

Преобразование оптических сигналов в волоконно-оптическом датчике угла наклона маятникового типа

Кукушкин Алексей Николаевич

Аспирант

Пензенский государственный университет, Политехнический институт, Факультет приборостроения, информационных технологий и электроники, Пенза, Россия

E-mail: kukushkin.97@mail.ru

Авторами разработан искро-взрыво-пожаробезопасный волоконно-оптический датчик угла наклона (ВОДУН) маятникового типа с предельным аттенуатором (рисунок 1) [1].

Стоит задача определения конструктивно-технологических параметров микро-оптико-механической системы (МОМС) датчика, обеспечивающих высокую чувствительность преобразования МОМС и линейную функцию преобразования ВОДУН.

Формализация распределения светового потока в МОМС определяет оптимальное местоположение отверстия аттенуатора по отношению к торцам подводящих (ПОВ) и отводящих (ООВ) оптических волокон (ОВ).

При изменении угла наклона изменяется площадь отверстия, через которое проходит свет (рисунок 2) [2].

Математическая модель функции преобразования (ФП) ВОДУН может быть представлена зависимостью напряжения фотоприемника от измеряемого угла наклона $U=f(j)$ и множества внешних факторов: $U(j) = \Phi_0 K_{ИС} K(j) K_{СП} h(l) S_V$, где Φ_0 – поток, испускаемый источником излучения; $K_{ИС}$ – коэффициент передачи тракта «источник излучения – входной торец подводящего оптического волокна (ПОВ)»; $K(j)$ – функция коэффициента передачи тракта «выходной торец ПОВ – зона преобразования – входной торец отводящего оптического волокна (ООВ) – приемник излучения»; $K_{СП}$ – коэффициент передачи тракта «выходной торец ООВ – приемник излучения»; $h(l)$ – коэффициент спектрального согласования элементов ВОДУП; S_V – вольтовая чувствительность фотоприемника.

Чувствительность преобразования МОМС и вид ФП датчика определяется коэффициентом $K(j)$. Для дальнейших рассуждений остальные коэффициенты в ФП с минимальной методической погрешностью будем считать константами.

Часть светового потока Φ_0 , идущего от ПОВ, перекрывается непрозрачным сектором, при отклонении маятника от вертикали на угол j , при этом часть площади приемного торца ООВ S_3 затеняется, соответственно изменяется освещенная площадь S_Z приемного торца ООВ, причем $S_Z = S_{ОВ} - S_3$.

Коэффициент передачи тракта $K(j)$ имеет вид: $K(j)=K_1 K_2$, где $K_1=S_Z/S_C$, $K_2=S_Z/S_{AA}$ где S_C – площадь поперечного сечения сердцевины оптического волокна; S_Z – часть поперечного сечения сердцевины волокна, не закрытая шторкой; S_{AA} – площадь поперечного сечения светового потока в плоскости А-А расположения приемного торца ООВ. Определено: $S_C = r_c^2$, $S_{AA} = r(Ltg\alpha_{NA} + r_c)^2$, Формулы приведены на рисунке 3 и 4.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда и Кубанского научного фонда в виде гранта № 22-15-20069

Источники и литература

- 1) 1 Кукушкин А.Н., Мурашкина Т.И., Бадеева Е.А., Серебряков Д.И., Бадеев В.А. Заявка на изобретение № 2021133847 от 18.11.2021 Волоконно-оптический маятниковый датчик угла наклона
- 2) 2 Кукушкин А.Н., Мурашкина Т.И. Разработка волоконно-оптического датчика больших угловых перемещений для стартовой площадки космодрома//Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2021. Т. 2. С. 3-7.

