



УКРАЇНА

(19) UA (11) 40434 (13) U  
(51) МПК (2009)  
F16F 15/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ГАСИТЕЛЬ ЗГИНАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

1

2

(21) u200812538

(22) 27.10.2008

(24) 10.04.2009

(46) 10.04.2009, Бюл. № 7, 2009 р.

(72) КУЛЯБКО ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA,  
МУЩАНОВ ВОЛОДИМИР ПИЛИПОВИЧ, UA, МА-  
СЛОВСЬКИЙ АНТОН ВІКТОРОВИЧ, UA, МІХЄЄВ  
АНАТОЛІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ДЕНИСОВ ЄВ-  
ГЕНІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ, UA(73) ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ, UA, ДОНБАСЬ-КА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І  
АРХІТЕКТУРИ, UA

(57) Гаситель згинальних коливань, що має зв'язані між собою основну, що згинається, та додаткову пружно-демпфуючу конструкції, який відрізняється тим, що додаткова пружно-демпфуюча конструкція своїми контактними поверхнями знаходиться у зв'язку з основною конструкцією з можливістю їх відносних зміщень та обтиснення при коливаннях, причому поверхні контакту обладнані знімними фрикційними елементами.

Корисна модель відноситься, наприклад, до будівництва, до машинобудування і призначена для зниження рівня згинальних коливань (переміщень, напружень, прискорень і т.п.) різноманітних конструкцій, які при експлуатації можуть мати великі амплітуди вимушених коливань, вводити в резонанс із частотою вимушених коливань обладнання (машин з динамічними навантаженнями); при вітровому резонансі і т.п.

Корисна модель може бути ефективною при використанні як в великогабаритних конструкціях (наприклад, в балках, плитах перекриттів та робітничих майданчиків, в відносно високих колонах, в магістральних та балочних трубопровідних переходах, конструкціях жорсткої ошиновки з відносно великими прогонами та великою гнучкістю конструкцій), так і в невеликих (наприклад, в трубопроводах різних двигунів та приборів).

Запропонована модель може застосовуватись для конструкцій із будь-яких матеріалів (металу, бетону, дерева, композитних та ін.), але вона особливо ефективна в конструкціях з малими логарифмічними декрементами коливань. Як правило, такими є металеві (сталеві, алюмінієві) конструкції чи їх довговимірні елементи.

Корисна модель може застосовуватись до основних елементів з практично будь-якими поперечними перерізами: замкнутого типу (кругле, коробчасте, овальне та ін.) та відкритого типу (прокатні двотаври, кутики та ін.).

Застосовуватись модель може і в нових об'єктах (при їх проектуванні), встановлюватись в процесі експлуатації, ремонту чи реконструкції об'єкту.

Відома велика кількість гасителів, коректорів, демпферів в будівництві та машинобудуванні, що мають різний принцип дії та конструктивне виконання. Вони можуть бути зосереджені в одному [1], чи декількох перетинах по довжині конструкції. Моделі розподіленого по основній конструкції шару динамічних гасителів лінійних та кутових коливань показані на мал. 2.1 і 2.3 [2]. Відомі також динамічні чи ударні гасителі коливань (ДГК, УГК) для гасіння згинальних коливань висотних конструкцій (веж, димових труб, будівель) шляхом встановлення гасителів на верхніх позначках цих конструкцій [3].

Недоліками цих моделей є необхідність точного настроювання параметрів гасителів на конкретні частоти і форми коливань, а також складність при їх виготовленні, встановленні та експлуатації.

В транспортній техніці для гасіння енергії згинальних та інших коливань несучих конструкцій кузова, що викликається рухом по нерівножорсткому шляху, застосовуються різноманітні демпфери, наприклад, листові ресори [4]. В цьому пристрої використовуються по-перше, пружні властивості спільно працюючих пластин ресори й, по-друге, додаткове конструкційне тертя, що виникає при згинальних і зсувних деформаціях пластин із-за обтиснення їх хомутами.

(13) U

(11) 40434

(19) UA

Недолік такого рішення - віддаленість демпфуючого пристрою від основної конструкції, що згинається.

В мостових конструкціях відомі пропозиції з гасіння згинальних коливань прогонної будівлі за допомогою різноманітних додаткових демпфуючих пристроїв, що встановлюються між опорними частинами та конструкцією, що згинається, за допомогою встановлення ДГК в середньому перерізі прогону и т.д. [5].

