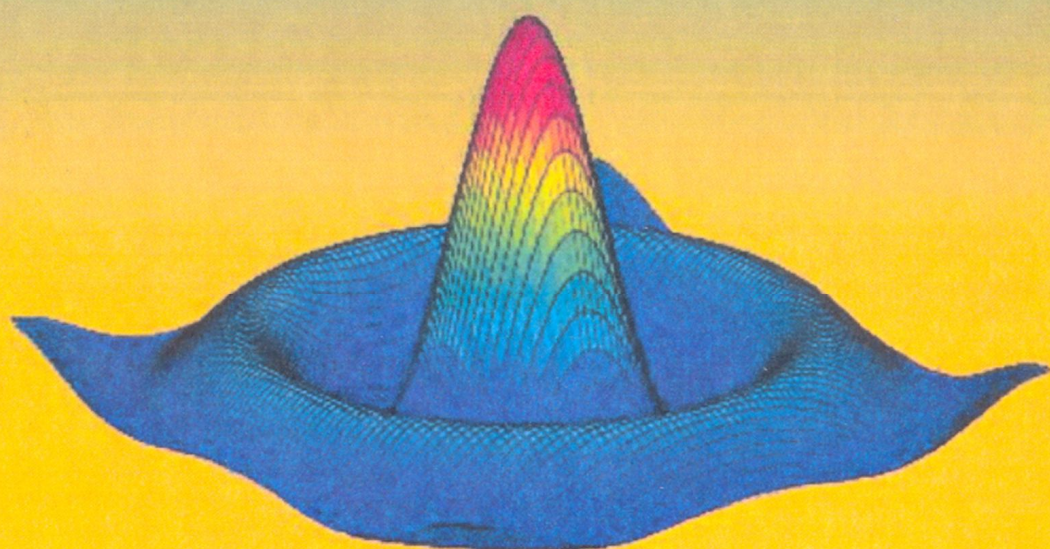
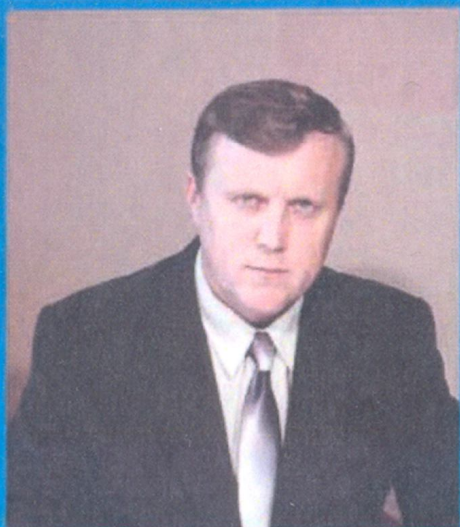


**О.М. Безвесільна
А.Г. Ткачук
Г.С. Тимчик**



**НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
НОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА
АВТОМАТИЗОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ
СИСТЕМИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**





Тимчик Григорій Семенович

декан приладобудівного факультету
НТУУ «КПІ», доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри виробництва
приладів НТУУ «КПІ».

Наукові інтереси: лазерні методи
інформаційно-вимірювальних систем
для контролю технічного стану і параметрів
динамічних систем і об'єктів.

Безвесільна Олена Миколаївна

Заслужений діяч науки і техніки України,
доктор технічних наук, професор кафедри
приладобудування Національного технічного
університету України "Київський політехнічний
інститут"

Наукові інтереси: гравіметричні системи та
гравіметри; прилади та методи вимірювання
механічних величин; комп'ютеризовані
інформаційні системи.



Ткачук Андрій Геннадійович

аспірант кафедри
автоматизованого управління технологічними
процесами та комп'ютерних
технологій Житомирського державного
технологічного університету

Наукові інтереси: гравіметричні системи та
гравіметри; п'єзоелектричні перетворювачі;
системи автоматичного керування.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

О. М. Безвесільна

А. Г. Ткачук

Г. С. Тимчик

**НАУКО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО
П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА
АВТОМАТИЗОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ
ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ
УМОВАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ
МЕРЕЖ**

Монографія

**ЖДТУ
2014**

ББК 26.21:39.5
УДК 528.563:629.7
Б39

*Рекомендовано до друку Вченою Радою
Житомирського державного технологічного університету
(протокол № 4 від 3 лютого 2014 р.)*

Рецензенти:

академік України, д.ф.-м.н. Старостенко В.І.
директор Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України;
д.т.н., проф. Квасніков В.П.
завідувач кафедри інформаційних технологій
Національного авіаційного університету;
д.т.н., проф. Самойлов В.Д.
головний науковий співробітник Інституту проблем моделювання
в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України

Безвесільна О.М.

Б39 Науко-теоретичні дослідження нового п'єзоелектричного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної системи в екстремальних умовах з використанням нейронних мереж: монографія / Безвесільна О.М., Ткачук А.Г., Тимчик Г.С. – Житомир : ЖДТУ, 2014. – 225 с.
ISBN 978-966-683-396-2

У монографії викладено: аналіз сучасного стану у галузі авіаційної гравіметрії; порівняльну характеристику гравіметрів авіаційної гравіметричної системи (АГС); основні фундаментальні теоретичні та практичні дослідження нового п'єзоелектричного гравіметра (ПГ) автоматизованої АГС; результати проведеного моделювання на ЕОМ впливу зовнішніх збурень на роботу ПГ; дослідження роботи ПГ в екстремальних умовах із використанням нейронних мереж; результати експериментальних досліджень ПГ у лабораторних умовах. Монографія містить відповідні програми та алгоритми.

Призначена для магістрантів, аспірантів, докторантів, викладачів вищих навчальних закладів та спеціалістів наукових підрозділів і установ НАН України та інших наукових організацій.

