**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТеМ**

**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО – ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

|  |  |
| --- | --- |
| «На правах рукопису»  УДК 621.008.013.01 | «До захисту допущено»  Завідувач кафедри  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.С. Єременко  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 р. |

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**

**на тему: «Система вимірювання положення об'єкта в просторі»**

Виконав:

студент УI курсу, групи ВВ-61м

Мазуренко Олександр Васильович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Керівник:

доцент, к.т.н., доцент

Павлишин М.М. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент кафедри АЕД, к.т.н., доцент

Самарцев Ю.М. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

Зміст

[ВСТУП 4](#_Toc514587500)

[РОЗДІЛ 1 6](#_Toc514587501)

[ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТАЛЕВИХ КОНСТУКЦЙ 6](#_Toc514587502)

[1.1 Основні положення експлуатації складних металевих конструкцій. 6](#_Toc514587503)

[1.2 Висновки 14](#_Toc514587504)

[РОЗДІЛ 2 16](#_Toc514587505)

[ОГЛЯД І АНАЛІЗ АНАЛОГІЧНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЕЬ, МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ В ПРОСТОРІ 16](#_Toc514587506)

[2.1 Технічні характеристики 16](#_Toc514587507)

[2.2Опис та обгрунтування конструкції елементів системи 18](#_Toc514587508)

[2.3 Огляд аналогів 20](#_Toc514587509)

[2.4 Огляд датчиків 20](#_Toc514587511)

[2.5 Висновки 36](#_Toc514587512)

[РОЗДІЛ 3 37](#_Toc514587513)

[РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ І ЯКІСТЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ 37](#_Toc514587514)

[3.1 Розробка та опис структурної схеми проектованої системи. 37](#_Toc514587515)

[3.2. Попередній розрахунок похибок вимірювання та складання рівняння вимірювання 40](#_Toc514587516)

[3.3 Розробка схеми електричної функціональної системи, алгоритмів функціонування, часових діаграм 46](#_Toc514587517)

[3.4 Розробка часової діаграми та алгоритму роботи схеми. 48](#_Toc514587518)

[3.5 Вибір елементної бази СВП 51](#_Toc514587519)

[3.6 Розрахунок та аналіз похибок 58](#_Toc514587520)

[3.7 Розробка метрологічного забезпечення 62](#_Toc514587521)

[3.8 Висновки 66](#_Toc514587522)

[РОЗДІЛ 4 67](#_Toc514587523)

[СТАРТАП ПРОЕКТ 67](#_Toc514587524)

[4.1 Опис iдеї проекту 67](#_Toc514587525)

[4.2 Технологічний аудит ідеї проекту 70](#_Toc514587526)

[4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту 71](#_Toc514587527)

[4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту 77](#_Toc514587528)

[4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту 79](#_Toc514587529)

[4.6 Висновки 81](#_Toc514587530)

[5.ВИСНОВКИ, СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ, ДОДАТКИ 82](#_Toc514587531)

[5.1 Висновки 82](#_Toc514587532)

[5.2 Список викорнистаних джерел 84](#_Toc514587533)

[5.3 Додатки 86](#_Toc514587534)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 93с., 19 рис., 3 табл., 6 додатків,19 джерел.

Актуальність - Складні технічні об’єкти ,особливо ті, що мають значні геометричні розміри –втрачають кількісні показники надійності в процесі їх експлуатації. Це обумовлено рядом причин:

-Старіння матеріалів з яких виготовлені об’єкти;

-Технологічна «втома» конструкцій, особливо тих які підлягають різноманітним деформаціям;

-Непрогнозованість (збільшення) допустимих зовнішніх навантажень та ін.

Гарантія безпечної експлуатації вимагає наявності інформації про реальний стан об’єкту.

Мета роботи – розробка системи вимірювання положення телевежі за допомогою вимірювання її відхилення тензометричними датчиками.

Об'єкт дослідження – система проектується з орієнтацією на її використання на Київській телевежі (висота 384 метри).

Метод дослідження – метод визначення відхилення за допомогою вимірювання зміни кривизни опорної конструкції тензодатчиками, та визначення напряму відхилення за допомогою анемометрів.

Визначення відхилення телевежі (або інших подібних об’єктів) виконується за допомогою тензометричних датчиків ,які встановлено на кожну опору вежі, в роботі був проведений аналіз датчиків, та вибраний найбільш придатний для подібних цілей. Також був проведений аналіз впливу сил різного напряму та різної величини для того, щоб обрати найвдалішу позицію для встановлення цих датчиків. Анемометри встановлюються на найвищій можливій позицій, для того щоб отримувати дані щодо вітру на висоті на якій сила вітру здійснює найбільший вплив на відхилення.

