

ПРИЛАДИ, РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 681.2

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.*Національний технічний університет України "КПІ"***Т.О. Курдіна, студ.****Н.В. Лаговська, студ.***Житомирський державний технологічний університет***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА**

Розглянуто конструкцію волоконно-оптичного акселерометра та побудовано вимірювальну схему з його використанням. Проведено цикл експериментальних досліджень, за результатами яких побудовано теоретичну та робочу градувальні характеристики даного акселерометра.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її актуальність. У приладобудуванні, геодезії, геології, геофізиці, інерціальній навігації велике значення мають високоточні вимірювання прискорень. Інерціальна навігація необхідна при переміщенні об'єктів у всіх 5-ти можливих середовищах руху: на суші, у воді, під водою, в повітряному просторі та в космосі. Навігація як процес керованого переміщення об'єкта в задану точку простору зумовлює розв'язок таких задач:

- визначення безпосередніх координат місця знаходження об'єкта;
- визначення вектора його швидкості;
- визначення орієнтації об'єкта в деякій навігаційній системі відліку.
- видача на основі отриманих навігаційних даних командних сигналів на органи керування рухомого об'єкта.

Розв'язок вказаних задач неможливий без вимірювання лінійних і кутових прискорень за допомогою акселерометрів. Одним із перспективних видів акселерометрів є оптичні акселерометри (ОА). ОА мають широке застосування в приладобудуванні, машинобудуванні, аерокосмічній галузі завдяки значним перевагам перед іншими типами акселерометрів. Це – малі габарити, вага, вартість та надзвичайно висока чутливість ОА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Існує багато засобів вимірювання прискорення, такі як струнний гравіметр, механічні гіроскопи та інші, які мають низьку чутливість, точність, великі масо-габаритні показники, значну вартість.

В основу дії акселерометрів може бути покладена велика кількість фізичних явищ, але на сьогоднішній день швидко поширюються досконалі засоби вимірювань і контролю, що мають високу точність і швидкодію, можливість працювати в складних умовах навколишнього середовища, просту конструкцію та низьку вартість.

Успіхи оптоелектроніки, пов'язані з появою високоефективних напівпровідникових джерел випромінювання та фотоприймачів, а також розвиток і вдосконалення технології оптичних волокон (світловодів) для передачі направлених потоків оптичного випромінювання на значні відстані дозволили розробити ряд досконалих конструкцій ОА [1, 2, 4].

Однак у літературі [1–3 та інші] наведено лише розріджені відомості щодо принципу дії ОА. Зовсім не висвітлено питання експериментальних досліджень характеристик ОА.

Метою даної роботи є побудова вимірювальної схеми на основі ОА для вимірювань лінійних прискорень, а також проведення циклу експериментальних досліджень з метою побудови градувальної характеристики ОА.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для проведення експериментальних досліджень ОА була створена експериментальна установка (рис. 1). Градування ОА відбувається при нахиленні його відносно положення рівноваги на деякий кут. Градування приладу відбувається за допомогою поворотної ручки 2 експериментальної установки. При цьому повертається вал 4, кронштейн 6, а також закріплений на кронштейні 7 ОА. ОА живиться напругою 12 В від джерела живлення 11. Кут повороту керується по відліковій шкалі 5. Вихідний сигнал знімається з вольтметра 10. Градування відбувається при нахиленні ОА за і проти годинникової стрілки.

