

В.П. ТКАЧУК

Хмельницький національний університет

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО
БАЛАНСУВАННЯ КОЛІС АВТОМОБІЛЯ РІДИНОЮ ПІД ЧАС ЙОГО РУХУ**

У даній статті викладені експериментальні дослідження можливості автобалансування коліс рухомого автомобіля шляхом часткового наповнення їх рідиною.

This article presents experimental studies an automatic balancing car wheels by partially filling them with fluid.

Ключові слова: автомобіль, балансування коліс, рідина.

Існує думка, що часткове наповнення коліс автомобіля, призводить до їх автоматичного балансування під час руху і деякі водії заливають воду в шини коліс для їх зрівноваження (автобалансування). Про спроби такого балансування описано в журналі “За рулем” [1]. Проте наукових статей, присвячених вивченню даного питання, виявити не вдалось, а розповіді автолюбителів мали протиріччя. Отримані позитивні результати автобалансування вертикальних роторів на всьому діапазоні частот обертання, під час виконання на кафедрі дисертаційної роботи Драч І.В. [2], дозволили сподіватись на успіх і широке розповсюдження рідинних автобалансирів зокрема для автобалансування коліс автомобілів. І хоча ми розуміли, що таке автобалансування, якщо можливе, то лише вище певної границі обертів колеса (швидкості автомобіля), а при частих гальмуваннях, під час руху в місті, не зручне, все ж таки, вирішили перевірити таку можливість.

Суть методу автоматичного балансування коліс рухомого автомобіля полягає у введенні в конструкцію колеса машини системи, яка б автоматично слідкувала за зміною дисбалансу і корегувала його у бік зменшення. На сьогодні відомо декілька видів конструкцій автобалансирів. Оскільки автобалансири є тілом обертання, в порожнині якого преміщуються корегувальні маси, то з метою раціонального використання конструкції колеса було вирішено наповнити порожнину шини рідиною (корегуючою масою).

З метою встановлення можливості автоматичного балансування коліс автомобілів, шляхом часткового наповнення їх рідиною, було виконано експериментальні дослідження.

Для запису вібрацій було використано наявну апаратуру, що включала в себе віброметри ПИ-19 із набором акселерометрів та шлейфовий осцилограф. Однак під час спроби її застосування на рухомому автомобілі виникло ряд проблем, зокрема через відсутність живлення напругою 220 В у автомобілі, яке необхідне для роботи осцилографа. Тому виникла необхідність вдосконалення існуючої вимірювальної техніки. Це було зроблено шляхом введення у вимірювальний тракт аналого-цифрового перетворювача (АЦП) в поєднанні з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ), що дозволило виконувати запис вібрацій безпосередньо на ноутбук без застосування осцилографа.

В експериментальній лабораторії кафедри прикладної механіки Хмельницького національного університету була розроблена двоканальна мобільна програмно-апаратна станція для вимірювання параметрів вібрацій, зображена на рисунку 1.

Основним призначенням станції є реєстрація та запис параметрів вібрацій: віброприскорення, віброшвидкості та вібропереміщення, що виникають при динамічних навантаженнях деталей. Станція дозволяє оперативно виконувати виміри параметрів вібрацій і фіксувати їх в електронному форматі у вигляді файлу. Живлення створеного блоку вібровимірювальної апаратури можна здійснювати як від мережі змінного струму з напругою 220 В, так й автономним живленням від акумулятора з напругою 12 В, що дозволило використовувати станцію для запису вібрацій автомобіля під час його руху.

Перетворення енергії вібрацій в електричний струм здійснюється за допомогою акселерометрів, принцип роботи яких базується на явищі п'єзоефекту. Для прийому і виділення параметрів вібрацій: віброприскорення, віброшвидкості або вібропереміщення, слугують два пристрої для інтегрування і підсилення сигналу ПИ-19, що оперують електричними сигналами. Середньоквадратичне значення параметрів вібрацій виводиться на стрілочне табло приладів, а на вихід подається струм, напруга якого еквівалентна відповідному параметру вібрації. Перетворення аналогового сигналу у цифровий та передача його на персональний комп'ютер (ноутбук) виконувалась за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Структурна схема програмно-апаратної станції для вимірювання параметрів вібрацій зображена на рисунку 2. Через свою достатню простоту, високу швидкодію і низьку ціну було використано АЦП послідовного наближення.

Для створення станції було використано спеціально розроблений АЦП на базі мікросхеми ADS1286 (рис. 3), що має наступні характеристики:

- діапазон вхідної напруги: від 0 до 5 В;
- число розрядів вихідного коду – 12 двійкових розрядів;
- час перетворення сигналу – 220 мкс.

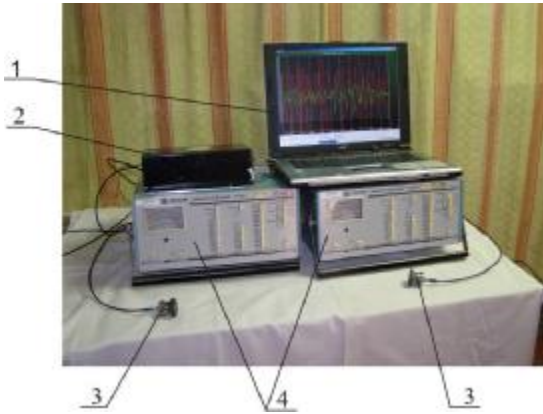


Рис. 1. Двоканальна мобільна програмно-апаратна станція для вимірювання параметрів вібрацій: 1 – ЕОМ (ноутбук); 2 – АЦП; 3 – акселерометри; 4 – віброметри