Наукова новизна – проектована система являє собою один із варіантів рішення проблеми з моніторингу положення складних геометричних об’єктів з досить високою точністю та за відносно невеликі гроші. Обраний метод є набагато простішим за ті, що використовуються зараз.

Практичне значення - Зараз, в основному використовуються геодезичні методи визначення відхилення об’єктів:

* Метод вертикального проектування
* Метод горизонтальних та вертикальних кутів
* Метод високоточного нівелювання
* Метод визначення координат

Недоліками вище перелічених методів є те, що вимірювальні прилади потрібно встановлювати на сусідніх спорудах на висоті близькій до висоти об’єкта, що в нашому випадку в принципі не можливо так як висота київської телевежі становить 384 метри. Саме тому було розроблено нову систему, яка дозволяє визначати відхилення висотних об’єктів без необхідності встановлення додаткових датчиків поруч із об’єктом дослідження.

Публікації – всього було зроблено 2 публікації на різних конференціях:

-Публікація «ІВС МОНІТОРИНГУ ЗМІНИ ПОЛОЖЕННЯ ОБ`ЄКТУ В ПРОСТОРІ» на Міжнародній науковій інтернет-конференції

"Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення"(випуск 28)

- Публікація «Система вимірювання положення телевізійної вежі в просторі» на Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні проблеми сучасної науки"

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження - присутнiй попит та рентабельнiсть роботи на ринку.

СИСТЕМА, ВИМІРЮВАННЯ ,ПОЛОЖЕННЯ, ОБ’ЄКТ, ВІДХИЛЕННЯ, ДЕФОРМАЦІЯ, МОНІТОРИНГ.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация:93с., 19 рис.,3 табл.,6 приложений, 19 источников.

Актуальность - Сложные технические объекты, особенно те, которые имеют значительные геометрические размеры - теряют количественные показатели надежности в процессе их эксплуатации. Это обусловлено рядом причин:

-Старение материалов из которых изготовлены объекты;

Технологическая «усталость» конструкций, особенно тех, которые подлежат разнообразным деформациям;

-Непрогнозированность (увеличение) допустимых внешних нагрузок и др.

 Гарантия безопасной эксплуатации требует наличия информации о реальном состоянии объекта.

Цель работы - разработка системы измерения положения телевышки с помощью измерения ее отклонения тензометрическими датчиками.

Объект исследования - система проектируется с ориентацией на ее использование на Киевской телевышке (высота 384 метра).

Метод исследования - метод определения отклонения с помощью измерения изменения кривизны опорной конструкции тензодатчиками, и определения направления отклонения с помощью анемометров.

Определение отклонения телебашни (или других подобных объектов) выполняется с помощью тензометрических датчиков, установленных на каждую опору башни, в работе был проведен анализ датчиков, и выбран наиболее подходящий для подобных целей. Также был проведен анализ влияния сил разного направления и разной величины для того, чтобы выбрать наиболее подходящую позицию для установки этих датчиков. Анемометры устанавливаются на самой высокой возможной позиций, для того чтобы получать данные относительно ветра на высоте на которой сила ветра осуществляет наибольшее влияние на отклонение.

Научная новизна - проектируемая система представляет собой один из вариантов решения проблемы по мониторингу положения сложных геометрических объектов с достаточно высокой точностью и за относительно небольшие деньги. Выбранный метод намного проще тех, что используются сейчас.

Практическое значение - Сейчас, в основном используются геодезические методы определения отклонения объектов:

- метод вертикального проектирования

- метод горизонтальных и вертикальных углов

- метод высокоточного нивелирования

- метод определения координат

Недостатками вышеперечисленных методов является то, что измерительные приборы следует устанавливать на соседних сооружениях на высоте близкой к высоте объекта в нашем случае это в принципе невозможно так как высота киевской телебашни составляет 384 метра. Именно поэтому была разработана новая система, которая позволяет определять отклонения высотных объектов без необходимости установки дополнительных датчиков рядом с объектом исследования.

