

Параметрическое моделирование конструкции бинарного волоконно-оптического датчика

В.А. Зеленский¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. Выполнена параметризация конструкции волоконно-оптического датчика перемещения бинарного типа. Приводится взаимосвязь внешних, базовых и зависимых параметров датчика. Состав, свойства основных компонентов датчика, а также операции над ними представлены в виде *UML*-диаграммы классов. Разработана схема сборки датчика на основе базовой детали, оптимизированы габариты устройства. Использование полученных результатов позволяет быстро адаптировать конструкцию датчика к условиям эксплуатации.

1. Введение

Предметом моделирования является конструкция бинарного волоконно-оптического датчика перемещений, подробно рассмотренного в работах [1, 2]. При модуляции оптического потока кодовым элементом устройство формирует сигнал, позволяющий установить факт перемещения подвижной части контролируемого объекта, а также идентифицировать номер датчика в системе управления и контроля. При необходимости к перемещению можно свести и другие физические параметры – температуру, давление, напряжённость электромагнитного поля [3]. Волоконно-оптические датчики не восприимчивы к воздействию внешних эксплуатационных факторов, характеризуются надёжностью и стабильностью. Однако их серийное производство сдерживает недостаточная проработка вопросов конструктивной совместимости, адаптации к объекту, технологичности [4, 5]. Исходя из этого, параметрическое моделирование конструкции датчика представляется актуальной научно-технической задачей. Целью работы является определение внешних, базовых и зависимых параметров датчика, установление математических соотношений между параметрами, разработка схемы сборки на основе базовой детали конструкции.

2. Описание моделей

Типовая конструкция бинарного волоконно-оптического датчика перемещений представлена на рис. 1. В корпусе 1 датчика находится подвижный цилиндр 2 с внешней и внутренней резьбой. Внутренняя резьба предназначена для точной фиксации винта 3, головка которого играет роль чувствительного элемента и воспринимает осевые $F1$ и/или поперечные $F2$ перемещения объекта контроля. Гайка 4 накручивается на внешнюю резьбу цилиндра 2 и удерживает кольцо 5, которое связано с пружиной 6. При этом один конец пружины упирается в кольцо, а другой – в корпус датчика. При нажатии через головку винта 3 на цилиндр 2 пружина сжимается. При этом закрепленный на противоположном конце цилиндра 2 кодирующий элемент 7 перемещается и попадает в зазор между отрезками оптических волокон 8. Волокна

установлены на одной оптической оси в корпусе датчика с помощью юстированных втулок 9. При перемещении кодирующего элемента 7 происходит модуляция потока оптического излучения по мощности [4].

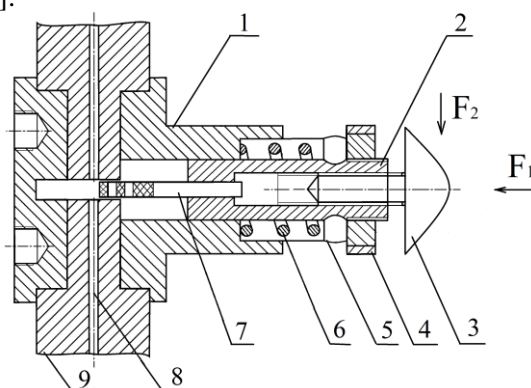


Рисунок 1. Типовая конструкция бинарного волоконно-оптического датчика перемещений.

Модель передачи оптической мощности через кодирующий элемент представлена на рисунке 2. При расчетах на основе волновой теории используются формулы, отражающие характер рассогласований при осевом, боковом и радиальном смещении оптических волокон, связанные с конструктивными особенностями датчика и технологией его изготовления [4].

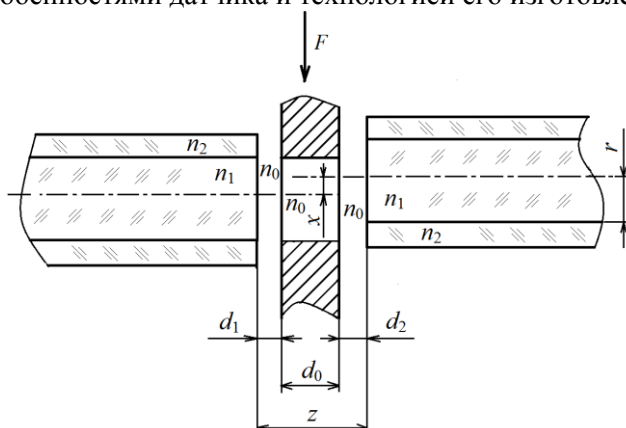


Рисунок 2. Модель передачи оптической мощности в бинарном датчике.