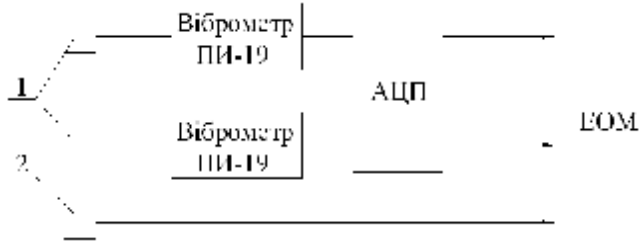


Рис. 2. Структурна схема програмно-апаратної станції для вимірювання параметрів вібрацій: 1 – акселерометри; 2 – гефон

Із наведених характеристик видно, що даний АЦП можна використовувати для оцифрування сигналу двополярної напруги в діапазоні від 0 до 5 В. Частота, з якою АЦП оцифровує вхідний сигнал, дорівнює 4545 значень в секунду. Частота вібрацій невіднесених мас автомобіля, викликаних дисбалансом коліс, рівна частоті їх обертання і не перевищує 20 Гц. Тому швидкість оцифрування сигналу за допомогою АЦП на базі мікросхеми ADS1286 є достатньою, оскільки графік сигналу, який пропорційний вібропереміщенню за один оберт, буде утворюватись більш, ніж з 200 точок.

У текстовий файл ЕОМ записується не значення амплітуди вібрацій, а його еквівалент у вольтах, тому було проведено тарування апаратури, шляхом визначення залежності напруги оцифрованого сигналу від дійсного вібропереміщення. Моделювання вібрацій виконувалось за допомогою вібростенду ВЭДС 200А, який дозволяє утворювати і підтримувати постійні вібрації з частотою від 4 до 40000 Гц.

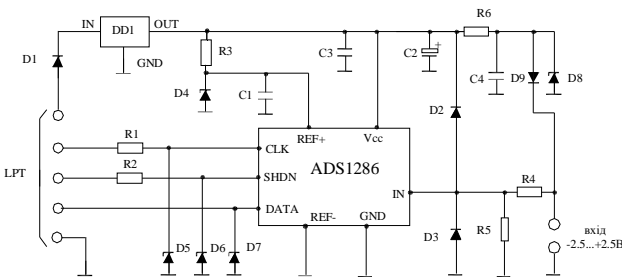


Рис. 3. Принципова електрична схема АЦП

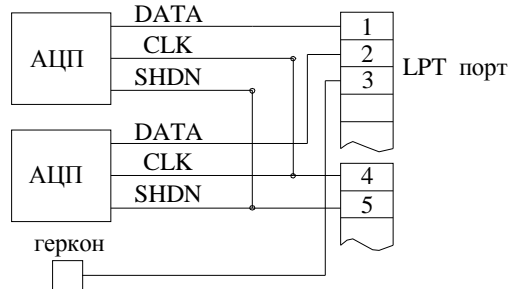


Рис. 4. Схема підключення АЦП до LPT порту

Для вимірювання і співставлення параметрів було складено 2 вимірювальних кола (рис. 5), в які одночасно були включені п'єзодатчики, що встановлені на столі вібростенду, і пристрої перетворення та підсилення сигналу п'єзодатчиків – ПН-19. Під час вібрацій стола вібростенда п'єзоелементи датчиків деформувались і створювали електричний сигнал який інтегрувався і підсилювався за допомогою підсилювачів ПН-19.

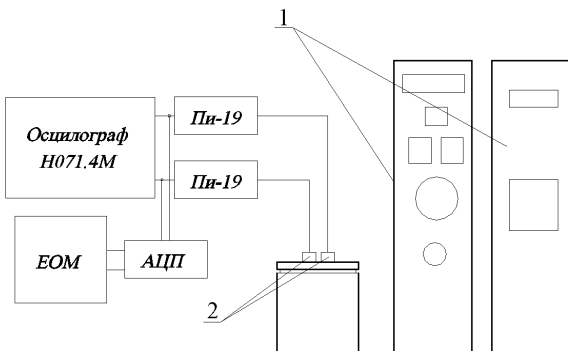


Рис. 5. Схема тарування апаратури: 1 – стенд вібраційний ВЭДС-200А; 2 – акселерометри



Рис. 6. Стенд для вимірювання і фіксації параметрів вібрацій, змодельований стендом вібраційним ВЭДС-200А: 1 – стенд вібраційний ВЭДС-200А; 2 – акселерометри; 3 – віброметр ПН-19; 4 – осцилограф; 5 – АЦП; 6 – ЕОМ (ноутбук)

У вимірвальне коло ВК1 входили п'єзодатчики, підсилювачі ПИ-19 і шлейфовий осцилограф Н071.4М, а у коло ВК2: п'єзодатчики, підсилювачі ПИ-19, АЦП та ЕОМ. Дана схема підключення дозволила одночасно відображати сигнал за формою та амплітудою на фотопапері осцилографа, а також записувати перетворені дані в пам'ять ЕОМ. Програма для перетворення двійкового коду в аналогову величину, наприклад напругу, дозволила зчитувати дані з АЦП із заданою частотою (аналогічно зміні швидкості руху стрічки фотопаперу), що дозволило економити ресурси пам'яті ЕОМ, а також враховувати тривалість протікання процесу, що досліджується.

Тарування АЦП виконано в такій послідовності:

- за допомогою блока управління вібростенда задавались синусоїдальні вібрації різної частоти (5, 10, 15, 20 Гц) і амплітуди (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 мм) коливань.
- підсилений і проінтегрований сигнал одночасно записувався на плівку осцилографа, а також оцифровувався і у вигляді матриці чисел записувався в пам'ять ЕОМ.

На рисунку 7 зображено фрагмент осцилографічної плівки, на яку записано сигнал від вібродатчика, встановленого на столі вібростенда, а також графік вібропереміщення, утворений із матриці чисел оцифрованого сигналу.

