УДК 53.082.531

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛЕТАЧИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ ОПТИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ И ПОРОШКАМИ

Вдовкин М.Е. (Университет ИТМО), Быков Е.П. (Университет ИТМО),
Хомутичкикова Л.Л. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Шулепов В.А.
(Университет ИТМО)

Введение. В настоящее время нефтегазовая отрасль играет ключевую роль на территории Российской Федерации. Для обеспечения эффективной и безопасной добычи, переработки, производства и транспортировки газо- и нефтепродуктов крайне важно иметь систему мониторинга утечек углеводородов на каждом этапе. Современные детекторы утечек углеводородов отличаются разнообразием конструкций и принципов действия. Широкое распространение получили тепловизионные детекторы, однако их существенные недостатки — ограниченная дальность обнаружения и отсутствие автономности.

В литературе также описаны приборы, в основе которых лежат волоконные брэгговские решетки (ВБР). Например, в работе [1] приводится устройство, основанное на длиннопериодной волоконной решетке, позволяющее по изменению показателя преломления определять содержание примесей в бензине. Недостаток такого подхода, по сравнению с разрабатываемым устройством, в том, что он способен фиксировать концентрацию углеводородов лишь в том объеме, где уже известно их присутствие. В работе [2] также применяются ВБР: белый бутилкаучук подвергается воздействию углеводородов, под которым расширяется и растягивает решетку. По смещению резонансной длины волны отражения можно определить факт утечки углеводородов. Однако минусом данного решения является довольно медленное расширение бутилкаучука, что увеличивает время регистрации утечки.

Основная часть. Одним из перспективных направлений разработки датчиков утечки углеводородов является использование фотокаталитических оптических волокон и чувствительных порошков в сочетании с ВБР. Настоящее исследование было проведено в рамках разработки такого датчика. Его основным чувствительным элементом также является ВБР, резонансная длина волны отражения которой изменяется при колебаниях температуры. На поверхность ВБР нанесен чувствительный порошок или покрытие, подвергаемое воздействию ультрафиолетового (УФ) излучения. При контакте летучих углеводородов с порошком или покрытием происходит локальное изменение температуры ВБР, что приводит к смещению пика резонансной длины волны отражения решетки. Для эффективной регистрации утечек углеводородов и, соответственно, корректной работы датчика необходимо сравнить температурные различия между опорной и измерительной ВБР с покрытиями, а также между опорной и измерительной ВБР с порошками, и выбрать наиболее подходящий вариант.

Для проведения сравнительного исследования была разработана технология создания фотокаталитических волокон путем нанесения чувствительных покрытий на ВБР. Она включала три этапа: высокотемпературный отжиг для получения термостойкой ВБР, нанесение раствора на отожженную ВБР и повторный отжиг для формирования покрытия на ее поверхности.

При пересчете смещения длины волны брэгговского резонанса в изменение температуры было установлено, что температурное различие между опорной и измерительной ВБР для фотокаталитических волокон составило $0,26 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$, тогда как для опорной и измерительной ВБР с чувствительными порошками различие составило $0,13 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C}$.

Выводы. В рамках данной работы была разработана технология нанесения чувствительных покрытий на ВБР, а также проведено сравнительное исследование эффективности детектирования летучих углеводородов фотокаталитическими оптическими волокнами и чувствительными порошками, которое показало, что эффективность последних превышает эффективность фотокаталитических оптических волокон на два порядка.

Список использованных источников:

1. Falate, R., Kamikawachi, R. C., Müller, M., Kalinowski, H. J., & Fabris, J. L. (2005). Fiber optic sensors for hydrocarbon detection. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 105(2), 430–436. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2004.06.033>
2. Spirin, V. V., Shlyagin, M. G., Miridonov, S. V., Jiménez, F. J. M., & Gutiérrez, R. M. L. (1999). Fiber Bragg grating sensor for petroleum hydrocarbon leak detection. *Optics and Lasers in Engineering*, 32(5), 497–503. [https://doi.org/10.1016/S0143-8166\(00\)00021-X](https://doi.org/10.1016/S0143-8166(00)00021-X)

Автор _____ Вдовкин М.Е.

Научный руководитель _____ Шулепов В.А.