



УДК 528.563

**CALIBRATION CHARACTERISTICS OF A TWO-CHANNEL
PIEZOELECTRIC GRAVIMETER****ГРАДУЮВАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОКАНАЛЬНОГО
П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВИМЕТРА****Bezvesilna O.M. / Безвесільна О.М.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-6951-1242

Kyrychuk Y.V. / Киричук Ю.В.*d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-8638-6060

Nazarenko N.M. / Назаренко Н.М.*as. / асистент**National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",**Kyiv, 37, Prosp. Peremohy, 03056**Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського", Київ, пр.Перемоги, 37, 03056*

Анотація. Побудовано градуювальну характеристику двоканального п'єзоелектричного гравіметра авіаційної гравіметричної системи та встановлено залежність куту повороту вимірювальної осі гравіметра відносно довідкової вертикалі.

Ключові слова: п'єзоелектричний гравіметр, градуювання, вимірювальна вісь, прискорення сили тяжіння.

Вступ. Авіаційні гравіметричні системи (АГС) призначені для вимірювань прискорення сили тяжіння (ПСТ) на борту літального апарату (ЛА) у віддалених та важкодоступних районах Землі. Чутливим елементом АГС є гравіметр. Останнім часом обґрунтовано [1-5], що одним із найбільш перспективних є двоканальний п'єзоелектричний гравіметр (ДПГ).

У літературі [1-4] відсутні будь-які відомості щодо градуювальної характеристики двоканального п'єзоелектричного гравіметра. Тому метою даної статті є здійснення такого дослідження.

Основний текст. Градуювання гравіметра - це сукупність операцій, що проводяться з метою визначення дійсних значень метрологічних характеристик цього засобу вимірювання [5-7]. Градуювання полягає у визначенні залежності між показами ДПГ і розміром вимірюваної величини прискорення сили тяжіння. Градуювання може бути статичним і динамічним.

Статичне градуювання є найбільш простим способом калібрування гравіметрів, призначених для виміру PST у діапазоні від -1 g по +1 g, є використання зміни g за допомогою зміни кута нахилу осі чутливості гравіметра.

Динамічне градуювання необхідне у тих випадках, коли прилади використовуються для виміру вібраційних і ударних процесів і їх конструкція не дозволяє робити градуювання у статичному режимі. Але відомо, що авіаційні гравіметричні вимірювання проводяться в умовах, найбільш сприятливих при мінімальній турбулентності повітря, коли літальний апарат працює на автопілоті на прямолінійних проміжках траєкторії руху. При цьому,



можливість ударів та надзвичайних вібрацій виключена. Тому динамічне градування ми розглядати не будемо. Зручним приладом для проведення статичного калібрування є оптична ділильна головка типу ОДГ-60, що забезпечує відлік кута з точністю до 1 град.

Градування – це метрологічна операція, за допомогою якої засіб вимірювань (міра або вимірювальний прилад) забезпечується шкалою або градуовальною таблицею. Для цього використаємо установку (рис.1), яка складається із оптичної ділильної головки 1, ДПГ 2, встановленого на кронштейні 3, блоку підсилення 4, модуля введення-виведення 5 та ЕОМ 6.

