

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ДАТЧИК МЕТАНУ

Можливості існуючих відомих пристроїв мають обмеження по використанню або по компенсації впливу температурних та неконтрольованих експлуатаційних факторів. Запропоновано нове схемотехнічне рішення волоконно-оптичного датчика метану.

У розробленому волоконно-оптичному датчику метану реалізована інваріантність до впливу дестабілізуючих неконтрольованих факторів на вимірювальний канал датчика метану. Одночасно забезпечена можливість залучення приладу до складу систем газового контролю, які використовуються для моніторингу газового складу в різних галузях промисловості та транспорту.

Використання волоконно-оптичного датчик метану дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники метану в навколишнім середовищі.

Ключові слова: датчик метану; волоконний світловод; лазерне випромінювання; газопроникна мембрана; флуктуації температурного поля.

Останнім часом все більш широке поширення набувають системи контролю газового середовища у небезпечних експлуатаційних умовах, побудовані на основі волоконно-оптичних технологій. Ця тенденція обумовлена низкою переваг волоконно-оптичних вимірювальних пристроїв над традиційними – вони мають високу чутливість, стійкі до електромагнітних завад, електрично пасивні, мають малу вагу і габарити, легко мультиплексируються і мають низьку вартість виготовлення чутливих елементів.

У той же час, аналіз існуючих конструкцій пристроїв контролю метану показав, що можливості бі-

льшості використовуваних вимірювальних пристроїв не дозволяють реалізувати ефективний моніторинг газового середовища. Для виявлення причин виниклого дисбалансу в задачах газового контролю розглянуті конструкції найпоширеніших типів датчиків контролю метану [1, 2].

Відомий оптичний датчик метану, який складається з джерела лазерного випромінювання, фотоприймача, дзеркальні мішені, модуля обробки сигналу, процесорного модулю та з рідкокристалічним екраном (рис. 1) [3].

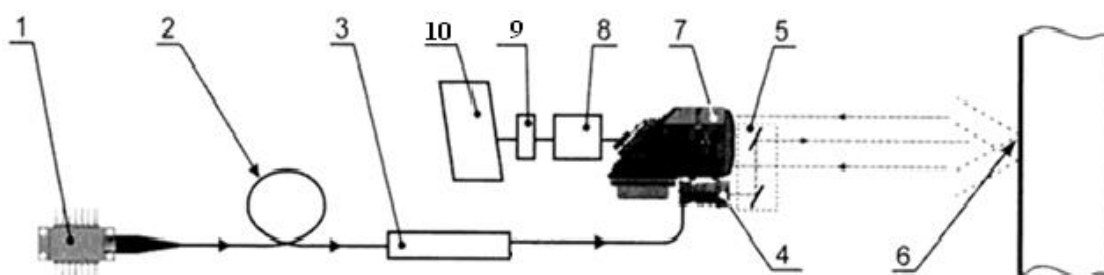


Рис. 1. Датчик метану: 1 – джерело випромінювання; 2 – світловод; 3 – з'єднувач; 4 – об'єктив; 5 – дзеркала; 6 – мішені; 7 – приймальний об'єктив; 8 – фотоприймач; 9 – плата обробки сигналу; 10 – процесорний модуль

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням віддалених дзеркальних мішеней:

- низька точність локалізації місця витоку газу;
- сильна залежність точності вимірювання від стану повітря між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальним мішенями та фотоприймачем;
- необхідність обробки контактної поверхні дзеркальних мішеней з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції;

– необхідність наявності складної системи компенсації порушення геометрії лінії зв'язку між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальним мішенями та фотоприймачем.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики волоконно-оптичний датчик метану, що складається з джерела лазерного випромінювання, світловода, первинного розгалужувача, системи дзеркал, топографічних віддалених дзеркальних мішеней, двох оптичних фотоп-

риймачів, коліматору, багатопрохідної комірки, пробовідбірника з вхідним фільтром, процесорного модулю з рідкокристалічним екраном (рис. 2) [4].

