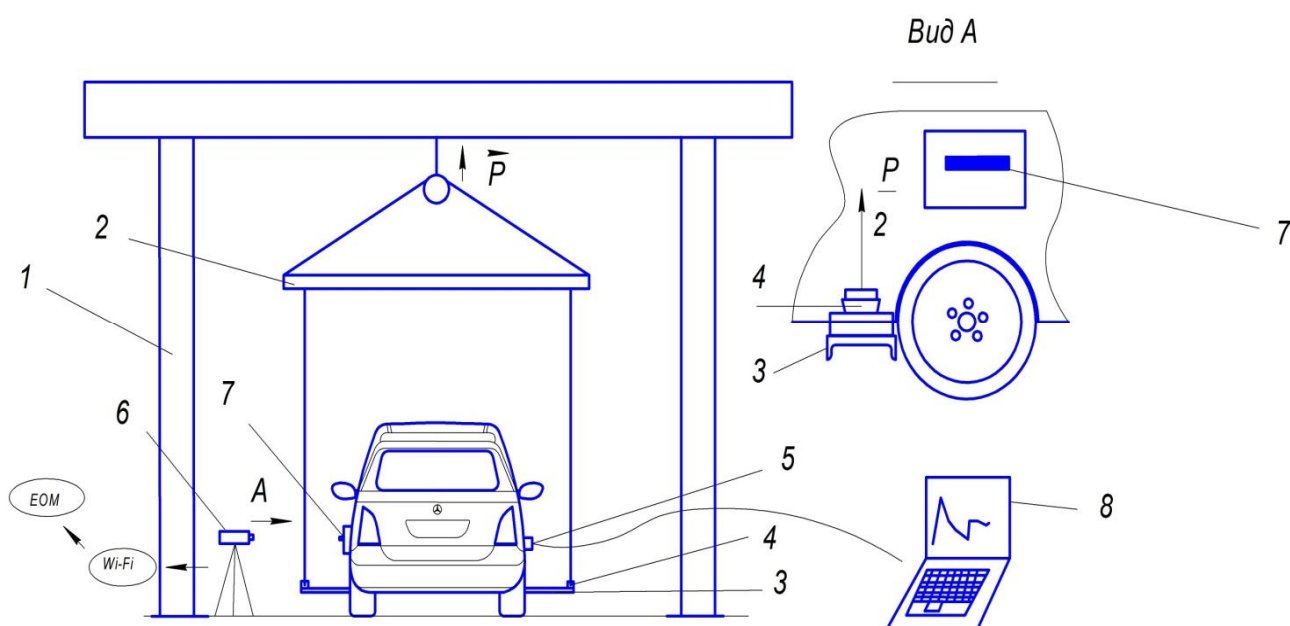


Рис. 3.1. Схема програмно-апаратного комплексу

Випробувальний стенд складається з рами 1, на якій кріпиться піднімальний механізм (лебідка). До тросу лебідки кріпиться траверса 2 з двома тросами по боках. На кінцях бічних тросів траверси 2 закріплюються електромагніти 4. Під автомобіль закладається піднімальна балка 3. На кінцях піднімальної балки закріплені відповідні пластини електромагнітів 4.

Для піднімання автомобіля траверса 2 опускається вниз до тих пір, поки електромагніти 4 доторкнуться до пластини на піднімальній балці 3.

При подачі електричного сигналу на електромагніти, вони зчіпляються з піднімальною балкою.

В якості електромагнітів обрано електромагніти для входних дверей Electronic Locks Manufacturing Experts вантажопідйомністю 280 кг. Магніти встановлюються по два на кожну сторону.

При підніманні траверси 2, одночасно піднімається піднімальна балка 3, яка буде піднімати автомобіль на необхідну висоту.

Для мінімізації впливу коливань підвіски однієї осі на іншу піднімальну балку 3 необхідно розміщувати якомога ближче до досліджуваної осі.

Після підняття автомобіля електричний сигнал, що подавався на електромагніти відключається, автомобіль падає і при цьому виникають вільні коливання підресореної маси.

Вільні коливання фіксуються за допомогою швидкісної цифрової відеокамери 6 та акселерометра 5. Відеокамера та акселерометр адаптовані із комп'ютером 8, де записується інформація в онлайн режимі з наступною обробкою.

Відеокамера направлена на закріпленій на корпусі автомобіля білий екран 7 з чорною горизонтальною рисою і фіксує вертикальне переміщення риси, що відповідає коливанням підресореної маси (рис. 3.10).