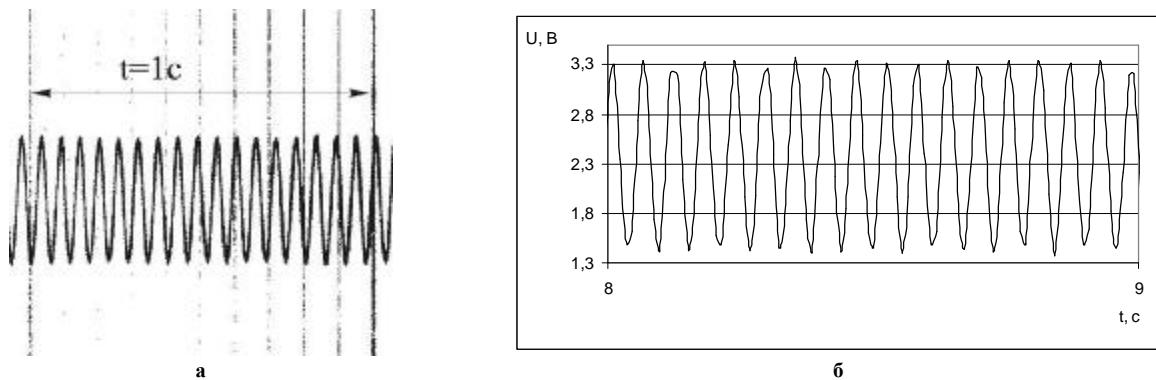


Рис. 7. Графіки сигналу вібродатчика, встановленого на столі вібростенда ($f = 15$ Гц, $A = 15$ мм): а – фрагмент осцилографічної плівки із записом вібропереміщення стола вібростенда; б – графік, утворений із матриці чисел оцифрованого сигналу вібродатчика

За отриманими матеріалами експериментальних досліджень було побудовано графік залежності записаних на ЕОМ еквівалентів вібропереміщення у вольтах та їх дійсних значень, заданих на вібростенді (рис. 8).

За результатами тарування АЦП було встановлено, що сигнал, оцифрований за допомогою АЦП, за формою ідентичний сигналу, записаному на осцилографічну плівку. Залежність оцифрованого сигналу від дійсного вібропереміщення є лінійною.

Для перевірки можливості автоматичного балансування коліс автомобіля були проведені експериментальні дослідження на наступних легкових автомобілях: ВАЗ 2102, ВАЗ 2110 і Daewoo Lanos.

Оскільки найбільш небезпечним для керування автомобіля є дисбаланс передніх коліс, було вирішено дослідити ефективність їх автобалансування. Оцінка ефективності виконувалась за зміною амплітуди вібрацій верхнього важеля передньої підвіски колеса, оскільки вона жорстко зв'язана із маточинною, на якій обертається колесо і сприймає всі динамічні навантаження, що передаються від колеса на ступицю без спотворень. Для запису вібрацій передньої підвіски під час руху автомобіля на обох верхніх важелях були приварені болти, на які було встановлено вібродатчики (рис. 9). Таке встановлення вібродатчиків дозволило надійно закріпити їх на підвісці.

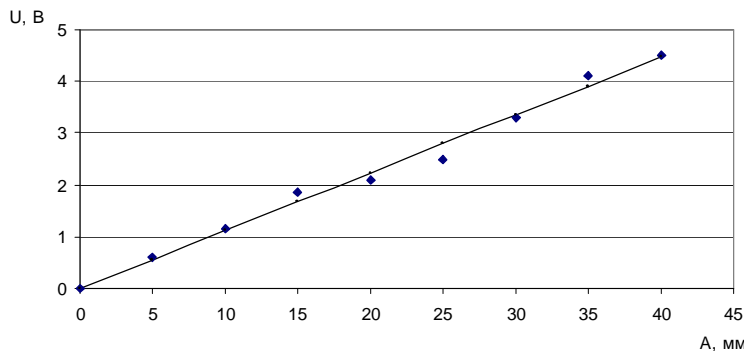


Рис. 8. Залежність напруги оцифрованого сигналу від дійсного вібропереміщення



Рис. 9. Схема встановлення вібродатчика на автомобілі ВАЗ 2102

Під час проведення експериментальних досліджень автомобіль рухався по наперед вибраному

відрізку дороги сполучення Хмельницький – Волочиськ із асфальтним покриттям.

Вимірювання вібрацій виконували за допомогою удосконаленої вимірювальної апаратури. З метою виділення зі всього спектру вібрації оборотної частоти колеса у вимірювальний тракт було введено смугові фільтри ФЭ-2. Сигнал від п'єзодатчиків за допомогою кабелів поступав на блоки підсилення та інтеграції сигналу ПИ-19. Сигнал із блоків підсилення оцифровувався за допомогою АЦП та передавався на ноутбук. Результат записувався в пам'ять ноутбука у вигляді масиву формату txt. Отримані файли оброблялися за допомогою програми Microsoft Office Excel, в результаті чого були одержані графіки залежності вібропереміщення від часу.

Дослідження виконувалось у такій послідовності. Встановивши вібрдатчики, виконували запис вібрацій важелів під час руху автомобіля із відбалансованими на стаціонарному верстаті колесами. Запис проводили під час руху автомобіля напрохід – розгін, рух зі швидкістю 120 км/год, зупинка (без гальмування).

Фрагмент графіка вібропереміщення важеля при русі автомобіля зі швидкістю 120 км/год зображено на рисунку 10, де t – час (в секундах), U – еквівалент вібропереміщень (в вольтах) важеля.

