

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТА ПРИЛАДИ / MEASURING TRANSDUCERS AND INSTRUMENTS

УДК 622.221

doi: <https://doi.org/10.30837/2663-9564.2024.1.05>

РОЗРОБКА НОВИХ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ДІЮЧИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

М.Д. Кошовий, Г.В. Павлик

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна

Анотація

Актуальність. При розробці волоконно-оптичних перетворювачів фізичних величин є актуальними задачі подальшого підвищення їх чутливості, точності, надійності, технологічності, спрощення конструкції, зменшення масогабаритних характеристик, розширення функціональних можливостей. **Мета.** Розробка нових та удосконалення діючих волоконно-оптичних перетворювачів фізичних величин; створення методики їх побудови з оптимальними конструктивними параметрами. **Методи дослідження.** Методи аналізу та синтезу, схемотехніки, планування експериментів. **Результати та висновки.** Запропоновані волоконно-оптичні перетворювачі таких фізичних величин, як тиск, кутові та лінійні переміщення, вібрації, прискорення, температура, вологість, деформація, рівень рідини. Розроблена методика побудови волоконно-оптичних перетворювачів фізичних величин з оптимальними конструктивними параметрами.

Ключові слова: волоконно-оптичні перетворювачі, фізична величина, методика, планування експерименту, оптимізація.

1. Вступ

Волоконно-оптичні перетворювачі знаходять широке застосування в різних галузях науки, техніки та промисловості. Наприклад, волоконно-оптичні гіроскопи застосовуються в навігаційних системах літаків, кораблів, ракет; волоконно-оптичні перетворювачі вимірюють температуру у важкодоступних місцях об'єктів; застосовуються в залізничному моніторингу, вимірюванні в нафтових свердловинах, деформації залізобетонних конструкцій [1].

В першу чергу це обумовлено такими перевагами оптичних волокон: захист від електромагнітних перешкод, температуростійкість, корозійна стійкість, водонепроникливість, довговічність, малі масогабаритні характеристики [2, 3].

Характерно, що волоконно-оптичні датчики розвиваються в напрямку підвищення їх чутливості, точності, надійності, технологічності, спрощення конструкції, зменшення масогабаритних характеристик, розширення функціональних можливостей. Тому вирішення цих задач в процесі розробки волоконно-оптичних перетворювачів є актуальною проблемою. Вона також вирішується в процесі виконання договору про науково-технічне співробітництво із Міністерством освіти і науки України № 0124U002436 «Розробка сучасних вимірювальних перетворювачів фізичних величин».

Мета статті: розробка нових та удосконалення діючих волоконно-оптичних перетворювачів фізичних

величин, направлена на ліквідацію виявлених недоліків; створення методики побудови волоконно-оптичних перетворювачів фізичних величин з оптимальними конструктивними параметрами.

2. Виклад основного матеріалу

Співробітниками Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» та Полтавського аграрного університету запропоновано волоконно-оптичні перетворювачі таких фізичних величин: тиск, кутові та лінійні переміщення, вібрації, прискорення, температура, вологість, температура та вологість, деформація залізобетонних конструкцій, рівень рідини.

При розробці датчиків тиску були вирішені наступні задачі, які направлені на покращення їх характеристик:

- підвищення чутливості та точності вимірювання тиску;
- забезпечення автоматичної компенсації температурної похибки в процесі вимірювання тиску;
- забезпечення достатньої надійності і можливості реалізації контролю і діагностики пристрою в процесі його роботи (вбудований контроль, оцінка працездатності мембрани, забезпечення ремонтпридатності датчика);
- спрощення конструкції датчика та його налагодження, підвищення технологічності і універсальності;

- застосування для випробування мембран;
- ліквідація помилки неоднозначності кодування переміщення;
- розширення функціональних можливостей пристрою.

Розробка датчиків кутових переміщень дозволила вирішити такі задачі:

- підвищення точності та швидкодії вимірювання;
- зменшення неоднозначності зчитування інформації;
- розширення діапазону вимірювання;
- спрощення конструкції пристрою, підвищення його надійності і технологічності, зменшення масогабаритних параметрів;
- підвищення роздільності і технологічності кодового диску;
- спрощення обробки результатів вимірювання;
- розширення функціональних можливостей пристрою.

Розроблено датчик лінійного переміщення з підвищеною надійністю за рахунок введення вбудованого контролю.

В процесі розробки датчиків вібрацій були вирішені наступні задачі:

- зменшення температурної похибки та забезпечення керування джерелом світла;
- спрощення конструкції прототипу і підвищення його надійності.

Покращення характеристик датчиків прискорення досягнуто за рахунок вирішення наступних задач:

- забезпечення видачі інформації у цифровому вигляді;
- спрощення конструкції пристрою, підвищення технологічності його виготовлення та зменшення масогабаритних характеристик.

Нові датчики температури отримані в процесі вирішення таких задач:

- підвищення чутливості та точності вимірювання температури;
- забезпечення достатньої надійності, можливості реалізації контролю і діагностики пристрою в процесі його роботи;
- отримання вихідної інформації у двійковому коді;
- спрощення конструкції пристрою.

Розроблено датчик вологості з урахуванням спрощення конструкції пристрою, підвищення його технологічності, забезпечення видачі інформації в цифровому вигляді.

Датчики температури та вологості розроблені за рахунок вирішення наступних задач:

- запобігання взаємного впливу вимірюваних параметрів на результати вимірювання та підвищення технологічності виготовлення датчика;
- розширення функціональних можливостей прототипу.

