

#### Список использованных источников

1. Frenkel D., Understanding molecular simulation: from algorithms to applications / Frenkel D., Smit B. // Academic Press. - 2018.
2. Allen M.P., Computer simulation of liquids / Allen M.P., Tildesley D.J. // Oxford University Press. - 2017.
3. Kresse G., Ab initio molecular dynamics for liquid metals. / Kresse G., Hafner J. // Physical Review B. – 1993. - vol. 47. - no. 1. - P. 558-561.
4. Подрыга В.О., Молекулярно-динамический расчет макропараметров газа в потоке и на границе [Текст] / Подрыга В.О., Поляков С.В. // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2016. - № 80. - 26 с.
5. Kammara K. K., Development of empirical relationships for surface accommodation coefficients through investigation of nano poiseuille flows using molecular dynamics method / Kammara K. K., Kumar R. // Springer-Verlag. - 2020.
6. Nejad S. M., The Influence of Gas–Wall and Gas–Gas Interactions on the Accommodation Coefficients for Rarefied Gases: A Molecular Dynamics Study / Nejad S. M., Nedea S., Frijns A., Smeulders D. // Micromachines. - 2020.

Научный руководитель: А.Н. Агафонов, к.т.н., доцент, каф. наноинженерии.  
Ганеева Екатерина Алексеевна, студент гр. 6282-030401D, ganeeva170@gmail.com

УДК 681.7.063, 681.7.068, 53.096, 535.31, 535.39

### ОПТОВОЛОКОННЫЙ СЕНСОР ТЕМПЕРАТУРЫ НА БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТКАХ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА

Е.А. Пархоменко, А.М. Герасимов, С.А. Ассельборн, Д.Г. Пихуля,  
Д.С. Исаков, Ю.В. Микляев  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск

**Ключевые слова:** оптическое волокно, волоконная брэгговская решетка, температурный сенсор.

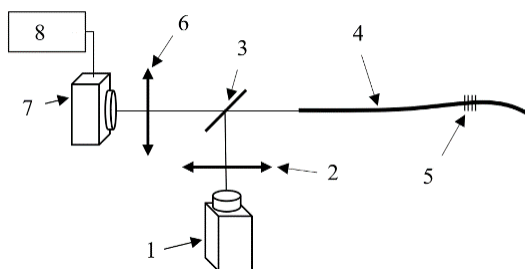
В настоящее время сенсорные системы на волоконных брэгговских решетках (ВБР) охватывают все больше областей измерительной техники [1]. Высокая скорость, компактность, устойчивость к электромагнитным помехам и радиационному фону [2, 3], химическая и механическая стойкость оптических волокон (ОВ) [4] делает их незаменимым элементом измерительных систем различной сложности.

Предлагаемый метод основан на выборе в качестве источника света монохроматического лазерного пучка, для которого при заданном периоде ВБР  $\Lambda$  условие Брэгга ( $k \cdot \lambda_{\text{рез.}} = 2 \cdot \Lambda \cdot n$ ) будет выполняться только под определенным углом к оси ОВ, возбуждая меридиональные и сагиттальные моды. При обратном распространении отраженного излучения на выходе из ОВ будет наблюдаться кольцеобразная спекл-картина, расходимость (или радиус на определенном расстоянии) которой будет зависеть от параметров

смоделированной ВБР показателя преломления и от длины волны исходного излучения. Вид зависимости брэгговской резонансной длины волны от показателя преломления и периода ВБР предполагает, что с помощью ВБР можно измерять температуру и деформацию исследуемых объектов

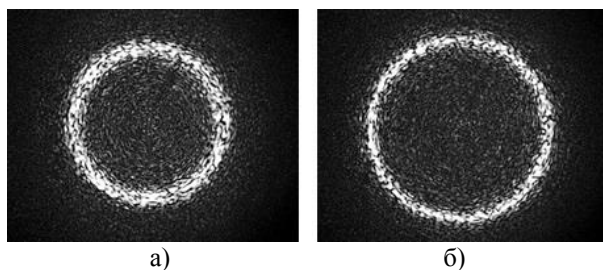
Целью настоящей работы является экспериментальная проверка возможности разработки оптоволоконного сенсора в виде измерительного комплекса с реализацией метода измерения температуры на основе микроструктур в оптическом волокне с использованием широкодоступных оптических компонентов.

Для реализации поставленной задачи была описана математическая модель, а также разработана и смонтирована экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке 1. На экспериментальной установке были получены изображения кольца, сформированного срезом пучка лучей на ПЗС матрице, отраженных от элементов ВБР и представлены на рисунке 2. На данных изображениях видно, что спекл-картина достаточно однородная и кольцо меняет свои геометрические размеры при изменении температуры от 20 до 100°C.