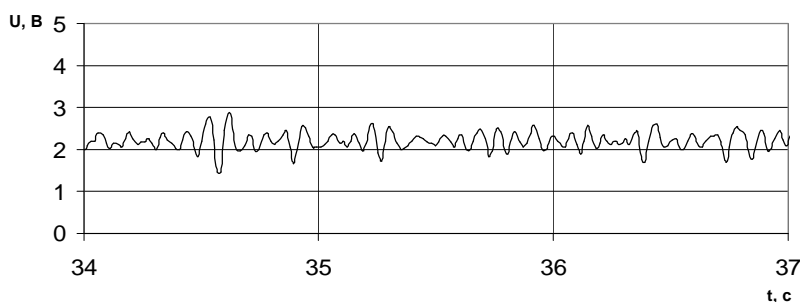


Рис. 10. Вібрація важеля підвіски правого колеса, яке було відбалансоване на балансуючому станку, при русі автомобіля зі швидкістю 120 км/год

Після зупинки автомобіля кожне з передніх коліс розбалансовували, без демонтажу, закріпивши на дисках балансуючі вантажі масою 50 г на відстані 150 мм від осі обертання. Автомобіль знову розганяли до швидкості 120 км/год і, рухаючись з постійною швидкістю, виконували запис вібропереміщення. Фрагмент графіка вібропереміщення зображено на рисунку 11. Зупинившись, піддомкрачували автомобіль і випускали повітря із шин передніх коліс. За допомогою крапельниці заливали у кожне з коліс по 1 л води.

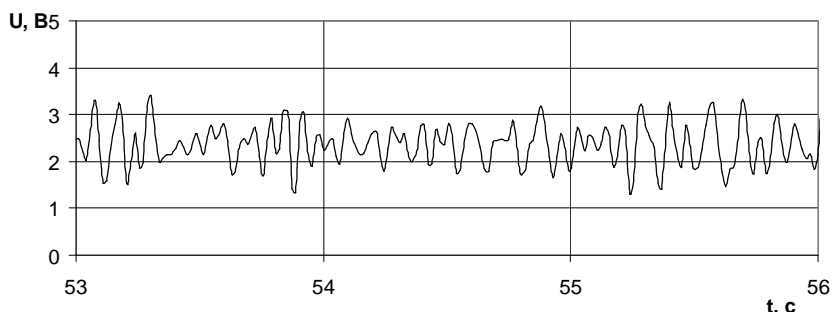


Рис. 11. Вібрація важеля підвіски правого колеса, яке було розбалансовано (маса дисбалансу 50 г), при русі автомобіля зі швидкістю 120 км/год

Наповнення коліс водою виконувалось через золотник, що дозволило виконувати дану операцію без демонтажу коліс. Доводили тиск в шинах до норми (1,8 атм) і продовжували експерименти. Плавнорозганявши автомобіль до швидкості 120 км/год і рухаючись з постійною швидкістю, виконали запис вібропереміщення. Фрагмент графіка вібропереміщення зображено на рисунку 12.

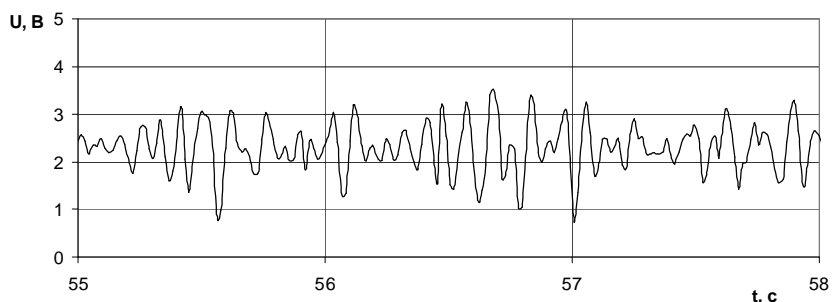


Рис. 12. Вібрація важеля підвіски правого колеса, яке було розбалансовано (маса дисбалансу 50 г) і частково заповнене водою (1 л), при русі автомобіля зі швидкістю 120 км/год

Аналогічно перевіряли ефективність автобалансування коліс із дисбалансами 100 г шляхом заливання рідини в шини об'ємом 0,5 та 1 л. Ефективність автобалансування оцінювали за зміною вібрації кузова автомобіля (вібродатчик був встановлений на підлозі в салоні), рульової колонки, важелів передньої підвіски автомобіля.

Оброблені результати наведені в таблицях 1–3.

Таблиця 1

Амплітуди вібрацій (мм) підлоги в салоні автомобіля ВАЗ 2102 під час його руху

| Дисбаланси коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | | |
|---|-----------------------------------|----|-----|
| | 60 | 90 | 120 |
| $m_0 = 0$; $V = 0$ (відбалансовані колеса) | 2 | 2 | 3 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0$ л | 4 | 5 | 5 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0$ л | 6 | 6 | 7 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0,5$ л | 4 | 3 | 6 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0,5$ л | 7 | 5 | 8 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 1$ л | 5 | 6 | 7 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 1$ л | 6 | 8 | 8 |
| m_0 – маса дисбалансу (г) кожного з коліс (встановленого на закраїні дисків); V – об'єм води (л) в кожному з коліс | | | |

Таблиця 2

Амплітуди вібрацій (мм) рульової колонки автомобіля ВАЗ 2102 під час його руху

| Дисбаланси коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | | |
|---|-----------------------------------|-----|-----|
| | 60 | 90 | 120 |
| $m_0 = 0$ г; $v = 0$ л | 2 | 3 | 2,5 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0$ л | 2 | 3 | 3 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0$ | 5 | 6 | 5 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0,5$ л | 3 | 3 | 4 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0,5$ л | 3 | 7 | 6 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 1$ л | 3 | 2,5 | 3 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 1$ л | 6 | 5 | 6 |
| m_0 – маса дисбалансу (г) кожного з коліс (встановленого на закраїні дисків); V – об'єм води (л) в кожному з коліс | | | |

