

## СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ С МОС–ДАТЧИКОВ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ

© 2009 М.В. Степанов

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 14.04.2009

Рассмотрены вопросы построения системы сбора информации с МОС-датчиков со спектральным уплотнением. Описан принцип работы такой системы.

Ключевые слова: спектральное уплотнение, система сбора информации, МОС - датчик, волоконно-оптическая линия связи, уплотнение каналов

Основными источниками получения информационных сигналов в системах контроля и управления современных летательных аппаратов (ЛА) являются датчики. Такие системы управления имеют в своем составе датчики различных физических величин (перемещения, давления, скорости, ускорения и др.), более 80% из которых представляют собой датчики перемещения резистивного и электромагнитного типов с основной погрешностью 2-5%.

Каждый такой датчик требует для своей работы подвода к нему достаточно стабильного напряжения питания, а так же информационных кабелей. При этом масса электрических кабелей, необходимых для подведения питания и передачи информационных сигналов, составляет 10-15% от общей массы самолета [3].

Новым направлением в разработке элементов авиационных систем контроля и управления является использование датчиков, например, волоконно-оптических, не требующих подвода питающих напряжений, и многоканальных систем сбора информации с датчиков, использующих уплотнение информационных сигналов. Соответственно такие многоканальные системы сбора информации требуют разработки оптоэлектронных датчиков, допускающих их объединение на общую информационную магистраль. Кроме того, отличительными чертами волоконно-оптических датчиков являются:

- отсутствие воздействия на объект измерения;
- высокая устойчивость к электромагнитным помехам;
- высокое быстродействие.

В последнее время в мировой практике появилась концепция построения летательных аппаратов без кабелей или каких-либо механических соединений между двигателем, навигационной сис-

темой и бортовым компьютером (только беспроводная связь для пересылки сообщений между важнейшими системами. Эта технология получила название "fly-by-wireless". При этом остается острым вопрос об электромагнитной совместимости систем самолетов (особенно это актуально при реализации концепции самолета 5-го поколения в вопросе уменьшения заметности самолета) и об их защите от радиотехнических помех.

Выходом из положения может стать использование вместо электрических кабелей волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), способных к одновременной передаче десятков и сотен управляющих сигналов, повышению надежности коммуникационной системы самолета и его помехозащитности. Также это позволяет снизить массу ЛА, увеличивая тем самым дальность полета и повышая тактико-технические характеристики [3].

Использование ВОЛС, обладающих широким частотным диапазоном, создает возможность для применения различных видов уплотнения. Что позволяет передавать информацию от комплекса датчиков через одну ВОЛС.

В настоящее время совершенствование волоконно-оптических систем передачи в первую очередь связано с развитием технологий спектрального уплотнения каналов WDM (Wavelength Division Multiplexing) [6]. В табл. 1 приведены наиболее распространенные варианты спектрального уплотнения, а на рис. 1 представлено распределение длин волн по диапазонам.

Распределение длин волн по диапазонам оптических каналов систем WDM формируется на основании формулы:

$$f=193,1\pm m\cdot 0,1 \text{ (ГГц)},$$

где 193,1 – опорная частота (опорная длина волны 1,55252 нм); m – целое число.

Равномерное распределение оптических каналов систем WDM позволяет оптимизировать работу оптических транспондеров, перестраиваемых лазеров и других устройств систем спект-

Степанов Максим Владимирович, аспирант кафедры электронных систем и устройств  
E-mail: st\_maxim@mail.ru.

Таблица 1. Варианты спектрального уплотнения

Вид и параметры спектрального уплотнения	CWDM неплотное спектральное уплотнение	DWDM плотное спектральное уплотнение	HDWDM высокоплотное спектральное уплотнение
Расстояние между каналами, нм	20, 25	1,6	0,4
Диапазон	O, E, S, C, L	S, C, L	C, L
Число каналов	максимум 18	десятки-сотни	десятки

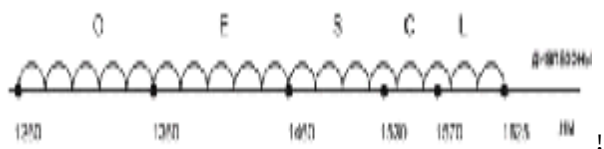


Рис. 1. Распределение длин волн по диапазонам спектрального уплотнения в оптической сети связи, а также облегчает возможность ее дальнейшего наращивания.

