

УДК 003.85

№ держреєстрації 0114U002058

Національна академія наук України
Інститут проблем реєстрації інформації
(ІПРІ НАН України)
03113, м.Київ-113, вул. М.Шпака, 2
тел. (044) 456-83-89, факс (044) 456-7233
e-mail: ipri@ipri.kiev.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора ІПРІ НАН України
член-кор. НАН України

_____ А.А. Крючин

“ ___ ” грудня 2018 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ
РОЗРОБИТИ І ДОСЛІДИТИ МЕТОДИ ЦИФРОВОЇ ЛАЗЕРНОЇ
ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ ДЛЯ ГЕОФІЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ
(«Нановимір»)
(заключний)

Керівник НДР
директор ІПРІ НАН України
академік НАН України

В.В. Петров

Відповідальний виконавець

П. Н. С., К.Т.Н.

О.І. Бріцький

2018

Рукопис закінчено 26 грудня 2018 р.

Результати цієї роботи розглянуто Вченою Радою
ІПРІ НАН України, протокол від 2018.12.26 № ____

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 156 с., 68 рисунків, 6 таблиць, 10 фото, 27 джерел.

Об'єкт дослідження – сейсмометри, нахиломіри і дельта-гравіметри з цифровими лазерними інтерферометрами.

Мета роботи - розробка і дослідження методів цифрової лазерної інтерферометрії для геофізичних вимірювань.

Метод дослідження – аналіз і синтез систем автоматичного управління, математичне і фізичне моделювання.

Головна ідея роботи полягає у вбудовуванні малогабаритних цифрових інтерферометрів на основі напівпровідникових лазерів в такі геофізичні прилади, як вертикальні і горизонтальні сейсмометри. У першому випадку це означає поєднання функцій вертикального сейсмометра і дельта-гравіметра, а у другому – горизонтального сейсмометра і нахиломіра. Таке поєднання забезпечується високоточним вимірюванням відстані від «нерухомого» у певному діапазоні частот маятника до корпусу приладу для сейсмометра і високоточним вимірюванням інфрачастотної прецесії маятника відносно корпусу приладу у випадку дельта-гравіметра чи нахиломіра. Розроблений лазерний цифровий інтерферометр забезпечує вимірювання зміщень з точністю не гірше 1 нм в реальному масштабі часу і може бути виконаним в об'ємі не більше 0,5 дм³.

Результати роботи можуть бути використаними для розробки комбінованих геофізичних приладів нового покоління.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка промислової серії прецизійних вертикальних і горизонтальних сейсмометрів подвійного використання (вертикальний сейсмометр – дельта-гравіметр, горизонтальний сейсмометр-нахиломір)

ПРЕЦИЗІЙНІ ГЕОФІЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НАНОПЕРЕМІЩЕННЯМИ З ЦИФРОВИМИ ЛАЗЕРНИМИ ІНТЕРФЕРОМЕТРАМИ.

Умови одержання звіту: за договором. 03113, Київ, вул. М.Шпака, 2
ІПРІ НАН України.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	9
Вступ	10
1 Дослідження чутливості методів цифрової лазерної інтерферометрії на основі напівпровідникових лазерів до параметрів середовища вимірювань	12
1.1 Необхідність дослідження чутливості методів цифрової лазерної інтерферометрії на основі напівпровідникових лазерів до параметрів середовища вимірювань	12
1.1.1 Експериментальне дослідження довжини когерентності НП лазера HL 6312G	12
1.2 Дослідження впливу температури, тиску та вологості середовища на якість вимірювань (при стабілізації температури лазера та оптичних довжин шляхів променів)	15
1.3 Висновки до розділу 1	16
2 Розробка і дослідження систем прецизійної стабілізації температури елементів інтерферометра.	18
2.1 Визначення критичних елементів геофізичних приладів, які впливають на температурні похибки результатів вимірювань. Розробка температурно-механічної моделі узагальненого геофізичного приладу та її дослідження	18
2.2 Визначення основних шляхів усунення негативного впливу змін температури на результати вимірювань геофізичним приладом та їх дослідження	20
2.3 Температурна стабілізація елементів сейсмометра	30
2.3.1 Розробка систем стабілізації променя лазера .	30

