

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
116-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***23-24 лютого 2023 року
м. Київ***

УДК 639.331

ПРИНЦИПИ ДИНАМІЧНОГО ГАСІННЯ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ

Є. І. КАЛІНІН д.т.н., професор

І. В. КОЛЄСНІК к.т.н., доцент

Ю. І. КОЛЄСНІК асистент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ю. Ю. КОЗЛОВ інженер I категорії

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

E-mail: ivankolesnik89@gmail.com

Впровадження комбінованих енергетичних установок, прагнення до підвищення продуктивності машин та швидкості транспортних засобів, форсування їх за потужностями, навантаженнями та іншими робочими характеристиками неминуче призводять до зміни динамічної навантаженості колісної машини.

У свою чергу, методи віброзахисту дуже різноманітні. Вибір заходів для зниження віброактивності значною мірою визначається характером джерела вібрації. У тих випадках, коли неможливо вплинути на джерело вібрацій, застосовуються різноманітні технічні засоби, що знижують передачу вібрації і усувають її шкідливий вплив на досліджуваний об'єкт.

Таким чином, серед заходів щодо зниження віброактивності можна виділити такі основні методи [1]:

зниження віброактивності джерела - зменшення рівнів механічних впливів, що порушуються джерелом;

внутрішній віброзахист об'єкта – зміна конструкції об'єкта, при якому задані механічні дії викликатимуть менш інтенсивні коливання об'єкта або окремих його частин;

віброізоляція – установка між об'єктом та джерелом додаткової системи, що захищає об'єкт від механічних впливів, що збуджуються джерелом;

динамічне гасіння коливань – приєднання до об'єкта додаткової механічної системи, що змінює його коливань.

активне гасіння коливань - використання додаткового джерела вібрації, що генерує коливання тієї ж амплітуди, але протилежної фази.

Коливання, що збуджуються джерелом, поділяються на дві групи. До першої відносять різні фізико-хімічні процеси, що відбуваються в джерелі: процеси горіння в реактивних двигунах і двигунах внутрішнього згорання [2, 3], електромагнітні явища в двигунах та генераторах, різноманітні технологічні процеси (наприклад, процес різання металів [4] на металорізальних верстатах і т.п.). Зниження віброактивності факторів цієї групи пов'язане зі зміною параметрів фізико-хімічних процесів і може бути досягнуто специфічними способами для кожного окремого випадку [5].

Друга група обурювальних факторів пов'язана з тілами, що рухаються. Рух тіл усередині джерела (обертання кривошипно-шатунних механізмів ДВЗ, обертання роторів ЕД, переміщення ланок механізмів) супроводжується виникненням динамічних реакцій зв'язків, що з'єднують джерело з об'єктом. У цьому випадку, зниження віброактивності джерела полягає в зменшенні динамічних реакцій за допомогою так званого врівноваження тіл, що рухаються.

Існує два способи зниження механічних коливань, загальних всім механічним систем. Перший спосіб полягає у усуненні резонансних явищ. Якщо об'єкт має лінійні властивості, то завдання зводиться до зміни його частот. Для нелінійних об'єктів мають виконуватися умови відсутності резонансних явищ, розглянутих у [6]. Другий спосіб полягає у збільшенні дисипації механічної енергії в об'єкті. Вивчення можливості застосування даного способу, дослідження демпфуючих властивостей елементів конструкції виробів повідомлено роботи [7, 8].

Дія віброізоляції зводиться до послаблення зв'язків між джерелом та об'єктом, при цьому зменшуються динамічні дії, що передаються об'єкту. Ослаблення зв'язків зазвичай супроводжується виникненням небажаних явищ: збільшенням статичних зсувів об'єкта щодо джерела, збільшенням амплітуд відносних коливань, збільшенням габаритів системи. Віброізоляція у ряді випадків є ефективним методом врівноваження [9]. Найпростіший приклад віброізоляції може полягати у встановленні віброактивного обладнання на пружних елементах.

У зв'язку з збільшеними вимогами споживачів до комфортабельності їзди багато фірм стали широко застосовувати на автомобілях, що випускаються, гасники коливань нового класу - гідроопори [10, 11], яка являє собою поєднання однієї або декількох несучих пружин, виконаних з гуми і як мінімум з двох камер між якими по спеціально виконаному каналу перетікає демпфуюча рідина.

Динамічне гасіння коливань. Динамічний гаситель, що приєднується до об'єкта, формує додаткові динамічні дії, що прикладаються до об'єкта в точках приєднання гасника. Динамічне гасіння здійснюється при такому виборі параметрів гасника, при якому ці додаткові дії частково врівноважують динамічні дії, що збуджуються джерелом. У найпростішому випадку, динамічний гаситель коливань являє собою масу, яка приєднується до об'єкта, що захищається за допомогою пружного елемента і коливається в протифазі з збуджуючої силою так, що дія останньої на основну масу повністю компенсується реакцією пружного зв'язку додаткової маси.

Слід зазначити, що це наведені вище основні методи зниження віброактивності машин знайшли своє широке застосування під час проектування транспортних систем різного призначення, зокрема колісних і гусеничних машин. Зокрема, розроблені та використовуються різні методи врівноваження газових та інерційних сил у ДВЗ (зниження віброактивності джерела), використовуються різні демпфуючі пристрої, у тому числі й керовані в підвісках автомобілів,

тракторів та ін. транспортних систем (зміна конструкції об'єкта), віброізоляція кузовів та кабін транспортних засобів. У трансмісіях автомобілів найбільшого поширення набули динамічні гасителі коливань, про що свідчать роботи багатьох відомих авторів [12, 13]. Нижче наводяться основні принципи динамічного гасіння коливань.