**ББК 26.21:39.5
УДК 528.563:629.7**

ISBN 978-966-683-396-2

© О.М. Безвесільна, 2014
© А.Г. Ткачук, 2014
© Г.С. Тимчик, 2014

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	8
ПЕРЕДМОВА.....	10
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРІЇ. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ПРИНЦИП ДІЇ НОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА	15
1.1. Аналіз літератури та оцінка сучасного стану у галузі авіаційної гравіметрії.....	15
1.2. Методи вимірювання прискорення сили тяжіння	17
1.3. Існуючі типи гравіметрів АГС.....	18
1.3.1. Гравіметри на основі скомпенсованих маятникових елементів.....	18
1.3.2. Струнні гравіметри.....	23
1.3.3. Гіроскопічні гравіметри.....	25
1.4. Сучасні точнісні вимоги до гравіметрів АГС.....	26
1.5. Порівняльна характеристика існуючих гравіметрів АГС.....	27
1.6. П'єзоелектричний гравіметр автоматизованої АГС.....	30
1.7. Принцип роботи п'єзоелектричного гравіметра	32
1.8. Рівняння руху вихідного сигналу АГС із п'єзоелектричним гравіметром у загальному випадку руху основи.....	34
1.9. Висновки до розділу 1.....	36
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА	37
2.1. Огляд наукових праць, присвячених п'єзоперетворювачам..	37

2.2. Математичний опис прямого п'єзоєфекту.....	42
2.3. Механічна та математична моделі п'єзоелектричного гравіметра	44
2.4. Схеми розміщення п'єзоелемента у конструкції п'єзоелектричного гравіметра	47
2.5. Аналіз видів п'єзоматеріалів для чутливого елемента п'єзоелектричного гравіметра.....	52
2.6. Визначення основних параметрів п'єзоелемента п'єзоелектричного гравіметра	55
2.7. Розрахунки основних електричних параметрів п'єзоелектричного гравіметра.....	59
2.8. П'єзопакет як чутливий елемент нового п'єзоелектричного гравіметра автоматизованої АГС	60
2.9. Фільтрація вихідного сигналу п'єзоелектричного гравіметра	61
2.10. Визначення основних характеристик п'єзоелектричного гравіметра	67
2.10. Висновки до розділу 2.....	70

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОХИБОК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА ТА ІНШИХ СКЛАДОВИХ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА	72
3.1. Рівняння руху і блок-схема системи стабілізації АГС.....	72
3.2. Рівняння руху і блок-схема системи навігації АГС.....	75
3.3. Розробка структурної схеми АГС для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння	77
3.4. Структурна схема перетворення сигналу прискорення сили	

тяжіння у п'єзоелементі.....	79
3.5. Аналіз методичних похибок АГС.....	86
3.5.1. Допустима похибка вимірювання швидкості.....	88
3.5.2. Допустима похибка вимірювання широти.....	91
3.5.3. Допустима похибка вимірювання курсу.....	92
3.5.4. Допустима похибка вимірювання висоти.....	93
3.5.5. Допустима похибка визначення вертикальної швидкості.....	93
3.5.6. Допустима похибка стабілізації осі чутливості п'єзоелектричного гравіметра у положення вертикалі.....	94
3.5.7. Допустима похибка визначення шляху.....	95
3.6. Спосіб виставлення осі чутливості п'єзоелектричного гравіметра	96
3.7. Склад і структура похибок п'єзоелектричного гравіметра	98
3.7.1. Інструментальні похибки.....	98
3.7.2. Похибка механічного кріплення п'єзоелектричного гравіметра до основи.....	102
3.7.3. Похибка, викликана шумами різного походження.....	103
3.7.4. Похибка, зумовлена зміщенням нуль-пункту.....	105
3.7.5. Похибка, викликана змінами атмосферного тиску.....	106
3.7.6. Похибки від переносної (відносно приладу) кутової швидкості.....	107
3.8. Функція передачі п'єзоелектричного гравіметра	110
3.9. Дослідження стійкості п'єзоелектричного гравіметра.....	112
3.9.1. Стійкість за критерієм Гурвіца.....	113
3.9.2. Стійкість за критерієм Найквіста.....	114
3.10. Висновки до розділу 3.....	115

РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЗБУРЕНЬ НА РОБОТУ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА..	117
4.1. Перетворення вигляду рівнянь руху п'єзоелектричного гравіметра для моделювання на ЕОМ.....	117
4.2. Розробка програми на ЕОМ для моделювання роботи п'єзоелектричного гравіметра під дією зовнішніх збурень	118
4.2.1. Опис структури та користувацького інтерфейсу розробленого програмного забезпечення.....	119
4.2.2. Алгоритм розв'язання на ЕОМ диференційного рівняння руху п'єзоелектричного гравіметра	121
4.3. Цифрове моделювання та аналіз руху п'єзоелектричного гравіметра під дією зовнішніх збурень.....	122
4.4 Висновки до розділу 4.....	132
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	133
5.1. Використання нейронної мережі у дослідженнях автоматизованої АГС із п'єзогравіметром	133
5.2. Функціональні алгоритми АГС із п'єзогравіметром, побудованої на базі нейронних мереж.....	138
5.3. Чисельні дослідження функціональних алгоритмів АГС із п'єзогравіметром.....	141
5.4. Застосування вейвлет-аналізу до гравітаційного поля Землі.	147
5.5. Висновки до розділу 5.....	148
РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА.....	151
6.1. Опис експериментальної установки для досліджень п'єзоелектричного гравіметра	151
6.1.1. Вібростенд експериментальної установки	153
6.1.2. Досліджуваний п'єзоелектричний гравіметр	155

