

І.А. Вікович, д.т.н., проф.

Р.В. Зінько, к.т.н., доц.

Національний університет «Львівська політехніка»

Ю.М. Черевко, пом. нач. наук.-орг. від.

Львівський інститут Сухопутних військ Національного університету «Львівська політехніка»

УЗАГАЛЬНЕНИЙ АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ФІЗИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

У даній статті узагальнені результати експериментального дослідження машин з пружно-зчленованими елементами. Надана методика проведення експериментальних випробувань автомобіля з пружно-зчленованими елементами, яка базується на узагальненому алгоритмі проведення досліджень.

Вступ. В процесі вдосконалення транспортних засобів проблема контрольно-виміральної апаратури стає все актуальнішою. Залежно від завдань випробовувань дослідники повинні формувати той чи інший склад вимірального комплексу. Такі вимірвальні комплекси покликані точно і повно дослідити вплив різноманітних чинників на ефективність функціонування автомобіля загалом чи його окремих агрегатів.

Аналіз публікацій. У роботі [1] описано обладнання для дослідження стійкості руху дво- і триланкових автопоїздів. Вимірально-реєструвальна апаратура дозволяє реєструвати: кут повороту керованих коліс тягача і причіпної ланки, кут складання автопоїзда, швидкість руху, зусилля, що виникають у приводі кермового керування причіпної ланки.

У роботі [2] описано вимірвальний комплекс апаратури, що містить датчики: гіроскопічні і потенціометричні, гіронапівкомпаси ГПК-52, комплекс вібровиміральної апаратури, датчики пришвидшень, триканальний підсилювач, контрольно-реєструвальний прилад, осцилограф, перетворювач струму, пристрій «п'яте» колесо, витратомір палива тощо.

У роботі [3] описано вимірвальний комплекс для дослідження стійкості руху легкових автомобілів ВАЗ-2105, ВАЗ-2107. Комплекс дозволяє вимірювати лінійну швидкість автомобіля, траєкторію руху автомобіля, число впливів водія вправо і вліво на кермове колесо.

Зокрема у роботі [4] описано автоматизований вимірвальний комплекс для дослідження паливно-швидкісних характеристик АТЗ на різних типах доріг, який конструктивно складається з приймально-передавального модуля, цифрового блока вимірювань, підпедального давача гальм, витратоміра палива, модуля визначення швидкості і переміщення транспортного засобу.

На основі проведеного огляду можна зробити висновок, що залежно від поставленої мети випробовувань дослідники формують певний комплекс вимірального обладнання. Разом з тим залишається базовою певна кількість вимірвальних давачів та обладнання. Це накопичувач інформації, приймально-передавальні модулі, блоки живлення, комутаційне обладнання. Серед давачів – це швидкість руху, пройденої відстані, витрати палива тощо. Інші давачі долучаються до виміральної апаратури залежно від мети досліджень.

Мета та постановка завдання. Мета досліджень полягає у формуванні такого комплексу виміральної апаратури, що дасть змогу всесторонньо і повно дослідити ефективність функціонування транспортного засобу.

Результати дослідження. Будь-який новий зразок військової автомобільної техніки повинен пройти дослідні випробовування, щоб визначити його ефективність стосовно мети його створення. Ефективність використання можна поділити на ефективність функціонування самого автомобіля, характеристик взаємодії з оператором (водієм), взаємодії з довкіллям, ефективність обслуговування та ремонту. Для визначення ефективності зразка використовують показники ефективності, які повинні характеризувати зразок загалом і давати достовірну інформацію про ефективність залежно від вибраних дослідних чинників. Показники ефективності доцільно вибирати, виходячи з продуктивності, витрати палива та плавності руху транспортного засобу [5]. Методика проведення експериментальних випробовувань автомобіля з пружно-зчленованими елементами базується на узагальненому алгоритмі проведення досліджень (рис. 1).