3.2. Проектування випробувального стенда

Розрахункова схема стенда

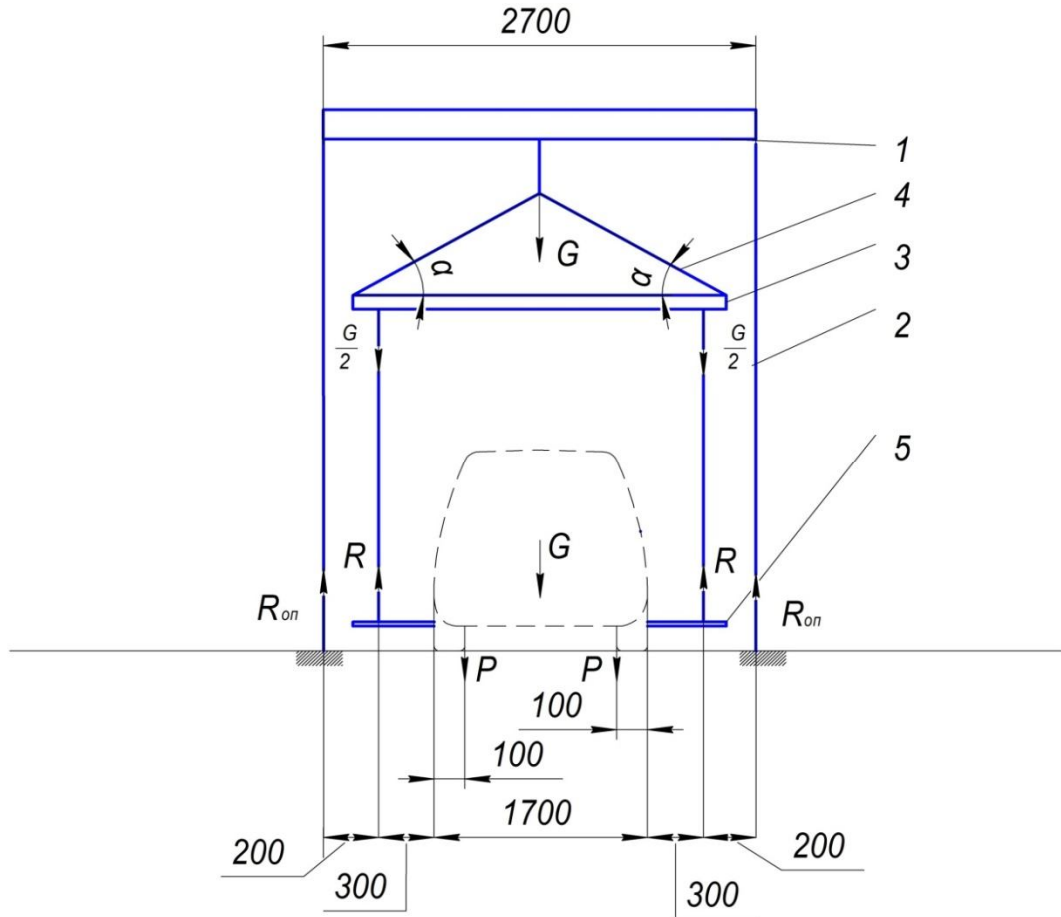


Рис. 3.2. Розрахункова схема стенда:

1 - балка; 2 - стійка; 3 - траверса; 4 - трос; 5 – балка піднімальна

Навантаження елементів конструкції стенду:

$G = mg$ – вага автомобіля, що діє на одній вісі;

m – маса автомобіля, що приходить на одну вісь, приймаємо $m = 1500$ кг,

$$G = 1500 \cdot 9,81 = 14715 \approx 15 \text{ кН};$$

$R_{оп}$ - реакції в опорах (стійках стенду);

$P = \frac{G}{2}$ - сили, що навантажують піднімальну балку 5 (під лонжеронами);

$$R = \frac{G}{2} - \text{реакції в опорах (підвісах) балки 5;}$$

α – кут нахилу троса до траверси.

Розрахунок балки 1 (рис. 3.2.)

Розрахункова схема балки приведена на рис. 3.3.

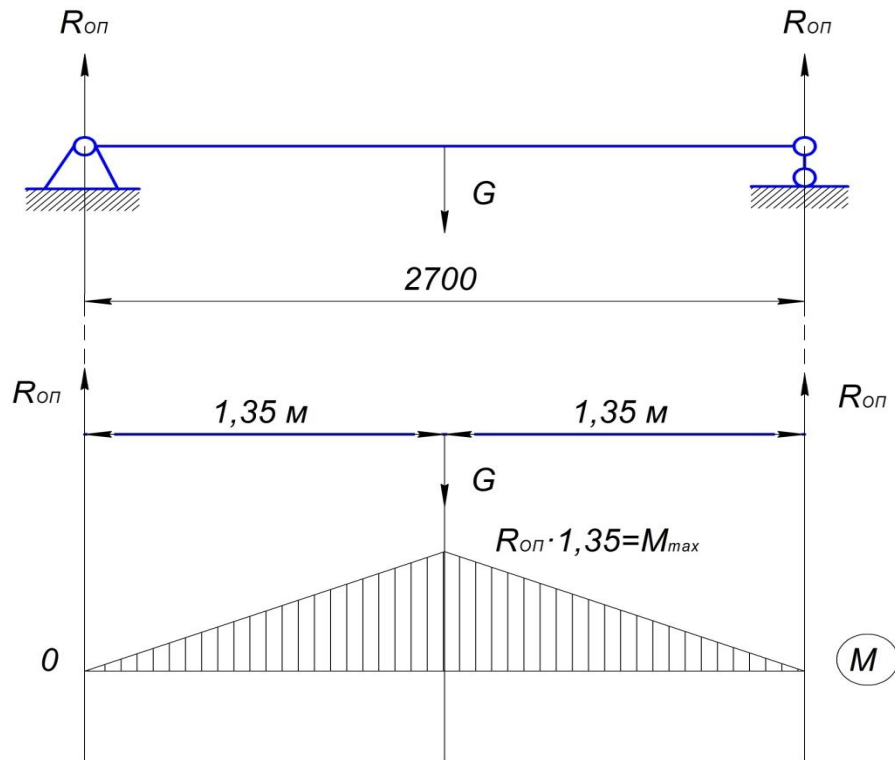


Рис. 3.3. Розрахункова схема балки 1

Визначення реакцій в опорах балки $R_{оп}$

$$\sum M_i = -G \cdot 1,35 + R_{оп} \cdot 2,7 = 0;$$

$$R_{оп} = \frac{G}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ кН};$$

Максимальний згинний момент в балці

$$M_{\max} = R_{оп} \cdot 1,35 = 7,5 \cdot 10^3 \cdot 1,35 = 10,13 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = 10,13 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Із умови міцності на згин