6.1.3. Операційний підсилювач.....	156
6.1.4. Мікросистема зібрання даних.....	157
6.1.5. Програмне забезпечення.....	170
6.2. Експериментальні дослідження характеристик п'єзоелектричного гравіметра.....	171
6.3. Рівняння руху п'єзоелектричного гравіметра у складі автоматизованої АГС.....	174
6.4. Усереднення даних про аномалії прискорення сили тяжіння.....	175
6.5. Організація авіаційних гравіметричних вимірювань.....	176
6.6. Градувальна характеристика п'єзоелектричного гравіметра.....	178
6.7. Визначення базових параметрів роботи макету.....	181
6.8. Проведення експерименту.....	181
6.9. Визначення метрологічних характеристик п'єзоелектричного гравіметра.....	183
6.10. Висновки до розділу 6.....	184
ВИСНОВКИ	186
ДОДАТКИ	188
Додаток А. Матеріали патенту на винахід “П'єзогравіметр”.....	189
Додаток Б. Заявка на винахід “П'єзоелектричний гравіметр”.....	199
Додаток В. Заявка на винахід “Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння”.....	201
Додаток Д. Текст програми на ЕОМ для моделювання роботи п'єзогравіметра під дією зовнішніх збурень	203
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	212

ПЕРЕДМОВА

Вивчення параметрів гравітаційного поля Землі (прискорення сили тяжіння (ПСТ) g та його аномалій Δg) необхідне у геодезії, геофізиці, геодинаміці, океанології. Інформація про гравітаційне поле Землі використовується в авіаційній і космічній техніці (корекція систем інерціальної навігації ракет, літаків, орбіт космічних літальних апаратів), для дослідження геодинамічних явищ, для реалізації задач інженерної геології, археології, прогнозу землетрусів тощо.

Для визначення характеристик гравітаційного поля Землі можна побудувати авіаційну гравіметричну систему (АГС), чутливим елементом (ЧЕ) якої є гравіметр. За допомогою АГС можна здобути гравіметричну інформацію у важкодоступних районах земної кулі набагато швидше та з меншими витратами, ніж за допомогою морських або сухопутних гравіметричних засобів. Дані про гравітаційне поле Землі, введені в пам'ять бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) АГС, суттєво сприятимуть підвищенню як точності визначення навігаційних параметрів, так і ефективності гравіметричної розвідки.

Підвищення точності і швидкодії визначення навігаційних координат рухомих об'єктів АГС і проведення гравірознавства в окремих слабо вивчених районах, зумовлює необхідність підвищення точності і швидкодії АГС. Це — основне завдання, що постає перед розробниками прецизійних АГС, і, крім того, є важливою науково-технічною проблемою народногосподарського значення.

Точність вимірювань АГС значним чином залежить від точності визначення g гравіметром. Актуальним є використання нового більш точного (1 мГал) п'єзоелектричного гравіметра.

Тому у монографії викладено основні фундаментальні теоретичні положення щодо вимірювань прискорення сили тяжіння g та аномалій

прискорення сили тяжіння Δg за допомогою АГС, основною складовою частиною якої є новий п'єзоелектричний гравіметр (ПГ).

У монографії наведено відомості про практичне застосування інформації від ПГ. Запропоновано нові методи та засоби підвищення точності вимірювань Δg (використання нейронних мереж). Всі основні нові наукові положення монографії підтверджено патентами України на винаходи, висвітлено у наукових статтях авторів.

Монографію призначено для докторантів, аспірантів, магістрантів вищих навчальних закладів приладобудівних спеціальностей, а також для фахівців інститутів Національної академії наук України (НАНУ), науково-дослідних та проектно-конструкторських організацій приладобудівного профілю.

Автори висловлюють велику щиру подяку рецензентам академіку НАНУ д.ф.-м.н. Старостенко В.І. (директору Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАНУ), д.т.н. проф. Кваснікову В.П. (завідувачу кафедри інформаційних технологій Національного авіаційного університету), д.т.н., проф. Самойлову В.Д. (провідному науковому співробітнику Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАНУ) за поради та зауваження, які посприяли підвищенню якості монографії.

Особливу подяку автори висловлюють ректору ЖДТУ д.т.н., проф. Мельничуку П.П. за цінні поради та допомогу.

Автори висловлюють також подяку своїм Вчителям – академікам НАНУ д.ф.-м.н. Старостенко В.І., д.т.н. Згуровському М.З., академіку Академії педагогічних наук України, д.т.н. проф. Таланчуку П.М., д.т.н. проф. Самотокіну Б.Б.

ВСТУП

Вивчення гравітаційного поля Землі – цікава та швидко розвиваюча область геодезії, геофізики та геодинаміки. Успіхи теоретичних розділів геодезії та геофізики, удосконалення методів вивчення гравітаційного поля Землі та обробка вимірювань, нові види гравіметричної апаратури призвели до різкого підвищення точності гравіметричних даних та значно розширили області практичного застосування гравіметрії.

Надважливою проблемою для успішного розвитку таких наукових галузей, як геофізика Землі, гідрологія, океанологія, геодезія, глобальний контроль рівня морів, льодовиків тощо є вимірювання прискорення сили тяжіння (ПСТ) g або його аномалій Δg не в окремих точках, а у значних масштабах земної поверхні з точністю не менше 1 мГал. Одним із шляхів розв'язання цієї проблеми є застосування авіаційних гравіметричних систем (АГС), чутливим елементом яких є гравіметр.

Розвиток гравіметрії складається з таких основних етапів вимірювання: на нерухомій основі, на підводному човні, на надводному судні та на літаку.