Рис. 1. Узагальнений алгоритм проведення досліджень

Для перевірки адекватності математичної моделі і пакета прикладних програм, створеного для реалізації моделі, була прийнята перевірка, яка складалася з таких етапів [6]:

- перевірка адекватності моделей та пакетів на основі аналізу тестових задач статички автомобіля;
- перевірка адекватності моделей та пакетів на основі аналізу тестових задач динаміки руху автомобіля;
- співставлення результатів відомих досліджень з отриманими результатами;
- співставлення результатів числового і фізичного експериментів.

Перші три етапи підтвердження адекватності моделі і пакета прикладних програм функціонування досліджуваних машин автотехнічного забезпечення показали коректність побудованої моделі, правильність логіки пакета та чистоту їх запису.

З метою підтвердження результатів теоретичних досліджень проводився експеримент на моделі, який полягав у порівнянні числових значень роботи моделі і пакета прикладних програм з числовими значеннями характеристик реальної машини, за результатами якого були отримані контрольні значення величин параметрів автомобіля.

Особливістю цього етапу є вибір дослідного зразка та вимірювальної апаратури.

Для проведення натурального експерименту використовувався вантажний автомобіль ЗІЛ-131 вантажопідйомністю 5 кН. У подальшому для реалізації задач і мети оціночних випробовувань стандартний кузов був замінений на експериментальний зразок, який містив два вантажі, що переміщуються на напрямних (рис. 2).



Рис. 2. Експериментальний зразок автомобіля ЗІЛ-131 з пружно-зчленованими елементами та встановленим комплексом апаратури для визначення спектра характеристик транспортних засобів

Для реалізації мети оціночних випробувань розроблена спеціальна методика випробувань, що базується на замірі низки параметрів автомобіля за рахунок застосування комплексу апаратури для визначення спектра характеристик транспортних засобів (рис. 3). З метою універсальності запропонована методика розроблялася для автомобілів загального призначення і для автомобілів підвищеної прохідності. Особливістю методики є одночасне отримання необхідних для порівняння експериментальних характеристик з наступним їх порівнянням з характеристиками, отриманими за допомогою пакета прикладних програм. Комплекс апаратури дозволив всебічно оцінити низку параметрів і порівняти отримані результати з результатами, отриманими за допомогою пакета прикладних програм.

До комплексу датчиків, які необхідно використовувати в експерименті (рис. 4), відносяться: датчик обертів двигуна, датчики визначення величини крутного моменту в трансмісії, витратомір палива, датчик переміщення автомобіля і визначення його швидкості руху («п'яте» колесо), датчики переміщення вантажів, датчики вібропришвидшень. Живлення комплексу здійснювалось від акумуляторної батареї автомобіля з подальшим перетворенням напруги до необхідної робочої для блоків живлення, АЦП і модему. Блоки живлення забезпечують стабілізацію живлення і захист від перевантаження і наводок.

Використані датчики витрати палива та вібрацій давали можливість оцінити ефективність функціонування автомобіля загалом, а решта датчиків – оцінити ефективність роботи запропонованого нововведення.



*Рис. 3. Комплекс апаратури для визначення спектра характеристик транспортних засобів:
1 – інтегрований у вимірювальний комплекс автономний ПК з програмним забезпеченням на базі ноутбука; 2 - модуль ЦАП-ЦАП з гальванічною розв'язкою, лініями цифрового вводу-виводу; 3 – модем для дистанційної передачі даних; 4 – карданний вал з тензомостом та інформаційним передавальним модулем; 5 – тахометр з датчиком обертів маховика; 6 – плата переміщення і швидкості руху; 7 – витратомір палива; 8 – вібродатчики; 9 – датчик лінійних переміщень; 10 – «п'яте» колесо з герконовим датчиком обертів; 11 – блоки живлення датчиків*