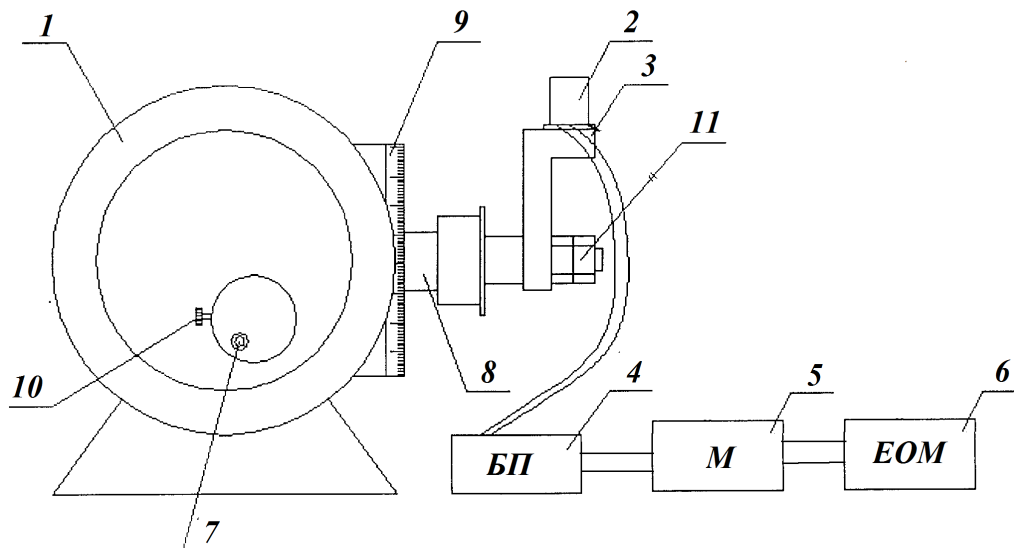


Рисунок 1 - Експериментальна установка для градування ДПГ:

1 – оптична ділильна головка; 2 – ДПГ; 3 – кронштейн; 4 – блок підсилення;
5 – модуль введення-виведення; 6 – ЕОМ; 7,10 – поворотні ручки; 8 – вал;
9 – відлікова шкала; 11 – прижимні гайки

Градування ДПГ відбувається при нахиленні його вимірювальної осі OZ за допомогою оптичної ділильної головки на деякий кут α_z (рис.2). Градування ДПГ реалізується за допомогою поворотної ручки 7 оптичної ділильної головки 1. При цьому повертається вал 8, кронштейн 3, а також закріплений на кронштейні ДПГ 2. Кут повороту α_z керується по відліковій шкалі 9. Вихідний сигнал ДПГ 2 відображається на ЕОМ 6.

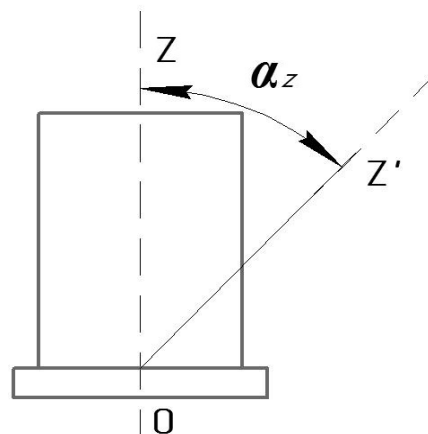


Рисунок 2 - Кут нахилу ДПГ АГС



Отримані результати $g_{zЕКСП}$ градуювання ДПГ експериментальним шляхом відобразимо у табл. 1 та порівняємо їх із аналітичними розрахунками ($g_{zТЕОР} = g \cdot \cos \alpha_z$). Побудуємо графіки залежностей сигналу ДПГ g_z від кута повороту α_z (рис. 2).

Таблиця 1

Градувальна таблиця ДПГ АГС

№	α_z , град	$g_{zЕКСП}$, мГал	$g_{zТЕОР}$, мГал	Відхилення експеримент. від теоретичного по модулю, мГал	Відхилення від поточного значення, %
1	0	981100.375	981100.376	0.001	0
2	10	966195.234	966195.257	0.023	1.52
3	20	921932.665	921932.784	0.119	6.03
4	30	849658.072	849657.849	0.223	13.39
5	40	751566.893	751566.491	0.402	23.40
6	50	630639.662	630639.161	0.501	35.72
7	60	490549.470	490550.188	0.718	50.01
8	70	335556.981	335556.091	0.890	65.79
9	80	17365.725	17364.818	0.907	98.23
10	90	0	0	0	100

