

параметров оптического излучения на различных длинах волн производится в одном и том же физическом объеме чувствительного элемента. При выборе пары источник оптического излучения – фотодетектор для обеспечения максимального динамического диапазона преобразователя и минимальной погрешности измерения необходимо подобрать их параметры так, чтобы значения длин волн излучения источника света были как можно ближе к экстремумам спектральной характеристики двухбарьерного фотодетектора [4].

Применение двухбарьерных фотоприемников в схемах измерительных преобразователей систем оптической диагностики позволяет реализовать процедуру калибровки непосредственно в процессе измерения.

Схемы калибровки измерительных преобразователей систем оптической диагностики с двухбарьерным фотодетектором позволяют исключить ряд погрешностей, связанных с неидентичностью отдельных фотодетекторов и элементов различных оптических измерительных каналов, существенно уменьшить другие составляющие погрешности измерения.

Применение одноэлементных двухбарьерных фотодетекторов в схемах калибровки измерительных преобразователей систем оптической диагностики позволяет исключить диспергирующие элементы, что приводит к упрощению оптической схемы измерения с одновременным улучшением метрологических характеристик измерительных преобразователей систем оптической диагностики.

УДК 629.3.05:629.762

ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ СО ВСТРОЕННЫМ АЛГОРИТМОМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО СИГНАЛАМ ОТ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Черняковский Д.Н., Односторонцев А.А., Михайлов А.О., Фёдорцев Р.В., Морошек П.М., Белов А.В.

ООО «НТЛаб-ИС»

Минск, Республика Беларусь

Процесс управления скоростными воздушными объектами с быстроменяющейся траекторией движения предусматривает решение комплекса взаимосвязанных задач, связанных со стабилизацией его движения и корректировкой направления полёта. Одним из таких исполнительных изделий является – пилотажно-навигационный модуль (ПНМ) (рисунок 1).

Для контроля и диагностики входящих в изделие элементов и антенного модуля, собирався стенд, представленный на рисунке 2. ПНМ и излучающую антенну располагали в безэховой камере.

При проведении стендовых испытаний по оценке функциональности работы данного изде-

Литература

1. Масол, И.В. Информационные нанотехнологии / И.В. Масол, В.И. Осинский, О.Т. Сергеев – Киев: изд-во Макрос, 2011. – 560 с.
2. Ермаков, О.Н. Прикладная оптоэлектроника / О.Н. Ермаков. – М.: Техносфера, 2004. – 416 с.
3. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
4. Гусев О. К., Тявловский К. Л., Воробей Р. И., Свистун А. И., Шадурская Л. И. Фотоприемники на основе собственных полупроводников для построения измерительных преобразователей. // Метрология и приборостроение. – 2017, № 2. – С.34–42.
5. Окоси Т. и др. Волоконно-оптические датчики. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
6. Гусев, О.К. и др. Методология и средства измерений параметров объектов с неопределенными состояниями. / О.К. Гусев, Р.И. воробей, А.Л. Жарин, А.И. Свистун, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский; под общ ред. О.К. Гусева – Минск: БНТУ, 2010. – 582 с.
7. Vorobey, R.I. Photoelectric semiconductor converters with a large dynamic range / R.I. Vorobey, O.K. Gusev, A.K. Tyavlovsky, K.L. Tyavlovsky, A.I. Svistun, L.I. Shadurskaya, N.V. Yarzhembitskaya, K. Kierczynski // Przegląd elektrotechniczny, – Nr 5. 2014, – Pp. 75–78.
8. Воробей, Р.И. Измерительные преобразователи систем оптической диагностики с многофункциональными фотоприемниками / Р.И. Воробей, О.К. Гусев, А.И. Свистун, А.К. Тявловский, К.Л. Тявловский, Л.И. Шадурская // Приборы и методы измерений, 2018. № 3. – С. 215–226.
9. Назаров Н. Г. Метрология. Основные понятия и математические модели. – М.: Высш. шк., 2002. – 348 с.

лия осуществляется оценка следующих выходных показателей:

- геодезические координаты (WGS-84);
- проекции вектора скорости;
- угловая ориентация и угловые скорости изделия;
- режим работы и статус внутренних модулей;
- отношение сигнал/шум для каждого спутника.

При формировании сигналов ГНСС в качестве имитатора использовался Spirent GSS6700 работающий на частоте L1 из одного шасси. Приёмник сигналов спутниковой навигационной системы (СНС) должен обеспечивать поиск и захват сигналов GPS, ГЛОНАСС, GALILEO,

BeiDou с заданными в интерфейсных контрольных документах характеристиками при изменении мощности сигнала на входе антенной системы в диапазоне от -136 до -110 дБмВт. ПНМ должен обеспечивать возможность определения спутниковым модулем геодезических координат WGS-84, составляющих вектора скорости и углов пространственной ориентации изделия при наличии сигналов хотя бы одной из спутниковых систем и проведения начальной выставки, а также начала выполнения коррекции по СНС для активных навигационных систем за время, не превышающее 150 с.