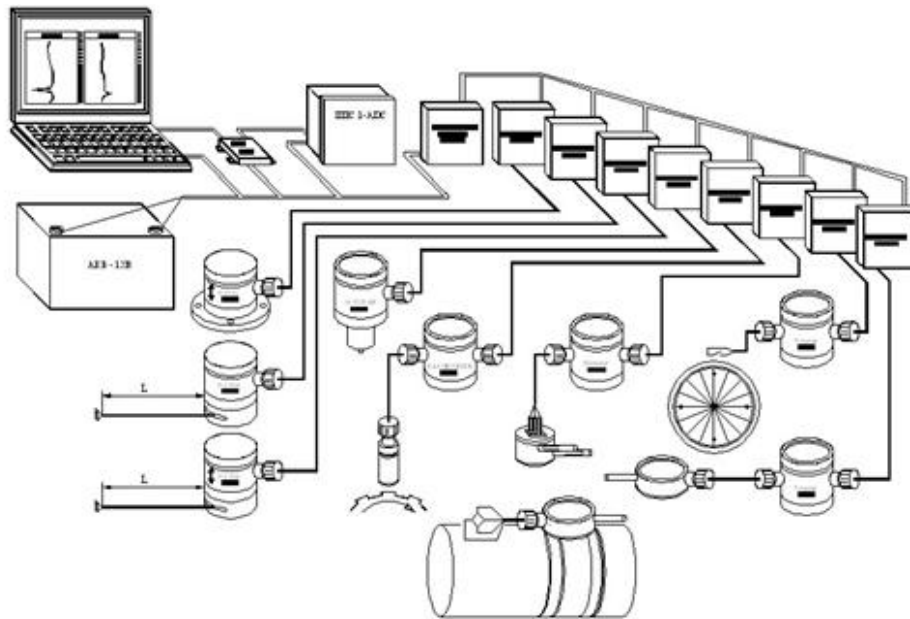


Рис. 4. Схема підключення вимірювального обладнання

Трансмісію автомобіля можна розглядати як складну коливальну систему, що складається з ряду різних зосереджених мас, сполучених між собою ланками (валами) різної жорсткості. Як усяка коливальна система вона має певні частоти власних коливань: на певних режимах роботи двигуна трансмісія автомобіля може потрапити в резонанс з однією або декількома збудованими гармоніками двигуна. В умовах реальної експлуатації динамічні навантаження в трансмісії автомобіля виникають в моменти рушення з місця і при перемиканні передач під час форсованого розгону автомобіля на дорозі з твердим дорожнім покриттям, в моменти рушення і перемикання передач у важких дорожніх умовах, при русі на підйомі, розгойдуванні автомобіля, що застряв, тощо. У випадку розчленовування найбільшої інерційної ланки транспортного засобу, зокрема автомобіля, в трансмісії можлива поява додаткових збудованих чинників. Також доцільно дослідити динаміку руху автомобіля в особливих умовах, оскільки особливості такого руху може спричинити оригінальна конструкція автомобіля.

Запропонована методика дозволяє майже повністю виключити вплив індивідуальних особливостей роботи водія на режимах рушення автомобіля і значно зменшити цей вплив при перемиканні передач у процесі форсованого розгону автомобіля. Вона забезпечує добру повторюваність результатів випробувань.

Для порівняння було вибрано три режими роботи пружно-зчленованого вантажу: заблокований вантаж, частково заблокований і пружно-зчленований вантаж.

Випробування автомобілів з пружно-зчленованими елементами в трьох режимах проводили на рівній горизонтальній ділянці з сухим бетонним покриттям, на бруківці та рихлому піску. Під час випробування погода має бути сонячна або похмура, без опадів, температура повітря 10–16 °С, атмосферний тиск 760–780 мм. рт. ст.

На режимах рушення це досягалося тим, що включення, зчеплення відбувалося не за рахунок переміщення ноги водія разом з педаллю зчеплення з різним ступенем інтенсивності, а за рахунок швидкого і повного звільнення педалі зчеплення в її крайньому положенні, тобто повного виключення зчеплення. Завдяки цьому завжди досягається постійний і цілком визначений темп включення зчеплення, не залежний від індивідуальних властивостей водія. У цьому випадку темп включення зчеплення визначається зусиллями натискних і відтяжних пружин зчеплення, зведеною масою педалі зчеплення, кінематикою приводу зчеплення і моментами тертя в шарнірах і опорах приводу, тобто тими чинниками, які для даного автомобіля є величинами сталими.