Великий внесок у теорію та практику наземних, морських та літакових гравіметричних вимірювань був зроблений цілою низкою вчених, які працювали під керівництвом видатних гравіметристів: В.О. Багрянца, Ю.Д. Буланже, К.Е. Веселова, А.М. Лозинської, А.А. Михайлова, С.А. Піддубного, Є.І. Попова, В.А. Туліна, В.В. Федінського, М.Є. Хейфеца та ін. М.Є. Вітчизняна гравіметрія тісно пов'язана з іменами таких відомих вчених як С.Є. Александров, А.М. Береза, Б.А. Блажнов, Г.Б. Вольфсон, М.П. Грушинський, М.П. Гусєв, С.К. Ісмаходжаєв, А.В. Костров, А.А. Красовський, В.А. Кузіванов, П.І. Лукавченко, Б.М. Малахов, І.А. Маслов, І.І. Науменко-Бондаренко, Л.П. Несенюк, В.Л. Пантелєєв, Л.П. Пеллінен, Л.Г. Поляков, В.А. Романюк, С.С. Ривкин, М.У. Сагітов, А.І. Сорока, Л.В. Сорокін, Л.П. Смірнов, В.Н. Стадніченко, А.В. Тіль та інших. Велику роль у розробці гравіметричних вимірювань відіграли роботи

закордонних вчених – Л.Ла-Коста, Д.Гаррисона, А.Графа, Ю.Томоди, М.Гальвані та інших.

В Україні широковідомі дослідження академіка НАН України Лялько В.І. у Науковому Центрі аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, академіка НАН України Старостенка В.І. в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, академіка НАН України Гожики П.Ф. в Інституті геологічних наук НАН України НАН України, заслуженого діяча науки і техніки України, д.т.н., професора Безвесільної О.М. в НТУУ “КПІ” з різними типами гравіметрів.

Успіхи в авіаційній гравіметрії були б неможливими без досягнень у галузі інерціальних систем навігації (ІНС) та чутливих елементів ІНС, висвітлених у наукових працях школи видатних вчених НТУУ “КПІ”: Павловського М.А., Одинцова А.А., Збруцького О.В., Самокіна Б.Б., Карачуна В.В., Мельник В.М. та інших.

Аналіз сучасної літератури показав, що найбільш відомими сучасними гравіметрами є: струнний “Гравітон-М”, розроблений ДНВП “Аерогеофізика” разом з МДТУ ім. М. Баумана та “ВНДІГеофізика”; кварцовий “Чекан-АМ”, розроблений ВАТ концерн “ЦНДІ “Електроприлад”; магнітні МАГ-1, розроблений в ЗАТ “Гравіметричні технології” та GT-1A, розроблений “Canadian Micro Gravity”. Точність відомих гравіметрів недостатня: (2 – 10) мГал. Швидкодія їх також мала. Вони не автоматизовані. Обробка, фільтрація та згладжування результатів проводяться після льоту літального апарату (ЛА) на Землі протягом місяців часу.

Сучасні авіаційні гравіметричні системи, в яких застосовані пружинні, струнні, кварцові, магнітні гравіметри не можуть забезпечити необхідні швидкодію та точність. Тому, актуальною науково-технічною задачею є підвищення точності та швидкодії вимірювань величини прискорення сили тяжіння шляхом створення нового п’єзоелектричного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної системи.

Сьогодні практично не розглянуто можливості використання нейромережевого підходу у задачах розробки алгоритмів функціонування і комплексування АГС, використання яких призводить до суттєвого підвищення точності визначення Δg . Для високоточних АГС використання нейронних мереж дозволяє якісно покращувати модель стану інструментальних похибок, оскільки дозволяє врахувати нелінійності у перетворенні вимірювань.

Тому є доцільним проведення дослідження варіантів використання нейромереж у задачах апроксимації нелінійних рівнянь визначення навігаційних координат та значення g за допомогою ПГ.

Метою досліджень, описаних у монографії, є підвищення точності та швидкодії вимірювань прискорення сили тяжіння та його аномалій шляхом: використання нового п'єзоелектричного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної системи [патент України на винахід № 99084 від 10.07.2012 р.]; використання нейромережевого підходу у задачах розробки алгоритмів функціонування і комплексування АГС.

Результати досліджень, приведених у монографії, впроваджено у навчальному процесі на кафедрі автоматизованого управління технологічними процесами та комп'ютерних технологій ЖДТУ при проведенні лекційних, лабораторних та практичних занять із навчальної дисципліни "Технологічні вимірювання та прилади", а також □ у дослідження по тематиці ПАТ "Науково-виробничий комплекс "Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського".

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. Юзефович. – М.: Мир, 1999. – 428 с.
4. Безвесільна О. М. Вимірювання прискорень / Безвесільна О. М. – К.: Либідь, 2001. – 261 с.
5. Попов Е. И. Определение силы тяжести на подвижном основании / Е. И. Попов. – М. : Наука, 1987. – 218 с.
6. Веселов К. Е. Гравиметрическая разведка / К. Е. Веселов. – М.: Недра, 1968.– 512 с.
7. Веселов К. Е. Гравиметрическая съемка / К. Е. Веселов. – М.: Недра, 1986.– 311 с.
8. Огородова Л. В. Гравиметрия / Л. В. Огородова. – М. : Недра, 1978. – 325с.
9. Безвесільна О. М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри: монографія / О. М. Безвесільна. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 604 с.
10. Пуцина Л. З. Измерения с гравиметром на самолете в США / Л. З. Пуцина// Геодезия и аэрофотосъемка. – М., – 1962. – № 1. – С. 123–130.
11. Нетлтон Л. Испытание аэрогравиметра / Л. Нетлтон, Л. ЛаКост, Дж. Харрисон // Геодезическая серия. – М., 1961. – Вып. 12. – С. 25–29.
12. Wei M. Flight test results from a strapdown airborne gravity system / M. Wei, K. Schwarz // Journal of Geodesy. – 1998. – Vol. 72. – P. 323–332.
13. Граф А. Гравиметрия. Принципы измерения / А. Граф. – М. : Наука, 1961.– 112 с.