Таблиця 3

Амплітуди вібрацій (мм) важеля передньої підвіски колеса автомобіля ВАЗ 2102 під час його руху

| Дисбаланс коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | | |
|---|-----------------------------------|----|-----|
| | 60 | 90 | 120 |
| $m_0 = 0$; $V = 0$ | 6 | 8 | 12 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0$ | 6 | 10 | 18 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0$ | 10 | 18 | 18 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0,5$ л | 8 | 10 | 15 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0,5$ л | 7 | 15 | 19 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 1$ л | 6 | 15 | 23 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 1$ л | 12 | 18 | 21 |
| m_0 – маса дисбалансу (г) кожного з коліс (встановленого на закраїні дисків); V – об'єм води (л) в кожному з коліс | | | |

Аналіз отриманих матеріалів експериментальних досліджень показав, що за допомогою заливання води в камери коліс автомобіля під час його руху не вдалося зменшити вібрації салону та підвіски. Отримані позитивні результати мають поодинокий, нестійкий характер, вони свідчать не про закономірність, а про випадковість розміщення води проти дисбалансу.

Експериментальне дослідження ефективності автоматичного балансування передніх коліс автомобіля, шляхом часткового заповнення їх рідиною, також було виконано на автомобілі ВАЗ 2110. Експериментальні дослідження виконувались спільно з литовськими вченими з використанням віброаналізатора А4101 СПЕС, що має автономне живлення. Оцінка ефективності виконувалась за зміною віброшвидкості стійки передньої підвіски при розбалансованих колесах, маса дисбалансу 100 г ($D = 1500$ г·см) і при частковому заповненні розбалансованих коліс водою масою 200 та 500 мл. Схема встановлення вібродатчика зображена на рисунку 13.

Експериментальні дослідження виконувались у наступній послідовності:

- на кожне з передніх коліс автомобіля, попередньо відбалансованих на стаціонарному верстаті,

встановлювали два вантажі по 100 г кожен (дисбаланс кожного з коліс склав 1500 г·см);

- розганяли автомобіль і рухаючись з постійною швидкістю 60 км/год по рівному, прямолінійному, наперед вибраному, відрізьку дороги виконали запис віброшвидкості рульової колонки із допомогою приладу для запису і аналізу параметрів вібрацій А4101 SPEC протягом 20 с;

- збільшивши швидкість руху автомобіля і, рухаючись з постійною швидкістю 90 км/год, по рівному прямолінійному, наперед вибраному, відрізьку дороги знову виконали запис віброшвидкості рульової колонки за допомогою приладу А4101 SPEC протягом 20 с;

- після зупинки, не змінюючи маси та місця встановлення вантажів, за допомогою яких розбалансовували передні колеса у кожне з коліс, через золотник, залили по 200 мл води;

- знову розігнавши автомобіль і, рухаючись по чергово з постійною швидкістю 60 та 90 км/год по тому самому вибраному відрізьку дороги, виконували запис віброшвидкості протягом 20 с;

- не змінюючи маси та місця встановлення вантажів, у кожне з коліс доливали по 300 мл води. Загальний об'єм води в кожному з коліс склав 500 мл;

- розігнавши автомобіль і, рухаючись по чергово з постійною швидкістю 60 та 90 км/год по тому самому вибраному відрізьку дороги, виконували запис віброшвидкості протягом 20 с.

Експеримент був повторений на іншому прямолінійному відрізьку дороги.

Після обробки результатів записів вібрацій побудували таблиці, що відображають значення віброшвидкості під час кожного із експериментів (табл. 4, 5).



Рис. 13. Схема встановлення вібрдатчика на стійці передньої підвіски автомобіля ВАЗ 2110: 1 – вібрдатчик; 2 – стійка передньої підвіски

Таблиця 4

Віброшвидкість (мм/с) рульової колонки автомобіля ВАЗ 2110 під час руху по першому відрізьку дороги

| Дисбаланс коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | |
|---|-----------------------------------|----|
| | 60 | 90 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0$ л | 8,5 | 5 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0,2$ л | 5 | 11 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0,5$ л | 8,5 | 12 |
| m_d – маса дисбалансу (г) кожного з коліс (встановленого на закраїні дисків); V – об'єм води (л) в кожному з коліс | | |

Таблиця 5

Віброшвидкість (мм/с) рульової колонки автомобіля ВАЗ 2110 під час руху по другому відрізьку дороги

| Дисбаланс коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----|
| | 60 | 90 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0$ л | 13,5 | 8,5 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0,2$ л | 5 | 9 |
| $m_d = 100$ г; $V = 0,5$ л | 7 | 10 |

Аналіз отриманих матеріалів дозволив встановити, що як і у попередньому випадку, не можливо однозначно стверджувати, що автоматичним автобалансуванням можливо зрівноважити колеса автомобілів, а позитивні результати мають нестійкий, поодинокий характер.

З метою перевірки нестабільності отриманих результатів автоматичного балансування коліс автомобілів ВАЗ 2102 та ВАЗ 2110 в експлуатаційних умовах було прийняте рішення дослідити цей процес на третьому, більш сучасному автомобілі. Для експериментальних досліджень був обраний новий автомобіль Daewoo Lanos. Даний автомобіль має передній привід, тому з метою виключення впливу вібрацій, викликаних трансмісією, дослідження процесу автобалансування виконували на задніх колесах.

Підвіска задніх коліс автомобіля є залежною і являє собою важіль 1 (рис. 14), що з'єднаний із кузовом автомобіля одним кінцем через шарнірну опору, а іншим через два амортизатори.