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]};$$

Для матеріалу балки Сталь 30

$$\sigma_T = 300 \text{ МПа};$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{300}{1,5} = 200 \text{ МПа};$$

$$W_Z \geq \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{10,13 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^6} = 5,07 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 50,07 \text{ см}^3;$$

Прийmemo поперечний переріз балки складеним з двох паралельних швелерів (рис. 3.4).

Тоді момент опору одного швелера

$$W_{Z_{швел}} = \frac{W_Z}{2} \geq \frac{50,07}{2} = 25,04 \text{ см}^3;$$

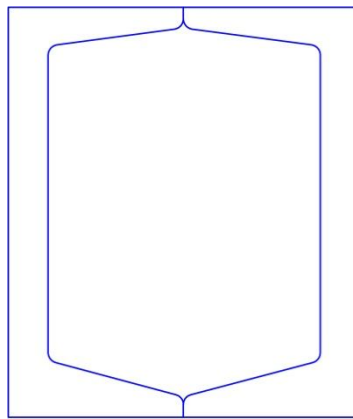


Рис. 3.4. Поперечний переріз балки

За таблицею сортаменту [6] вибираємо швелер №10.

Розрахунок балки 5 (рис. 3.2)

Розрахункова схема балки приведена на рис. 3.5.

Знаходимо реакції в опорах балки R

$$\Sigma M_i = -P \cdot 0,4 - P \cdot 1,9 + R \cdot 2,3 = 0;$$

$$R = \frac{P(0,4 + 1,90)}{2,3} = P = \frac{G}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ кН}$$

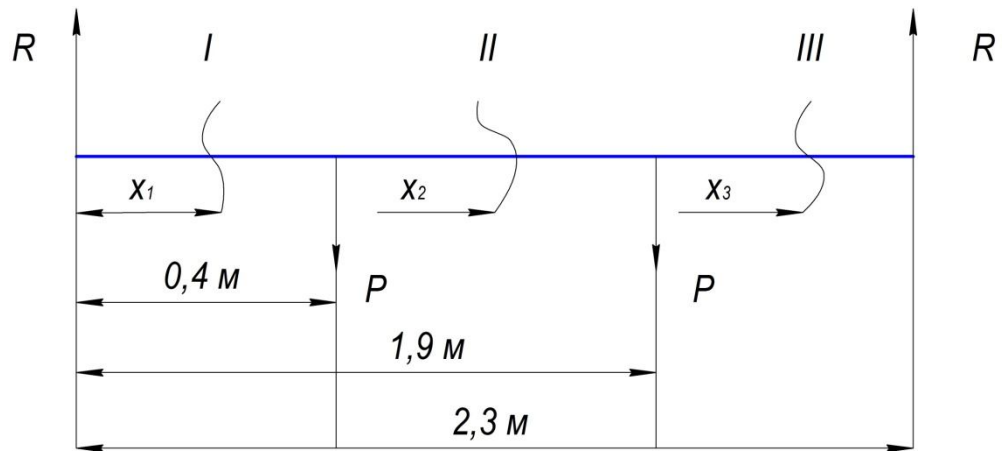


Рис. 3.5. Розрахункова схема балки 5

Знаходимо згинні моменти в балці

$$M_I = R \cdot x_1;$$

$$M_{I/x_1=0} = 0;$$

$$M_{I/x_1=0,4} = R \cdot 0,4 = 7,5 \cdot 0,4 = 3 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{II} = R \cdot x_2 - P(x_2 - 0,4);$$

$$M_{I/x_1=0,4} = R \cdot 0,4 = 3 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{II/x_2=1,9} = R \cdot 1,9 - P \cdot (1,9 - 0,4) = 7,5 \cdot 1,9 - 7,5 \cdot 1,5 = 7,5 \cdot 0,4 = 3 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{IV} = R \cdot x_3 - P(x_3 - 0,4) - P(x_3 - 1,9);$$

$$M_{IV/x_3=1,9} = 3 \text{кН};$$

$$M_{IV/x_3=2,3} = 0;$$

Епюра згинних моментів має наступний вигляд (рис. 3.6)

