

УДК 662.642:621.926.7

А.Ю.Прокопенко (4 курс, каф. ПКС, СПбГУИТМО), В.Л.Ткалич, д.т.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА ОПТОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

В настоящее время проблема дефектоскопии оптоволоконна является крайне актуальной. Поэтому изучение современных бесконтактных оптических компьютеризированных методов исследования внутренних структурных дефектов и стереометрических параметров оптического волокна для обеспечения надежного прогнозирования его качества востребованы и быстро развиваются, внедряясь во все области производства микроэлектроники и микросенсорной техники.

С помощью разработанных методик на кафедре “Проектирования компьютерных систем” (ПКС) были исследованы такие дефекты оптоволоконна, как структурные неоднородности, некачественные соединения волокон, обрывы, различные производственные дефекты (раскол сердцевины, сломанное волокно, царапины, сколы), и т.д. Найден ряд критериев качества оптомеханической элементной базы, которые выражаются через управляющие параметры устройства дефектоскопии (геометрические и технологические параметры). Например, определение абсолютных значений показателей качества единичных классификационных и конструктивных показателей назначения производится с помощью соответствующих испытаний опытных или серийных образцов, расчетов, экспертных оценок, результатов изготовления и эксплуатации, данных ГОСТ, ОСТ, РН и технических условий на поставку. Показатель технологичности показывает разброс основных характеристик при изготовлении ОЭБ (оптоволоконна) таких, как точность изделия, величина затухания сигнала, значение потерь, уровень отраженной мощности, количество производственных дефектов (раскол сердцевины, сломанное волокно, царапины, сколы, и т.д.). Показатель оценивают величиной размаха значений характеристик ОЭБ (оптоволоконна), либо средним квадратичным отклонением определяющих характеристик [3,4]:

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 / (n-1)}, \quad (1)$$

где i – индекс характеристики; j – номер контрольного замера; n – общее количество замеров; $\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}$ – среднее арифметическое значение i – ой характеристики.

Показатель стандартизации и унификации K_{np} – коэффициент применяемости вычисляют по формуле:

$$K_{np} = (n_{\Sigma} - n_0) / n_{\Sigma}, \quad (2)$$

где n_{Σ} – общее количество типоразмеров составных частей ОЭБ (оптоволоконна); n_0 – количество типоразмеров оригинальных составных частей.

В ходе выполнения работ по гранту “Разработка и исследование математических моделей и математического обеспечения для анализа функции качества оптомеханической элементной базы приборостроения” был рассмотрен ряд неразрушающих оптических бесконтактных методов для исследования и контроля качества оптического волокна: импульсной рефлектометрии оптического диапазона (оптический рефлектометр временной области), измерения характеристик волоконных решеток Брэгга с помощью

модифицированного метода сдвига фаз, измерения хроматической дисперсии оптического волокна (ОВ) с использованием солитонных импульсов, определения диаметра ОВ по дифракционной картине, фазо-частотный метод с высокоточным измерением времени задержки в ОВ, метод определения дисперсионных характеристик многомодовых ОВ с помощью регистрации изменения частоты рециркуляции одиночного импульса [1,2,5,6].

В ходе исследований применялись традиционные численные методы анализа тонкостенных структур (методы конечных разностей, граничных элементов и конечных элементов), вариационный метод Хеллингера-Рейснера, комбинированный многоуровневый метод (основанный на гипотезах Кирхгофа-Лява и моделей Тимошенко), метод регрессии для моделирования дефектов в ОВ, определение коэффициентов ряда Габора с помощью критерия Риссанена, метод свертки с использованием интеграла Дюамеля. При анализе собственных значений использованы преобразования Якоби, методы Релея-Ритца, Чебышева. В ходе обработки экспериментальных данных применены методы математической статистики, теории вероятности и наименьших квадратов.

Задаваясь аналитическим выражением для определения обобщенного критерия качества, с помощью метода наименьших квадратов, была получена целевую функцию. При этом с помощью выборочных коэффициентов корреляции решены вопросы: 1) о репрезентативности выборки; 2) о наличии корреляционной зависимости между параметрами и виде этой зависимости. Таким путем удобно идти при анализе оболочек многослойных оптических конструкций. Для оценки функции качества применены современные компьютеризированные методы оптимизации и унификации (градиентный, полного перебора по сетке и метод штрафных функций).

Для выполнения исследований использовалась техническая база кафедры и технического оборудования НИИТИОМ ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова, согласно договору о научно-техническом сотрудничестве.

Выводы. Осуществлена классификация существующих устройств, методов и объектов исследования. Произведено математическое моделирование (ММ) и математическое обеспечение (МО) ряда неразрушающих бесконтактных диагностических методов исследования оптомеханической элементной базы, а также определение параметров и критериев функции качества оптоволокна, позволяющее повысить эффективность прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берлин Б.З., Брискер А.С., Иванов В.С. Волоконно-оптические системы связи на ГТС: Справочник. Под редакцией А.С. Брискера и А.Н. Голубева – М.: Радио и связь, 1994.-160с.,ил.
2. Beller J. OTDRs and backscatter measurements. In Fiber Optics Test and Measurements, Edited by D. Derricson. New Jersey, Prentice Hall PTR, 1998, p.434.
3. Ткалич В.Л. Теоретическая и прикладная метрология. Электронный учебник.//Опубликован в INTERNET <http://de.ifmo.ru/curs/index.html>, 09.12.00, 200с.
4. Ткалич В.Л., Терентьев О.И. Маракулин Д.И. Методика оценки технического уровня и качества амортизирующих конструкций.//Депонировано в ВИНТИ 24.06.98, № 1944-В. 98.-7с.
5. Потапов Т.В. Измерение потерь мощности излучения в волоконно-оптических линиях.// Фотон-экспресс, 2000, №20, с.13-16.
6. Поляков А.В., Чубаров С.И. Определение дисперсионных характеристик многомодовых оптических волокон рециркулятивным способом.// Датчики и системы, 2002, №3, с. 12.
7. Гатчин Ю.А., Дукельский К.В., Путилин Э.С. Методы проектирования интегрированной системы автоматизированного производства оптических материалов. Сб. статей под ред. В.Н. Васильева - СПб: СПб ГИТМО (ТУ), 2001, с. 220-226.