

**Херсонський національний технічний університет**  
Факультет інформаційних технологій та дизайну  
Кафедра «Інформатики і комп'ютерних наук»  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Зав.секцією** доц. Новіков В.О.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шклярєнко Олег Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи калібрування акселерометра»  
керівник роботи Новіков Олександр Олександрович, доктор хімічних наук,  
професор

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 28 листопада 2020р.

3. Вихідні дані до роботи параметри маятникового акселерометра, пристрій  
для калібрування, методика калібрування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз загальних методів калібрування акселерометрів та основні джерела  
похибок БІНС під час калібрування.

2. Математична модель вихідного сигналу акселерометра;

3. Методика оцінки похибки акселерометра методом статистичного  
моделювання

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурну схему акселерометру; передавальна функція; вихідні осі  
акселерометру; схема розташування осей чутливості трьохосного  
акселерометра; алгоритм статистичного моделювання похибки; вхідні  
параметри для системи при визначенні похибки; Гістограма похибок

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1 Аналіз об'єкту дослідження	Новіков О.О., проф.		
Розділ 2 Аналіз предмету дослідження	Новіков О.О., проф.		
Розділ 3 Експериментальний аналіз об'єкта дослідження	Новіков О.О., проф.		
Розділ 4 Охорона праці	Кузнецов С.І., доцент		
Нормоконтроль	Новіков В.О., доцент		

7. Дата видачі завдання      вересня 2020

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Робота з літературою. Робота у бібліотеці та обробка електронних джерел інформації	4 тижні	
2	Аналіз загальних методів калібрування акселерометрів	1 тиждень	
3	Математична модель вихідного сигналу акселерометра	4 тижні	
4	Створення алгоритму пошукам похибки	2 тижні	
5	Методика калібрування	3 тижні	
6	Вибір трьох осевого методу	1 тиждень	
7	Описування системи калібрування	3 дні	
8	Написання висновків по роботі	1 тиждень	
9	Написання розділу охорони праці	1 тиждень	
10	Передзахист роботи	28 листопада 2020р.	

Студент \_\_\_\_\_ О.О. Шкляренко  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ О.О.Новіков  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	6
1.1. Загальні відомості про датчики	7
1.2. Класифікація датчиків	11
1.3. Поняття і види засобів вимірювальної техніки	14
1.4. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки	16
1.5. Акселерометр	21
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	34
2.1. Об'єкт дослідження	34
2.2. Розробка схеми акселерометра	34
2.3. Методика калібрування	38
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	39
3.1. Загальна характеристика методів калібрування	39
3.2. Основні джерела похибок БІНС під час калібрування	39
3.3. Математична модель вихідного сигналу акселерометра	40
3.4. Опис вимірювального каналу акселерометра	42
3.5. Методика оцінки похибки акселерометра методом статистичного моделювання	46
3.6. Розробка методу калібрування акселерометра	49
3.6.1. Опис скалярного методу калібрування	49
3.6.2. Методика проведення лабораторних випробувань на трьохосному поворотному столі для стендової калібрування	50
ВИСНОВКИ	59
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
4.1. Заходи щодо охорони праці на робочому місці при проведенні експерименту	60
4.2. Охорона праці при роботі з акселерометром	61

Шклярєнко Олег Олександрович БЗМНТ

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останні досягнення в області механіки, електроніки, інформатики призвели до створення нових типів акселерометрів і відкривають нові області застосування інерційних систем.

Дослідження в напрямку галузі безплатформових систем орієнтації (БСО) спрямовані на вирішення однієї з основних задач – підвищення точності системи за рахунок модернізації чи використанні алгоритмів обробки інформації. Прогрес у мікроелектромеханічних системах дає можливість використовувати мініатюрні інерційні датчики в широкому спектрі приладів споживчого ринку. Характеристики точності недорогих навігаційних приладів, побудованих на базі цих датчиків, незважаючи на високий ступінь автоматизації виробничого процесу, є недостатньо високими. Проблемі моделювання похибок мікромеханічних чутливих елементів, а також ефективній корекції їх з використанням допоміжної надлишкової інформації з неінерційних датчиків та (або) супутникової навігаційної системи присвячено багато досліджень, однак задача підвищення точності навігаційних систем на основі мікромеханічних датчиків не втрачає своєї актуальності. Із-за цього, для використання їх в складі навігаційних систем, необхідно забезпечити засоби ефективної корекції похибок. А також слід пам'ятати, що при об'єднанні даних з різних джерел, постає задача реалізації алгоритму комплексування. Тому для досягнення максимально можливої ефективності таких систем велика увага має бути приділена їх калібруванню, дослідженню похибок різного характеру, впровадженню алгоритмів фільтрації, а також оцінці досяжної точності при використанні чутливих елементів, що входять до складу ІВМ.

Виходячи з цього, такий систематичний підхід до вирішення задачі підвищення точності системи дозволить отримати максимально можливі точні характеристики, на основі яких і складається алгоритм і тому є актуальною науково-дослідницькою роботою.

**Мета** кваліфікаційної роботи магістра полягає в аналізі та розробці системи калібрування, а також в дослідженні стохастичних похибок датчиків.

Для цього вирішували наступні **завдання**.

1. Аналіз загальних методів калібрування акселерометрів та основні джерела похибок БІНС під час калібрування.
2. Математична модель вихідного сигналу акселерометра.
3. Методика оцінки похибки акселерометра методом статистичного моделювання
4. Розробка методу калібрування акселерометра.

**Об'єктом дослідження** є процеси моделювання роботи та калібрування акселерометрів.

**Предметом дослідження** є методи та способи підвищення точності.

**Методи дослідження.** Статистичне моделювання та калібрування інерційних чутливих елементів.

**Наукова новизна** запропонована модель роботи акселерометра.

**Практичне значення отриманих результатів** визначається розробкою системи орієнтації акселерометру, врахуванням отриманих коефіцієнтів при калібруванні.