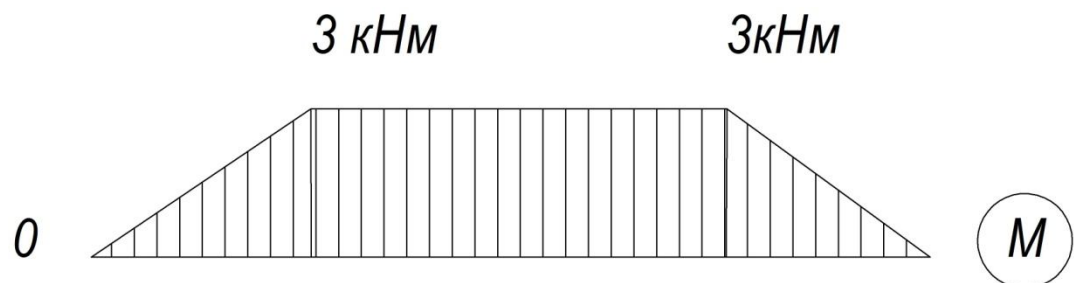


Рис. 3.6. Епюра згинних моментів

$$M_{\max} = 3 \text{кН} \cdot \text{м};$$

З умови міцності

$$W_z = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{3 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^6} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 15 \text{ см}^3;$$

Приймаємо поперечний переріз балки у вигляді швелера (рис. 3.7).



Рис.3.7. Поперечний переріз піднімальної балки

За таблицею сортамента [6] вибираємо швелер №16а.

Підбираємо сталевий канат для підйомного механізму відповідно до ГОСТ 3068-88 [11].

Найбільш навантаженим є трос, що піднімає всю траверсу 3.

Навантаження троса складає $P=G=15$ кН.

Розривне зусилля каната R , відповідно до ГОСТ 3068-88 [11], визначається за формулою

$$R = P \cdot K_3 = 15 \cdot 5 = 75 \text{ кН},$$

де K_3 - коефіцієнт запасу міцності сталевих канатів; $K_3 = 5$.

Вибираємо сталевий канат[11] *Канат 10,5-Г-В-1960 ГОСТ 3068-88*.

На основі розрахунків було розроблено складальне креслення випробувального стенду (Додаток 1).

3.3. Засоби отримання та опрацювання даних експерименту

Для дослідження підвіски автомобіля пропонується поєднати такі методи: 1) метод, що базується на використанні акселерометрів, адаптованих для роботи з комп'ютером; 2) метод відеовимірювання параметрів переміщень динамічних механічних систем.

За першим методом використовуються акселерометри ADIS1606 фірми Analog Devices [12], які вимірюють лінійне прискорення руху або гравітації та

перетворюють отримані дані на електричний сигнал.

Дані акселерометри являють собою високоточні, низьковольтні пристрої для вимірювань прискорень вздовж двох осей з межами виміру $\pm 5g$. Вихідним є аналоговий сигнал, пропорційний прискоренню незалежно уздовж кожної осі. Точність даних датчиків становить $0,001 g$ (нахил $0,06^\circ$). Витримують прискорення до $3500g$, розміри становлять $7,2 \times 7,2 \times 3,7$ мм. Для перетворення аналогового сигналу від акселерометра на цифровий використовується контролер ADISUSBZ, який, у свою чергу, підключається за допомогою USB кабелю до комп'ютера. За допомогою спеціального програмного забезпечення зняті дані експерименту представляються у вигляді обробленої цифрової та графічної інформації (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Графічний інтерфейс програми:

- 1 – тип пристрою та до якого каналу під'єднаний;
- 2 – функція перевірки вихідного сигналу;
- 3 – дані для збереження результатів виміру;
- 4 – налаштування параметрів збору даних;
- 5 – налаштування масштабу і зсуву ділянки виміру

Програма перетворює сигнал, що надходить від контролера, на зрозуміле зображення коливань випробувальної системи. Побудова синусоїдної кривої досліду відбувається автоматично, виходячи з двох параметрів, які здатен вимірювати акселерометр, тобто по осі X – час виміру (м/с), по осі Y – прискорення (м/с²). При вимірі по обох координатних осях на екрані будуються одразу дві криві, в реальному часі, перша ілюструє зміну прискорення по осі X , відповідно інша – по осі Y .

Методи вимірювання механічних величин за відеозображеннями.

Відеозображення містять інформацію про такі механічні величини, як лінійні й кутові переміщення об'єктів. Для визначення цих переміщень необхідно виділити на відеозображенні потрібний об'єкт і визначити координати точок, що утворюють зовнішній контур цього об'єкта. Потім необхідно порівняти ці координати для послідовності відеозображень, на яких зафіксовано переміщення об'єкта.

Метод базується на сегментації зображень. Сегментація зображення – розподіл зображення на області за ознакою подібності властивостей їх точок. Найбільш часто сегментацію проводять за яскравістю на основі порогового значення яскравості. Пороговий розподіл напівтонового зображення на області за ознакою їх яскравості також має назву бінарзації зображення. Важливе завдання при сегментації зображення – це вибір порогового значення яскравості, що розділяє зображення на об'єкт і фон.

В проектуваному програмно апаратному комплексі для сегментації зображення використовується білий екран з чорною горизонтальною рисою 7 (рис. 3.1; 3.10).

Апаратні засоби для відеовимірювань механічних величин.

Метод відеовимірювань лінійних і кутових переміщень об'єктів потребує використання певного набору апаратних засобів (рис. 3.9) [13]. Найсуттєвішим елементом даної структурної схеми є вимірювальний канал, від якого значною мірою залежать точнісні й часові характеристики геометричних вимірювань.