14. Граф А. Гравиметрия. Принципы измерения, конструкция, техника измерения / А. Граф; Пер. П.Ф. Шокина. – М. : Издательство геодезической литературы, 1961. – 111 с.

15. Гравиметр ГИ1/1 [Электронный ресурс] / Раменский приборостроительный завод. – Режим доступа : \www/ URL: "http://www.rpz.ru/products/other_system/gravimetr_gi_11/" – 26.01.2012 г. – Загл. с экрана.

16. Мобильный гравиметр "Чекан-АМ" [Электронный ресурс] / ОАО «КОНЦЕРН «ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР». – Режим доступа : \www/ URL: http://www.elektropribor.spb.ru/ru/rprod6-1.html – 26.01.2012 г. – Загл. с экрана.

17. Гравиметр "ГРИН-2000" [Электронный ресурс] / ГНЦ «Южморгеология». – Режим доступа: \www/ URL: http://www.ymg.ru/w/Гравиметры– 20.07.2013 г. – Загл. с экрана.

18. Аэрогравиметр МАГ-1М [Электронный ресурс] / ЗАО «Гравиметрические технологии». – Режим доступа : \www/ URL: "http://aerogeo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=76%3A2009-10-15-13-37-44&catid=18%3A2009-06-23-04-49-37&Itemid=21&lang=ru" – 26.01.2012 г. – Загл. с экрана.

19. Лозинская А. М. Аэрогравиметрическая аппаратура на базе струнных датчиков / А. М. Лозинская, З. И. Фомина, И. Л. Яшаев // Прикладная геофизика. – М., 1973. – С. 175–186.

20. Лозинская А. М. Измерение силы тяжести на борту самолета / А. М. Лозинская. – М. : ВИЭМС, 1978. – 70 с.

21. Багрянц В. О. Аэрогравиметрические измерения с борта самолета / В. О. Багрянц // Разведочная геофизика. – М., 1986. – Вып. 105. – С. 105–109.

22. Гравитон-М - аэрогравиметрический комплекс. [Электронный ресурс] / "ВНИИГеофизика", ГНПП "Аэрогеофизика", МГТУ имени Н. Баумана. – Режим доступа : \www/ URL: http://geogk.ru/rus/geophis/grav/grav.shtml – 26.01.2012 г. – Загл. с экрана.

23. Одинцов А. А. Динамически настраиваемые гироскопы / А. А. Одинцов. – К.: НМК ВО, 1992. – 68 с.
24. Одинцов А. А. Гироскопический интегратор линейных ускорений / А.А. Одинцов. – К. : НМК ВО, 1986. – 68 с.
25. Пат. 53478 Україна, МПК G 01 V 7/00. Гравіметр / С.О. Нечай, Д. Г. Тулупов, О. М. Безвесільна, К. В. Меншикова, Є. І. Бобруйко. – №а2002064813; заяв. 11.06.2002; опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1.
26. Буланже Ю. Д. Аппаратура и методы экспериментальных исследований по гравиметрии / Ю. Д. Буланже. – М. : Наука, 1965. – 110 с.
27. Сагитов М. У. Гравиинерциальные исследования / М. У. Сагитов. – М. : Наука, 1983. – 260 с.
28. Мудрецова Е. Н. Гравиразведка : справочник геофізика / Е. Н. Мудрецова– М. : Недра, 1990. – 456 с.
29. Маловичко А. К. Основной курс гравиразведки / А. К. Маловичко. – Пермь : Наука, 1981. – 323 с.
30. Gramert W. R. Third generation aerogravity system / W. R. Gramert // International Association of Geodesy Symposium G4, IUGG XXI General Assembly.– Boulder, Colorado, 1995.
31. The LST Airborne Gravity System / J. C. Harrison, J. D. MacQueen, A. C. Rauhut, J. Y. Cruz // International Association of Geodesy Symposium G4, IUGG XXI General Assembly, – Boulder, Colorado, 1995.
32. Wei M. Analysis of GPS-derived acceleration from airborne tests / M. Wei, K. Schwarz // International Association of Geodesy Symposium G4, IUGG XXI General Assembly, – Boulder, Colorado, 1995.
33. Пат. 99084 Україна, МПК G01V 7/06. П'єзогравіметр / Безвесільна О.М., Подчашинський Ю. О., Ткачук А. Г. – №а 2011 13894; заяв. 25.11.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.
34. Заявка на винахід №а2012 11163 Україна, МПК G01V 7/06. Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння / Безвесільна О.М., Ткачук А.Г. – заяв. 26.09.2012.

35. Безвесільна О. М. П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи : монографія / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук. – Житомир: ЖДТУ, 2013. – 240 с.

36. Bezvesilnaya E. N. Gravimeter of aviation gravimetric system / E. N. Bezvesilnaya, A. G. Tkachuk, K. S. Kozko // The advanced science journal (USA). – 2013. – №4. – P. 41–46.

37. Безвесільна О. М. Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2012. – №4 (63). – С. 61–65.

38. Безвесільна О. М. Система стабілізації вимірювальної осі п'єзогравіметра авіаційної гравіметричної системи у положення вертикалі / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2013. – №1. – С. 10 – 12.

39. Безвесільна О. М. Визначення навігаційних параметрів при авіаційних гравіметричних вимірюваннях / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Міжнародна наук.-техн. конференція “Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення” : тези допов.– Севастополь, 2012. – С. 139-140.

40. Безвесільна, О. М. Існуючі типи авіаційних гравіметрів / О.М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // 6 МНТК "Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК-2013)" : тези допов. – Київ, 2013. – С. 87-89.