Недоліком цих моделей є висока складність при їх виготовленні, розміщенні, встановленні, налаштуванні та експлуатації.

Найбільш близьким до пропонуємого (прототипом) є пристрій для гасіння коливань довговимірних прогонних конструкцій моста [6]. Цей пристрій має основні конструкції, що згинаються, та додаткові пружно-демпфуючі конструкції в вигляді мас та демпферів на вертикальних консолях, що жорстко зв'язані з опорними частинами основних конструкцій.

Недоліками такої моделі є необхідність улаштування додаткових мас і демпферів на вертикальних опорах, потреба в постійному нагляді пристроїв в вигляді гідравлічних амортизаторів, некомпактність розміщення.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення зниження рівня згинальних коливань довговимірних елементів конструкцій при одночасному зменшенні маси гасителя, та спрощенні його конструкції настільки, що вона не потребує постійного нагляду, для чого до основної конструкції всередині чи зовні встановлюється додаткова пружно-демпфуюча конструкція гасителя. В результаті спільної роботи основної і додаткової конструкцій, величина амплітуд вимушених згинальних коливань, наприклад при вітровому резонансі, знижується (як і ризик руйнування конструкції від втоми).

Поставлена задача вирішується тим, що гаситель згинальних коливань має зв'язані між собою основну, що згинається, та додаткову пружно-демпфуючу конструкцію, в якому відповідно до корисної моделі додаткова пружно-демпфуюча конструкція своїми контактними поверхнями знаходиться у зв'язку з основною конструкцією з можливістю їх відносних зміщень та обтиснення при коливаннях, причому поверхні контакту обладнані знімними фрикційними елементами.

Суть корисної моделі пояснюється графічними матеріалами, на яких зображені:

Фіг.1 - приклад використання корисної моделі для гасіння згинальних коливань початкове прямолінійної труби, де 1 - основна конструкція, 2 - поверхні контакту між основною та додатковою пружно-демпфуючою конструкцією, 3 - додаткова пружно-демпфуюча конструкція, 4 - еластичні прокладки-демпфери,

Фіг.2 - розрізи за 1-1 і 2-2,

Фіг.3 - приклади варіантів забезпечення спільної роботи (з можливістю проковзування при обтисненні) додаткових пружно-демпфуючих та основних елементів (хомути, решітка),

Фіг.4 - приклади варіантів компоновки додаткових пружно-демпфуючих та основних елементів

при гасінні вертикальних та просторових (див. 4, б) коливань (еластичні прокладки-демпфери умовно не показані),

Фіг.5а - графік залежності пружної характеристики  $F_{пр}$  від згинальних переміщень у при спільній роботі основної та додаткової пружно-демпфуючої конструкцій,

Фіг.5б - графік внутрішнього тертя в основній конструкції,

Фіг.5в - графік внутрішнього тертя в додатковій пружно-демпфуючій конструкції,

Фіг.5, г - графік внутрішнього тертя в основній та додатковій пружно-демпфуючій конструкціях,

Фіг.5д - графік конструкційного тертя на поверхнях контакту між основною та додатковою пружно-демпфуючою конструкціями, що працюють на згин,

Фіг.5е - сумарна характеристика всіх сил непружного опору  $F_{непр}$  основної та додаткової пружно-демпфуючої конструкцій, при їх динамічній взаємодії,

Фіг.5ж - сумарна характеристика всіх сил пружного  $F_{пр}$  і непружного  $F_{непр}$  опору основної і додаткової пружно-демпфуючої конструкцій, при їх динамічній взаємодії (силова нелінійна характеристика основної конструкції з гасителем згинальних коливань),

Фіг.6 і 7 - віброграми власних коливань конструкції без гасителя та з установленим на ній гасителем згинальних коливань,

Фіг.8 і 9 - віброграми вимушених коливань конструкції без гасителя та з установленим на ній гасителем згинальних коливань,

Гаситель згинальних коливань має основну конструкцію (1), яка знаходиться у зв'язку через контактні поверхні (2) з додатковою пружно-демпфуючою конструкцією (3). Додаткова пружно-демпфуюча конструкція може зміщуватись відносно основної конструкції при коливаннях останньої. При цьому із-за обтиснення цих конструкцій на контактних поверхнях виникають сили сухого тертя, величина яких росте з ростом згинальних деформацій. Причому, поверхні контакту обладнані знімними фрикційними елементами (4).

