

## 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  $\Phi_0$  – 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  $\Phi_0$ , 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

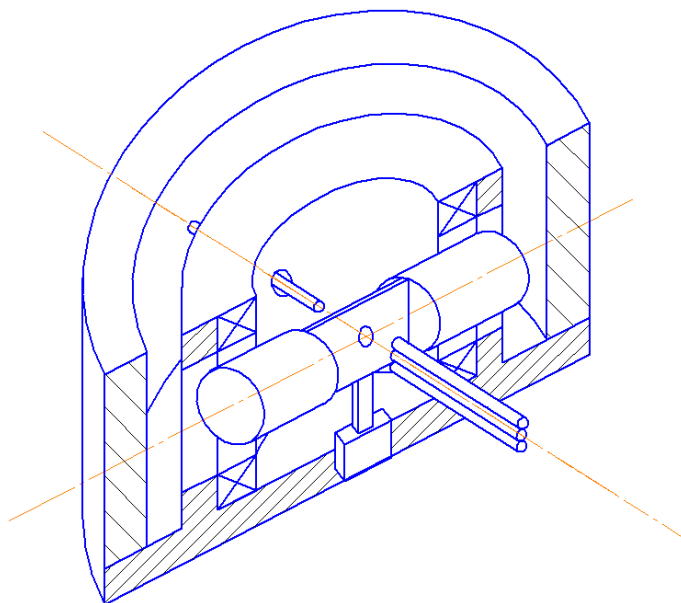


Рис. : Рисунок 1 – Упрощенная конструкция ВОДУН маятникового типа

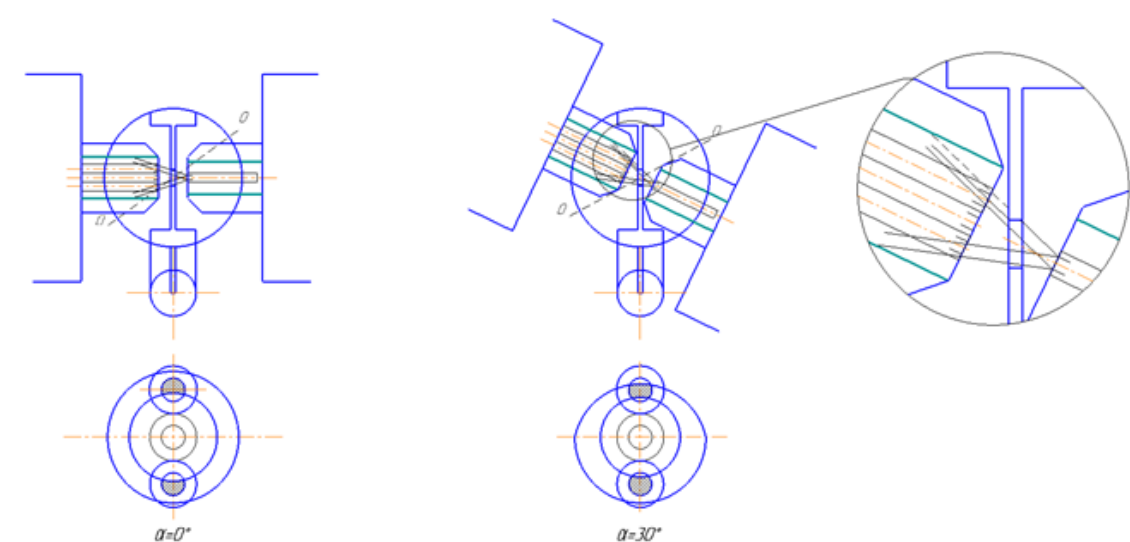


Рис. : Рисунок 2 – Ход лучей при измерении угла наклона

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

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. : .