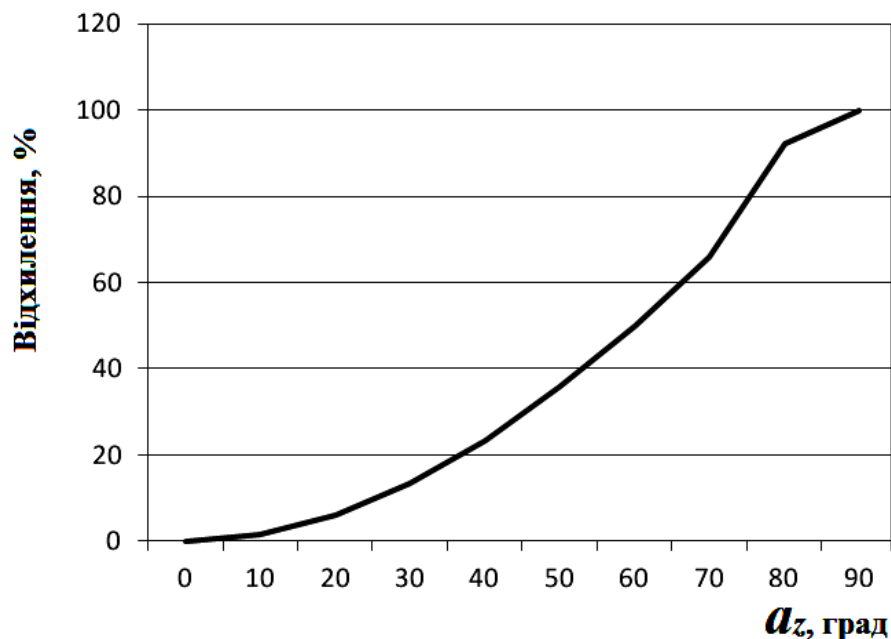


Рисунок 3 - Графік залежності відхилення вимірювальної осі ДПГ α_z від відхилення від поточного значення прискорення сили тяжіння

Як бачимо із табл. 1, різниця між відхиленнями вимірювальної осі ДПГ автоматизованої АГС на кут α_z обчисленими аналітично та отримані експериментально не перевищує 1 мГал. Кут повороту його вимірювальної осі відносно довідкової вертикалі впливає прямо пропорційно на його вихідні покази та величину його похибки.



Оскільки гравіметричні вимірювання проводяться на рухомій у просторі основі, тому необхідно постійно забезпечувати збіг вимірювальної осі ДПГ АГС із довідковою вертикаллю. Для реалізації цього процесу запропоновано побудувати систему стабілізації АГС, яка забезпечує рівень допустимої похибки стабілізації осі чутливості ДПГ у положення вертикалі у межах 0.5–15 кут. хв.

Висновки.

Побудовано градууювальну характеристику ДПГ АГС та встановлено, що кут повороту вимірювальної осі ДПГ АГС відносно довідкової вертикалі впливає прямо пропорційно на його вихідні покази та величину його похибки.

Література:

1. Безвесільна, О. М. Вимірювання гравітаційних прискорень / О. М. Безвесільна. – Житомир : ЖІТІ, 2002. – 264 с.
2. Пантелеев, В. Л. Измерение силы тяжести на подвижном основании. Учебное пособие по курсу “ Теория измерения силы тяжести (дополнительные главы)” / В. Л. Пантелеев, А. А. Булычев. – М., 2003. – 80 с .
3. Торге, В. Гравиметрия: монография / В. Торге; Пер. Г. А. Шануров, Ред. А. П. Юзefович. – М.: Мир, 1999. – 428 с.
4. Безвесільна, О. М. Вимірювання прискорень / О. М. Безвесільна. – К.: Либідь, 2001. – 261 с.
5. Безвесільна, О. М. Двокомпонентний п'зoeлектричний гравіметр автоматизованої гравіметричної системи. - КПІ ім. Ігоря Сікорського ДП НВЦ «Пріоритети», 2020. – 250 с.
6. Безвесільна, О. М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри: Монографія / О. М. Безвесільна. –Житомир: ЖДТУ, 2007. – 604 с.2.
7. Безвесільна, О. М., Тимчик, Г. С., Подчашинський, Ю.О. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин. Підручник. Житомир: ЖДТУ, 2011; 976 с.

Abstract. Construct the calibration characteristic of a two-channel piezoelectric gravimeter of an aviation gravimetric system and establish the dependence of the angle of rotation of the measuring axis of the gravimeter relative to the reference vertical.

Key words: piezoelectric gravimeter, calibration, measuring axis, gravity acceleration.

Стаття отримана: 17.05.2021 г.

© Безвесільна О.М.

© Киричук Ю.В.

© Назаренко Н.М.