41. Безвесільна О. М. Автоматизированный гравиметр авиационной гравиметрической системы / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Міжнародна наук.-техн. конференція “Автоматизація: проблеми, ідеї, рішення”: тези допов.– Севастополь, 2013. – С. 20-22.

42. Безвесільна О. М. Автоматизований авіаційний гравіметричний комплекс для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // XX МК з автоматичного управління, присвячена 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О.Г. Івахненка “Автоматика-2013” : тези допов.– Миколаїв, 2013. – С. 267-268.

43. Безвесільна О. М. Характеристика методів вимірювання сили тяжіння / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук, Ю. В. Киричук // XXXVII наук.-практ. міжвуз. конференція, присвячена Дню науки : тези допов. – Житомир, 2012. – С. 54-55.
44. Безвесільна О.М. Динамічно настроювані гіроскопи / О.М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // XIX наук.-практ. конференція „Проблеми створення, розвитку та застосування інформаційних систем спеціального призначення”: тези допов. – Житомир, 2012. – С. 132.
45. Безвесільна О. М. Авіаційний гравіметричний комплекс для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // НПК on-line конференція присвячена Дню науки : тези допов.– Житомир, 2013. – С. 88-89.
46. Безвесильная Е. Н. Современные авиационные гравиметры / Е. Н. Безвесильная, А. Г. Ткачук // IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Aktualne problemy Nowoczesnych nauk – 2013”.– Перемышль (Польша), 2013. – С. 36-38.
47. Безвесильная Е. Н. Авиационный пьезогравиметр / Е. Н. Безвесильная, А. Г. Ткачук // IX Mezinárodní vědecko-praktická konference “Новости научной мысли-2013”.– Прага (Чехия), 2013. – С. 62-64.
48. Агейкин Д. И. Датчики контроля и регулирования / Д. И. Агейкин, Е.И. Кузнецова. – М.: Машиностроение, 1965. – 928с.
49. Осадчий Е. П. Проектирование датчиков для измерения механических величин / Е. П. Осадчий. – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.
50. Гик Л. Д. Измерение ускорений / Л. Д. Гик. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1966. – 240 с.
51. Аш Ж. Датчики измерительных систем / Ж Аш . Книга 2. – М.: Мир, 1992.– 424 с.
52. Шарапов В. М. Пьезоэлектрические датчики / Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. – Москва: Техносфера, 2006. – 632с.

53. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / В. М. Шарапов, И. Г. Минаев, Ж. В. Сотула, К. В. Базило, Л. Г. Куницкая / Под ред. В. М. Шарапова. – Черкассы: Вертикаль, 2010. – 278с.

54. Шарапов В. М. Технологии синтеза пьезокерамических датчиков // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2010. – №3. – С. 90–96.

55. Шарапов В. М. Пьезокерамические преобразователи. Новые технологии проектирования/ В. М. Шарапов, Ж. В. Сотула // Электроника НТБ. – 2012. – №5. – С. 96–102.

56. Пат. 54009 Україна, МПК F02M 51/00. П'єзопривід / Кошовий М. Д., Стрілець О.О. – №u201004629; заяв. 19.04.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20.

57. Датчики: Справочное пособие / [Шарапов В. М., Полищук Е. С., Кошевой Н.Д. и др.]; под ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. – Москва: Техносфера, 2012. – 624 с.

58. Петренко С. Ф. П'єзоелектричний двигун в приладобудуванні: монографія / С. Ф. Петренко. – К.: Корнійчук, 2002. – 96 с.

59. Безвесільна О. М. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин: Підручник / Безвесільна О. М., Тимчик Г. С., Подчашинський Ю. О. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 976 с.

60. Безвесільна О. М. Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів: підручник / О. М. Безвесільна, Г. С. Тимчик. – Житомир: ЖДТУ, 2012. – 812 с.

61. Пидченко С. К. Математичне моделювання сило частотних характеристик кварцових резонаторів / Пидченко С. К., Таранчук А. А., Стецюк В.І. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – №2(50). – С. 27-31.

62. Пидченко С. К. Ідентифікація теплового стану кварцового резонатора на етапі встановлення коливань / С. К. Пидченко, А. А. Таранчук // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2004. – №3(7). – С. 36-42.

63. Рибіцький І. В. Математична модель узгоджуючого шару п'єзоперетворювача та розрахунок втрат енергії акустичних коливань при безконтактному способі вимірювання товщини / І. В. Рибіцький // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – №18. – С. 46-51.

64. Трофимов А. И. Пьезоэлектрические измерительные преобразователи / А. И. Трофимов. – Томск: Издательство Томского Университета, 1983. – 272 с.

65. Янчич В. В. Пьезоэлектрические датчики вибрационного и ударного ускорения: Учеб. Пособие / В. В. Янчич. – Ростов-на-Дону, 2008. – 77 с.

66. Янчич В. В. Пьезоэлектрические виброизмерительные преобразователи (акселерометры): монография / В. В. Янчич. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2010. – 304 с.

67. Митько В. Н. Колебания пьезоэлектрических тел конечных размеров: Учебно-методическое пособие / В. Н. Митько. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2009. – 28 с.

68. Земляков В. Л. Измерительные технологии в пьезоэлектрическом приборостроении: Учеб. пособие. / В. Л. Земляков. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2010. – 114 с.

69. Фрайден Дж. Современные датчики: Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

70. Воловик В. П. Фізика: Для університетів / В. П. Воловик – К.: Перун, 2005. – 864 с.

71. Смажевская Е. Г. Пьезоэлектрическая керамика / Е.Г. Смажевская, Н.Б. Фельдман – М.: Сов. радио, 1971. – 199 с.

72. Таблицы основных свойств пьезокерамических материалов ПКР, изготавливаемые Отделением сегнетопьезоэлектрических материалов, приборов и устройств НИИ физики ЮФУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.piezotech.ru/PKR.htm>. – Название с экрана.