Вібрації, викликані дисбалансом коліс і нерівностями дороги, передаються на непідресорені частини автомобіля (важіль) без спотворень. Тому було прийняте рішення оцінювати вібрації непідресорених мас автомобіля Daewoo Lanos, викликаних дисбалансом коліс, за вібропереміщенням важеля задньої підвіски.

Експериментальні дослідження виконувались у наступній послідовності:

1. На закраїнах дисків кожного із задніх коліс автомобіля, попередньо відбалансованих на стаціонарному верстаті, встановили два вантажі по 50 г кожен (дисбаланс кожного з коліс склав 750 г·см).

2. Виконали запис вібропереміщення при розгоні автомобіля по рівному, прямолінійному, наперед вибраному відрізку дороги від 0 до 120 км/год і русі машини з постійною швидкістю 120 км/год.

3. Збільшили величину дисбалансу кожного із задніх коліс шляхом додаткового закріплення біля встановлених вантажів додаткових тягарців по 50 г кожний. Загальний дисбаланс кожного з коліс збільшився до 1500 г·см;

4. Повторили дії виконані в п. 2.

5. Не змінюючи маси та місця встановлення вантажів, за допомогою яких розбалансували задні колеса, в кожне з коліс через золотник залили по 50 мл води.

6. Знову плавно розігнали автомобіль по відміченому відрізку дороги до швидкості 120 км/год і виконали запис вібропереміщення при русі машини напрохід та при русі з постійною швидкістю 120 км/год.

7. Не змінюючи дисбалансу коліс, долили в кожне з них по 50 мл води. Загальний об'єм води в кожному колесі склав 100 мл.

8. Виконали запис вібропереміщення при русі машини напрохід від 0 до 120 км/год.

Результати досліджень наведені у таблиці 6.

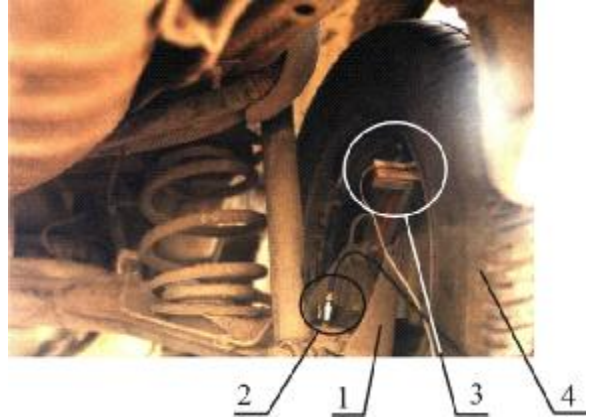


Рис. 14. Схема препарування датчиками важеля задньої підвіски автомобіля Daewoo Lanos: 1 – важіль; 2 – п'єзодатчик; 3 – відмітчик обертів; 4 – колесо

Таблиця 6

Амплітуди вібрацій (мм) важеля задньої підвіски автомобіля Daewoo Lanos під час його руху

| Дисбаланс коліс та об'єм рідини | Швидкість руху автомобіля, км/год | | |
|---|-----------------------------------|----|-----|
| | 60 | 90 | 120 |
| $m_0 = 0$; $V = 0$ (відбалансовані колеса) | 4 | 4 | 3 |
| $m_0 = 50$ г; $V = 0$ л | 5 | 6 | 4 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0$ л | 6 | 6 | 8 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0,05$ л | 5 | 6 | 7 |
| $m_0 = 100$ г; $V = 0,01$ л | 6 | 7 | 9 |
| m_0 – маса дисбалансу (г) кожного з коліс (встановленого на закраїні дисків); V – об'єм води (л) в кожному з коліс | | | |

За матеріалами досліджень було встановлено, що як і в обох попередніх випадках спроби автобалансування коліс автомобіля рідиною не вдалися.

З метою дослідження причин нестабільності отриманих результатів з автоматичного балансування коліс автомобілів в експлуатаційних умовах було прийняте рішення більш ретельно дослідити джерела збурення вібрацій автомобіля. Експериментальні дослідження виконувались на автомобілі Daewoo Lanos.

Вплив різних джерел збурень вібрацій автомобіля оцінювали за зміною вібропереміщення важеля задньої підвіски на заданій швидкості руху.

Вимірювання вібрацій виконувалось блоком розробленої вібровимірювальної апаратури (див. рис. 1), без застосування смугових фільтрів. З метою спостереження за вібраціями під час проведення експерименту було розроблено інтерфейс виведення текстового файлу у вигляді графіка в режимі реального часу. На двох кінцях важеля 1 (див. рис. 14), якомога ближче до коліс, були встановлені вібродатчики 2, сигнал від яких підсилювався, оцифровувався, записувався у текстовий файл ЕОМ, та одночасно виводився на екран ноутбука у вигляді графіка вібропереміщення. Для спрощення розшифровки записів вібрацій використано встановлений на важелі задньої підвіски датчик 3, відмітчик обертів колеса 4, виконаний на базі геркона. Геркон має властивість замикати електричне коло при проходженні крізь магнітне коло. Тому на диску автомобіля за допомогою епоксидної смоли був закріплений магніт, який при обертанні колеса один раз за оберт наближався до геркона і замикав його контакти. Сплеск напруги на графіку, утвореної датчиком обертів, відображав момент проходження магніту біля геркона (датчика обертів). Кількість таких сплесків за одиницю часу дозволяє визначити частоту обертання колеса, що значно спростило розшифровку записів вібрацій.

З метою усунення дисбалансу коліс, утвореного нерівномірним розподілом маси шини та диска, а також магнітом, закріпленим на диску одного з коліс, було попередньо виконано динамічне балансування коліс на стаціонарному балансувальному верстаті.