Для дослідження динамічних процесів у трансмісії автомобіля тензодатчики клеїли на вал трансмісії (на карданний вал).

Оскільки величини динамічних навантажень у трансмісії автомобіля залежать від числа обертів колінчастого вала двигуна, то різке включення зчеплення на режимі рушення автомобіля з місця проводили при різних, наперед встановлених числах обертів двигуна.

Під час дорожніх випробувань автомобіля були поставлені спеціальні питання: визначення динамічних навантажень, що є максимально можливими для даних умов експлуатації, визначення розмаху коливань крутного моменту в трансмісії під час руху автомобіля на ґрунтовій дорозі, визначення

тих динамічних навантажень, які викликають поломки деталей трансмісії, визначення циркуляції потужності в трансмісії повноприводного автомобіля тощо.

З цією метою можна рекомендувати такі види випробувань в реальних експлуатаційних умовах:

1. Рушання автомобіля з місця на крутому підйомі з подальшим перемиканням передач з низьких на вищі; рух автомобіля на крутому підйомі з перемиканням передач з вищих на низькі; різке включення прямої передачі, коли двигун працює на обертах холостого ходу, під час руху самого автомобіля накатом із швидкістю 40 км/год.;

2. Рушання автомобіля з місця на ґрунтовій дорозі, розгін автомобіля на ґрунтовій дорозі на різних передачах, розгойдування автомобіля, що застряв. Для повноприводних автомобілів можна рекомендувати вимірювання динамічних навантажень у трансмісії (на тягових напівосях) при усіх включених тягових мостах у таких випадках руху:

2.1. При подоланні придорожнього кювету з пологими стінками глибиною 0,2–0,3 м і під кутом 45° до його осі;

2.2. При подоланні придорожнього кювету з пологими стінками глибиною 0,2–0,3 м і під кутом 90° до його осі;

2.3. При переїзді через бордюру;

2.4. При входженні в поворот з прямолінійного руху до мінімально можливого радіуса повороту на асфальтовому покритті на II-й або III-й передачах у коробці передач зі сталюю швидкістю 10–12 км/год.

Із спектра проведених досліджень найнаочнішим є рушання автомобіля. При цьому режимі руху вплив розподіленого вантажу на динаміку руху проявляється дуже наочно. На рис. 5, а можна побачити, що крутний момент на карданному валі при розчленованому вантажі дещо менший. Це пов'язано із можливістю зрушувати з місця меншу вагу. При цьому відбуваються коливання вантажів, розміщених на рамі автомобіля (рис. 5, б)