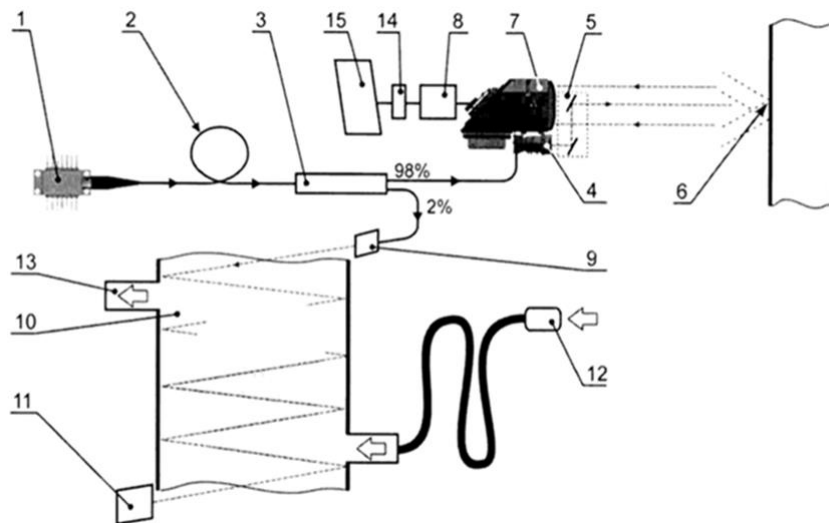


Рис. 2. Датчик метану: 1 – джерело випромінювання; 2 – світловод; 3 – розгалужувач; 4 – об’єктив; 5 – дзеркала; 6 – мішені; 7 – приймальний об’єктив; 8 – фотоприймач; 9 – коліматор; 10 – багатопрохідна комірка; 11 – фотоприймач; 12 – пробовідбірник; 13 – насос; 14 – плата обробки сигналу; 15 – процесорний модуль.

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням віддалених дзеркальних мішеней, пробовідбірника та багатопрохідної комірки:

- низька точність локалізації місця витoku газу;
- сильна залежність точності вимірювання від стану повітря між джерелом лазерного випромінювання, дзеркальними мішенями та фотоприймачем;
- необхідність обробки контактної поверхні дзеркальних мішеней та багатопрохідної комірки з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції;
- необхідність наявності складної системи подачі пробовідбірника до місця максимальної концентрації метану.

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схематичного рішення волоконно-оптичного датчика метану. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

- можливість точної локалізації місця та концентрації витoku метану;

- підвищену захищеність елементів;
- незалежність від стану довколишнього повітря;
- високий рівень чутливості та швидкодія пристроїв відомих типів.

Для розв’язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного датчика метану.

Основним елементом датчика, що пропонується складається є чутливий елемент. Останній являє собою основу з кварцового скла 1 до якої приварено циліндричну оптичну частину 6, газопроникну мембрану 4, віддзеркалюючи шар з сапфірового скла 2, до якого нероз’ємна та коаксіальна до циліндричної оптичної частини, прикріплено основний світловод 3. З неробочого кінця порожнина чутливого елемента закрита заглушкою 5 (рис. 3).

При появі між основним світловодом і оточуючою його циліндричною оптичною частиною газового середовища, у основному світловоді відбувається порушення умов повного внутрішнього відбивання світла, яке виникає як відклик на тунельне перекачування випромінювання у циліндричну оптичну частину.

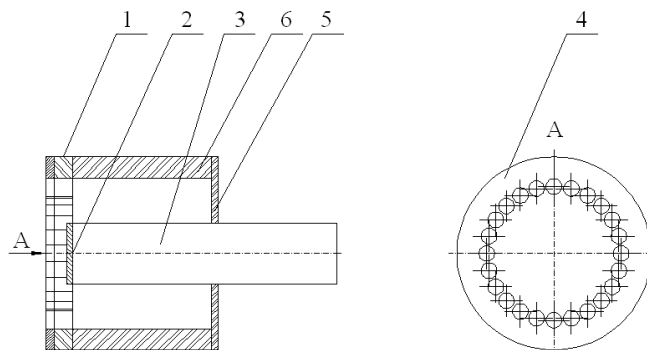


Рис. 3. Чутливий елемент волоконно-оптичного датчика метану: 1 – основа; 2 – віддзеркалюючий шар; 3 – основний світловод; 4 – газопроникна мембрана; 5 – заглушка; 6 – циліндрична оптична частина

Показник переломлення циліндричної оптичної частини підбрано таким чином, щоб забезпечити максимальне перекачування оптичного випромінювання з основного світловода при контакті чутливого елемента з метаном, який надходить у порожнину датчика крізь газопроникну мембрану.