Публикации - всего было сделано 2 публикации на разных конференциях:

- Публикация «ИВС МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ объекта в ПРОСТРАНСТВЕ» на Международной научной интернет-конференции "Информационное общество: технологические, экономические и технические аспекты становления" (выпуск 28)

- Публикация «Система измерения положения телевизионной башни в пространстве» на Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы современной науки"СИСТЕМА, ИЗМЕРЕНИЕ, ПОЛОЖЕНИЕ, ОБЪЕКТ, ОТКЛОНЕНИЕ, ДЕФОРМАЦИЯ, МОНИТОРИНГ.

ABSTRACT

Master's dissertation: 93p, 19 figures, 3 tables, 6 applications, 19 sources.

Actuality - Complex technical objects, especially those with significant geometric sizes, lose the quantitative reliability indicators in the process of their operation. This is due to a number of reasons:

-Star material from which the objects are made;

-Technological "fatigue" of structures, especially those subject to various deformations;

-Non-prediction (increase) of permissible external loads, etc.

 The guarantee of safe operation requires information about the actual state of the object.

The purpose of the work is to develop a system for measuring the position of a TV tower by measuring its deviation with strain gauge sensors.

The object of research - the system is designed with an orientation on its use on the Kiev TV tower (height 384 meters).

The method of research is the method of determining the deviation by measuring the change in the curvature of the supporting structure with strain gauges, and determining the direction of deviation with the aid of anemometers.

Determination of the rejection of the TV tower (or other similar objects) is carried out using strain gauges, which are installed on each tower's resistance, sensors were analyzed in the work, and the most suitable for such purposes was chosen. An analysis of the influence of forces of different directions and of different magnitudes was also conducted in order to choose the most successful position for the installation of these sensors. Anemometers are installed at the highest possible positions in order to receive wind data at altitudes where wind power has the greatest impact on deviation.

Scientific novelty - the projected system is one of the solutions to the problem of monitoring the position of complex geometric objects with a fairly high accuracy and relatively little money. The method chosen is much simpler than the one used now.

Practical value - Currently, geodetic methods are used mainly for defining object deviations:

- Vertical design method

- The method of horizontal and vertical angles

- High-precision leveling method

- Coordinate method

The disadvantages of the above methods are that the measuring devices should be installed on adjacent structures at an altitude close to the height of the object, which in our case, in principle, is not possible as the height of the Kiev TV tower is 384 meters. That is why a new system was developed that allows to determine the deviation of high-rise objects without the need to install additional sensors near the object of research.

Publications - 2 publications were made at various conferences

- Publication "IMS MONITORING OF CHANGE OF THE OBJECTS IN SPACE" at the International Scientific Internet Conference "Information Society: Technological, Economic and Technical Aspects of Formation" (Issue 28)

- Publication "System for measuring the position of a television tower in space" at the International Scientific and Practical Conference "Actual problems of modern science"Foreseeable assumptions about the development of the research object are the demand and profitability of the market.

SYSTEM, MEASUREMENT, PROVISIONS, OBJECTS, DECLINE, DEFORMATION, MONITORING.

# ВСТУП

**Мета виконання роботи:** Дана робота була розроблена на основі завдання виданого кафедрою з напрямку «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». В даному проекті розглядається система вимірювання положення об’єкта у просторі. Також будуть розглянуті аналоги, та буде прийняте техніко-економічне обгрунтування обраної системи.

В умовах промислового виробництва від вимірювальної апаратури в основному вимагається висока функціональна надійність при заданій точності , прийнятні економічні показники , а також деякі спеціально характеристики.

Розвиток сучасної елементної бази приводить до різкого підвищення продуктивності сучасних вимірювальних приладів.

**Призначення та область застосування.**

В даній роботі буде розглянута система вимірювання положення (далі за текстом СВП) об’єкта у просторі.

Прилад призначений для використання у промислових чи виробничих цілях. Згідно проекту прилад буде встановлено на телевізійній вишці .

Вбудований мікропроцесор забезпечує автоматизацію процесу вимірювання , автоматичну корекцію похибок вимірювання і наявність ряду сервісних функцій.

Основним завданням вимірювальної системи є : вимірювання значень деформації складних опорних конструкцій, виготовлених з металів. За приклад взято Київську телевежу (висота 384 метри), її структура зображена на плакаті «схема телевежі».

**Актуальність проектованої системи.**

Складні технічні об’єкти ,особливо ті, що мають значні геометричні розміри –втрачають кількісні показники надійності в процесі їх експлуатації. Це обумовлено рядом причин:

-Старіння матеріалів з яких виготовлені об’єкти;

-Технологічна «втома» конструкцій, особливо тих які підлягають різноманітним деформаціям;

-Непрогнозованість (збільшення) допустимих зовнішніх навантажень та ін.

