

ТЕРМОКОМПЕНСАЦИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЕФОРМАЦИИ ВОД Д-01

А. Б. Волынцев, А. В. Сосунов, А. П. Гуляев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

Применение волоконно-оптических датчиков (ВОД) на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР) является перспективным. ВОД обладают рядом преимуществ: безопасны для окружающей среды, невосприимчивы к магнитным и электрическим полям, электро-, взрыво-, пожаробезопасны и т. д. ВОД применяются для измерения различных физических величин, таких как давление, температура, деформация и др. [1].

Чувствительным элементом ВОД является волоконная брэгговская решетка. Рассмотрим, что собой представляет ВБР. Волоконная брэгговская решетка – распределенный брэгговский отражатель (разновидность дифракционной решетки), сформированный в сердцевине оптического волокна [2]. Другими словами это периодическая структура с показателем преломления несколько больше, чем показатель преломления оптического волокна, в котором данная периодическая структура записана. В основе волоконных брэгговских решетках лежит явление дифракции, возникающей, если у материала сердцевины оптического волокна периодически изменяется показатель преломления. Период структуры и резонансная длина волны изменяется при механическом или температурном сжатии или растяжении. Изменение температуры приводит к изменению показателя преломления вещества и также сдвигает резонансную длину волны [2].

ВОД деформации, производства ОАО «Пермская научно-производственная компания» на основе ВБР (рис. 1) обладает одним существенным недостатком. Недостаток заключается в том, что ВОД деформации Д-01 также реагирует и на изменение температуры окружающей среды.



Рис. 1. *Общий вид ВОД Д-01*

Целью данной работы является получение уравнения для термокомпенсации ВОД деформации Д-01 и экспериментальная проверка данного уравнения.

На рис. 2 представлено схематическое изображение ВОД деформации Д-01.

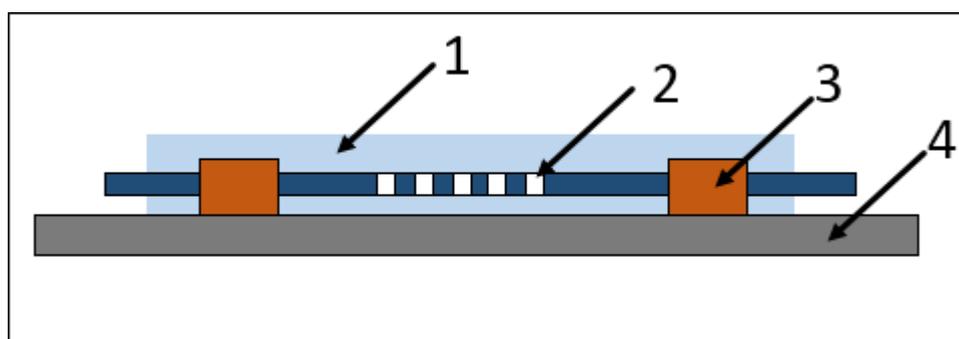


Рис. 2. Схема ВОД Д-01, где 1 – силиконовая крышка, 2 – ВБР, 3 – клеевое соединение, 4 – металлическая подложка

При изменении температуры окружающей среды необходимо учитывать следующие параметры ВОД Д-01: температурное расширение металлической подложки, температурное расширение клеевого соединения, температурное расширение ВБР. Исходя из вышесказанного, получаем уравнение для термокомпенсации ВОД деформации Д-01:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{изм}} - x\Delta T - \alpha\Delta T, \quad (1)$$

где ε – истинная деформация, $\varepsilon_{\text{изм}}$ – измеренная деформация, x – температурный коэффициент ВБР, α – коэффициент линейного теплового расширения металлической подложки, ΔT – изменение температуры. Температурным расширением клеевого соединения пренебрегаем, считая его много меньше температурного расширения подложки и ВБР.