На рисунке 2 введены обозначения: F – направление перемещения кодирующего элемента; d_0 – толщина кодирующего элемента; d_1 , d_2 – зазоры между кодирующим элементом и торцами оптических волокон; n_0 , n_1 , n_2 – показатели преломления среды, сердцевины и оболочки оптического волокна; r – радиус оптического волокна, z , x – соответственно осевое и боковое смещение оптических волокон.

Связь между основными параметрами датчика представлена в таблице 1.

На рисунке 3 представлена диаграмма классов для элементов бинарного волоконно-оптического датчика, выполненная в стандарте *UML*. Фиксирующие отверстия, посадочное место под цилиндр, отверстия под юстированные втулки, паз корпуса являются неотъемлемыми элементами основания корпуса, поэтому объединены с помощью композиции. Крепёжные винты, оптический кабель, объект контроля являются по отношению к датчику внешними элементами, поэтому показаны, как интерфейс устройства. Зависимости параметров показаны с помощью направленной ассоциации. Каждый класс содержит набор специфических атрибутов и требуемых операций.

Диаграмма классов позволяет формализовать структуру датчика и перейти к схеме сборки устройства на рисунке 4. Отрезки оптического кабеля на схеме не показаны. Базовой деталью конструкции, как следует из рисунка 4, является основание корпуса. Остальные детали присоединяются в соответствии с предложенной схемой сборки.

Таблица 1. Взаимосвязь параметров датчика.

	Параметр, обозначение	Зависимость	Описание, рекомендации
1	Диаметр фиксирующего отверстия под винт в основании корпуса, D_f	$D_f = \frac{D_{ok} - D_{pcl}}{2}$	Округлить до номинального диаметра резьбы винта DIN 912 по ГОСТ 11738-84, EN ISO 4762
2	Высота фиксирующего отверстия под винт в основании корпуса, H_f	$H_f = H_{ok}$	Длина резьбовой части зависит от диаметра резьбы винта DIN 912 по ГОСТ 11738-84, EN ISO 4762
3	Диаметр основания корпуса, D_{ok}	Базовый параметр, определяет габариты датчика	Связан с диаметром цилиндра датчика, диаметром юстированных втулок и фиксирующих отверстий
4	Высота основания корпуса, H_{ok}	Базовый параметр, определяет габариты датчика	Связан с высотой фиксирующих отверстий, диаметром юстированных втулок
6	Высота посадочного места под цилиндр корпуса в основании корпуса, H_{pcl}	$H_{pcl} = (H_{ok} - D_{ovt})k_{pcl}$	k_{pcl} – коэффициент запаса, выбирается в пределах 0,7...0,8
7	Высота паза основания корпуса, H_{pz}	$H_{pz} = (H_{ok} - H_{pcl})k_{pzh}$	k_{pzh} – коэффициент запаса по высоте, выбирается в пределах 0,7...0,8
8	Ширина паза основания корпуса, W_{pz}	$W_{pz} = W_k k_{pzw}$	k_{pzw} – коэффициент запаса по ширине, выбирается в пределах 1,05...1,10
9	Глубина паза основания корпуса, D_{pz}	$D_{pz} = D_k k_{pzd}$	k_{pzd} – коэффициент запаса по глубине, выбирается в пределах 1,05...1,10; но не менее допуска на изготовление детали
10	Диаметр отверстий под юстированные втулки в основании корпуса, D_{ovt}	$D_{ovt} = D_{vt}$	Равен внешнему диаметру юстированных втулок с учётом допуска
11	Высота отверстий под юстированные втулки в основании корпуса, H_{ovt}	$H_{ovt} = \frac{D_{ok}}{2}$	Зависит от высоты юстированных втулок и диаметра основания корпуса
12	Диаметр цилиндра корпуса внешний, D_{cl}	$D_{cl} = D_{pcl}$	Равен диаметру посадочного места в основании корпуса с учетом допуска
13	Диаметр цилиндра корпуса внутренний, D_{clv}	$D_{clv} = D_{cl} k_{clv}$	k_{clv} – коэффициент, зависящий от допустимой толщины стенки цилиндра, выбирается в пределах 0,7...0,8
14	Высота цилиндра корпуса, H_{cl}	Определяет габариты датчика и точку контакта с объектом контроля	Определяет размер пружины, высоту кодирующего элемента
15	Высота кодирующего элемента, H_k	Подбирается из условия функционирования датчика	Зависит от паза в основании корпуса, паза в стакане, диаметра юстированных втулок
16	Ширина кодирующего элемента, W_k	$W_k = W_{pzk} k$	k – коэффициент запаса, выбирается в пределах 0,97...0,98; с учётом допуска на изготовление детали
17	Глубина кодирующего элемента, D_k	$D_k = D_{pzk} k$	k – коэффициент запаса, выбирается в пределах 0,97...0,98; с учётом допуска на изготовление детали
18	Диаметр юстированных втулок внешний, D_{vt}	Зависит от диаметра и высоты основания корпуса	Равен диаметру отверстий под юстированные втулки в основании корпуса
19	Диаметр юстированных втулок внутренний, D_{vtv}	$D_{vtv} = D_{opt}$	Равен диаметру оптического кабеля
20	Диаметр оптического кабеля, D_{opt}	Внешний параметр	Зависит от компании-производителя