Як відомо, метод динамічного гасіння коливань полягає у приєднанні до об'єкта віброзахисту додаткових пристроїв з метою зміни його вібраційного стану [14]. Робота динамічних гасників заснована на формуванні силових впливів, що передаються на об'єкт.

Зміна вібраційного стану об'єкта при приєднанні динамічного гасника може здійснюватися шляхом перерозподілу коливальної енергії від об'єкта до гасителя, так і в напрямку збільшення розсіювання енергії коливань.

Перше реалізується зміною налаштування системи об'єкт-гасник по відношенню до частот діючих вібраційних збурень шляхом коригування пружно-інерційних властивостей системи. У цьому випадку пристрої, що приєднуються до об'єкта, називають інерційними динамічними гасниками або антивібраторами. Інерційні гасники застосовуються для придушення моногармонічних та вузькосмугових випадкових коливань.

При дії вібраційних навантажень широкого частотного діапазону краще виявляється другий спосіб, заснований на підвищенні дисипативних властивостей системи шляхом приєднання до об'єкта додаткових спеціально демпфованих елементів. Динамічні гасники дисипативного типу отримали назву демпфери чи віброгасники.

Можливі і комбіновані способи динамічного гасіння, що використовують одночасно корекцію пружно-інерційних та дисипативних властивостей системи. Застосовувані у разі гасителі називають динамічними гасителями з тертям.

Активне гасіння коливань. Динамічні гасники можуть бути конструктивно реалізовані на основі пасивних елементів (інерційних мас, пружин, демпферів) та активних, які мають власні джерела енергії.

В останньому випадку йдеться про застосування систем автоматичного регулювання зі зворотним зв'язком, які використовують електричні, гідравлічні та пневматичні керовані елементи. [2, 3] пропонується класифікація керованих віброзахисних систем (ВЗС), згідно з якою, активні віброзахисні системи (АВС) є однією з трьох груп УВС. Дві інші групи - це НД зі змінними параметрами та НД зі змінною структурою. В АВС виконавчі елементи впливають безпосередньо на об'єкт, що захищається. У системах віброзахисту із змінними параметрами виконавчі пристрої впливають на пасивні елементи (масу, пружину, демпфер). У віброзахисних системах із змінною структурою передбачається можливість зміни порядку включення різних ланок. Розрізняють АВС з управлінням збурення (силового або кінематичного), АВС з управлінням з відхилення (зворотний зв'язок з прискорення, швидкості, переміщення), АВС, що самоналаштовуються.

Використання активних елементів розширює можливості динамічного віброгасіння, оскільки дозволяє проводити безперервне підстроювання параметрів динамічного гасника функції діючих збурень і, отже, здійснювати гасіння в умовах мінливих вібраційних навантажень. Аналогічні результати можуть бути досягнуті за допомогою пасивних пристроїв, що мають нелінійні характеристики.

Список використаних джерел

1. Фролов К.В. Вібрації у техніці. У 6-ти томах. Захист від вібрацій та ударів (Том 6) / За заг. ред. Академіка РАН К.В. Фролова; М: Машинобудування, 1995. - 456 с., іл.
2. Мангушев, В.А. Основи теорії та конструкції двигунів внутрішнього згоряння / В.А. Мангушев; М.: Воєніздат, 1973. – 422 с., іл.
3. Колчин, А.І. Розрахунок автомобільних та тракторних двигунів: Навч. Посібник для вузів. - 2-ге вид., перераб. та дод. - М: Вищ. Школа, 1980. – 400 с., іл.
4. Ізмайлов Д.Ю. Віртуальна вимірювальна лабораторія PowerGraph // Радіо щорічник. – 2013. – № 22. – С. 274 – 313.
5. Барський І.Б. Зчеплення транспортних та тягових машин. За ред. Геккер Ф.Р. / [І.Б. Барський, С.Г. Борисов, В.А. Галягін та ін]; - М: Машинобудування, 1989. - 344 с.: іл.
6. Коловський, М.З. Нелінійна теорія віброзахисних систем/М.З. Коловський; М.: Наука, 1966. – 318 с., іл.
7. Матвеев, В.В. Про демпфуючу здатність замкових з'єднань турбінних лопаток. У кн. Розсіювання енергії при коливаннях пружних систем. Київ: Наукова думка, 1972. с. 259-269.
8. Решетов, Д.М. Демпфування коливань у деталях верстатів. У кн. Дослідження коливань металорізальних верстатів М.: Машгіз, 1958. с. 17-24.
9. Рівін, Є.І. Деякі питання віброізоляції верстатів. Динаміка машин. За ред. І.І. Артоболевського / Є.І. Рівін; М: Наука, 1969. – с. 229-238.
10. Тольський, В.Є. Експериментальне дослідження вібрації автомобілів під час роботи двигуна внутрішнього згоряння (частина 1) / В.Є. Тольський // Праці НАМІ. – 2015. – № 263. – С. 5 – 24.
11. A. Geisberger, A. Khajepour, і F. Golnaraghi. Modelling of hydraulic mount з новим MDOF decoupler використовуючи bondgraphs. Department of Mechanical Engineering. University of Waterloo. Waterloo. Ontario. Canada X2L 3G1.
12. Молибошко Л.А. Динамічні розрахунки трансмісії транспортних машин Навчальний посібник з курсу «Конструювання та розрахунок автомобілів». Мінськ: Вид-во БПІ, 1977. – 69 с., іл.
13. Успенський І.М. Дослідження крутильних коливань та пікових навантажень у трансмісії вантажних автомобілів ГАЗ. "Автомобільна промисловість", №12, 1969.

14. Черепанов Л.А., Дослідження вібронавантаженості силового агрегату та кузова автомобіля // Міжвузівський збірник наукових праць «Віброакустику автомобіля», 1982 р.