

Оптоэлектронная измерительно-информационная система для обнаружения усилий плотин

Б.Н. Рахимов

Ташкентской университет информационной технологий, Республика Узбекистан

Аннотация. В данной работе изложены методика и приведены результаты экспериментального исследования механических характеристик волоконных световодов (ВС), с целью использования в качестве датчика для обнаружения усилий плотин.

Ключевые слова: полупроводниковый светоизлучающий диод (СИД), лазерный диод (ЛД), приёмник оптического излучения (ПОИ), волоконные световоды, оптоэлектронная система.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разрабатываются средства мониторинга физико-химического состояния различных материалов и технологических процессов. Этими средствами обеспечивается регулярное целенаправленное получение объективной информации об условиях эксплуатации технических объектов и дифференцированный учет расходования их ресурса. Самым массовым (благодаря сравнительной простоте и дешевизне) средством мониторинга могут стать оптоэлектронные системы на основе полупроводниковых светоизлучающих диодов (СИД), лазерных диодов (ЛД), приёмников оптического излучения (ПОИ) и волоконных световодов (ВС).

Технология оптоволоконных датчиков явилась результатом бурного развития оптоэлектронной промышленности и оптоволоконной связи в течение двух последних десятилетий. Доступность оптических компонент: источников и приемников оптического излучения (имеющих высокое качество и малую стоимость), специализированных оптических волокон и т. п. стали ключевыми факторами при разработке оптоволоконных датчиков. Оптические волокна стали объектом интереса со стороны специалистов ввиду того, что они обладают рядом характерных свойств, которые делают их идеальными для применения в качестве датчиков [1, 2]. Размеры и вес таких волокон очень малы (диаметр равен 125-250 мкм). Геометрическая форма может быть практически любой. Благодаря малой толщине и большой длине стеклянных волокон, их легко интегрировать практически в любую конструкцию, выполненную из пластмассы и армированную волокнами, без существенного

негативного влияния на механические свойства. Оптические волокна могут выдерживать относительно высокие эксплуатационные значения температуры и давления – двух важных параметров, которые являются определяющими для ряда технологий изготовления конструкций из композиционных материалов. Более того, волокна относительно нечувствительны (либо могут быть сделаны относительно нечувствительными, если использовать определенные методы укладки) к влиянию коррозии и усталостных нагрузок. По своей природе стеклянные волокна являются пассивным диэлектриком и поэтому могут применяться без опасения искрообразования. Они не образуют токопроводящие контуры на поверхности или внутри конструкции. Это свойство может быть, в частности, полезно в практических приложениях метода применительно к изделиям авиационной и космической промышленности, где для предотвращения опасности возникновения электрических разрядов, таких как удар молнии, требуется устранить из конструкции токопроводящие контуры. Сигнал, проходящий по оптическому волокну, в высшей степени нечувствителен к вредным электромагнитным воздействиям. Соответственно, отпадает необходимость применения дорогостоящего и громоздкого электромагнитного экранирования даже в тех местах, где имеются источники сильного электромагнитного излучения (например, в силовых установках). Оптические волокна имеют достаточно широкую полосу пропускания сигнала, что позволяет использовать их в большом количестве применений. Они также могут одновременно выполнять функции датчика и проводника сигнала измерений (оптоволоконные каналы передачи данных). Применяя метод мультиплексирования, можно размещать несколько датчиков в одном оптическом волокне.

Оптоволоконные датчики выбраны в качестве заменителя датчиков существующих типов. При этом применение стеклянных волокон позволяет пользователю значительно улучшить характеристики, надежность, безопасность продукции и (или) получить экономическую выгоду. Одновременно развиваются совершенно новые области

применения оптоволоконных датчиков. В тех случаях, когда планируется прямая замена старых типов датчиков на новые, необходимо убедиться в том, что новые приобретаемые положительные свойства оптоволоконных датчиков будут достаточно весомыми по сравнению со свойствами датчиков, которые заказчик хорошо знает.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ УСИЛИЙ ПЛОТНИН

Одним из перспективных применений ВС в мониторинге строительных конструкций можно считать получение критериев, по которым оператор создаваемой системы мониторинга может делать вывод о надежности контролируемой конструкции, и, соответственно, об уровне безопасности.

В отличие от других методов (акустического, тензометрического и т. п.) оптоэлектронные

системы с применением ВС позволяют проводить контроль по сколь угодно сложной конструкции, могут быть внедрены внутрь железобетонных изделий.

Для проведения исследований нами была разработана и изготовлена экспериментальная установка, приведения на *рис. 1*.