**Практичне значення: .**Проектована ІВС може бути використана як в промислових так і в науково-дослідницьких цілях на різноманітних об’єктах ,таких як : телевежі, вітрогенератори, опорні конструкції. Найважливішим при проектуванні таких систем – є підбір елементної бази, особливо датчиків, адже системи можуть бути встановлені на об’єктах які знаходяться в специфічних ,або складних погодних умовах, що може привести до збоїв у роботі системи або до невірних результатів.

# 5.ВИСНОВКИ, СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ, ДОДАТКИ

## 5.1 Висновки

Результатом проектування інформаційно-вимірювальної системи положення об’єкта в просторі стала п’ятиканальна система вимірювання деформації, швидкості та напряму вітру. Новаторство розробки полягає в унікальності умов вимірювання характеристик.

Перевагами такого рішення поставленого в технічному завданні на магістерські дослідження задачі є оптимальні апаратурні та програмні затрати, які забезпечують допустиму похибку вимірювання та високу мобільність системи.

В інформаційно-вимірювальній системі використовується сучасна високоточна елементна база, що дозволяє при мінімальних економічних затратах вирішити поставлене завдання.

Потреба в таких інформаційно-вимірювальних системах становить більше 100 одиниць на рік.

В процесі розробки проекту було зроблено чотири публікації. Дві основні, присвячені проектованій системі :

1.Конференція: Міжнародна науково-практична конференція

«Актуальні проблеми сучасної науки». Розділ : Технічні науки.

Назва публікації : «Система вимірювання положення телевізійної вежі в просторі»

2. Конференція: «Дні науки 20018»

Назва публікації: «ІВС моніторингу зміни положення об’єкту в просторі»

Такожє було зроблено дві додаткові публікації в яких були описані деякі аналогічні методи вимірювання проведення подібних вимірювань:

1. Конференція: IV міжнародна конференція «інноваційні підходи і сучасна наука»

Назва публікації: «Метод вимірювання відстані за допомогою ультразвуку»

2. Конференція: Міжнародна наукова інтернет-конференція

"Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення"(випуск 28)

Назва публікації: «Система моніторингу зміни положення об’єкту в просторі»

## 5.2 Список викорнистаних джерел

1. ГОСТ 8.442-81

2. ГОСТ 8.395-80

3. Продукція компанії ULAB [електронний ресурс] <http://www.ulab.com.ua/catalog/detail.php?SECTION_ID=&IBLOCK_ID=22&ELEMENT_ID=115>

4. Продукція компанії ULAB [електронний ресурс] - <http://www.ulab.com.ua/catalog/detail.php?SECTION_ID=52&IBLOCK_ID=22&ELEMENT_ID=113>

5. Продукція компанії HACH [електронний ресурс] - <http://www.hach.com/2100n-laboratory-turbidimeter-epa-115-vac/product?id=7640450970>

6. Шило В.Л. «Популярные микросхемы КМОП».

7. Erich K. Springer, measurement guide. – Reno, Nevada, USA 2014, -35p

8. Освітня система <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/course/view.php?id=700>

9. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. Высшая школа. Киев. 1983 г.

10. Усатенко С.Т. , Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник. Издательство стандартов. Москва. 1989 г.

11. Хоровиц П., Хилл У.. Искусство схемотехники. В 3-х томах, -М.:, Мир. 1993.

12. Довідники, каталоги та інтернет-ресурси сучасних мікросхем

13. Бойко В.А,, Клименко Ю.В., Корнейчук В.И. Курсовые и дипломные проекты. Требования к оформлению документации. –К.Корнійчук, 2003,−176с.

14. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні положення, назви та позначення.

15. Методика поверки [електронний ресурс] - <http://metrology.com.ua/>

16. Класифікація методів вимірювання [електронний ресурс ] - <http://metrology.com.ua/metrologiya-nauka/113-sit-i-izmereniya/1056-klassifikatsiya-metodov-izmerenij>

17. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. Высшая школа. Киев. 1986 г – 415с.

18. Електронні компоненти [електронний ресурс] - <http://rcmarket.ua/>

19. Електронні компоненти [електронний ресурс] - https://www.maximintegrated.com/en.html

20. Шпачук В.П. Золотов М.С. Скляров В.О. Технічна механіка. Навчальний посібник 276с.