Порушення умов повного відбивання світла у основному світловоді знаходить своє відображення у зміні величини інтенсивності світлового випромінювання, яке відбивається від віддзеркалюючого шару. Випромінювання повертається крізь оптичний фільтр

до демультиплексора, де відбувається розподіл за довжинами хвиль [5, 6].

Для здійснення винаходу застосовано комбінацію основного світловода та циліндрична оптична частина. Основа використовуються для монтажу та взаємної фіксації елементів датчика метану (рис. 4).

У режимі першої калібровки, тобто у відсутності газового середовища відмінного від атмосферного повітря, випромінювання у рефлектометрі генерується випромінювання, яке крізь первинний розгалужувач, надходить до мультиплексора.

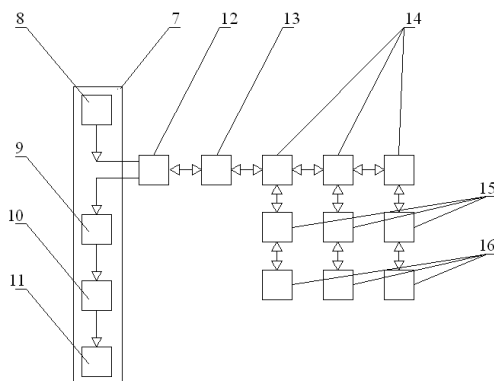


Рис. 4. Схема волоконно-оптичного датчика метану: 7 – рефлектометр; 8 – джерело лазерного випромінювання; 9 – селективний оптичний фільтр; 10 – фотоприймач; 11 – процесорний блок з рідкокристалічним екраном; 12 – первинний розгалужувач; 13 – мультиплексор/демультиплексор; 14 – вторинний розгалужувач; 15 – оптичний фільтр; 16 – чутливий елемент

У мультиплексорі відбувається розподіл випромінювання на набір з довжинами хвиль які незначно відрізняються від основної довжини хвилі. Випромінювання, що надходить від мультиплексора має кількість довжин хвиль, що відповідає кількості чутливих елементів на вимірювальному тракті датчика. Крізь вторинні розгалужувачі та оптичні фільтри випромінювання надходить до кожного чутливого елемента.

У чутливих елементах відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь нього, яке обумовлене тільки впливом затухання у матеріалі світловода. Інтенсивність випромінювання, що повертається до рефлектометра, фіксується процесорним блоком і запам'ятовується як перша поправка.

У режимі другої калібровки відбувається теж самі процеси, але в умовах забруднення контрольованого повітря. Надходження бруду до чутливого елемента фільтрується газопроникною мембраною.

Під зануренні у контрольоване газове середовище чутливого елемента відбувається перекачування оптичного випромінювання з основного світловода у циліндричну оптичну частину тобто відбувається оптичний тунельний ефект. Після цього змінене за інтенсивністю випромінювання відбивається від віддзеркалюючого шару та крізь відповідну гілку розгалужувача надходить до демультиплексора. В рефлектометрі за допомогою селективного фільтра відбувається постійний покроковий контроль інтенсивності випромінювання, що надходить від усіх чутливих елементів.

Інтенсивність зареєстрованої частки світла буде пропорційна величині вимірюваного параметра газового середовища, а величина довжини хвилі, на якій буде зареєстрована максимальна величина інтенсивності світла буде відповідати відстані до місця появи метанової газової сполуки. Подальша обробка випромінювання, що надходить з демультиплексора, дозволить отримати електричний сигнал який буде пропорційний величині концентрації контрольованого газового середовища.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що джерело лазерного випромінювання, фотоприймач, процесорний модуль з рідкокристалічним екраном об'єднані у складі рефлектометра. Також до складу рефлектометра залучено селективний оптичний фільтр. Чутливий елемент датчика знаходиться безпосередньо у зоні контролю, а для передачі та перетворення випромінювання до та від чутливого елемента датчика, застосовується виключно основний світловод, вторинні розгалужувачі та оптичні вторинні фільтри.