Кроме диапазонов, представленных на рис. 1, для построения систем сбора информации с МОС-датчиков могут использоваться видимый и ближний инфракрасный диапазоны длин волн 400...1000 нм. Для этих диапазонов характерно относительно высокое затухание в волоконно-оптическом кабеле, составляющее величину более 3 дБ/км. Но, учитывая, что средняя длина самолета не превышает 30...50 м, то при такой длине кабеля затухание в ВОЛС не превысит 0,15 дБ, что соизмеримо с потерями в волоконно-оптических разъемах, разветвителях и других пассивных элементах. Для видимого и ближнего инфракрасного диапазонов длин волн характерно наличие большого количества полупроводниковых источников излучения (рис. 2).

Единственным серьезным недостатком видимого и ближнего инфракрасного диапазонов

длин волн является отсутствие источников и приемников излучения с волоконно-оптическими разъемами, что затруднит ввод излучения в ВОЛС и его вывод.

Структурная схема типичной волоконно-оптической системы сбора информации с датчиков, использующей спектральное уплотнение представлена на рис. 3 [1, 4].

Необходимым и достаточным условием разделения группового сигнала  $Y_{гр}$  является линейная независимость канальных сигналов  $Y_k$ . В данном случае условие линейной независимости выполняется, так как

так как  $\sum_{i=1}^N C_i \cdot Y_{ki} \equiv 0$  справедливо только когда все коэффициенты  $C_i$  равны нулю [4].

Недостатком данной волоконно-оптической системы сбора информации является сложность выполнения управляемого источника света и наличие мультиплексора и демультиплексора.

От этого недостатка свободны волоконно-оптической системы сбора информации со спектральным уплотнением с использованием МОС-датчиков (рис. 4) [3, 5].

Система представляет собой ряд рассредоточенных в пространстве МОС-датчиков, соединенных между собой и системой управления общей волоконно-оптической магистралью, на-

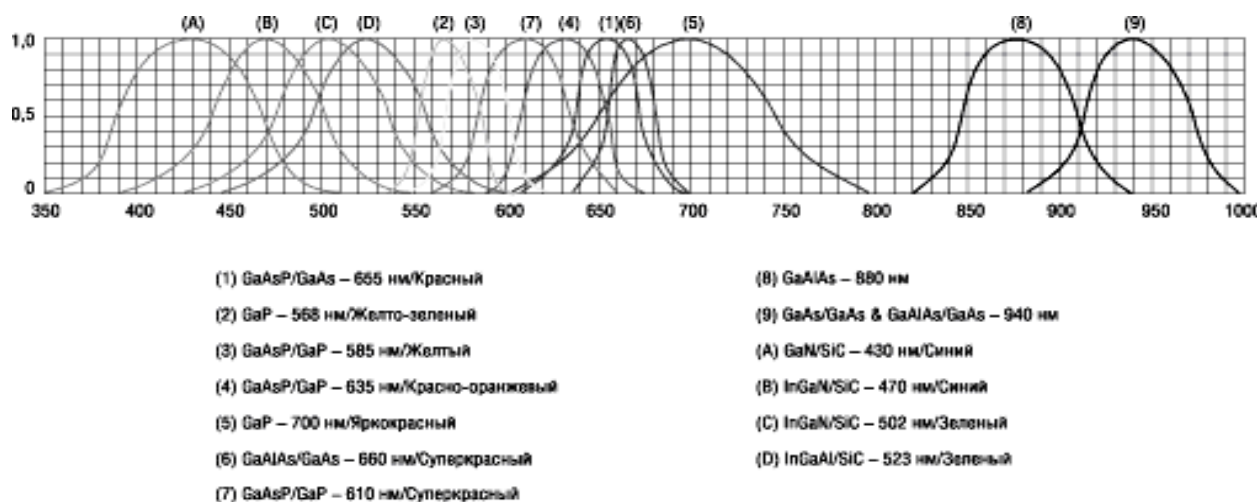


Рис.2. Спектральные характеристики полупроводниковых источников излучения видимого и ближнего инфракрасного диапазонов длин волн

