

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА  
ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІРТК-2017)

ДЕСЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

16-17 травня 2017 р.  
Київ, Україна

ЗБІРКА ТЕЗ

Київ  
2017

## ПРИПУСТИМА ПОХИБКА ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ СКЛАДНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Безвесільна О.М.**, д.т.н., проф., Національний технічний університет України  
“КПІ”, e-mail: bezvesilna@mail.ru

**Трофименко В.І.**, к.пед.н., доцент НАУ, Національний авіаційний універ-  
ситет,

**Чепюк Л.О.**, к.т.н., Житомирський державний технологічний університет, e-  
mail: chepyuk.larina@mail.ru

Для забезпечення роботи складних навігаційних систем необхідно мати інформацію про значення гравітаційного поля Землі. Проведення вимірювання параметрів сили тяжіння ті її аномалії на літальних апаратах дозволяють здійснювати вимірювання у важкодоступних районах Землі зі швидкістю значно більшою, ніж наземні. Для цих цілей використовують авіаційні гравіметричні системи (АГС). Дані про гравітаційне поле Землі, введені у пам'ять бортової обчислювальної машини АГС, суттєво сприятимуть підвищенню точності визначення навігаційних параметрів складних навігаційних систем [1-6].

Визначимо чутливість вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості для значень  $v = 260$  м/с,  $e = 3.4 \cdot 10^{-3}$ ,  $r = 6.4 \cdot 10^6$  м,  $\omega_3 = 7.3 \cdot 10^{-5} \text{с}^{-1}$ ,  $\dot{h} = 45$  м/с [1]:

$$\frac{dD}{dv} = \frac{2v}{r} \left\{ 1 - 2e \cdot \left[ 1 - 2 \cos^2 \varphi \cdot \left( 1 - \frac{\sin^2 k}{2} \right) \right] \right\} + 2\omega_3 \sin k \cos \varphi - 2\dot{h} \frac{e}{r} \cos k \sin 2\varphi. \quad (1)$$

Вираз (1) після обчислення має вигляд:

$$\frac{dD}{dv} \cong 3.6 \cdot (2.26 + 4.05 \sin k \cos \varphi), \frac{\text{мГал}}{\text{м/с}}. \quad (2)$$

Значення чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості залежно від широти наведено у таблиці 1. На основі даних табл. 1 побудуємо графіки залежності чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості від широти місця при постійних значеннях курсу (рис. 1) [1].

Таблиця 1

Залежність чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості від широти

№	φ, град	$\frac{\Delta D}{\Delta v} / 3.6; \frac{\text{мГал}}{\text{м/с}}$	
		Східний курс $k=90^0$	Західний курс $k=270^0$
1	90	2,26	2,26
1	90	2,26	2,26
2	80	2,94	1,57

3	75	3,31	1,21
4	60	4,28	0,24
5	45	5,13	-0,63
6	30	5,78	-1,26
7	15	6,11	-1,59
8	0	6,31	-1,79

Значення чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості залежно від курсу при постійних значеннях широти наведено в табл.2. На основі даних табл. 2 побудуємо графіки залежності чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості від курсу при постійних значеннях широти (рис. 2) [1].

Таблиця 2

Залежність чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості від курсу, мГал/м/с

№	к, град	φ, град			
		0	45	60	75
1	0	2,26	2,26	2,26	2,26
2	30	4,28	3,69	3,27	2,78
3	60	5,75	4,74	4,03	3,17
4	90	6,31	5,13	4,27	3,31
5	120	5,76	4,74	4,02	3,17
6	150	4,28	3,69	3,27	2,78
7	180	2,27	2,26	2,26	2,27
8	210	0,24	0,82	1,24	1,74
9	240	-1,33	-0,25	0,51	1,35
10	270	1,83	-0,64	0,24	1,21
11	300	-1,31	-0,25	0,49	1,35
12	330	0,24	0,83	1,25	1,74
13	360	2,26	2,26	2,26	2,26