Установка содержит блок питания (БП), из которого через переменный резистор R , ток подается на СИД. В качестве СИД использован светодиód АЛ-107Б мощностью излучения до 10 мВт и длиной волны 0,85–1,2 мкм. Излучение СИД через разъем подается на исследуемое оптоволокно, и далее через разъем на оптический кабель. Из оптического кабеля через разъем световой поток попадает на светочувствительную поверхность ПОИ. В качестве ПОИ использован фотодиод ФД-11К. Сигнал с ПОИ регистрируется в оптическом тестере (ОТ) [3-5].

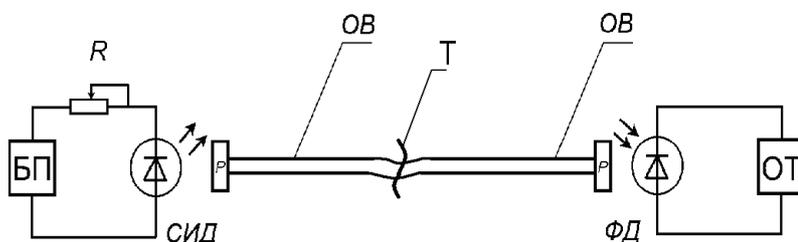


Рис.1. Схема экспериментальной установки: БП – блок питания; R – регулировочный резистор; СИД – светоизлучающий диод; Т-трещины; ОВ – оптоволокно; ОК – оптический кабель; ФД – фотодиод; ОТ – оптический тестер

С точки зрения контролируемых параметров экспериментальные исследования были направлены на изучение следующих параметров:

- деформации (растяжение, сжатие);
- перемещения;
- трещинообразования;
- предразрушения.

Спектр отражения такого «внутри-волоконного» интерферометра содержит спектральные интерферометрические полосы, расстояние между которыми определяются длиной интерферометра, а их спектральное положение зависит от эффективного коэффициента преломления сердцевинки волокна на участке между трещинами. При изгибе волокна коэффициент преломления сердцевинки волокна будет изменяться за счет термооптического эффекта, что вызовет движение интерференционных полос. В эксперименте использован когерентный полупроводниковый лазер для измерения отражения света с фиксированной длиной

волны от сформированного интерферометра. Интерферометр регистрировал периодические колебания интенсивности отраженного света, порождаемые трещинами волокна и сдвигом спектра отражения. Сигнал с фотодетектора регистрировался на оптическом тестере. На *рис. 2*. Приведена схема разработанного макета гидроэлектростанции для проведения измерений [6-9]. На этом рисунке 1- макет дамбы гидроэлектростанции; 2- трещины; 3- ВОК; 4-оптический тестер.

С помощью этого макета были проведены измерения интенсивности оптического сигнала в зависимости от размеров трещин на дамбе.

При 10 мм трещин, затухания ВОК при предразрушения показана 40,8 дБ на оптическом тестере. Таблица 1.

При трещинах размером 15 мм затухание ВОК при предразрушения зафиксировано как 41,4 дБ на оптическом тестере. При трещинах размером 25 мм эта величина достигает 42,9 дБ, а при трещинах в 30 мм - 43,8 дБ.

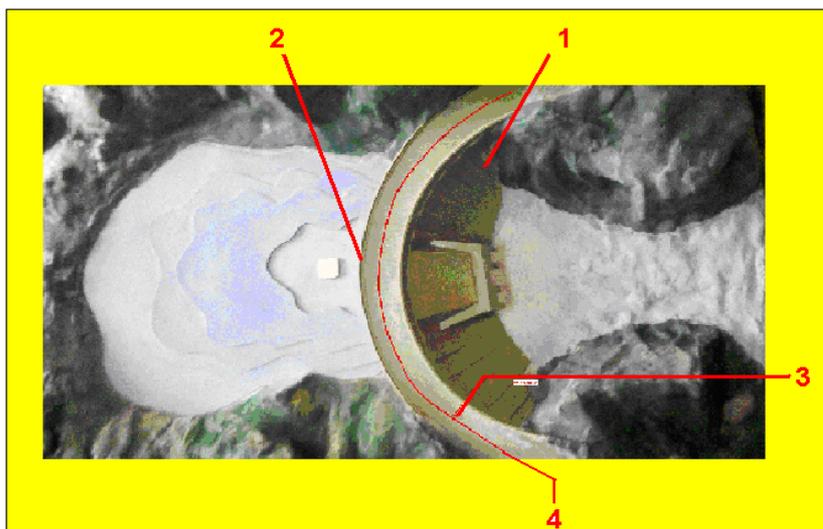


Рис.2. Экспериментальной макетный образец для снятия характеристики: 1- объектов гидроэлектростанции (в том числе и дамбах), 2- трещины, высокой усталостной прочностью. 3 - волоконно-оптический кабель. 4 - тестер «FDD 1203A OPTICAL TESTER»

Таблица.1. Затухания ВОК в зависимости от размеров трещин.

