

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ІСНУЮЧИХ СТРУННИХ ГРАВИМЕТРІВ

Струнний гравіметр (СГ) має великий динамічний діапазон вимірювань. Схема класичної конструкції СГ наведена на рисунку 1.

Вантаж  $1$  вагою  $Mg$ , підвішений до корпусу  $3$  за допомогою гнучкої нерозтяжної струни  $2$ , виготовленої з матеріалу з малим електричним опором (берилієва бронза). Верхній кінець струни електрично ізолюваний від рами. Горизонтальному переміщенню вантажу запобігають дві тонких стрічкових пружини, (поперечна жорсткість яких дуже мала). Для підтримки незгасаючих коливань струна поміщається між полюсами постійного магніту  $5$ , а її кінці підключаються до входу підсилювача  $6$ , з позитивним зворотним зв'язком – струнного генератора.

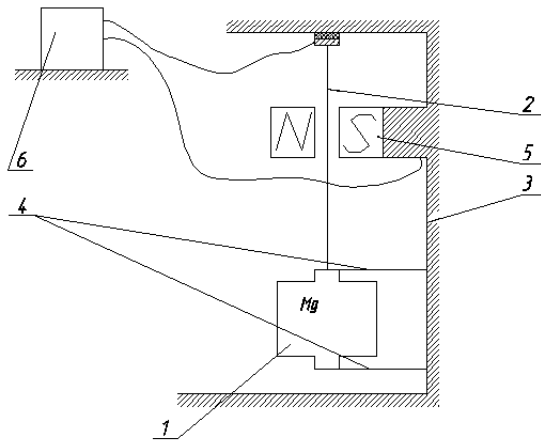


Рис. 1. Схема класичної конструкції СГ:

1 – вантаж, 2 – струна, 3 – рама, 4 – стрічкові пружини, 5 – постійний магніт,  
6 – струнний генератор

В ідеальному СГ, коли можна нехтувати натягом обмежуючих пружин  $4$ , струну вважаємо ідеально гнучкою, а амплітуду поперечних коливань нескінченно малою, частота  $f$  поперечних коливань буде рівна:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{\lambda S}} = K \sqrt{g}, \text{ де } K = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{\lambda S}},$$

де  $l$  – робоча довжина струни;  $\lambda$  – питома густина матеріалу струни;  $S$  – площа поперечного перерізу струни;  $M$  – маса вантажу.

Продиференціюємо та візьмемо у частинних приростках. Отримаємо:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{4l} \cdot \frac{m}{\lambda} \cdot \frac{\Delta g}{g}.$$

Тобто, відносна зміна частоти пропорційна відносній зміні гравітаційного прискорення.

Одним з основних недоліків струнного гравіметра є його чутливість до впливу вібрації, витікаюча з нелінійної (квадратичної) залежності частоти коливань струни від діючих прискорень. Крім того, експериментальні дослідження показали, що при деяких частотах вібрації спостерігаються різкі невраховані зміни відліків гравіметра, викликані механічним резонансом окремих елементів струнної системи. Щоб зменшити вплив на СГ вертикальних прискорень вібрації, робочий вантаж струнної системи СГ необхідно демпфірувати. Застосовується магнітне або рідинне демпфірування. Для здійснення магнітного демпфірування вантаж виготовляють з червоної міді і додають йому спеціальну форму, яка дозволяє помістити основну його масу у полі сильного постійного магніту  $7, 8$  (рис. 2).

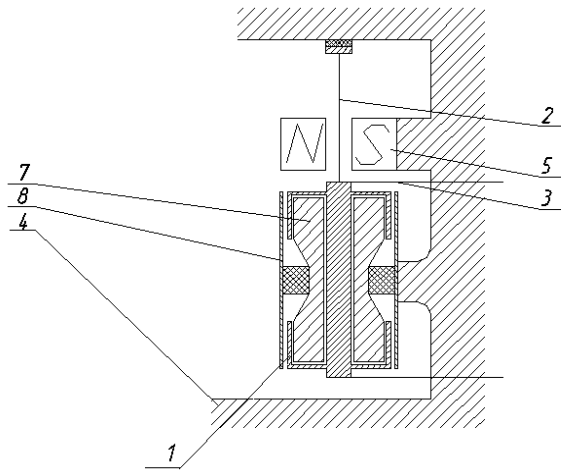


Рис. 2. Схема СГ із магнітним демпфіруванням вантажу:  
 1 – вантаж, 2 – гнучка нерозтяжна струна, 3 – стрічкова обмежувача пружина, 4 – рама,  
 5, 6, 7 – постійний магніт

При вимірюваннях на літаку, де спостерігається сильна високочастотна вібрація, бажано застосувати більш сильне демпфірування, і, головне, демпфірувати не тільки робочий вантаж, але й всі пружні елементи системи (обмежувачі пружини), окрім віброуючої струни.

На рисунку 3 представлена схема СГ з демпфіруванням вантажу та пружних елементів системи.

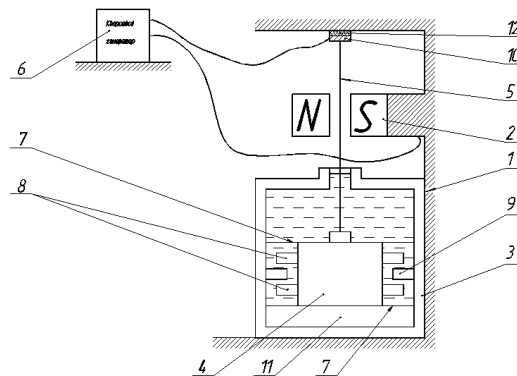


Рис. 3. Схема СГ з рідинним демпфіруванням вантажу: 1 – корпус, 2 – магніт,  
 3 – посуд з рідиною, 4 – вантаж, 5 – струна, 6 – кварцовий генератор (задає еталонну частоту), 7 – стрічкові пружини, 8 – поперечні ребра, 9 – кільце,  
 10 – вузол кріплення струни, 11 – рідина, 12 – тримач

Розміщений всередині корпусу 1, магніт 2 та посуд 3 з рідиною, в яку занурили вантаж 4, підвішений на струні 5, кінці якої підключені до кварцового генератора 6 (для завдання еталонної частоти). Для передбачення горизонтальних переміщень вантажу 4 встановлені стрічкові пружини 7, що з'єднують його з корпусом 1. Вантаж має поперечні ребра 8, у простір між якими входить пружне кільце 9 (для забезпечення жорсткості корпусу), зв'язане з корпусом 1. Вузол кріплення струни 10, закріплений гвинтами. Занурення вантажу у рідину 11 з високою в'язкістю усуває вплив вібрацій. Між двома полюсами постійного магніту розміщена струна. У зазорі магніту розміщено струну СГ. Постійний магніт створює постійне магнітне поле. Через струну пропускаємо змінний струм. Навколо струни утворюється змінне електромагнітне поле. Взаємодія двох полів (постійного та змінного) утворює незатухаючі коливання струни СГ. Частота коливань є мірою сили тяжіння, так як вона залежить від напруги струни.

Кварцовим генератором виробляється сигнал еталонної частоти в 1000 Гц, що порівнюється з сигналом від СГ. Від СГ сигнал поступає до реєструючого пристрою.