Додаткова пружно-демпфуюча конструкція може встановлюватися і/або всередині основної конструкції чи її елемента (наприклад, трубопроводу) і/або зовні (при забезпеченні необхідних контактних зон на гасителі та основній конструкції), при цьому вид її перетину жорстко не регламентується.

Зони контакту корисної моделі та основної конструкції створюються в залежності від ситуації (призначення, рівня і виду напружень на контактах, необхідної довговічності та параметрів стійкості до зношування матеріалів пар тертя, можливості заміни контактних поверхонь та ін.), без додаткової обробки чи зі спеціальною підготовкою та конструюванням контактних вузлів.

Гаситель згинальних коливань працює наступним чином.

При згинальних коливаннях основної довговимірної конструкції (1), додатково приєднана пружно-демпфуюча конструкція (3) через контактні поверхні (2) включається в роботу і децю зміщується

відносно основної конструкції (в поздовжньому напрямі). В зонах контакту енергія коливань всієї системи поглинається за рахунок сил сухого тертя в змінних фрикційних елементах (4).

Теоретично роботу гасителя згинальних коливань з основною конструкцією можна описати роботою наступної моделі, що подібна до Фіг.1. Система диференціальних рівнянь підходить також, наприклад, і до Фіг.1, 2, 5. Перше рівняння відповідає малим амплітудам згинальних коливань основної конструкції, при яких зазор між нею і гасителем ще не вибраний ( $y < \Delta$ ), де  $\Delta$  - зазор між основною конструкцією та гасителем в недеформованому стані,  $y$  - зазор між основною конструкцією та гасителем в деформованому стані:

$$m\ddot{y} + (r_1 y + \beta_1 \dot{y}) = mg + P(t), \text{ де}$$

$r_1, \beta_1$  - відповідно жорсткість та внутрішнє тертя основної конструкції.

Коли  $y \geq \Delta$  - гаситель згинальних коливань включається в спільну роботу з основною конструкцією. Тоді друге рівняння системи буде мати вигляд:

$$m\ddot{y} + (r_1 y + \beta_1 \dot{y}) + \left( r_2 \left( y - \Delta \right) + \beta_2 \dot{y} + N \frac{y - \Delta}{\Delta} \cdot \text{sign}(\dot{y}) \right) = mg + P(t),$$

де  $r_2, \beta_2$  - відповідно жорсткість та внутрішнє тертя додаткової конструкції;

$N \frac{y - \Delta}{\Delta}$  - позиційне сухе тертя між накладками

з фрикційними елементами;

$\Delta$  - зазор між основною та додатковою конструкцією;

Залежність сумарного згинального зусилля від згинальних переміщень показана на графіку (Фіг.5ж), який отриманий складанням графіків пружних характеристик (Фіг.5а), внутрішнього тертя в основній (Фіг.5б) та додатковій пружно-

демпфуючій (Фіг.5в) конструкціях, та графіка сухого тертя на контактних поверхнях між конструкціями (Фіг.5д).

Для того, щоб показати ефективність корисної моделі, на фігурах 6 і 7 наведені віброграми власних, а на фігурах 8 і 9 - вимушених коливань основної конструкції без гасителя та с гасителем. Порівнюючи ці два процеси, видно, що наявність гасителя значно знижує рівень згинальних коливань конструкції та збільшує її логарифмічний декремент коливань.

Джерела інформації:

1. Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий - М.: Стройиздат, 1989. - 320с. - аналог

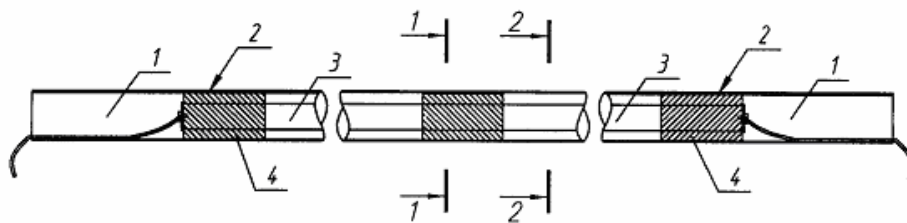
2. Карамышкин В. В. Динамическое гашение колебаний / Под ред. К.М.Рагульскиса. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 108с.: ил. - (Б-ка инженера. Вибрационная техника; Вып. 12) - аналог

3. Коренев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения. - М.:Наука. Гл. ред. физ. мат., 1988. -304 с - аналог