Можливі такі варіанти використання стандартних апаратних засобів для відеовимірювань механічних величин: 1. Відеокамера, яка підключена до пристрою введення відеозображень (у складі комп'ютера). 2. Цифровий фотоапарат, підключений до комп'ютера через послідовний інтерфейс або інтерфейс USB. 3. Цифрова відеокамера, підключена до комп'ютера через інтерфейс IEEE 1394 "FireWire" або інтерфейс USB, або через Wi-Fi.



Рис. 3.9. Структурна схема апаратних засобів для відеовимірювань лінійних і кутових переміщень об'єктів

В нашому дослідницькому комплексі обрано третій варіант. Цифрова відеокамера дозволяє отримати послідовність відеозображень у цифровій формі й передати їх у комп'ютер. Перетворення відеоінформації на цифрове зображення відбувається в самій відеокамері. Обмежена пропускна здатність апаратних засобів вимагає застосування ущільнення відеозображень. Для ущільнення використовуються формати відеопослідовностей M-JPEG, MPEG та ін. Переваги даного варіанта: 1. Краща якість цифрового зображення, порівняно з аналоговою відеокамерою. Це обумовлено низьким рівнем шумів і малими похибками дискретності. 2. Послідовна розгортка відеозображення. 3. Можливість введення в комп'ютер і обробки послідовності зображень з високою частотою кадрів.

До відеокамери, спираючись на умови дослідження підвіски автомобіля, було висунуто такі вимоги: – формування послідовності відеозображень із прогресивною розгорткою (кожен кадр одночасно містить парні та непарні рядки відеозображення); висока розподільна здатність (до 1500–2000 дискретних точок по висоті та ширині відеозображення); частота кадрів не менше 25–30 кадрів за секунду, що є достатнім для дослідження коливань підвіски з частотою до декількох Гц; придатність до роботи в умовах, що відповідають умовам проведення експериментів з дослідження підвіски автомобілів.

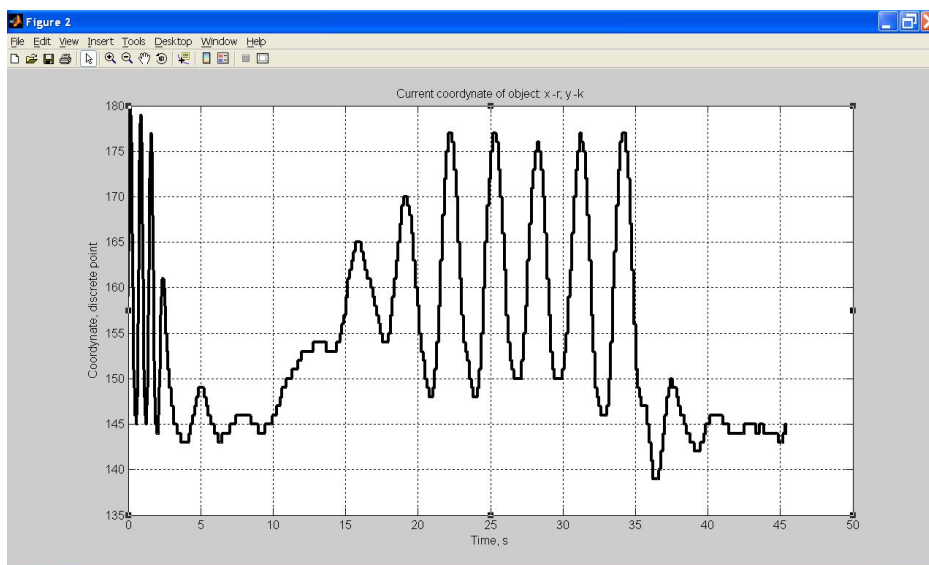
Для проектного програмно-апаратного комплексу обрано цифрову камеру GoPro Hero 5 Session з частотою кадрів від 30 до 120 кадрів в секунду.

Перевірку методу відеовимірювань було проведено умовно методом підтягування (в ручному режимі), як показано на рис. 3.10.

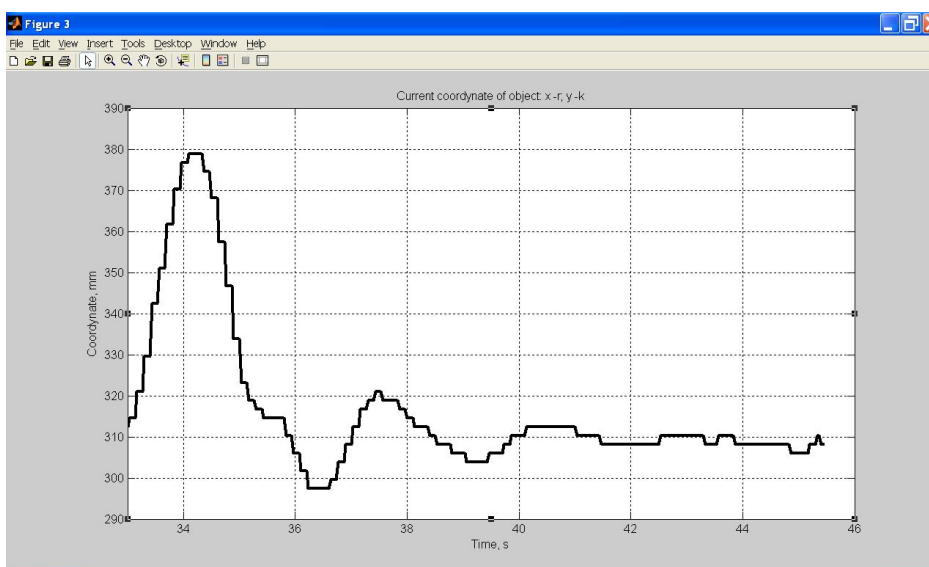


Рис. 3.10. Реалізація методу підтягування та відеообробка зображення

Після обробки відеоінформації отримано графік коливань підвіски (рис. 3.11).