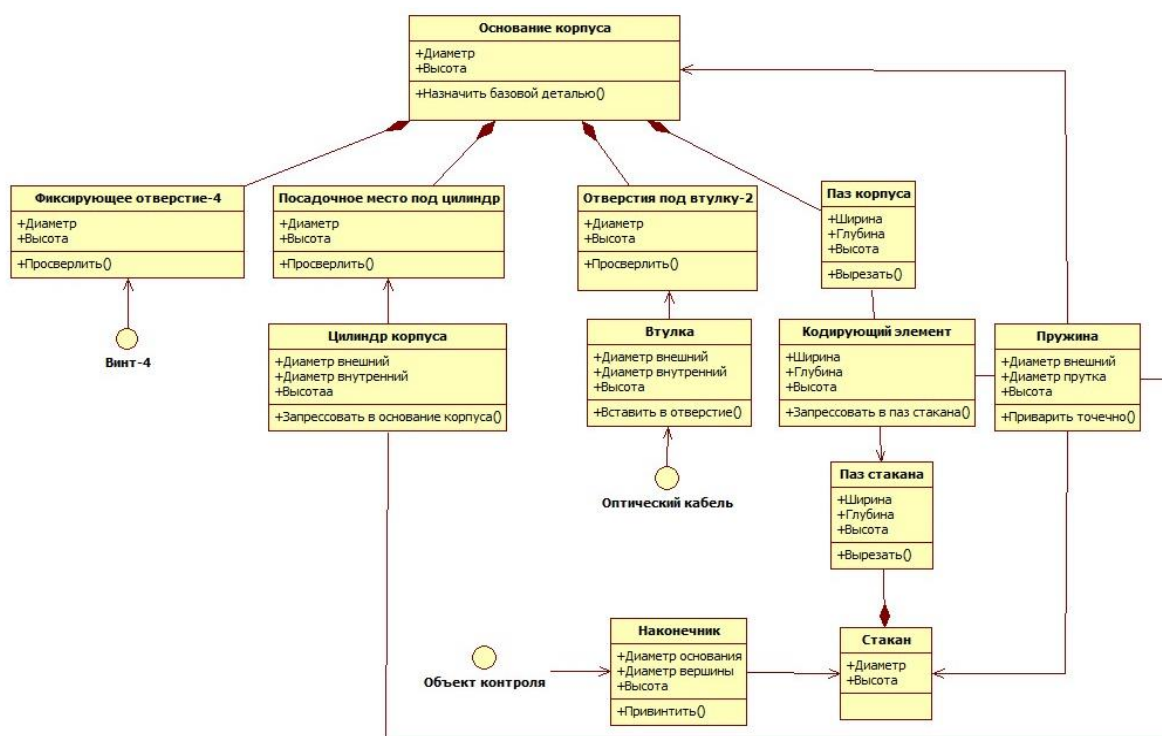


Рисунок 3. Диаграмма классов датчика в стандарте UML.