Таким чином, в розробленому гідрофоні комбінація оптичних елементів забезпечить:

- більш адекватні локалізацію осередків появи метану та перетворення параметрів газового середовища у зміни інформаційного сигналу;
- компенсацію впливу дестабілізуючих факторів на вимірювальний канал датчика метана;
- можливість створення розгалуженої мережі контролю газового середовища в особливих умовах;

– підвищення якості функціонування за рахунок використання матеріалів з близьким коефіцієнтом теплового поширення та обрання раціональної схеми модуляції опорного випромінювання.

Використання пристрою, що пропонується, дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісні показники газового середовища

ЛІТЕРАТУРА

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем: в 2 книгах. Кн.2. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 424 с.
2. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
3. Патент US 7075653, 2006.
4. Патент 137373 Российская Федерация, МПК 7, G01J3. Дистанционный датчик метана/ Заявители: Бень А. В., Алексеев К. О., Орлов А. Е., Борейшо А. А., Чугреев А. В., Васильев Д. Н., Борейшо А. С. Патентообладатель ООО "Научно-производственное предприятие "Лазерные системы". - № 2013126009.
5. Декларацийний патент України № 78611, МПК (2011) G01M 11/02 (2006.1). Волоконно-оптичний газоаналізатор/ Заявники та володарі патенту: Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М. – Заявл. 18.09.2012. // Опубл. 25.03.2013, бюл. № 6.
6. Декларацийний патент України № 109930, МПК (2016.01), G01L 11/02 (2006.01), H04R 1/44 (2006.01), G01M 11/00, G02B 6/00. Волоконно-оптичний інваріантний гідрофон/ Заявники та володарі патенту: Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М. – Заявл. 04.07.2016. // Опубл. 12.09.2016, бюл. № 17/2016.

Ю.М. Цюпко,
 Национальный университет
 «Одесская морская академия»,
 г. Одесса, Украина

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК МЕТАНА

Возможности существующих известных устройств имеют ограничения по использованию или по компенсации влияния температурных и неконтролируемых эксплуатационных факторов. Предложено новое схмотехническое решение волоконно-оптических датчиков метана.

В разработанном волоконно-оптическом датчике метана реализована инвариантность к воздействию дестабилизирующих неконтролируемых факторов на измерительный канал датчика метана. Одновременно обеспечена возможность привлечения прибора в состав систем газового контроля, используемых для мониторинга газового состава в различных отраслях промышленности и транспорта.

Использование волоконно-оптического датчика метана позволит адекватно и достоверно оценивать количественные показатели метана в окружающей среде.

Ключевые слова: датчик метана; волоконный световод; лазерное излучение; газопроницаемая мембрана; флуктуации температурного поля.

Y. M. Tsupko,
 National University
 «Odessa Maritime Academy»,
 Odessa, Ukraine

FIBER-OPTICAL SENSOR OF METHANE

For the construction of the system of safety in surrounding environment it is necessary to carry out reliable control of methane. Existent controls not in a complete measure after the metrology and technical by descriptions answer the tasks of control of methane in a civil navigation. Possibilities of the existent known devices have limitation on the use or for indemnifications of influence of temperature and out-of-control operating factors.

New circuit technology solution is offered fibro optical sensor of methane.

In worked out fibro optical sensor of methane invariance is realized to influence of destabilizing out-of-control factors on the measuring channel of sensor of methane. The possibility of bringing in of device provided at the same time is in the complement of the gas checking systems that is used for monitoring of gas to composition in different industries of industry and transport.

The use the fibro optical sensor of methane will allow adequately u for certain to estimate quantitative.

Key words: *sensor of methane; fiber light-pipe; laser radiation; gas-penetrating a membrane; fluctuations of the temperature field*

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. П. Мусієнко**;
к. ф.-м. н., доц. **О. В. Дворник**.

© Цюпко Ю. М., 2016

Дата надходження статті до редколегії 29.04.16