

Галузь, до якої належить корисна модель - тензометрична техніка.

Область застосування - системи контролю валів гребних гвинтів [1].

Рівень техніки. Відомим аналогом є волоконно-оптичний тензодатчик, який складається з оптичного волокна яке містить волоконні ґрати Бреґа (ВГБ) [2].

Недоліки пристрою полягають у такому:

ВГБ, формовані випромінюванням ексимерного лазера з використанням фазових масок, мають обмеження по температурному діапазону, обумовлене високотемпературною деградацією спектра записаних ВГБ;

оптичні волокна, які використовуються для запису ВГБ, значно дорожче у виробництві в порівнянні зі стандартними. Необхідність тривалої витримки оптичного волокна у водні для поліпшення якості формування гетероструктур вимагає від виробника істотного тимчасового резерву на підготовку оптичних волокон. Наявність додаткових витрат і площ для придбання, установки і експлуатацію спеціального технологічного устаткування;

можливість однієї маски формувати певний період ВГБ обмежує можливий діапазон довжини хвиль відбитого сигналу ВГБ тензодатчика. Як наслідок, існує потреба виготовлення значної кількості фазових масок або формування тільки типових сенсорів для експлуатації в обмеженому спектральному діапазоні;

технологічні операції по видаленню/відновленню захисного покриття оптичного волокна не тільки значно ускладнюють процес виробництва ВГБ, але й сполучені з ризиком деструкції волокна. Крім погрози механічного ушкодження, оптичне волокно без захисного покриття руйнується під впливом вологи навколишнього середовища.

Найбільш близьким за технічною сутністю та результатом, що досягається, до корисної моделі, що пропонується, є волоконно-оптичний тензодатчик торцевої схеми, який складається з первинного світловоду, вторинного світловоду, загальної захисної оболонки, жорстких опор для кріплення на об'єкті контролю та втулки, що центрує [3].

Недоліки пристрою полягають у такому:

відкриті торцеві поверхні оптичного каналу піддаються деструктивному впливу дестабілізуючих факторів в процесі експлуатації;

відсутня термокомпенсація коливань температури зовнішнього середовища;

потрібно постійно підтримувати геометрію оптичного каналу через налаштування втулки, яка центрує;

потрібно окремий світловод для підводу випромінювання та окремий для передачі випромінювання до фотоприймача, неідентичність яких негативно впливає та результати вимірювання;

чутливість тензодатчика не повною мірою відповідає вимогам до задач тензометрії валів суднових гребних гвинтів.

Технічною задачею корисної моделі є створення волоконно-оптичного датчика з закритим вимірювальним оптичним каналом, у якому є можливість компенсації коливань температури зовнішнього середовища та збережено надійність, чутливість та простота схемотехнічних рішень тензометрів відомих типів.

Поставлена задача вирішується тим, що у волоконно-оптичному тензодатчику, який складається з первинного світловоду, вторинного світловоду, загальної захисної оболонки та жорстких опор для кріплення на об'єкті контролю, згідно з корисною моделлю, вторинний світловод є коаксіальним відносно первинного світловоду, на одному торці якого міститься віддзеркалюючий шар, а другий торець сполучений з біскляним термокомпенсуючим світловодом.

Технічний результат досягається завдяки тому, що:

вимірювальний оптичний канал є закритим та захищеним від впливу дестабілізуючих експлуатаційних факторів;

присутня можливість компенсації коливань температури зовнішнього середовища;

забезпечена надійність, підвищена чутливість та простота конструкції.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де зображений комбінований світловод, який складається з первинного світловоду 3 та вторинного коаксіального світловоду 4, що вкриті загальною захисною оболонкою 5. Первинний та вторинний коаксіальний світловоди виконані зі штучного сапфірового скла, яке забезпечує більший робочий діапазон датчика при збереженні одномодового режиму [4-6]

Первинний світловод жорстко зафіксований у жорстких опорах 2, які монтуються на валу гребного гвинта 1. Вторинний світловод жорстко зафіксований одним кінцем лише на одній опорі. Між первинним світловодом та волоконно-оптичною лінією зв'язку вбудовано ділянку біскляного термокомпенсуючого світловоду 6. Зміна величини вигину під впливом температури бути ініціювати зміну величини оптичного випромінювання, що залишає біскляний світловод. Також первинний світловод на одному з торців має віддзеркалюючий шар 7.