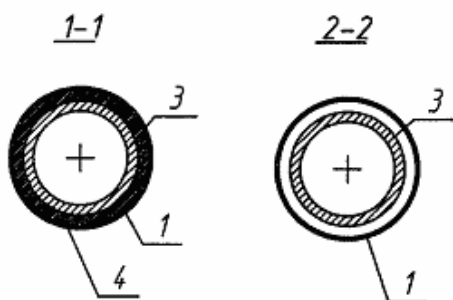
4. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: Учебник для вузов. - М.: Высш. школа, 1980. - 408 с., ил. - аналог

5. Бондарь Н.Г., Закора А.Л., Казакевич М.И. Гашение колебаний пролетных строений мостов. Надежность и долговечность машин и сооружений, 1984, вып.6, с. 103-109-аналог

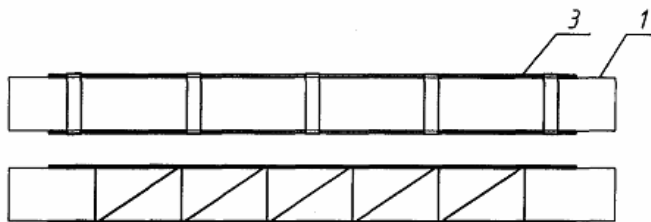
6. Пат 68730А Україна, МКІ У01В22/00. Пристрій для гасіння коливань прогонових будов моста / Закора О.Л., Марочка В.В. -№2003109257; Заявлено 14.10.2003; Опубліковано 16.08.2004, Бюл №8 – прототип.