73. Заявка на винахід № а2012 09864 Україна, МПК G01V 7/06. П'єзоелектричний гравіметр / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук. – заяв. 15.08.2012.

74. Ткачук А. Г. П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи / А. Г. Ткачук // Журнал „Технологічний аудит та резерви виробництва”. – 2012. – №6/4(8). – С. 17–18.

75. Безвесільна О. М. Фільтрація вихідного сигналу п'єзогравіметра АГС / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2012. – №3-4. – С. 91-94.

76. Безвесільна О. М. Чутливий елемент п'єзоелектричного гравіметра авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №3-4. – С. 283–289.

77. Безвесільна О. М. Фізичні принципи роботи п'єзоелектричного гравіметра авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2013. – №2. – С. 18–21.

78. Безвесільна О.М. Аналіз видів п'єзоматеріалів для чутливого елемента п'єзоелектричного гравіметра авіаційної гравіметричної системи / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2013. – №3-4. – С. 197–201.

79. Безвесільна О. М. Авіаційний гравіметр із низькочастотним вихідним сигналом / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук // II МНК „Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС -2013)”: тези допов.– Вінниця, 2013. – С. 172-174.

80. Безвесільна О.М. Конструктивні схеми основних типів п'єзоелектричних вимірювальних перетворювачів прискорення / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук // XXXVII наук.-практ. міжвуз. конференція, присвячена Дню науки : тези допов.– Житомир, 2012. – С. 50-51.

81. Безвесільна О.М. Фільтрація вихідного сигналу гравіметра авіаційної гравіметричної системи / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук // VI НПК студентів та

аспірантів „Погляд у майбутнє Приладобудування” : тези допов. – Київ, 2013. – С.97.

82. Bezvesilnaya E. N. Gravimeter Output Filtering / E. N. Bezvesilnaya, A. G. Tkachuk, K. S. Kozko // XV International PhD Workshop OWD 2013 (Poland). – 2013. – №33. – Р. 306–309.

83. Безвесільна О. М. Гравіметри та їх виставка: Монографія / О.М. Безвесільна, А. А. Остапчук, С. С. Ткаченко. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – 307 с.

84. Коваленко І. О. Метрологія та вимірювальна техніка : навч. посібник / І.О. Коваленко, А. М. Коваль. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 652 с.

85. Головки Д. В. Метрологія та основи вимірювань / Д. В. Головки, К. Г. Рого, Ю. О. Скрипник – К.: Либідь, 2001. – 407 с.

86. Земельман М. А. Метрологические основы технических измерений / М. А. Земельман. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 227 с.

87. Самотокін Б. Б. Лекції з теорії автоматичного керування / Б. Б. Самотокін. – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 508 с.

88. Ткачук А. Г. Особливості конструкції п'єзоелектричного гравіметр автоматизованої авіаційної гравіметричної системи / А.Г. Ткачук // Журнал “Технологічний аудит та резерви виробництва”. – 2013. – №6/4(14). – С. 34–36.

89. Безвесільна О. М. Статична похибка п'єзоелектричного акселерометра / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2011. – №2. – С. 150-154.

90. Безвесільна О. М. Способи кріплення п'єзоелектричних акселерометрів на об'єктах дослідження / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук// Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2011. – №4(59). – С. 54-59.

91. Безвесільна О. М. Структурна схема перетворення вхідного сигналу чутливим елементом п'єзоелектричного гравіметра авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Міжнародний науковий журнал “Технологічні комплекси”. – 2013. – №1(7). – С. 43–50.

92. Angle measurement device for posting the sensitivity axis of aviation gravimeter / E. N. Bezvesilnaya, A. A. Ostapchuk, A. G. Tkachuk, L. O. Chepyuk // The advanced science journal (China). – 2013. – №2. – P. 31–37.

93. Безвесільна О. М. П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // НПК on-line конференція присвячена Дню науки : тези допов.– Житомир, 2013. – С. 90-91.

94. Bezvesilnaya E. N. Laser angle measuring instruments / E. N. Bezvesilnaya, A. G. Tkachuk // IX міжнародна научна практична конференція “Найновітє постиження на європейската наука – 2013”. – Софія (Болгарія), 2013. – С. 52-55.

95. Деккер К. Устойчивость методов Рунге-Кутты для жестких нелинейных дифференциальных уравнений / К. Деккер, Я. Вервер. – М. : Мир, 1988. – 334 с.

96. Безвесільна О. М. Використання нейронної мережі у комплексі орієнтації і навігації авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна // Вісник інженерної академії України. – 2012. – № 2. – С. 46–53.

97. Перетворюючі пристрої приладів. Технологічні вимірювання та прилади: підручник / [Безвесільна О. М., Ларін В. Ю., Чичикало Н.І. та ін.]. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 542 с.

98. Нікулішин В. Практика застосування вейвлет аналізу до гравітаційного поля Місяця / В. Нікулішин // Збірник наукових праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». – 2012. – № 2. – С. 65–68.

99. Безвесильная Е. Н. Моделирование влияния изменений температуры на величину передаточного коэффициента пьезоэлектрического гравиметра авиационной гравиметрической системы / Е.Н. Безвесильная, А.Г. Ткачук // Журнал „Електронное моделирование”. – 2013. – Т. 33, №5. – С. 48–53.

100. Bezvesilnaya E. N. System for airborne gravimetry / E. N. Bezvesilnaya, A. G. Tkachuk, K. S. Kozko // European Applied Sciences (Germany). – 2013. – №5(2). – P. 37–40.