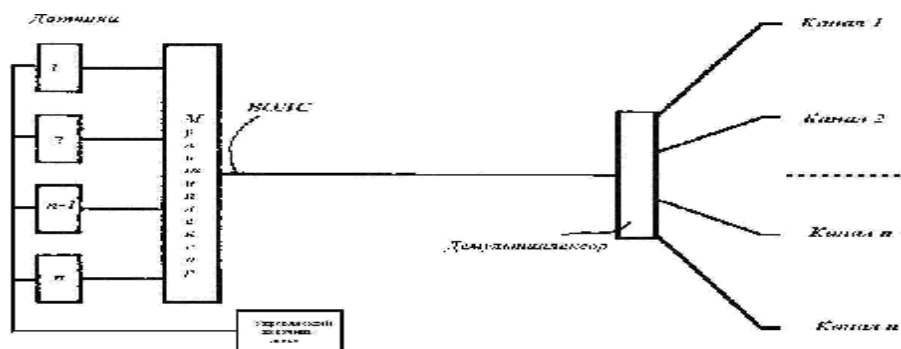


Рис. 3. Типичная волоконно-оптическая система сбора информации с датчиков, использующая спектральное уплотнение

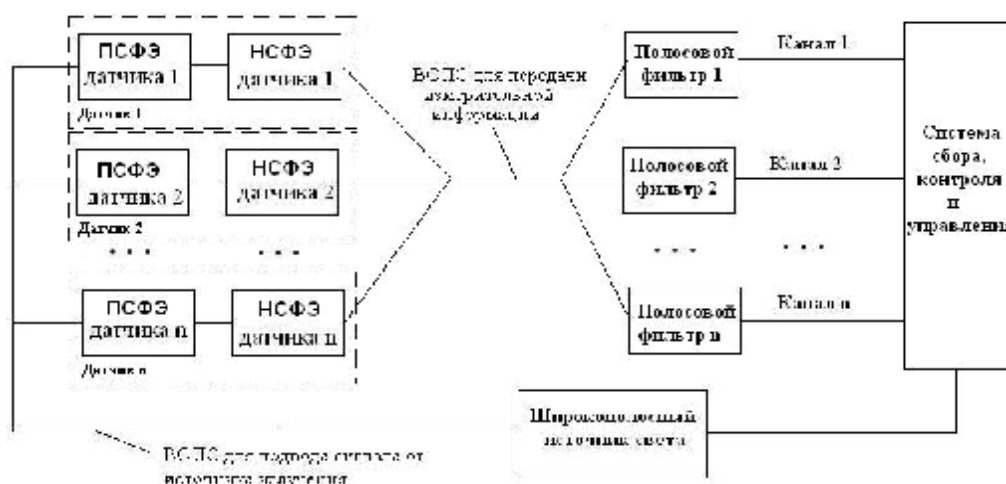


Рис. 4. Структурная схема волоконно-оптической системы сбора информации с МОС-датчиков со спектральным уплотнением (ПСФЭ – подвижный спектроформирующий элемент, НСФЭ – неподвижный спектроформирующий элемент)

пример типа “звезда”. Спектроформирующие элементы (СФЭ) МОС-датчиков проектируются так, что бы диапазоны изменения их спектральных характеристик не пересекались (рис. 5).

При углового перемещении ПСФЭ, связанного с объектом перемещения, относительно НСФЭ изменяется степень перекрытия их спектральных характеристик и, соответственно, выходной сигнал датчика. Расположив элементы оптического блока так, что в исходном положении их спектральные характеристики частично перекрываются, можно вывести “рабочую точку” на линейный участок позиционной характеристики. Кроме того, СФЭ, являясь конструктивными элементами датчиков, выполняют и функции мультиплексора, упрощая всю систему сбора информации и снижая ее стоимость.

Далее сигнал от каждого датчика передается в ВОЛС. На приемной стороне установлен набор полосовых фильтров, выделяющих каналные сигналы, которые поступают в блок сбора информации, контроля и управления.

Выбор ширины полосы пропускания СФЭ

МОС-датчика зависит от измеряемой им физической величины (так для концевых выключателей с уменьшением ширины полосы пропускания СФЭ увеличивается точность срабатывания, а для датчика угловых перемещений с увеличением полосы пропускания СФЭ уменьшается влияние неравномерности спектральных характеристик оптоэлектронных элементов на позиционную характеристику).