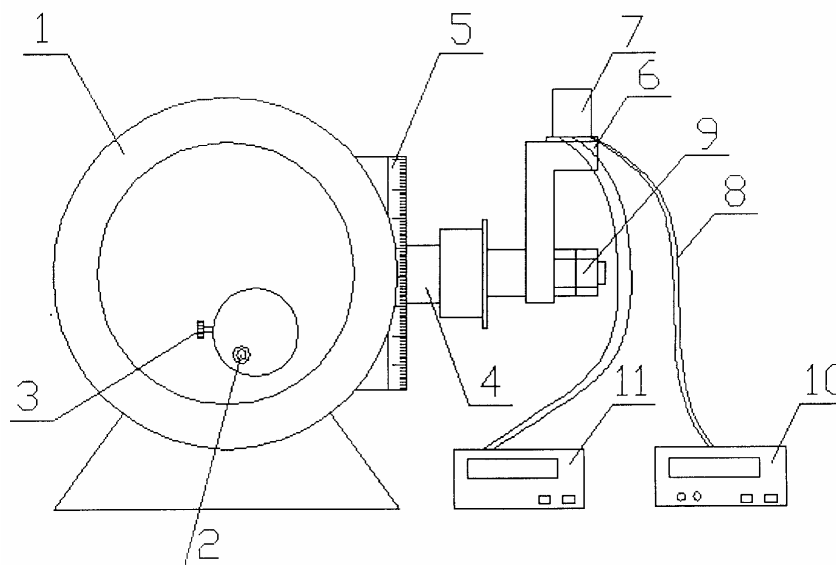


Рис. 1. Експериментальна установка для градування оптичного акселерометра:
 1 – корпус; 2 – поворотна ручка для грубого регулювання кута нахилу; 3 – поворотна
 ручка для точного регулювання кута нахилу; 4 – вал; 5 – відлікова шкала; 6 – кронштейн;
 8 – приєднувальні дроти; 9 – прижимні гайки; 10 – вольтметр; 11 – джерело живлення

Проведено цикл вимірювань, результати яких наведено у табл. 1–3 і на рис. 1–3.

Таблиця 1

Залежність вихідної напруги ОА від кута нахилу експериментальної установки
 для різних напруг збудження

$\varphi, ^\circ$	$U_{збуд} = 3 \text{ В}$	$U_{збуд} = 4 \text{ В}$	$U_{збуд} = 6 \text{ В}$
	$U_{вих}, \text{ В}$	$U_{вих}, \text{ В}$	$U_{вих}, \text{ В}$
0	1,65	1,64	1,63
20	1,69	1,70	1,69
40	1,74	1,76	1,77
60	1,77	1,79	1,83
80	1,79	1,82	1,86
100	1,78	1,81	1,84
120	1,76	1,79	1,80
140	1,73	1,74	1,73
160	1,68	1,69	1,63
180	1,63	1,60	1,50
200	1,57	1,52	1,35
220	1,50	1,42	1,25
240	1,45	1,35	1,13
260	1,43	1,31	1,08
280	1,44	1,32	1,08
300	1,47	1,37	1,16
320	1,51	1,45	1,28
340	1,58	1,54	1,45
360	1,64	1,63	1,63

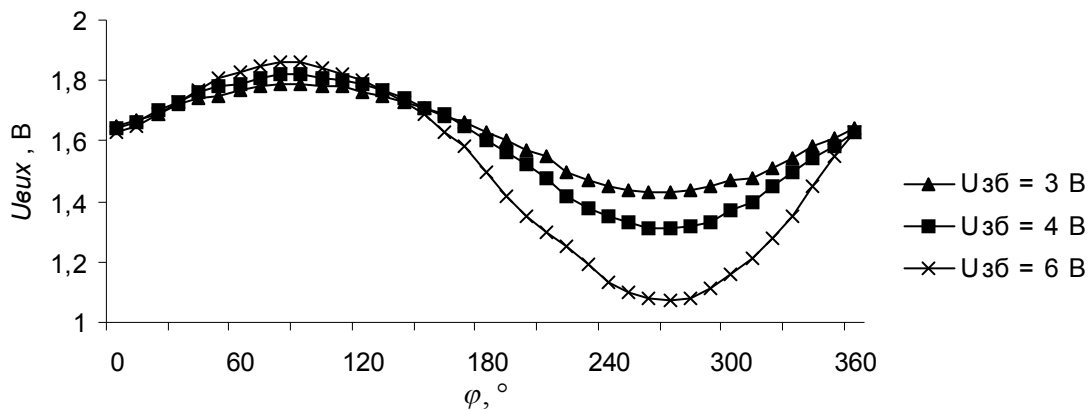


Рис. 2. Залежність вихідної напруги ОА від кута нахилу експериментальної установки для різних напруг збудження

Таблиця 2

Залежність вихідної напруги від кута нахилу для напруги збудження $U_{зб\text{уд}} = 5 \text{ В}$

$\varphi, ^\circ$	$U_{\text{вих}}, \text{ мВ}$	$\varphi, ^\circ$	$U_{\text{вих}}, \text{ мВ}$
0	1890	180	1261
10	1878	200	1300
20	1860	220	1368
40	1810	240	1484
60	1745	270	1654
90	1635	290	1745
110	1515	310	1810
130	1437	330	1860
150	1341	360	1890