а)



б)

Рис. 3.11. Діаграми власних коливань роботи підвіски: а – розкачування та вільні коливання; б – вільні коливання

Дані та результати проведеного експерименту наведено в додатку 2.

3.4. Методика проведення випробувань

1. Встановлюємо автомобіль на випробувальний стенд 1 (рис. 3.1).
2. Закріплюємо на автомобіль екран 7 та виставляємо відеокамеру 6. Закріплюємо на автомобіль акселерометр 5. Комутуємо відеокамеру та акселерометр із комп'ютером 8. Перевіряємо якість надходження сигналів з відеокамери та акселерометра.
3. Закладаємо під автомобіль якомога ближче до випробувальної осі піднімальну балку 3.
4. Опускаємо траверсу 2 до контакту електромагнітів 4 з піднімальною балкою 3.
5. Подаємо електричний сигнал на електромагніти 4.
6. Піднімаємо автомобіль до тих пір, коли колеса відриваються від підлоги на висоту 6-8 см.
7. Відключаємо електромагніти.
8. Записуємо дані експерименту на комп'ютері.
 - Обробляємо відеоінформацію та отримуємо параметри вільних коливань підвіски: амплітуду, частоту та затухання.
 - Отримуємо інформацію про прискорення коливань, передану акселерометром та двічі інтегруємо її з отриманням графіків швидкості та амплітуди коливань.
 - Аналізуємо дані експерименту.

Висновки

1. Розроблено програмно-апаратний комплекс для проведення динамічних лабораторних випробувань підвіски автомобіля за методом скидання.
2. Запропоновано та впроваджено метод відеовимірювань параметрів коливального процесу підвіски автомобіля, який базується на використанні швидкісної цифрової відеокамери, адаптованої з ЕОМ. Даний метод дозволяє в режимі реального часу знімати та оперативно обробляти результати експерименту з паралельною візуалізацією.
3. Проведено експеримент по дослідженню коливань підвіски автомобіля з використанням методу відеовимірювань, який підтвердив його дієвість.

Список використаної літератури

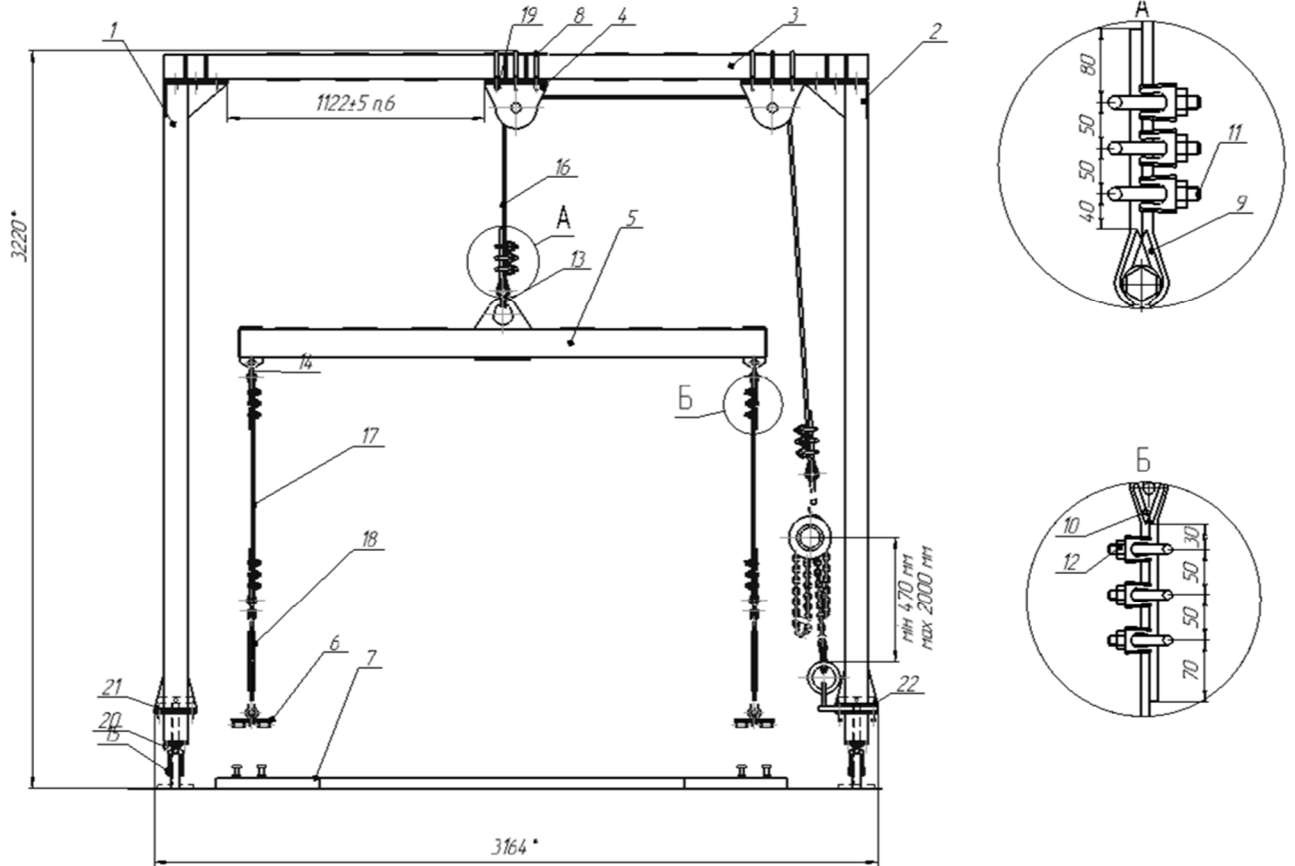
1. Автомобили, прицепы и полуприцепы, сборник государственных и отраслевых стандартов и отраслевых нормалей. — Издательство стандартов, 1974 г., — 261 с.
2. Бухарин Н.А., Прозоров В.С., Шукин М.М. Автомобили. — Учебное пособие для вузов. — Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1973. — 504 с.
3. Копилевич Э.В., Пурник М.А., Федоров С.А. Диагностика подвески автомобилей. — (Гос. науч.-исслед. ин-т автомобильного транспорта— НИИАТ, Ленфилиал). Изд-во «Транспорт», 1973 г., стр. 1—52.
4. Мельничук С.В., Подчашинський Ю.О., Вітюк І.В., Лугових О.А., Повар А.С. Програмно-апаратний комплекс для визначення параметрів переміщень і оцінки плавності ходу підвіски на основі чотириланкового важільного механізму. — Вісник ЖДТУ /Технічні науки. - 2010. - №2(53) .—С.96-103.
5. Певзнер Я.М., Гридасов Г.Г., Конев А.Д. и др. Колебания автомобиля. —М.: Машиностроение, 1979 г. — 208 с.;
6. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов. — Киев: Вища школа, 1979. — 696 с.
7. Раймпель Й. Шасси автомобиля. Конструкции подвесок. — М.: Машиностроение, 1989. — 328 с.
8. Раймпель Й. Шасси автомобиля. Элементы подвески. — Перевод с немецкого Карпухина А. Л. Под редакцией Канд. техн. наук Г. Г. Гридасова М.: Машиностроение, 1987. — 288 с.
9. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. Колебания и плавность хода. —Изд. 3-е перераб. и доп. — Москва: Машиностроение, 1972. — 392 с.
10. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 частинах. Частина 2. Плавність ходу та прохідність автотранспортних засобів.— В. П. Сахно, В. М. Поляков, А. В. Костенко та ін. — Донецьк : Ноулідж, 2014. — 354 с.