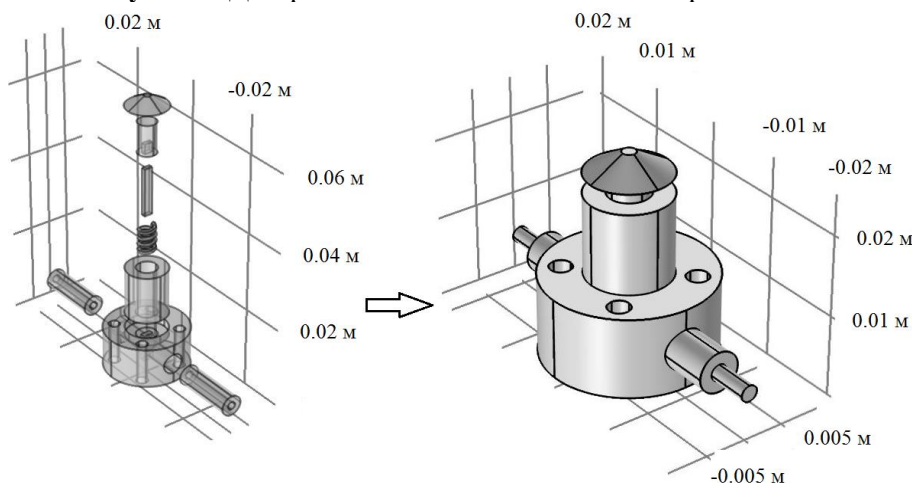


Рисунок 4. Схема сборки датчика и внешний вид готового изделия.

Для автоматизации процесса сборки необходимо, кроме матрицы размеров, составить матрицу координат изделия. Данная задача является перспективной.

3. Заключение

Таким образом, впервые получена и исследована параметрическая модель конструкции бинарного волоконно-оптического датчика. Элементы устройства представлены в виде диаграммы классов стандарта UML. Разработана схема сборки датчика на основе базовой детали, оптимизированы габариты устройства. Использование полученных результатов позволяет быстро адаптировать конструкцию датчика к условиям эксплуатации и повысить его технологичность.

4. Литература

- [1] Зеленский, В.А. Оценка информационной ёмкости системы контроля на основе бинарных оптомеханических датчиков / В.А. Зеленский, Д.В. Корбан // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 4. – С. 31-34.
- [2] Зеленский, В.А. Бинарные оптомеханические датчики волоконно-оптических систем с расширенными эксплуатационными возможностями / В.А. Зеленский, Д.В. Корбан // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2013. – № 2 (38). – С. 210-214.
- [3] Бусурин, В.И. Волоконно-оптические датчики. Физические основы, вопросы расчёта и применения / В.И. Бусурин, Ю.Р. Носов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
- [4] Зеленский, В.А. Бинарный датчик для волоконно-оптической системы мониторинга производственных процессов / В.А. Зеленский, П.С. Воеводин, Т.Г. Деденок // II Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы науки и образования в техническом вузе», г. Стерлитамак, 2015 г. – Уфа: УГАТУ. – Т. 1. – С. 152-155.
- [5] Зеленский, В.А. Квазираспределённый волоконно-оптический преобразователь для контроля состояния промышленного объекта / В.А. Зеленский, П.С. Воеводин, Т.Г. Деденок, А.И. Щодро // Труды международного симпозиума «Надёжность и качество». – Пенза, 2015. – Т. 2. – С. 26-28.

Parametric modeling of binary fiber optic sensor design

V.A. Zelenskiy¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. The possibility of parametric modeling of the binary fiber-optic displacement sensor design is considered. The binary fiber optic sensor base part of the structure is selected, the sensor assembly scheme is developed, the minimum possible number of parameters characterizing the size of the parts and their mutual location are determined. The results of the work allow to improve the technological design of the sensor, to make the device suitable for mass production.