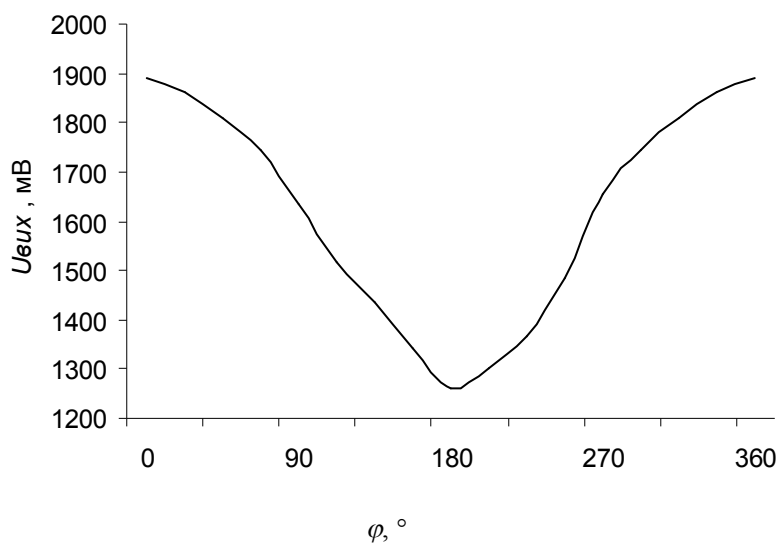


Рис. 3. Залежність вихідної напруги від кута нахилу для напруги збудження $U_{зб\text{уд}} = 5 \text{ В}$

Таблиця 3

Розрахунок градуувальної характеристики акселерометра

Кут α	Показання вольтметра U , мВ								Середнє значення напруги \bar{U} , мВ		Прискорення a , м/с ²
	За год. стрілкою		Проти год. стрілки		За год. стрілкою		Проти год. стрілки		За год. стрілкою	Проти год. стрілки	
	Пр. хід	Зв. хід	Пр. хід	Зв. хід	Пр. хід	Зв. хід	Пр. хід	Зв. хід			
0°	580	555	555	490	578	581	579	500	573	531	0
10°	483	458	640	600	480	480	640	620	470	625	1,7
20°	396	378	720	714	400	400	721	714	390	717	3,35
30°	332	325	795	790	335	333	796	790	330	793	4,9
40°	297	290	875	886	300	300	876	885	297	880	6,3
50°	278	272	923	938	275	280	923	940	277	933	7,51
60°	266	260	982	990	265	267	983	980	268	984	8,49
70°	258	255	1010	1013	255	258	1010	1010	257	1011	9,21
80°	255	254	1030	1029	253	255	1030	1030	254	1030	9,65
90°	252	252	1040	1040	250	250	1041	1040	251	1040	9,8

Далі була проведена обробка отриманих результатів. Середні значення вихідних напруг ОА розраховувалися за формулою (1):

$$\bar{U}_e = \frac{\sum_{i=1}^n (U_{\text{пр. ходу}}(\alpha_i) + U_{\text{зв. ходу}}(\alpha_i))}{2 \cdot n}, \tag{1}$$

де n – кількість циклів виміру.

Відхилення інерційної маси ОА проти годинникової стрілки відносно нейтральної вісі відповідає дії від'ємного прискорення, за годинниковою стрілкою – додатного прискорення. При цьому діюче прискорення розраховується за формулою:

$$a = g \cdot \sin \alpha, \tag{2}$$

де α – кут нахилу акселерометра; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення сили тяжіння.

Експериментальна залежність вихідної напруги від прискорення a , яке розраховано за формулою (2), наведена на рис. 4. На цьому ж графіку побудовано теоретичну залежність вихідної напруги ОА від прискорення в діапазоні зміни прискорення від -20 до 20 м/с².