Експериментальні дослідження вібрацій невідбалансованих мас автомобіля під час його руху виконувались у наступній послідовності:

- на закраїні дисків кожного із задніх коліс автомобіля, попередньо відбалансованих на стаціонарному верстаті, встановили два вантажі по 50 г кожен (дисбаланс кожного з коліс склав 750 г·см);

- плавно розігнавши автомобіль по рівному, прямолінійному, наперед вибраному відрізку дороги до швидкості 120 км/год виконали запис вібропереміщення напрохід від 0 до 120 км/год та під час руху з постійною швидкістю 120 км/год;

- збільшили величину дисбалансу кожного із задніх коліс шляхом закріплення біля встановлених вантажів додаткових вантажів по 50 г кожний. Загальний дисбаланс кожного з коліс збільшився до 1500 г·см. Повторили дії, зазначені у другому пункті.

Отримані записи вібропереміщення важеля підвіски під час руху автомобіля являють собою полігармонічну вібрацію (рис. 15).

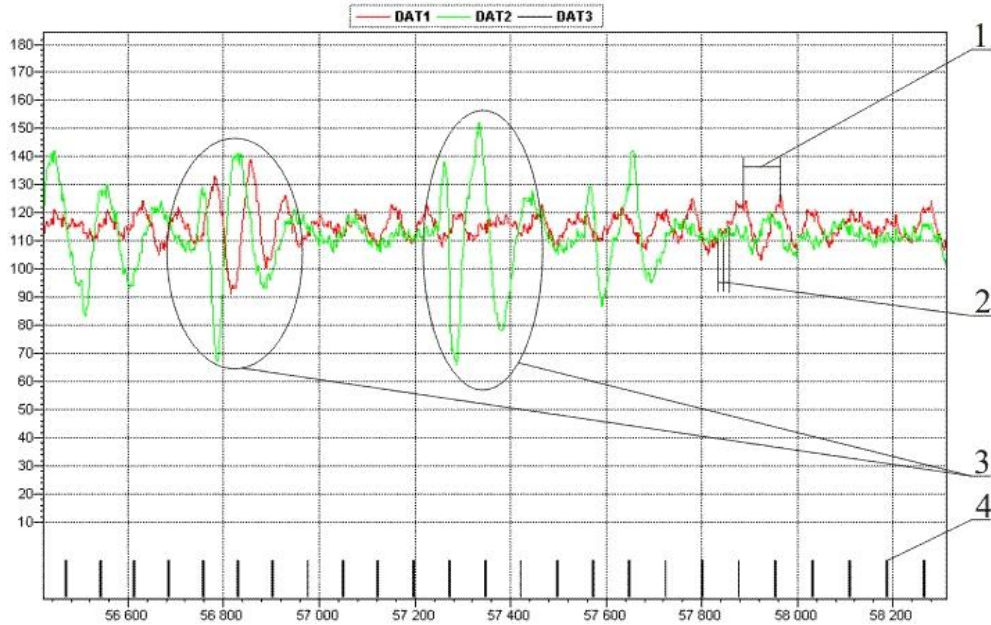


Рис. 15. Фрагмент запису вібропереміщення важеля підвіски під час руху: 1 – вібрація оборотної частоти; 2 – високочастотна вібрація; 3 – збурення коливань важеля; 4 – відмітчик обертів

Аналіз записів дозволив визначити частоти складових полігармонічної вібрації та їх амплітуди. Було встановлено, що графік вібропереміщення є результатом накладання вібрацій трьох частот, які мають різну величину амплітуд. Причинами виникнення вібрацій автомобіля, крім дисбалансу коліс, є двигун і нерівності дороги. Вібрації необоротної частоти не залежать від зрівноваженості коліс. Для дослідження характеру і амплітуд вібрацій, викликаних кожною із причин, було виконано детальний аналіз графіків вібропереміщення і проведено додаткові дослідження.

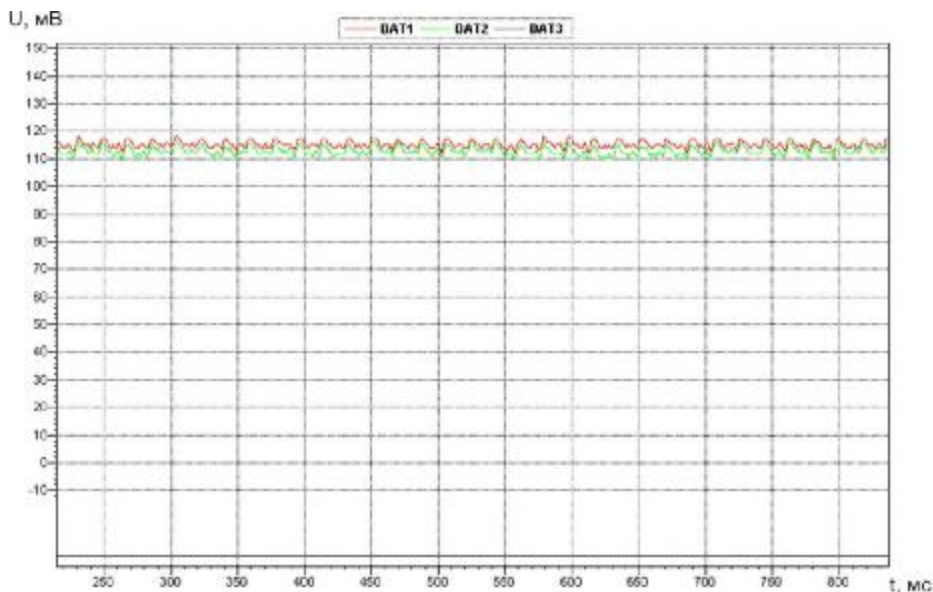


Рис. 16. Запис вібропереміщення важеля підвіски нерухомого автомобіля із робочим двигуном

Перша складова має частоту, що збігається з частотою обертання коліс (1, рис. 15). Амплітуда вібрацій цієї частоти змінюється із зміною частоти обертання, отже вона залежить від дисбалансу коліс. На вібрацію оборотної частоти накладається постійна високочастотна вібрація 2 малої амплітуди (див. рис. 15).

