

# Моделювання впливу параметрів збурень на роботу струнного гравіметра авіаційної гравіметричної системи

Безвесільна О.М.<sup>1</sup>, Чепюк Л.О.<sup>2</sup>

Національний технічний університет України “КПІ”, e-mail: bezvesilna@mail.ru<sup>1</sup>  
Житомирський державний технологічний університет, e-mail: chepyuk.larina@mail.ru<sup>2</sup>

*Simulation of the influence of frequency and amplitude of the disturbing vibration acceleration for the most unfavorable resonance cases to the work of vibrating string gravimeter of aviation gravimetric system.*

## ВСТУП

Для визначення характеристик гравітаційного поля Землі в важкодоступних районах використовується авіаційна гравіметрична система (АГС). Значною мірою ефективність роботи АГС забезпечується вибором чутливого елемента системи – гравіметра [1]. Використання в якості чутливого елемента АГС струнного гравіметра (СГ) дозволить значно зменшити похибки вимірювання. СГ має високу точність вимірювання, високу вібраційну і ударну міцність, надійність, частотно-модульований вихідний сигнал, високу потужність вихідного сигналу, а також малі габарити і вагу. Він дозволяє виконувати швидко і точну цифрову реєстрацію прискорень сили тяжіння. До достоїнств СГ також варто віднести малу постійну часу, що важливо при вимірах на літаку, і майже необмежений діапазон вимірювання вхідних величин без перебудови приладу [2].

На жаль, в відомій літературі по гравіметрії немає відомостей щодо дослідження на ЕОМ впливу параметрів віброприскорень на роботу струнного гравіметра АГС.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ

### ПАРАМЕТРІВ ЗБУРЕНЬ НА РОБОТУ СГ

Виконаємо на ЕОМ дослідження впливу амплітудних значень збурюючих прискорень

і коефіцієнта демпфірування на роботу СГ [1] при різних найбільш несприятливих співвідношень частоти власних коливань СГ  $\omega_0$  і частоти збурюючих віброприскорень  $\omega$ .

Робоча формула струнного гравіметра:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{Mg}{\rho S}}, \quad (1)$$

де  $M$  – маса вантажу;

$g$  – прискорення сили тяжіння;

$\rho$  – густина матеріалу струни;

$S$  – площа поперечного перерізу струни

[3].

Основна робоча формула гравіметра (1) справедлива, якщо струна нерозтяжна і її натяг миттєво реагує на зміну діючого прискорення. В реальних умовах струна розтягується та пружна. Повздовжні натяги струни визначаються вертикальними прискореннями і не завжди миттєво реагують на їх зміну.

Рівняння руху струнного гравіметра при вимушених поздовжніх коливаннях вантажу, які виникають при дії на СГ періодичних збурюючих дій типу  $asin\omega t$ :

$$M\ddot{x} + h\dot{x} + k(x + \Delta l) + \omega_0^2 x = M(g + a \sin \omega t) \quad (2)$$

де  $h\dot{x}$  – сила тертя, що створюється демпфіруючим пристроєм;

$x$  – пружна деформація струни під дією сили  $M\ddot{x}$ ;

$\dot{x}$  – швидкість переміщення нижнього кінця струни, рівна швидкості переміщення вантажу;

$\Delta l$  – пружна деформація струни під дією сили  $Mg$ ;

$\omega_0$  – власна частота СГ;

$a$  – амплітуда збурюючих прискорень спрямованих вздовж струни,

$\omega$  – частота збурюючих прискорень.

Моделювання рішення диференційного рівняння (2) здійснювалось за допомогою пакету MathCad 14.

Проаналізуємо найбільш несприятливий щодо можливості виникнення резонансу випадок  $\omega = \omega_0 = 2,5 \text{ с}^{-1}$ . Моделюванням рівняння (2) струнного гравіметра на ЕОМ отримані графіки функціональної залежності  $x=f(t)$  для випадку, коли основа, на якій встановлено СГ підпадає під дію збурюючих впливів, для яких  $w_a = w_b = 1 \text{ м/с}^2$  відповідно по осях  $Oz$  і  $Oy$  [4].

На рис.1 зображено графіки зміни вихідного сигналу СГ.

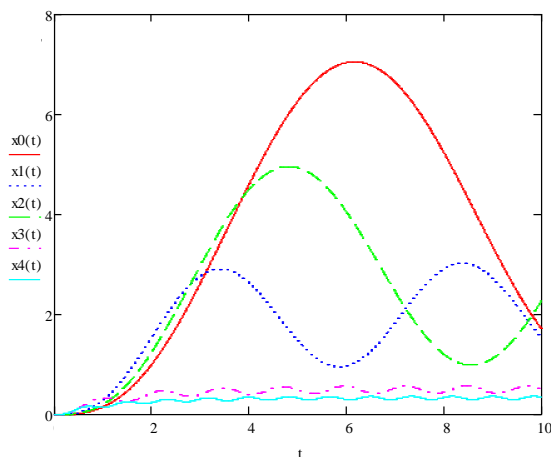


Рисунок 1 – Графіки функціональної залежності  $x=f(t)$  при  $w_a = w_b = 1 \text{ м/с}^2$

Експериментально визначено, що при малому демпфіруванні  $\xi = 0,15$  можливий резонанс (рис. 1). Із зростанням демпфірування, наприклад  $\xi = 0,45 \dots 1$ , резонансу немає. У разі збільшення демпфірування зменшується амплітуда вимушених коливань.

Проведене дослідження впливу амплітуд збурень по осям  $Oz$  і  $Oy$  на роботу СГ підтвердило вже зроблений при вивченні похибок приладу висновок про те, що горизонтальні перехресні прискорення не впливають на роботу СГ і амплітуди

коливань приладу прямо пропорційні збурюючим прискоренням по осі чутливості.

Амплітуди вимушених коливань приладу максимальні, коли частоти власних коливань приладу дорівнюють частоті збурюючого впливу. Найбільш небезпечним щодо втрати точності є тільки випадок головного резонансу.

Приглушити вплив збурюючих прискорень можна також при низьких частотах вібрації, якщо сильно демпфірувати вантаж з коефіцієнтом затухання порядку  $\delta = 10^4 \text{ 1/с}$ .

Цифрове моделювання впливу на СГ АГС параметрів збурень, а так само власних параметрів підтвердило основну перевагу СГ над відомими гравіметрами - його велику точність.

## ВИСНОВКИ

Моделювання на ЕОМ впливу параметрів збурень на роботу струнного гравіметра авіаційної гравіметричної системи дозволяє зменшити, а в деяких випадках - повністю усунути необхідність проведення фізичних експериментів з реальними пристроями, набагато скоротити терміни розробки, підвищити точність досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Безвесільна О. М. Вимірювання прискорень [Текст] / О.М. Безвесільна. – К. : Либідь, 2001.– 261с.
- [2] Чепюк Л.О. Струнний гравіметр авіаційної гравіметричної системи. Технологічний аудит та резерви виробництва, том 6, № 4(8), 2012, стр. 23-24.
- [3] Лозинская А.М. Измерения силы тяжести на борту самолета [Текст] / Лозинская А.М. //Сер. Региональная, разведочная и промышленная геофизика. – М.: Изд. ВИЭМС. 1978. – 113 с.
- [4] Безвесільна О.М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри [Текст]: Монографія / О.М. Безвесільна. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 604 с.