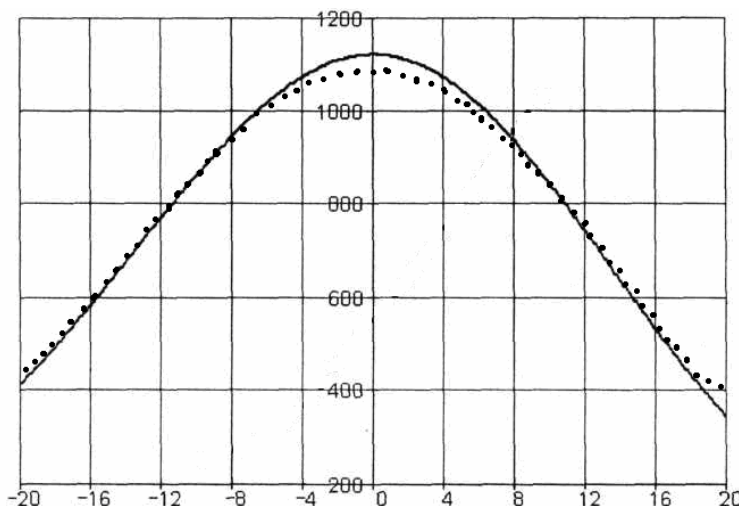


Рис. 4. Графіки теоретичної (суцільна лінія) та експериментальної (переривчаста лінія) залежності вихідної напруги ОА від діючого прискорення

Висновки:

1. ОА, що досліджувався, може бути використаний для вимірювань прискорень в діапазоні (0...20) м/с².
2. На основі ОА побудовано вимірювальну схему, що дозволяє виконувати лабораторні вимірювання прискорень та досліджувати роботу акселерометра.
3. Проведений цикл вимірювань, за результатами яких побудовано робочу та теоретичну градуовальні характеристики ОА.
4. Результати розрахунків градуовальної характеристики ОА перевірено експериментально. Підтверджено відповідність між теоретичною та експериментальною залежностями вихідної напруги ОА від діючого прискорення.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Доцільно провести детальні аналітичні дослідження характеристик ОА, моделювання цих характеристик на ЕОМ та виконати їх порівняння з отриманими в даній статті експериментальними результатами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Агейкин Д.И., Костина Е.Н., Кузнецова Н.Н. Датчики систем автоматического контроля и регулирования. — М.: Машиностроение, 1995. — 310 с.
2. Безвесільна О.М. Вимірювання гравітаційних прискорень: Підручник. — Житомир: ЖДТУ, 2002. — 254 с.
3. Ибрагимов И.Х. Теоритические основы измерения характеристик поля ускорений. — М.: Машиностроение, 1979. — 168 с.
4. Раевский Н.П. Измерение линейных ускорений. — М.: Наука, 1993. — 350 с.

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна — Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- гравіметричні системи;
- інерціальні навігаційні системи та прилади;
- інформаційні системи.

КУРДІНА Тетяна Олексіївна — студентка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання прискорень;
- оптичні акселерометри.

ЛАГОВСЬКА Наталія Вікторівна — студентка Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи вимірювання прискорень;
- п’єзоелектричні акселерометри.

Подано 14.03.2006

Безвесільна О.М., Курдіна Т.О., Лаговська Н.В. Експериментальні дослідження оптичного акселерометра

Безвесильная Е.Н., Курдина Т.А., Лаговская Н.В. Экспериментальные исследования оптического акселерометра

Bezvesilnaya E.N., Kyrдина T.A., Lagovskaya N.V. Experimental researches of optical accelerometer

УДК 681.2

Експериментальні дослідження оптичного акселерометра / О.М. Безвесільна, Т.О. Курдіна, Н.В. Лаговська

В статті розглянуто конструкцію волоконно-оптичного акселерометра та побудовано вимірювальну схему з його використанням. Проведено цикл експериментальних досліджень, за результатами яких побудовано теоретичну та робочу градуювальні характеристики даного акселерометра.

УДК 681.2

Экспериментальные исследования оптического акселерометра / Е.Н. Безвесильная, Т.А. Курдина, Н.В. Лаговская

В статье рассмотрена конструкция волоконно-оптического акселерометра и построена измерительная схема с его использованием. проведен цикл экспериментальных исследований, по результатам которых построены теоретическая и рабочая градуировочные характеристики данного акселерометра.

УДК 681.2

Experimental researches of optical accelerometer / E.N. Bezvesilnaya, T.A. Kyrдина, N.V. Lagovskaya

In a paper the construction of a fibre-optical accelerometer is considered and the measuring scheme from it by use is constructed. The cycle of experimental researches is carried out. By results of these researches theoretical and working calibration characteristic of the given accelerometer are constructed.