Для нахождения температурного коэффициента ВБР был проведен следующий эксперимент. На стальную пластину толщиной 10 мм приваривались три ВОД Д-01 в трех различных направлениях. Далее проводились температурные испытания в диапазоне от -30 до $+70$ °С. При изменении температуры окружающей среды, ВОД Д-01 реагировал как на изменение деформации, которая была равна нулю. Следовательно, уравнение (1) принимает следующий вид:

$$0 = \varepsilon_{\text{изм}} - x\Delta T - \alpha\Delta T, \quad (2)$$

Из уравнения (2) находим температурный коэффициент ВБР (коэффициент линейного теплового расширения для стали 20Х13 $\alpha=11,1 \cdot 10^{-6}$ 1/°С [3], за начальную температуру принято 20°С)

$$x = 5,6 \pm 0,5 \text{ 1/}^\circ\text{C}.$$

Для того чтобы на практике проверить полученное уравнение для термокомпенсации ВОД Д-01 провели еще один эксперимент. На балку равного сопротивления приваривалось несколько датчиков деформации Д-01, после чего они проходили температурные испытания в том же диапазоне

температур с нагрузкой на балку в 10 и 15 кг. После температурных испытаний с помощью уравнения (1) была проведена термокомпенсация ВОД Д-01. Результаты испытаний показаны на рис. 3 и представлены в таблице 1.

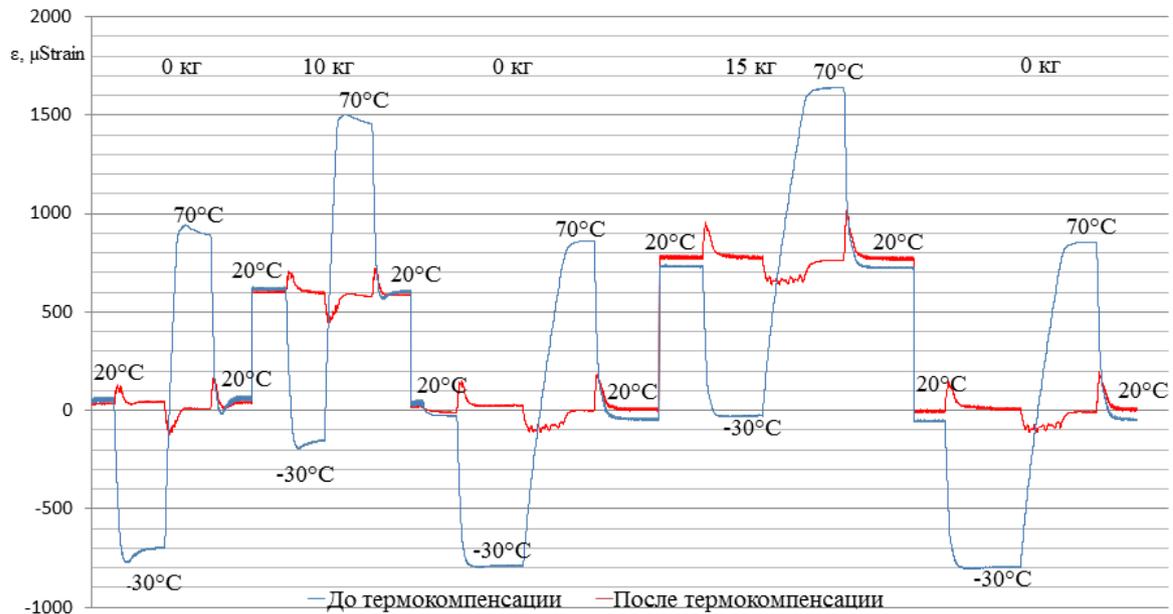


Рис. 3. График зависимости величины деформации от температуры и нагрузки

Из рис. 3 видно, что уравнение (1) хорошо работает при плавном изменении температуры.

Таблица 1. Величина деформации до и после термокомпенсации

m, кг \ T, °C	$\epsilon_{\text{ИЗМ}}, \mu\text{Strain}$			$\epsilon, \mu\text{Strain}$		
	0	10	15	0	10	15
-30	-767	-152	-25	15	597	771
20	43	605	730	5	604	765
70	866	1470	1650	9	583	763

В ходе проведения данной работы было получено уравнение термокомпенсации ВОД деформации Д-01 производства ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», а также проведены эксперименты для проверки применимости данного уравнения. Экспериментальные результаты показывают, что полученное уравнение хорошо подходит для термокомпенсации ВОД деформации Д-01 при плавном изменении температуры.

Список литературы

1. Бусурин В. И., Носов Ю. Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. М. Энергоатомиздат. 1990. С. 3.
2. Васильев С. А., Медведков О. И., Королев И. Г. и др. Волоконные решетки показателя преломления и их применения. Квант. Электроника. 2005. С. 1085–1103.
3. Зубченко А. С., Колосков М. М., Каширский Ю. В. и др. Марочник сталей и сплавов. Машиностроение. 2003. С. 585–784.