- 11.ГОСТ 3068-88. Межгосударственный стандарт. Канат стальной двойной свивки типа ТК конструкции. — Издание с Изменением № I, утвержденным в апреле 1992 г. (ИУС 7—92).
- 12.Электронный ресурс. Режим доступа : <http://www.analog.com>.
- 13.Электронный ресурс. Режим доступа : <https://gopro-ua.com>.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Складальне креслення випробувального стенда



Додаток 2

Дані експерименту адаптації методу відеовимірювань

=== Параметри коливань ===

папка з кадрами відеопослідовності > D:\NVH 7 Подвеска ЖАТК 22-12-2019\video-01046a3919049155c64a1ddb63fb22eb-V (21.12.2019 11-37-27)
маска для пошуку кадрів відеопослідовності > .jpg
ім'я файла для текстового виведення результатів > D:\NVH 7 Подвеска ЖАТК 22-12-2019\video-01046a3919049155c64a1ddb63fb22eb-V (21.12.2019 11-37-27).txt
розмір (д.т.) області для визначення яскравості об'єкта і фону > 30 30
смуга для пошуку контура > 30
коригування координат базових точок з врахуванням переміщення об'єкта (1/0)
0
розташування та властивості контура об'єкта вимірювань > 2
відмінності яскравості вузького об'єкта від фону, частин від 1 > 0.100
масштабний коефіцієнт мм на д.т. > 2.120
час роботи програми, с > 108.407
час алгоритмічної обробки відеозображень, с > 46.599
час алгоритмічної обробки одного відеозображення, с > 0.058

Поточні координати контура об'єкта вимірювань

N кадра	Час, с	Коорд. X, д.т.	Коорд. X, мм	Коорд. Y, д.т.	Коорд. Y, мм
1	0.000	260	551.200	151	320.120
2	0.033	260	551.200	154	326.480
3	0.067	260	551.200	157	332.840
4	0.100	260	551.200	160	339.200
5	0.133	260	551.200	163	345.560
6	0.167	260	551.200	165	349.800
7	0.200	260	551.200	166	351.920
8	0.233	260	551.200	166	351.920
9	0.267	260	551.200	165	349.800
10	0.300	260	551.200	163	345.560
11	0.333	260	551.200	161	341.320
12	0.367	260	551.200	158	334.960
13	0.400	260	551.200	155	328.600
14	0.433	260	551.200	152	322.240
15	0.467	260	551.200	149	315.880
16	0.500	260	551.200	147	311.640
17	0.533	260	551.200	146	309.520
18	0.567	260	551.200	145	307.400
19	0.600	260	551.200	144	305.280
20	0.633	260	551.200	144	305.280
21	0.667	260	551.200	143	303.160
22	0.700	260	551.200	144	305.280
23	0.733	260	551.200	144	305.280
24	0.767	260	551.200	146	309.520
25	0.800	260	551.200	149	315.880
26	0.833	260	551.200	152	322.240
27	0.867	260	551.200	155	328.600
28	0.900	260	551.200	159	337.080
29	0.933	260	551.200	162	343.440
30	0.967	260	551.200	165	349.800
31	1.000	260	551.200	167	354.040
32	1.033	260	551.200	168	356.160
33	1.067	260	551.200	168	356.160