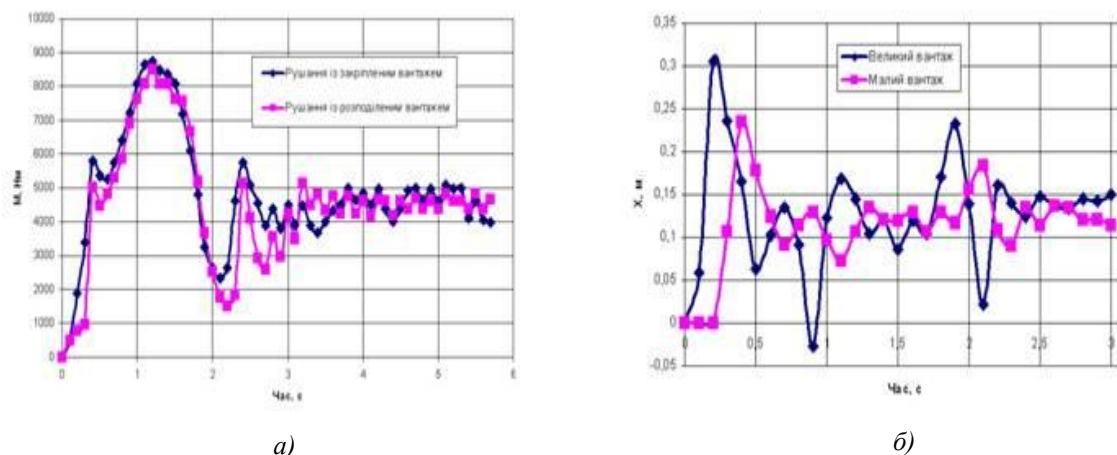


Рис. 5. Зміна крутного моменту на карданному валі при рушанні автомобіля і перемиканні на 2-у передачу (а), а також переміщення вантажу при цьому (б)

Змінюється картина поздовжніх коливань рами автомобіля при закріпленому і розчленованому вантажах. Рівень коливань при розчленованому вантажі дещо вищий (рис. 6, а).

Спосіб закріплення вантажу не відображається на обертах двигуна (рис. 6, б).

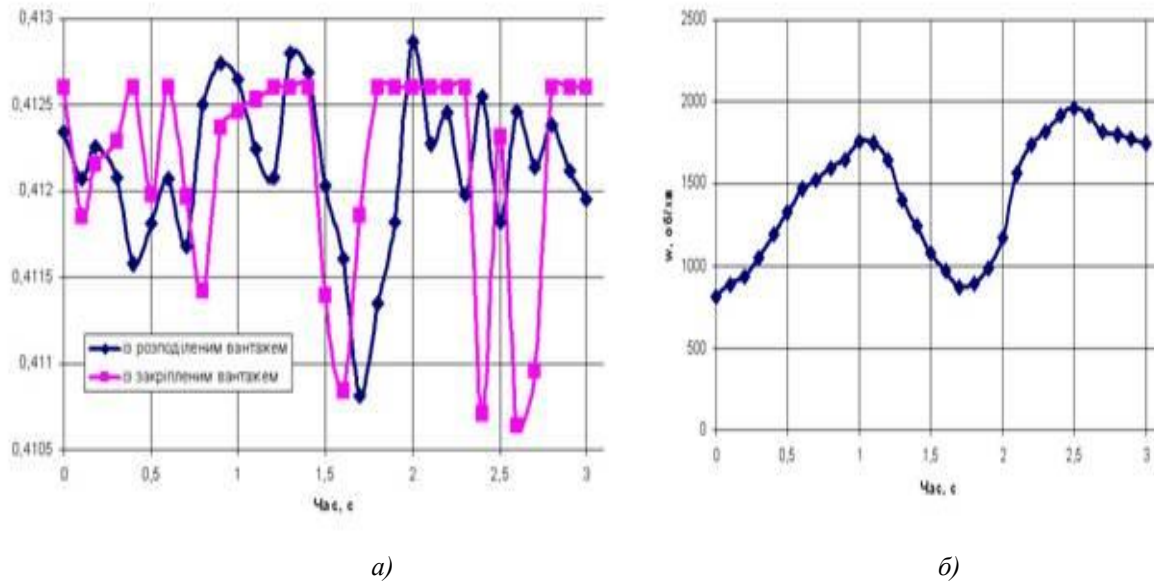


Рис. 6. Поздовжні коливання рами автомобіля (а) та оберти двигуна (б)

Під час експериментальних досліджень особливе значення набувають задачі, пов'язані з організацією робіт, вибором умов і методів експерименту, планування натурних експериментів, використання моделювання при оцінці отриманих результатів. При виборі етапів експерименту необхідно враховувати можливість проведення даного експерименту, наявність та забезпеченість випробувальної бази, допустимі умови роботи засобів забезпечення та вимірювання заданих параметрів, можливість використання інших методів для оцінки шуканих характеристик та параметрів, можливість проведення додаткових експериментів для окремих агрегатів автомобіля. При проведенні експериментів доцільно поетапно нарощувати обсяги експерименту з переходом від простішого до складнішого випробовування.