От ширины полосы пропускания зависит также величина нелинейности позиционной характеристики МОС-датчика, энергетические характеристики и т.д. [3, 5].

При этом, в зависимости от вышеуказанных требований спектр сигнала от  $i$ -ого датчика системы может занимать как одну спектральную полосу (рис. 1), так и несколько.

В [3] было показано, что для аналогового МОС-датчика перемещения оптимальной является ширина полосы пропускания СФЭ 20 – 40 нм (зависит от величины допустимой погрешности нелинейности позиционной характеристики). А для аналого-цифрового датчика ширина

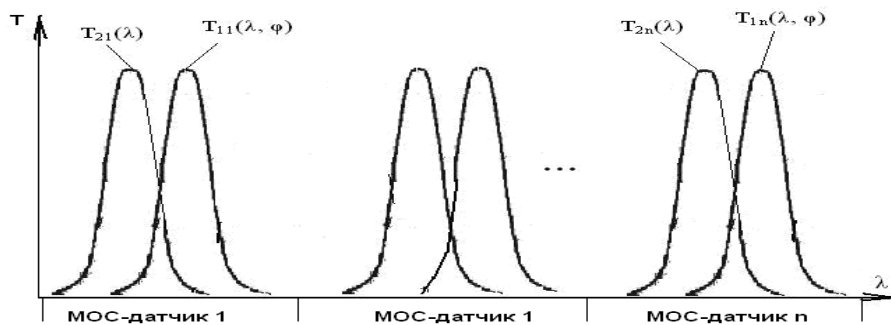


Рис. 5. Распределение спектральных характеристик спектроформирующих элементов МОС-датчиков по длинам волн

Таблица 2. Варианты подключения МОС-датчиков к ВОЛС

Тип датчика	Используемые диапазоны длин волн, нм		Количество датчиков	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 1	Вариант 2
Аналоговый	400... 1000	400... 1000	Более 19	Более 15
	1260... 1460	-		
Аналого-цифровой	1460... 1625	1260... 1460	13 (12-разрядных)	30 (12-разрядных)
	-	1460... 1625		

полосы пропускания составляет может составлять величину менее 1 нм.

В табл. 2 проведена оценка максимального количества датчиков, подключаемых к одному оптическому волокну для ЛА типа МИГ-29.

Из анализа [2,4] и таблицы 2 можно сделать вывод, что одного оптического волокна достаточно для сбора информации с датчиков системы автоматического управления и системы ограничительных сигналов современных самолетов (например, МиГ – 29), при условии, что все датчики построены на основе спектрального взаимодействия.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пат. 2313827 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G 06 F

17/40, G 06 F 7/00. Система сбора и регистрации полетной информации [Текст] / Скубилин М.Д.; заявитель и патентообладатель Скубилин М.Д. - №2006128667/09; заявл. 07.08.06, Бюл. № 36 (II ч). - 3 с.: ил.

2. Воробьев В.Г., Глухов В.В. и др. Авиационные приборы и измерительные. М.: Транспорт, 1981. 391 с.  
 3. Матюнин С.А. Многокомпонентные оптронные структуры. Самара: Самарский научный центр РАН, 2001. 260 с.  
 4. Борисов В.А., Калмыков В.В., Ковальчук Я.М. и др. Радиотехнические системы передачи информации: учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.  
 5. Степанов М.В. Волоконно-оптическая система сбора информации на многокомпонентных оптронных структурах // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций». Самара: Изд-во СГАУ, 2008. С. 236–239.  
 6. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера, 2007. 512 с.

**SYSTEM OF COLLECTING INFORMATION FROM OF MULTICOMPONENT OPTICAL STRUCTURE SENSOR WITH WAVE–LENGTH MULTIPLEXING**

© 2009 M.V. Stepanov

Samara State Aerospace University

In this article the problems of construction of system of collecting information from of multicomponent optical structure sensor with wave–length multiplexing are concerned and the principles of system’s action are described.

Key words: spectral compaction, system of the collection to information, multicomponent optical structure sensor, fiber–optic communication link, compaction channel

Maxim Stepanov, Graduate Student at the Electronic Systems and Devices Department  
 E-mail: st\_maxim@mail.ru.