Частота цієї вібрації змінюється і лежить в межах від 50 до 120 Гц. Було зроблене припущення, що вібрацію цієї частоти може викликати робота двигуна автомобіля. Для підтвердження припущення було виконано запис вібропереміщення важеля підвіски нерухомого автомобіля із робочим двигуном (рис. 16), що працював на холостих обертах.

Згідно з показами тахометра, колінчатий вал двигуна обертався з частотою 850 об./хв ($f \approx 14$ Гц). Частота записаної вібрації дорівнює 55 Гц, що перевищує частоту обертання вала в 4 рази. З такою частотою відбувається спрацювання чотирьох циліндрів двигуна, що і є причиною виникнення записаної вібрації.

Третя складова графіку вібропереміщення (3) є аперіодичне виникнення затухаючих коливань із частотою, що приблизно дорівнює 10 Гц (див. рис. 15). Ці збурення викликають коливання з великою амплітудою, що значно перевищує амплітуду коливань оборотної частоти. Дані збурення суттєво впливають на вібрацію автомобіля, але їх частота не дорівнює частоті обертання коліс, тому вони не залежать від їх збалансованості. Висунуте припущення про виникнення таких збурень через нерівності дороги було перевірено експериментально. Плавню рухаючись автомобілем по дорозі виконали наїзд правим колесом на невелику перешкоду. Результат запису вібропереміщення, виконаного під час цього експерименту, наведено на рисунку 17.

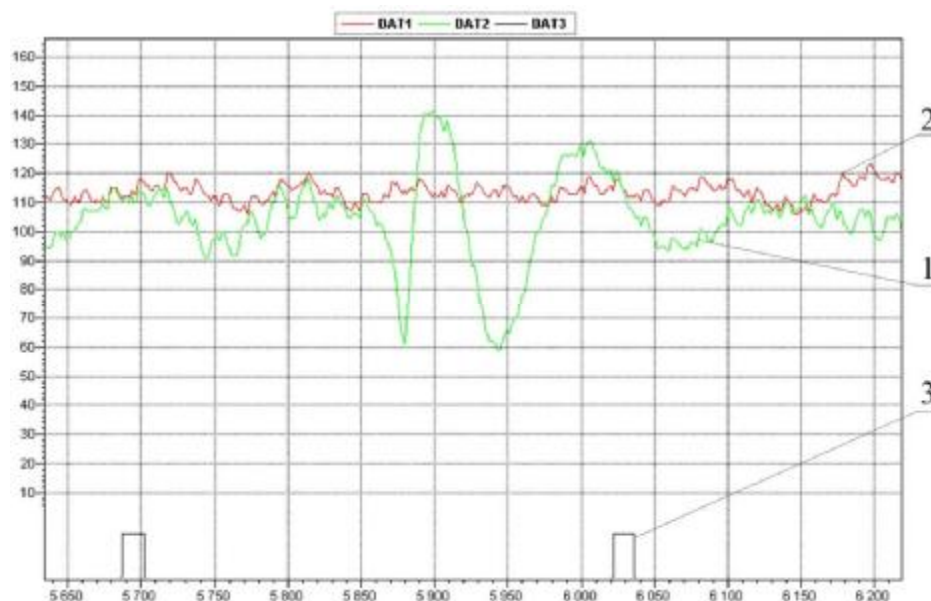


Рис. 17. Запис вібропереміщення важеля підвіски під час наїзду правого колеса на нерівність: 1 – графік вібропереміщення правого краю важеля; 2 – графік вібропереміщення лівого краю важеля; 3 – відмітчик обертів

Отриманий запис підтверджує попереднє припущення і відображає збурення коливань невіднесеної маси з частотою, що дорівнює частоті її власних коливань відносно кузова автомобіля. Затухаючий характер вібропереміщення є результат дії демпфера.

Аналізуючи отримані результати, можна зробити наступні висновки:

- дисбаланс коліс впливає на вібрації автомобіля, однак його вплив не є домінуючим;
- крім відцентрової сили, породженої дисбалансом коліс, на вібрацію важеля впливають сили, викликані роботою двигуна, і збурюючі сили, викликані нерівностями дороги;
- вібрації, викликані роботою двигуна, є постійні, а їх амплітуда на порядок менша від амплітуди вібрації, викликані дисбалансом коліс.
- максимальні вібропереміщення, що в декілька раз перевищують амплітуду вібрації оборотної частоти невіднесених мас автомобіля під час його руху, викликаються нерівностями дороги.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що рідиною, залитою в камери коліс рухомого автомобіля, неможливо досягти зниження вібрацій. Крім того слід відмітити, що вібрації автомобіля, викликані дисбалансом коліс, значно менші за вібрації, викликані нерівностями дорожнього покриття. Отже загальна вібрація невіднесених мас автомобіля під час його руху по дорогах України в основному залежить від дефектів дорожнього покриття.

Література

1. Логинов А.А. Жидкость в шине / А. А. Логинов // За рулем. – 1990. – № 6. – С. 25–26.
2. Драч І. В. Аналіз і теоретичне обґрунтування роботи автобалансуючих пристроїв з рідинними та сипкими робочими тілами : дис. канд. техн. наук : 05.02.02 / Драч Ілона Володимирівна. – Хмельницький, 2008. – 174 с.

Надійшла до редакції
6.11.2012 р.