34	1.100	260	551.200	167	354.040
35	1.133	260	551.200	165	349.800
36	1.167	260	551.200	162	343.440
37	1.200	260	551.200	158	334.960
38	1.233	260	551.200	155	328.600
39	1.267	260	551.200	151	320.120
772	25.700	260	551.200	146	309.520
773	25.733	260	551.200	146	309.520
774	25.767	260	551.200	146	309.520
775	25.800	260	551.200	146	309.520
776	25.833	260	551.200	145	307.400
777	25.867	260	551.200	145	307.400
778	25.900	260	551.200	145	307.400
779	25.933	260	551.200	145	307.400
780	25.967	260	551.200	145	307.400
781	26.000	260	551.200	144	305.280
782	26.033	260	551.200	145	307.400
783	26.067	260	551.200	145	307.400
784	26.100	260	551.200	145	307.400
785	26.133	260	551.200	145	307.400
786	26.167	260	551.200	144	305.280
787	26.200	260	551.200	144	305.280
788	26.233	260	551.200	144	305.280
789	26.267	260	551.200	144	305.280
790	26.300	260	551.200	144	305.280
791	26.333	260	551.200	144	305.280
792	26.367	260	551.200	144	305.280
793	26.400	260	551.200	144	305.280
794	26.433	260	551.200	144	305.280
795	26.467	260	551.200	144	305.280
796	26.500	260	551.200	144	305.280
797	26.533	260	551.200	144	305.280
798	26.567	260	551.200	144	305.280
799	26.600	260	551.200	144	305.280
800	26.633	260	551.200	144	305.280
801	26.667	260	551.200	144	305.280
802	26.700	260	551.200	144	305.280
803	26.733	260	551.200	144	305.280
804	26.767	260	551.200	144	305.280
805	26.800	260	551.200	144	305.280
806	26.833	260	551.200	144	305.280
807	26.867	260	551.200	144	305.280
808	26.900	260	551.200	144	305.280
809	26.933	260	551.200	144	305.280
810	26.967	260	551.200	144	305.280

Анотація

Основними пристроями, які захищають автомобіль від динамічного впливу дороги і зводять коливання і вібрації до необхідного рівня, є підвіска і шини.

Для повноцінного вивчення будови та роботи підвіски важливо проведення лабораторно-дослідницьких робіт з максимально інформативним експериментом.

Дослідження експлуатаційних характеристик плавності ходу проводять за математичними моделями (на етапі проектування підвіски), в дорожніх та лабораторних умовах. При цьому оцінюють цілий ряд показників: жорсткість підвіски, частоту та амплітуду коливань, швидкість, прискорення підресореної маси та ін. У процесі проведення експериментів отримують великі масиви даних. При проведенні аналізу даних експерименту дослідник отримує цілий ряд трудомістких задач. Автоматизація процесу збору та обробки даних дозволяє пришвидшувати проектування та доведення до робочого стану техніки, суттєво зменшує похибки результатів.

Отже, створення лабораторно-дослідного устаткування для проведення досліджень роботи підвіски із залученням сучасних засобів збору та обробки експериментальних даних є актуальним.

Мета роботи: створення програмно-апаратного комплексу для лабораторних досліджень вільних коливань підвіски автомобіля.

Завдання:

1. Вивчення методів дослідження підвіски автомобіля.
2. Проектування випробувального стенду для дослідження підвіски автомобіля методом скидання.
3. Вибір обладнання для збору та обробки інформації.
4. Розробка методики випробувань підвіски за вільними коливаннями.

Методика дослідження. При розробці програмно-апаратного комплексу використано загально інженерні методи проектування конструкцій, методи опору

матеріалів, метод відеовимірювання механічних величин, комп'ютерно інтегровані методи вимірювання фізичних величин.

Робота має 30 сторінок основного тексту, що складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та двох додатків. Список літератури містить 13 джерел.

В **розділі I** проаналізовано вимоги до підвіски автомобіля та параметри, що характеризують її роботу та плавність ходу.

В **розділі II** проведено аналіз та дана характеристика методів випробувань підвіски автомобіля. Визначено основні вимоги до проведення випробувань вільних коливань підвіски за методом скидання.

В **розділі III** спроектовано схему програмно-апаратного комплексу для дослідження вільних коливань підвіски автомобіля методом скидання, проведено проектувальний розрахунок основних деталей випробувального стенду, розроблено метод відео реєстрації і вимірювання параметрів коливального процесу підвіски та перевірено його дієвість.

Розроблено методику дослідження вільних коливань підвіски автомобіля за методом скидання з використанням розробленого програмно-апаратного комплексу.