Висновки. Актуальним є створення загальної методики проведення експериментальних досліджень для автомобільних транспортних засобів. Експериментальні дослідження є частиною багатоетапного визначення ефективності використання дослідного зразка автомобіля. Ефективність використання експерименту залежить від складових і оцінюється на основі критеріїв ефективності: продуктивності, витраті палива та плавності руху транспортного засобу.

Залежно від конкретних задач розробляється методика, що базується на загальному алгоритмі проведення експериментальних досліджень. Експерименти повинні проводитись поетапно з нарощуванням обсягів експерименту і з переходом від простішого до складнішого. Отже, проведене фізичне моделювання для автомобіля з накопичувально-пружно-демпфірувальними елементами показало ефективність використання узагальненого алгоритму проведення експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Поляков В.М., Тимков А.Н., Горпинюк А.В. Модульный автопоезд для дорожных экспериментальных испытаний//Автомобильный транспорт. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – Вып.13. – С. 68–70.
2. Вороніна І.Ф., Кузнєцов Р.М., Енглезі О.А., Шкварко К.В. Експериментальні дослідження триланкових автопоїздів//Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ПНЦ ТАУ. – 2005. – № 8. – С. 139–143.
3. Макаров В.А., Омельченко А.А., Костенко А.В., Куплинов А.В., Петров А.В., Сакно О.П. Оборудование для экспериментального исследования курсовой устойчивости движения легкового автомобиля//Вісник ДІАТ. – 2007. – № 3. – С. 48–57.
4. Крайник Л.В., Бударецький Ю.І., Митник Я.Ф., Грубель М.Г. Автоматизований вимірювальний комплекс для дослідження паливно-швидкісних характеристик АТЗ на різних типах доріг//Вісник ХАДУ. – 2007. – № 38. – С. 318–320.
5. Зінько Р.В. Апробація математичної моделі роботи і руху автотранспорту//Вісник технологічного університету Поділля. – Хмельницький: ТУП, 2000. – Випуск 3. – С. 129–134.

ВІКОВИЧ Ігор Андрійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка».

Наукові інтереси:

– динаміка мобільних машин з начіпними функціональними елементами.

ЗІНЬКО Роман Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка».

Наукові інтереси:

– динаміка і міцність машин.

E-mail: rzinko@polynet.lviv.ua

ЧЕРЕВКО Юрій Миколайович – помічник начальника науково-організаційного відділу Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету «Львівська політехніка».

Наукові інтереси:

– дослідження транспортних засобів з пружно-зчленованими елементами.

E-mail: skullnom@lviv.farlep.net

Тел. 8 (032) 240-21-47

Подано 10.06.2008

Вікович І.А., Зінко Р.В., Черевко Ю.М. Узагальнений алгоритм проведення досліджень при фізичному моделюванні

Викович И.А., Зинько Р.В., Черевко Ю.Н. Обобщенный алгоритм проведения исследований при физическом моделировании

Vikovich I., Zinko R., Cherevko Y. The generalized algorithm of conduct researches at the physical modeling

УДК 629.33:518.12

Обобщенный алгоритм проведения исследований при физическом моделировании / И.А. Викович, Р.В. Зинько, Ю.Н. Черевко

В данной статье обобщены результаты экспериментального исследования машин с упруго сочлененными элементами. Приведена методика проведения экспериментальных испытаний автомобиля с упруго сочлененными элементами, которая основана на обобщенном алгоритме проведения исследований

УДК 629.33:518.12

The generalized algorithm of conduct researches at the physical modeling / I. Vikovich, R. Zinko, Y. Cherevko

In the article clause results of an experimental research of machines are generalized with is elastic the jointed elements. The methodic of conduct experimental tests of the car is resulted with is elastic the jointed elements which is based on the generalized algorithm of conduct of researches.