Розроблено датчик деформації залізобетонних конструкцій за рахунок розширення функціональних

можливостей прототипу, спрощення конструкції та підвищення технологічності пристрою.

При розробці систем вимірювання рівня рідини вирішені такі задачі:

- спрощення конструкції системи та розширення її функціональних можливостей;
- підвищення надійності системи та її технологічності.

Розроблені волоконно-оптичні датчики та системи для вимірювання перерахованих фізичних величин захищені патентами України на корисну модель (Табл. 1).

Таблиця 1 – Перелік отриманих патентів України на корисну модель

Назва пристрою	Номер патенту України на корисну модель
Датчик тиску	91917; 92188; 98865; 98866; 101771; 102828; 118842; 124927; 119363; 124929; 130046; 136505; 143765; 146402; 147516; 147962; 151594
Датчик кутових переміщень	27040; 33044; 61840; 40489; 114368; 119374; 153841; 129946
Датчик лінійних переміщень	152117
Датчик вібрацій	121093; 143766
Датчик прискорення	153842; 154961
Датчик температури	102834; 155266
Датчик вологості	153837
Датчик вологості та температури	122987; 155988
Датчик деформацій	154907
Система рівня рідини	152268; 155846

Для подальшого удосконалення запропонованих волоконно-оптичних перетворювачів фізичних величин необхідно знайти оптимальні значення їх конструктивних параметрів. Рішення цієї задачі можливо при застосуванні методів теорії планування експериментів. А оскільки досліди з реалізації планів експерименту коштовні і вимагають значного часу, тому доцільно застосувати методи оптимального за вартісними та часовими витратами планування експерименту [4]. В роботі [5] проаналізовані методи, які можна застосувати для вирішення вказаної задачі. В таблиці 2 приведені номери свідоцтв авторського права на твір (комп'ютерна програма), які реалізують основні із цих методів.

Після реалізації оптимального за вартісними та часовими витратами плану експерименту, який синтезований комп'ютерною програмою, будується математична модель волоконно-оптичного перетворювача фізичної величини.

З використанням математичної моделі знаходять оптимальні конструктивні параметри

Таблиця 2 – Перелік свідоцтв авторського права
на твір (комп'ютерна програма)

Рік реєстрації	Номер свідоцтва
2006	18150
2009	29920; 29921; 31824
2011	36589; 36940; 40321; 40322
2012	43182; 45746; 45747
2013	48821; 50203
2014	56962
2015	59743; 59744; 62778
2016	63466; 63747; 68266; 68265
2017	71242; 71243; 74877; 74881; 74882
2018	76026; 76027; 83293; 83294; 83295
2019	89032; 89034; 93241; 93242; 93243; 93244
2021	108343
2023	120297
2024	123438; 123439

References

1. Волоконно-оптичні перетворювачі фізичних величин: монографія/ М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, Г.В. Павлик, О.В. Світличний. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2024. 93с.
2. Чадюк В.О. Оптиелектроніка: від макро до нано. Передавання, перетворення та приймання оптичного випромінювання: навч. посіб. У 2 кн. Кн. 1. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2018. 376 с.
3. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Волоконно-оптичні системи передачі: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2005. 225 с.
4. Оптиміальне планування експерименту при дослідженні технологічних процесів і систем: навч. посіб. з гриф. МОНУ/ М.Д. Кошовий та ін. Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2010. 161 с.
5. Кошовий М.Д., Бурлесв О.Л., Пампуха А.І. Аналіз методів оптиміального планування багатфакторного експерименту за вартісними та часовими витратами. *Зб. наук. пр. військ. ін-ту Київського нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка*. 2022. № 75. С. 94-107.

Надійшла (Received) 24.09.2024
Прийнята до друку (accepted for publication) 19.10.2024

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ/ABOUT THE AUTHORS

Микола Кошовий – д.т.н., професор, професор кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: m.koshovyi@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9465-4467

Mykola Koshovyi – DSc, professor, professor of department intelligent measuring systems and quality engineering of National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; Kharkiv, Ukraine; e-mail: m.koshovyi@khai.edu, ORCID: 0000-0001-9465-4467

Ганна Павлик – к.т.н., доцент кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: h.pavlyk@khai.edu, ORCID: 0009-0000-7045-5981

Hanna Pavlyk – PhD, Associate Professor of department intelligent measuring systems and quality engineering of National Aerospace University named after M.E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; Kharkiv, Ukraine; e-mail: h.pavlyk@khai.edu, ORCID: 0009-0000-7045-5981

Development of new and improvement of operation fiber-optic conversion of physical quantities

M.D. Koshovyi, H.V. Pavlyk

Abstract

Relevance of the work. When developing fiber-optic converters of physical quantities, the tasks of further increasing their sensitivity, accuracy, reliability, manufacturability, simplifying the design, reducing mass-dimensional characteristics, and expanding functional capabilities are relevant. **Goal.** Development of new and improvement of existing fiber-optic converters of physical quantities; creating a method of their construction with optimal design parameters. **Research methods.** Methods of analysis and synthesis, circuitry, planning of experiments. **Results and conclusions.** Proposed fiber-optic converters of such physical quantities as pressure, angular and linear movements, vibrations, acceleration, temperature, humidity, deformation, liquid level. A technique for building fiber-optic converters of physical quantities with optimal design parameters has been developed.

Keywords: fiber optic converters, physical quantity, technique, experiment planning, optimization.