Иллюстрации

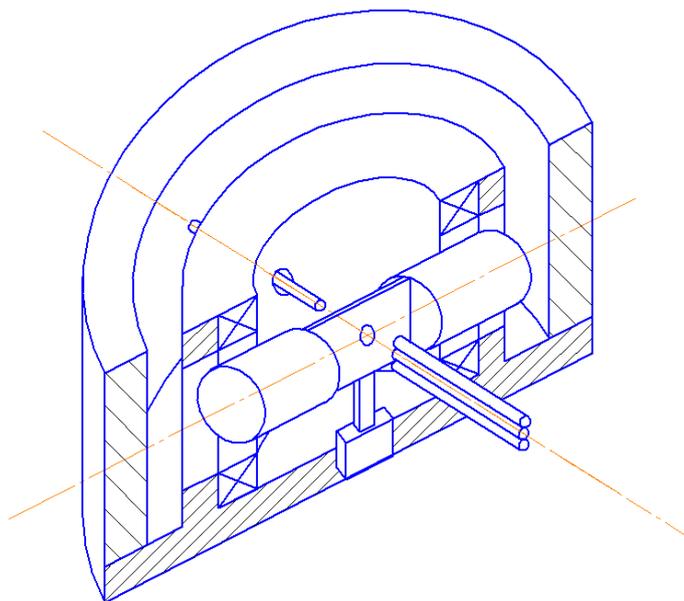


Рис. : Рисунок 1 – Упрощенная конструкция ВОДУН маятникового типа

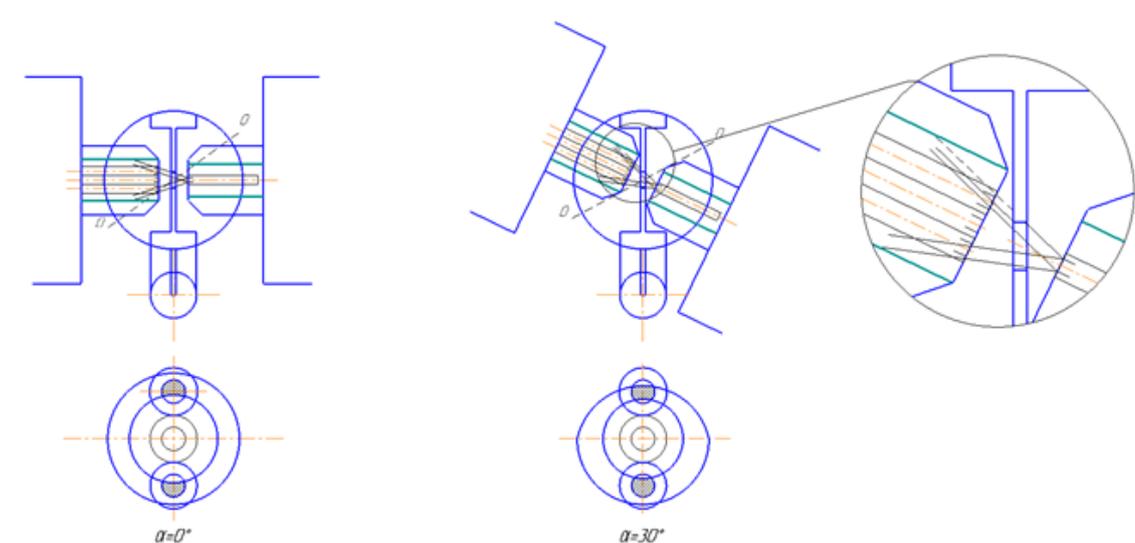


Рис. : Рисунок 2 – Ход лучей при измерении угла наклона

$$S_z = \pi r_c^2 - \left\{ \frac{r_c^2}{2} \left[\frac{\pi}{180} 2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{2r_c R_{cp} \operatorname{tg} \varphi - (R_{cp} \operatorname{tg} \varphi)^2}}{r_c} \right) - \sin \left(2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{2r_c R_{cp} \operatorname{tg} \varphi - (R_{cp} \operatorname{tg} \varphi)^2}}{r_c} \right) \right) \right] \right\},$$

Рис. : где L – расстояние между излучающим торцом ПОВ и приемным торцом ООВ; [U+F071] NA – апертурный угол оптического волокна; r_c – радиус сердцевины оптического волокна. Тогда окончательно

$$K(\varphi) = \frac{1}{\pi(L \operatorname{tg} \theta_{NA} + r_c)} \times \left\{ \pi r_c^2 - \left[\frac{r_c^2}{2} \left(\frac{\pi}{180} 2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{2r_c R_{cp} \operatorname{tg} \varphi - (R_{cp} \operatorname{tg} \varphi)^2}}{r_c} \right) - \sin \left(2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{2r_c R_{cp} \operatorname{tg} \varphi - (R_{cp} \operatorname{tg} \varphi)^2}}{r_c} \right) \right) \right] \right\}.$$

Рис. : .