При виникненні у валі гребного гвинта деформацій зсуву опори також зсуваються одна по

відношенню до іншої. Внаслідок чого у первинному світловоді відбуваються деформації зсуву та вигину за спіральною траєкторією. Процеси, які відбуваються, знаходять своє відбиття у зміні показника заломлення первинного світловоду та процесу тунелювання оптичної потужності з первинного до вторинного світловоду.

Перелік фігур креслення

На кресленні зображений волоконно-оптичний тензодатчик: 1 - вал гребного гвинта; 2 - жорсткі опори; 3 - первинний світловод; 4 - вторинний коаксіальний світловод; 5 - загальна захисна оболонка; 6 - біскляний термокомпенсуючий світловод; 7 - віддзеркалюючий шар.

У статичному режимі (відсутність деформацій зсуву у валі гребного гвинта) у елементах датчику відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь них, яке обумовлене тільки впливом дестабілізуючих неконтрольованих факторів. У цьому режимі, при зміні температури поза значення стандартних умов навколишнього середовища, змінюється геометрія біскляного термокомпенсуючого світловоду, що підтримує рівень потужності оптичної випромінювання. Зафіксовані зміни враховуються в подальшому як відповідні поправки.

У динамічному режимі (на вал гребного гвинта надходить крутний момент від суднового двигуна) у валі відбуваються деформації зсуву. Завдяки цим деформаціям жорсткі опори зсуваються одна по відношенню до другої. У первинному світловоді виникають аналогічні деформації зсуву та деформації розтягання [7]. Внаслідок чого змінюються умови оптичного тунелювання випромінювання у вторинний коаксіальний світловод. Частка випромінювання, яка залишилася у первинному світловоді, відбилася від віддзеркалюючого шару та повернулася до реєстраційного пристрою буде пропорційна куту закручування валу гребного гвинта.

Можливість здійснення корисної моделі. Пристрій є простим у виготовленні та застосуванні, бо для його створення застосовуються освоєні промисловістю компоненти та елементи. Техніко-економічні показники значно вище прототипу, тому що забезпечується більш ефективно перетворення деформації зсуву валу гребного гвинта у зміни інформаційного сигналу.

Джерела інформації:

1. Кардашев, Д. Л., Аболешкін, С. Є. Оцінка величини усталеного кута закручування гребного вала // Суднові енергетичні установки. - 2025. - № 51. - С 4-9. DOI:10.31653/smf51.2025.4-9.

2. Оптические тензодатчики: что нужно знать. URL: <https://anwit.kiev.ua/ru/stati/tekhnicheskies-tati/195-article-how-does-an-optical-strain-gauge-actually-work>.

3. Борисов, В. И., Силутина, Е. М., Шилова, И. В. Волоконно-оптический тензодатчик. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/volokonno-opticheskiy-tenzodatchik>.

4. Сандлер, А. К. Метод підвищення ефективності діагностування технічного стану суднових газотурбінних установок на основі волоконно-оптичних технологій: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Київський університет інфраструктури та технологій. - К., 2021. - 20 с.

5. Snyder, A., Love, D. Theory of optical waveguides. URL: <https://epdf.tips/optical-waveguide-theory.html>.

6. Сандлер, А. К. Чувствительный элемент волоконно-оптического акселерометра на основе сапфирового стекла // IX міжнародна науково-методична конференція "Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика", 05-06 листопада 2019 р.: матеріали конференції. Одеса: НУ"ОМА". - 2019.- С. 27-33. dx.doi.org/10.31653/2706-7874.

7. Ovchinkin. A. V., Sinitca. P. I., Malov. A. N. The stress-deformed state of the optical fiber due to buffer gel freezing. // "Proceedings of the First Asia-Pacific Conference on Fundamental Problems of Opto- and Microelectronics - APCOM'2000". -2000. - pp. 60-67.