101. Безвесільна О. М. Моделювання впливу параметрів збурень на роботу п'єзоелектричного гравіметра / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // 2 МНТК „Сучасні інформаційні системи та технології (AIST-2013) ” : тези допов.– Суми, 2013. – С. 27-28.

102. Безвесільна О. М. П'єзогравіметр авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Перша наук.-практ. конференція студентів, аспірантів та молодих вчених “Сучасні тенденції розвитку приладобудування”: тези допов. – Луганськ, 2012. – С. 59-60.

103. Леонтьев М. К. Виброметрирование авиационных ГТД: Учебное пособие / М. К. Леонтьев. – М.: Изд-во МАИ, 1998. – 20с.

104. Засоби вимірювання екологічних параметрів: підручник/ [Безвесільна О. М., Войницький А. П., Єльнікова Т. О. та ін.].– Житомир: ЖДТУ, 2009. – 508с.

105. Підсилювач INA116 [Електронний ресурс] / „Texas Instruments”. – Режим доступу : <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina116.pdf>. – Назва з екрану.

106. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств, 2-е издание/ Г. И. Волович. – М.: Додэка-XXI, 2007. – 33с.

107. Справочник по схемотехнике усилителей/ Ю.С. Ежков. – М.: ИП, РадиоСофт, 2002. – 272 с.

108. Цифровой реєстратор KD7 [Електронний ресурс] / „LUMEL”. – Режим доступу: <http://www.ukrteh.kiev.ua/page/text/category=registratori>. – Назва з екрану.

109. Цифровой регистратор „Экограф” [Електронний ресурс] / Закрытое акционерное общество „РОСПРИБОР”. – Режим доступа: <http://росприбор.рф/catalog/funcapp/registratori/150-ekograft.html>. – Заглавие с экрана.

110. Модуль DAQPad-6015/6016 [Електронний ресурс] / „National Instruments”. – Режим доступа: <http://www.prz.edu.pl/~mikrosys/Specifications.pdf>. – Заглавие с экрана.

111. Модуль NI USB-6008/6009 [Електронний ресурс] / „National Instruments”. – Режим доступа: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf>. – Заглавие с экрана.

112. Логический модуль LOGO [Електронний ресурс] / „Siemens”. – Режим доступа: <http://iadt.siemens.ru/?id=28>. – Заглавие с экрана.

113. Логический модуль m-DAQ [Електронний ресурс] / „HOLIT Data Systems Ltd”. – Режим доступа: <http://holit.ua/download/common/docs/hds/m-DAQ.pdf>. – Заглавие с экрана.

114. Акселерометр АНС-114-08 [Электронный ресурс] / ПП „Западприбор”. – Режим доступа: <http://zapadpribor.com/ua/ans-114-08>. – Заглавие с экрана.

115. Mohinder S. Grewal Global positioning systems, inertial navigation, and integration /Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews – Hoboken, New Jersey : Wiley-interscience a John Wiley & Sons Inc., 2007. – 525 p.

116. Безвесільна О. М. Експериментальні дослідження п'єзоелектричного акселерометра / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук// Вісник Інженерної академії України. – 2011. – № 1. – С. 233–236.

117. Безвесільна О. М. Принципова схема вимірювально – реєстраційного пристрою вихідного сигналу п'єзогравіметра авіаційної гравіметричної системи / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник Інженерної академії України. – 2012. – №3-4. – С. 255–260.

118. Безвесільна О. М. Діагностика п'єзоелектричного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної системи шляхом побудови його градууювальної характеристики / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Міжнародний науковий журнал „Технологічні комплекси”. – 2013. – №2(8). – С. 144–149.

119. Безвесильная Е. Н. Авиационный гравиметрический комплекс для измерения аномалий ускорения силы тяжести / Е. Н. Безвесильная, А. Г. Ткачук // IX Mezinarodni vedecko-practicka konference „Veda technologie: krok do budoucnosti – 2013”. – Прага (Чехия), 2013. – С. 48-49.

120. Безвесільна О. М. Експериментальні дослідження п'єзоакселерометра на вібростенді / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // VI Міжнародна наук.-техн. конференція „Інформаційно-комп'ютерні технології 2012” : тези допов. – Житомир, 2012. – С. 32-34.

121. Безвесільна О. М. Експериментальні дослідження п'єзоелектричного акселерометра / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // XXXVI наук.-практ. міжвуз. конференція, присвячена Дню науки : тези допов. – Житомир, 2011. – С. 135-136.

122. Безвесільна О. М. Принципова схема дослідної установки для експериментальних досліджень п'єзоелектричного акселерометра / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // XXXVII наук.-практ. міжвуз. конференція, присвячена Дню науки : тези допов. – Житомир, 2012. – С. 52-53.

123. Безвесільна О. М. Використання підсилювачів напруги у вимірювальних ланцюгах п'єзоелектричних перетворювачів / Безвесільна О.М., Ткачук А. Г., Дяченко В. П. // XIX наук.-практ. конференція „Проблеми створення, розвитку та застосування інформаційних систем спеціального призначення”: тези допов. – Житомир, 2012. – С. 131.

Наукове видання

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна

ТКАЧУК Андрій Геннадійович

ТИМЧИК Григорій Семенович

**НАУКО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
НОВОГО П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ГРАВІМЕТРА
АВТОМАТИЗОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ
СИСТЕМИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ
З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Монографія

**Редактор
Комп'ютерний набір та верстка
Макетування**

***Б.Б. Самотокін
А.Г. Ткачук
В.В. Кондратенко***

**Підп. до друку 07.02.2013 р. Формат 60х84 1/16. Папір офс.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 13,08.
Наклад 100 пр. Зам. № 4.**

**Видавець і виготовлювач
Житомирський державний технологічний університет
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005**

**Свідectво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
Серія ЖТ № 08 від 26.03.2004 р.**