№	Размер трещины (мм)	0 мм	10 мм	15 мм	25 мм	30 мм
1	Затухания ВОК	40,50	40,80	41,40	42,90	43,80
2	Затухания ВОК	40,60	40,82	41,54	42,98	43,90
3	Затухания ВОК	40,65	40,85	41,70	43,10	44,00
	Ср.показателя	40,58	40,83	41,55	42,99	43,90



Рис.3. Тестер «FDD 1203A OPTICAL TESTER»

В наших исследованиях в основном используются полимерные ВС. Они имеют малый удельный вес, большую гибкость при относительно большом диаметре, механическую прочность, высокую технологичность. Достигнутое минимальное затухание при длине волны 0,66 мкм – 20 дБ/км.

Технические характеристики некоторых типов полимерных оптических волокон исследованы достаточно полно [1-4] и на их основе разработан способ определения мест предразрушения конструкций [5].

Принцип работы системы следующий. ОВ с отражающим концом внедряется внутрь железобетонных изделий. Генератор электрических импульсов вырабатывает

короткие ≈ 10 нс импульсы, которые подаются на ЛД. В качестве ЛД использован ИЛПИ-301-1 с длиной волны 0,81...0,89 мкм. В качестве контролируемой аппаратуры предлагается применение оптического импульсного рефлектометра. Результаты измерений характеризуются высокой повторяемостью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, благодаря новым разработкам в физике твердого тела и волоконной оптике и существенному снижению стоимости оптического волокна и полупроводниковых приборов стало возможным широкое применение датчиков на основе оптического волокна.

Проведены исследования по обнаружению механических повреждений различных конструкций (плотин, мосты, гражданские сооружения) с использованием оптического волокна. В результате мониторинга механических конструкций отрабатывается методика применения интерферометрических измерений.

Abstract. This paper outlines the methodology and the results of experimental research of mechanical characteristics of fiber light guide (Sun), for use as a sensor for detection of dams.

Keywords: solid-state light-emitting diode, laser diode, receiver of optical radiation and fiber light guide and optoelectronic system.

ЛИТЕРАТУРА

[1] J.R. Vinson and R.L. Sierakowski, "Поведение конструкций, образованных из композиционных материалов", Martinus Nijhoff Publishers, 1986.

[2] Публикации веб-сайта Комиссии по безопасности на транспорте США (NTSB) www.nts.gov.

[3] Оптоэлектронные преобразователи и устройства отображения информации: Сб. научн. тр. – М.: МАИ, 1983, 82 с.

[4] Волоконно-оптические датчики. Под ред. Т. Окоси. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

[5] Ямамото Хисааки. Опволоконные датчики и их применение. // Отомэсэн. Automation. – 1987. – Vol.32, № 5. – С.31-35.

[6] Ржавин Ю.И. Волоконно-оптические датчики: технические и рыночные тенденции. / НТЖ. Измерительная техника. – 2003, № 10, С. 24-26.

[7] Рахимов Б.Н., Рахимов Н.Р. Оптоэлектронная измерительно-информационная система для обнаружения усилий железобетонных изделий / Прикладная оптика. PDF. СП(б). 2008. С. 246.

[8] Рахимов Б.Н. и др. Оптоэлектронные измерительно-информационные системы для выявления деформации, силы (давления) и предразрушения в элементах механических конструкций. Международной научно-технической конференции. МГУ геодезии и картографии. 25-27 мая 2009 г. Москва.

[9] T.D. Radjabov, B.N. Rakhimov, D.A. Davronbekov. Optoelectronic devices for automatic diagnosis of the physical properties of mechanical disturbances, damage dams / WCIS-2012. Tashkent.



Бахтиёржон Нематович Рахимов - старший научный сотрудник (докторант) кафедры Устройства и системы радиосвязи Ташкентской университет информационной технологий, автор более 30 научных трудов в т.ч. 4 изобретений. Область научных интересов и компетенций – оптоэлектронное приборостроение, оптимизация, многофункциональные системы.

E-mail: brah2008@rambler.ru