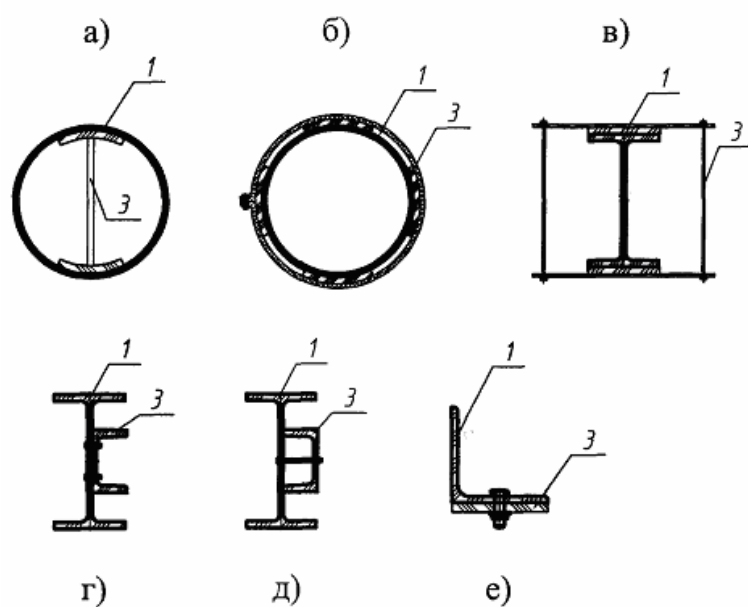
Фіг. 1



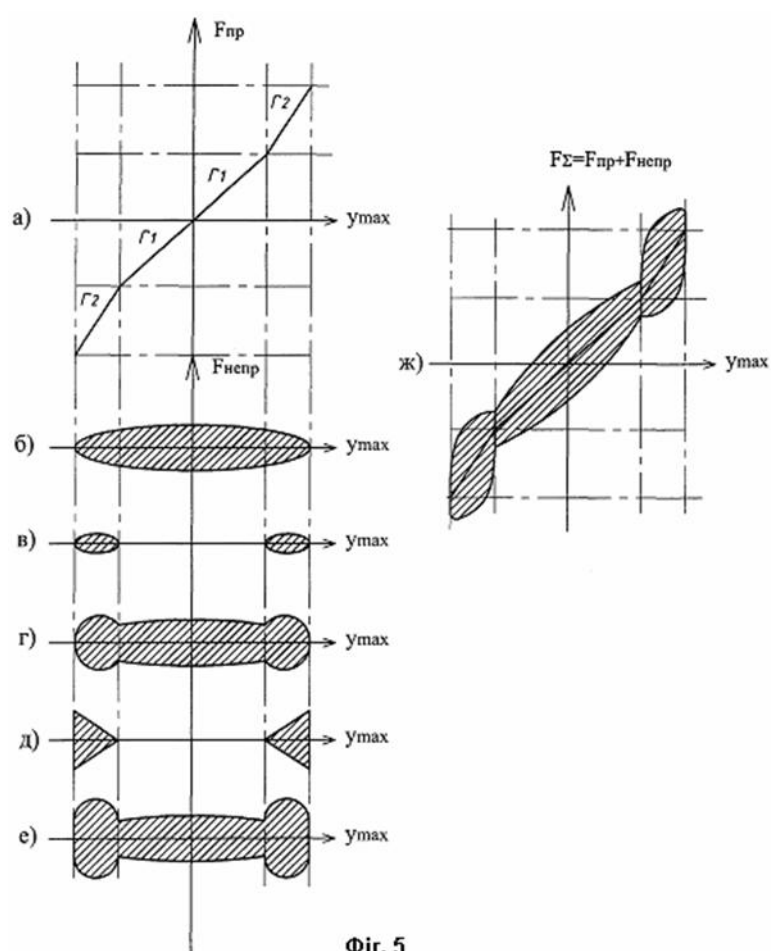
Фіг. 2



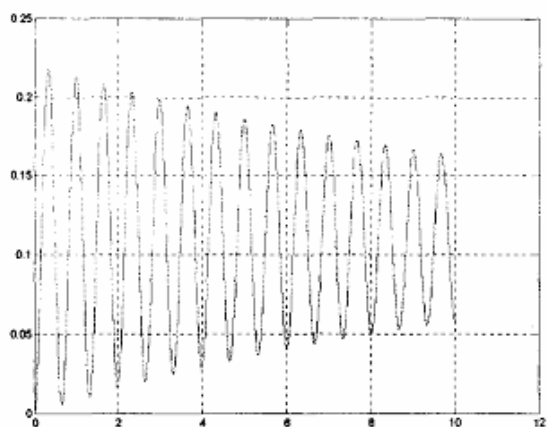
Фіг. 3



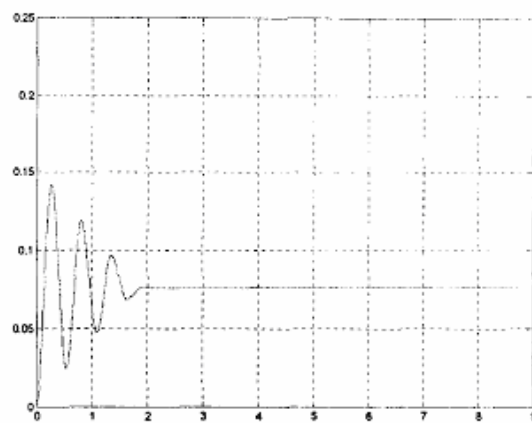
Фиг. 4



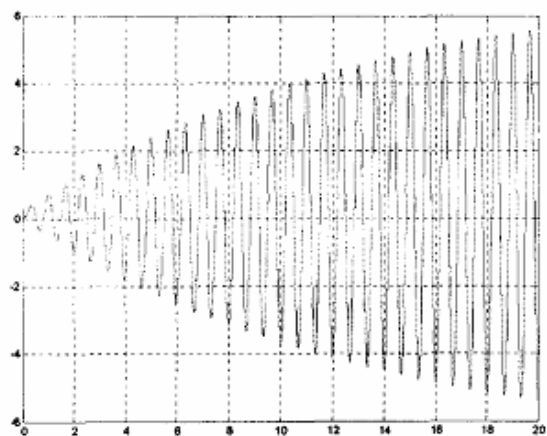
Фиг. 5



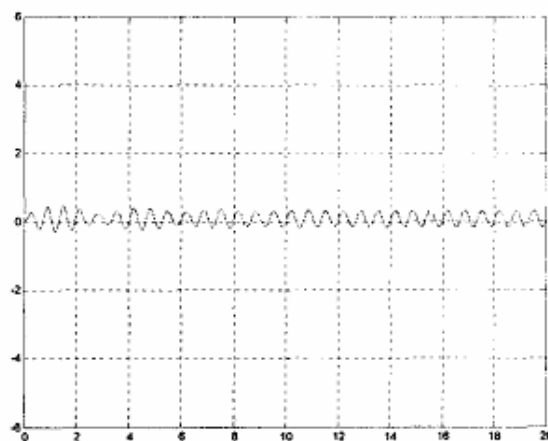
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9