2.3.1.1	Вибір напівпровідникового лазера для інтерферометра Майкельсона.	32
2.3.1.2	Реалізація пристрою регулятора температури для напівпровідникового лазера в інтерферометрі.	34
2.3.1.2.1	Особливості інтегрального контролера температури MAX1978	36
2.3.1.2.2	Функціональна схема автоматичного регулювання температури напівпровідникового лазера в інтерферометрі	38
2.3.1.2.3	Реалізація ПД регулятора	40
2.3.1.2.4	Налаштування ПД регулятора	44
2.3.1.2.5	Перехідна характеристика термоелектричного модуля	45
2.4	Використання сучасних методів теорії управління для покращення температурної стабілізації елементів сейсмометра	47
2.5	Висновки до розділу 2	48
3	Застосування цифрового лазерного інтерферометра для розширення частотного діапазону сейсмометрів у смузі наднизьких частот	50
3.1	Дослідження впливу цифрового лазерного демпфірування на розширення частотного діапазону сейсмометрів у смузі наднизьких частот	50
3.2	Висновки до розділу 3	52
4	Реконструкція коливань земної поверхні, отриманих за межами робочої смуги частотної характеристики сейсмометра	53
4.1	Використання методів цифрової фільтрації для реконструкція коливань земної поверхні, отриманих за межами робочої смуги частотної характеристики сейсмометра	53
4.2	Оцінка чутливості отриманих результатів на вплив зовнішніх факторів	54
4.3	Висновки до розділу 4	55
5	Температурна стабілізація конструктивних елементів сейсмометра	56

5.1 Розробка системи термостабілізації корпусу сейсмометра	56
5.1.1 Реалізація пристрою регулятора температури корпусу геофізичного приладу – сейсмометра	57
5.1.1.1 Функціональна схема автоматичного регулювання температури корпусу геофізичного приладу – сейсмометра	58
5.1.1.2 Структурна схема автоматичного регулювання температури корпусу геофізичного приладу – сейсмометра	59
5.1.1.3 Структурна схема системи термостабілізації корпусу сейсмометра	61
5.1.1.4 Реалізація вузла порівняння	61
5.1.1.5 Реалізація ПД регулятора	62
5.1.1.6 Оцінка якості управління САР температури корпусу сейсмометра	66
5.1.1.7 Реалізація ШІМ регулятора	68
5.1.1.8 Експериментальні результати	74
5.2 Висновки до розділу 5	76
6 Розробка технології використання цифрових лазерних інтерферометрів у дельта-гравіметрах і нахиломірах	77
6.1 Принцип дуальності у використанні геофізичних приладів з цифровими лазерними вимірювальними системами	77
6.2 Обґрунтування можливості використання горизонтального сейсмометра з цифровим лазерним інтерферометром у якості нахиломіра	79
6.3 Проведення експериментальних досліджень. Виділення сейсмічної та гравітаційної складових результатів вимірювань	82
6.4 Експонування основних результатів досліджень на міжнародних виставках та публікація найважливіших результатів	86
6.5 Висновки до розділу 6	88
7 Експериментальні дослідження удосконалених геофізичних	89

приладів та їхнє впровадження в практику геофізичних досліджень	
7.1 Розробка цифрового сигнального процесора обробки сигналів інтерферометра	89
7.1.1 Необхідність використання сучасних мікроконтролерів для обробки даних геофізичних приладів	89
7.2 Особливості апаратної реалізації цифрового сигнального процесора	89
7.3 Програмне забезпечення цифрового сигнального процесора	101
7.4 Використання цифрового сигнального процесора для передачі сейсмічної інформації у всевітню геофізичну мережу	106
7.5 Висновки до розділу 7	109
Висновки	110
Перелік посилань	115
Додатки	119