1 – когерентный источник излучения, 2 – система фокусировки источника на торце волокна, 3 – делительное устройство, 4 – оптическое волокно, 5 – ВБР, 6 – система фокусировки изображения спекл-картины, 7 – ПЗС-матрица, 8 – вычислительный процессор

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для анализа кольцевой спекл-картины



а)

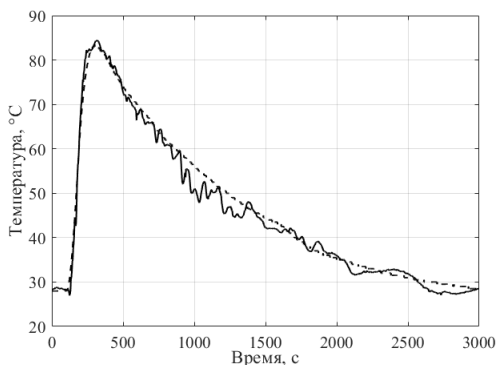
а) 24°C,

б)

б) 100°C

Рисунок 2 – изображение кольца при температурах

Исходя из измерения радиуса кольца на ПЗС-камере, входных параметров оптической схемы и априорных знаний об изменении показателя преломления и КЛТР кварцевого волокна, можно вычислить температуру сенсора. Для сравнения сенсорный элемент с ВБР был размещен на нагревательном элементе совместно с хромель-алюмелевой термопарой, которые были подвергнуты нагреву до 85°C. При быстром нагреве и остывании видно небольшое запаздывание показаний термопары относительно оптического сенсора (рис. 3).



Прерывистая линия - результаты измерений термопары,  
сплошная - волоконного датчика

Рисунок 3 – График зависимости температуры от времени при нагреве и остывании датчика

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. В статью включены результаты, полученные в рамках реализации договора (договор 17136ГУ/2021).

#### Список использованных источников

1. Kahandawa G. C. et al. Use of FBG sensors for SHM in aerospace structures //Photonic Sensors. – 2012. – Т. 2. – С. 203-214.
2. Rana S. et al. Numerical analysis of radiation effects on fiber optic sensors //Sensors. – 2021. – Т. 21. – №. 12. – С. 4111.
3. Zaghoul M. A. S. et al. Radiation resistant fiber Bragg grating in random air-line fibers for sensing applications in nuclear reactor cores //Optics express. – 2018. – Т. 26. – №. 9. – С. 11775-11786.
4. Evano N., El Abdi R., Poulain M. Lifetime modeling of silica optical fiber in static fatigue test //Journal of applied research and technology. – 2016. – Т. 14. – №. 4. – С. 278-285.

Пархоменко Егор Андреевич, студент магистратуры, каф. «Оптоинформатика», yeg.par@gmail.com.

Герасимов Александр Михайлович, к. ф.-м. н., с.н.с., лаборатория сенсорики, доцент, каф. «Оптоинформатика», [gerasimovam@susu.ru](mailto:gerasimovam@susu.ru).  
Ассельборн Сергей Александрович, к. ф.-м. н., с.н.с., лаборатория сенсорики, [aborn@mail.ru](mailto:aborn@mail.ru).

УДК 536.7

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ МАКРОПАРАМЕТРОВ ДИФфуЗИОННОГО ДВИЖЕНИЯ СЛОЖНЫХ МОЛЕКУЛ В МИКРОФЛУИДНЫХ СИСТЕМАХ

Д.Д. Самохин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** микрофлюидные системы, диффузионное движение, сложные молекулы

Микрофлюидные системы находят широкое применение в различных областях, таких как медицина, биотехнология, электроника, аналитическая химия и другие [1]. Одним из ключевых параметров, определяющих эффективность работы таких систем, является диффузионное движение сложных молекул внутри каналов и камер микроустройств [2]. Для моделирования подобных процессов можно использовать как методы, описывающие поведение отдельных частиц, например метод молекулярной динамики, так и методы, использующие приближение сплошной среды. Недостатками методов, базирующихся на приближении сплошной среды, является необходимость введения в рассмотрение интегральных коэффициентов, описывающих свойства среды, например коэффициента вязкости и коэффициента диффузии, значения которых определяются экспериментально и не всегда могут быть получены с достаточной точностью [2]. Использование методов, описывающих поведение отдельных частиц не требует введения дополнительных коэффициентов, описывающих систему на макроуровне, однако их использование существенно ограничено высокими требованиями к вычислительным ресурсам, что делает невозможным описание сравнительно больших систем, например микрофлюидных систем в целом.

В данной работе предлагается использовать молекулярно-динамическое моделирование [3-4] поведения сложных молекул в потоке флюида для вычисления значения интегральных коэффициентов, описывающих систему на макроуровне, таких, как коэффициент диффузии и коэффициент динамической вязкости. Предварительный расчет таких параметров необходим для более точного моделирования процессов в