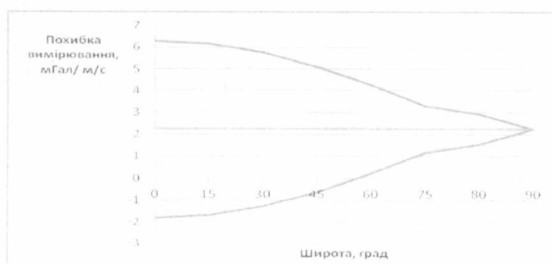


Рис. 1. Графіки залежності чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості від широти місця при постійних значеннях курсу при к, град: — 90; — 180, 360; — 270

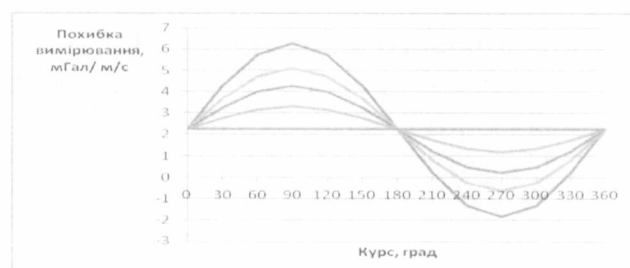


Рис. 2. Графіки залежності чутливості вихідного сигналу АГС до похибок вимірювання швидкості залежно від зміни курсу при широті: — 0°, — 45°, — 60°, — 75°, — 90°

На основі графіків рис. 1, 2 можна зробити висновки [1]:

1) мінімальна чутливість АГС до похибки вимірювання швидкості  $8,05 \frac{\text{мГал}}{\text{м/с}}$  при русі ЛА північним і південним курсом і при широті  $\varphi = 90^\circ$  незалежно від курсу;

2) максимальна чутливість АГС до похибки вимірювання швидкості для східного  $22.6 \frac{\text{мГал}}{\text{м/с}}$  і західного  $6.5 \frac{\text{мГал}}{\text{м/с}}$  курсів на екваторі (широта  $\varphi = 0^\circ$ ).

Меридіональне розташування маршрутів вимірювання ПСТ дає змогу зменшити чутливість АГС до похибок вимірювання швидкості.

Введемо позначення похибок АГС, що викликані похибками вимірювання параметрів руху літака:  $\Delta D_i$  – похибка АГС, що викликана похибками вимірювання, де  $i = v$  (швидкість ЛА),  $k$  (курс ЛА),  $\varphi$  (географічна широта),  $h$  (висота ЛА),  $\dot{h}$  (вертикальна швидкість ЛА).

Отримаємо вираз для похибки  $\Delta D_v$ , що викликана похибками вимірювання швидкості  $\Delta v$  [1]:

$$\Delta D_v = \left( \frac{dD}{dv} \right) \Delta v. \quad (3)$$

На основі аналізу даних табл. 3 та (3) можна зробити висновок, що похибка АГС буде менше 1 мГал якщо допустиме значення максимальної похибки вимірювання швидкості буде не більше [1]:

$$\Delta v = \frac{\Delta D_v}{dD/dv} = 0.05 \text{ м/с}. \quad (4)$$

### Література

1. Безвесільна О. М. Вимірювання прискорень / Безвесільна О. М. – К.: Либідь, 2001.– 261с.
2. Bezvesil'naya E.N. Increasing the precision of measurements of free-fall acceleration / E.N. Bezvesil'naya // International Applied Mechanics. 1995, № 2. – P. 92 – 96.
3. Bezvesil'naya E.N. Investigation of the errors of a mechanical information-measuring system / E.N. Bezvesil'naya // Soviet Applied Mechanics. 1990, № 4, P.70-74.
4. Bezvesil'naya Elena N. Determination of the Stability of a Linear Acceleration Measuring Device. [OB OPREDELENII USTOICHIVOSTI IZMERITEL'YA LINEINYKH USKORENIY.] / Elena N. Bezvesil'naya // Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, 1982, Vol. 26, N.4, P.295-298.
5. Bezvesilna O.M. Stabilization system of aviation gravimeter Bezvesilna O.M. Korobiichuk I., Nowicki M. Springer International Publishing International Journal of Scientific & Engineering Research.- 2015.-Vol.6.-Issue 8.- p.956-958.
6. Безвесільна О. М. Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів: Підручник / О. М. Безвесільна, Г.С. Тимчик – Житомир, ЖДТУ, 2012. – 812 с.