

МАШИННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОННОГО СВЕТОВОДА С РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ТОРЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н. Т. Сулейманов

Проведено исследование светораспределения волоконного световода с различными формами торцевой поверхности с использованием метода статистических испытаний (Монте—Карло). Разработан алгоритм исследования и получены выводы, подтверждающие эффективность предложенного метода.

Волоконные световоды определенным образом преобразуют пространственное распределение лучистой энергии при ее передаче со входного на выходной торец. Практика использования волоконных элементов в оптическом и электронно-оптическом приборостроении выдвинула задачу теоретического расчета светораспределения световодов с различными формами торцевой поверхности.

Закономерности распространения излучения через световод с косыми и прямыми торцами хорошо изучены и показаны в [1].

Практический интерес представляет вопрос о светораспределении волоконной детали со сферической и конической торцевой поверхностью. Наиболее эффективным методом исследования светораспределения волоконной детали с различными формами торцевой поверхности является метод статистических испытаний (Монте—Карло).

Для получения светораспределения на выходном торце волоконного световода моделируется следующий физический процесс: луч, проходя через входной торец в точке симметрии световода, преломляется, падает на стенку волокна под некоторым углом j , если угол $j < j_{кр.} = \arcsin \frac{n_n}{n_o}$, то луч поглощается оболочкой, если угол $j \geq j_{кр.}$, то луч, претерпев полное внутреннее отражение, проходит по волокну, отражаясь от стенок световода до выходного торца. Падая на выходную поверхность под некоторым углом α , луч при $\alpha > \alpha_{кр.} = \arcsin \frac{n_1}{n_o}$ отражается от поверхности и либо поглощается оболочкой, либо возвращается обратно; при $\alpha \leq \alpha_{кр.}$ луч, преломляясь, выходит из световода.

Искомой величиной является значение выходного угла Θ каждого луча, прошедшего через выходной торец.

Метод статистических испытаний в применении к нахождению светораспределения световода с различными формами выходного торца заключается в моделировании при помощи случайных чисел описанного явления.

Входящий луч характеризуется величиной наклона к оси световода — углом u . Величина u может принимать любые значения из интервала $(0, \frac{\pi}{2} - j_{кр.})$, причем все возможные значения равновероятны. Поэтому считаем, что u подчиняется равномерному закону распределения.

Выходной угол Θ является функцией параметра световода

$$\Theta = f_i(n_1, n_c, n_u, L, d, R). \quad (1)$$

Считаем параметры световода независимыми случайными величинами. Для моделирования процесса прохождения луча через световод методом Монте—Карло необходимо [2, 3]: во-первых, моделировать заданные законы распределения случайных аргументов — параметров (n_1, n_c, n_u, L, d, R); во-вторых, моделировать зависимость (1), в результате чего определяются значения выходного угла Θ_i для различных реализаций аргументов u ; в-третьих, произвести статистическую обработку результатов вычислений.

Разыгрываются значения параметров n_1, n_c, n_u, L, d, R , распределенных по нормальному закону, и по требуемой формуле для выходного угла Θ определяется его значение.

Факт прохождения луча через торец фиксируется и начинается заново моделирование распространения следующего луча по волокну.

Процесс моделирования прекращается в случаях, когда угол падения луча на выходной торец больше $\alpha_{кр}$. и когда луч проходит через выходную поверхность.

В результате ряда независимых испытаний образуется последовательность величин $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_k, k \leq N$, где N — число испытаний. По этим значениям можно оценить математическое ожидание и дисперсию выходного угла

$$\left. \begin{aligned} M\Theta &= \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Theta_j, \\ D\Theta &= \frac{1}{N} \left[\sum_{j=1}^N (\Theta_j^2) - \frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^N \Theta_j \right)^2 \right]. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для определения светораспределения на выходе область изменения Θ делится на равные интервалы $(\Theta_i, \Theta_i + \Delta\Theta)$, $i=1, 2, \dots, m$ (через 2°).

Количество лучей, попавших в данный интервал, подсчитывается при помощи индикатора области

$$x_{b_i}(\theta) = \begin{cases} 1, & \text{если } \theta \in (\Theta_i, \Theta_i + \Delta\Theta), \\ 0, & \text{если } \theta \notin (\Theta_i, \Theta_i + \Delta\Theta). \end{cases} \quad (3)$$

По значениям этой функции строится приближенная плотность распределения излучения, прошедшего через волоконный элемент, — индикатриса светораспределения.

Литература

- [1] В. Б. Вейнберг, Д. К. Саттаров. Оптика световодов. «Машиностроение», Л., 1977.
- [2] Н. П. Бусленко. Метод статистических испытаний (метод Монте—Карло). Физматгиз, М., 1962.
- [3] М. Ф. Зарипов, Н. Т. Сулейманов, И. Ю. Петрова. Надежность элементов и средств управления с распределенными параметрами. «Наука», М., 1980.

Поступило в Редакцию 29 января 1980 г.
В окончательной редакции 13 ноября 1980 г.