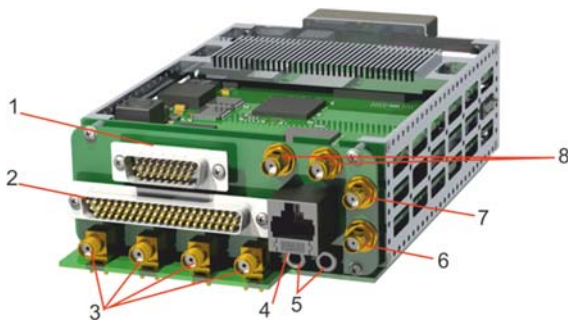


Рисунок 1 – Внешний вид ПНМ:

- 1 – разъём целевой нагрузки;
- 2 – разъём управления БЛА/БНМ;
- 3 – разъёмы антенны высокоточного приёмника спутниковой навигации и ориентации;
- 4 – разъём бортового устройства регистрации;
- 5 – фитинги CBC;
- 6 – разъём антенны приёмника сигналов СНС ГЛОНАСС/GPS/Galileo/BeiDou;
- 7 – разъём антенны передатчика видеосигнала;
- 8 – разъём антенны приёмопередатчика телеметрии и управления

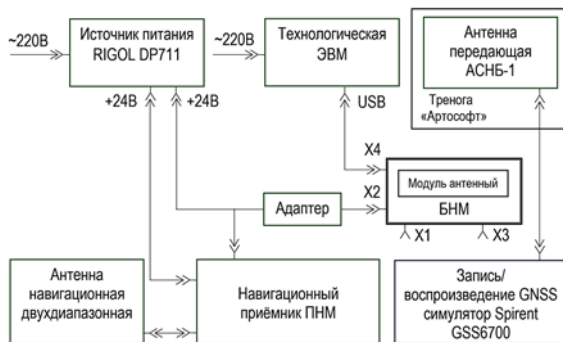


Рисунок 2 – Схема стенда для проведения функционального контроля и диагностики ПНМ

В основу работы алгоритма автоматической коррекции заложен метод интеграции (комплексирования) спутниковых радионавигационных систем (СРНС) и бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), которые работают независимо друг от друга, но содержат блок обработки и коррекции входных сигналов посредством интегрального фильтра Калмана.

Проверялась возможность функционирования бесплатформенной инерциальной навигационной

системы по данным блока чувствительных элементов МЭМС STIM300 с возможностью проведения начальной выставки по заданным координатам и курсу или по данным, измеренным приёмником СНС, и заданному курсу, а также функционирования алгоритма комплексной обработки данных СНС и БИНС.

Получены результаты измерений при использовании глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) в комбинированном варианте GPS, ГЛОНАСС. Время начала выполнения коррекции по СНС при максимальном уровне мощности сигнала захвата и слежения составило 0,51 с (рисунки 3 и 4).

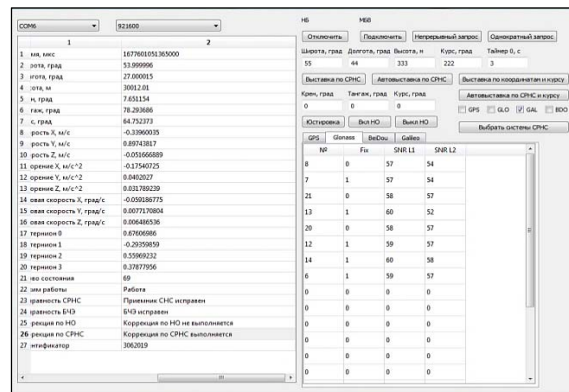


Рисунок 3 – Результаты контроля выходных данных ПНМ при работе по сигналам GPS, ГЛОНАСС при максимальном уровне мощности захвата и слежения



Рисунок 4 – Контроль выполнения коррекции по СНС при работе по сигналам от GPS, ГЛОНАСС и при максимальном уровне мощности захвата и слежения

Время начала выполнения коррекции по СНС при минимальном уровне мощности сигнала захвата составило 0,57 с (рисунки 5 и 6).

Результаты контроля признака коррекции по СНС после установки минимального уровня мощности сигнала на входе антенной системы ПНМ соответствующего минус 143 дБмВт.

Первое навигационное решение после подачи питания появилось через 63 с. Непосредственно после начала внесения преднамеренных ошибок по псевдодальностям в течении 3 с наблюдалось отсутствие признака коррекции по СНС, что яв-

ляется допустимым. Далее признак восстановился и не пропал.

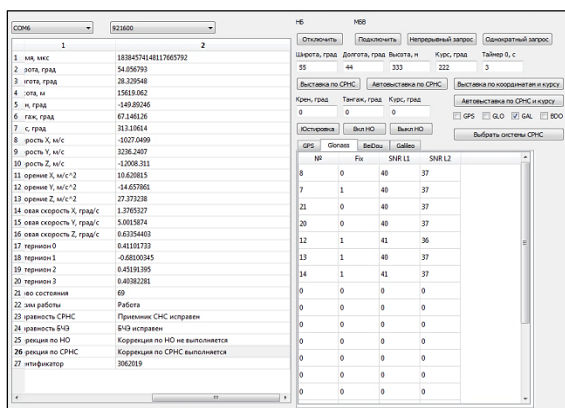


Рисунок 5 – Результаты контроля выходных данных ПНМ при работе по сигналам GPS, ГЛОНАСС при минимальном уровне мощности захвата

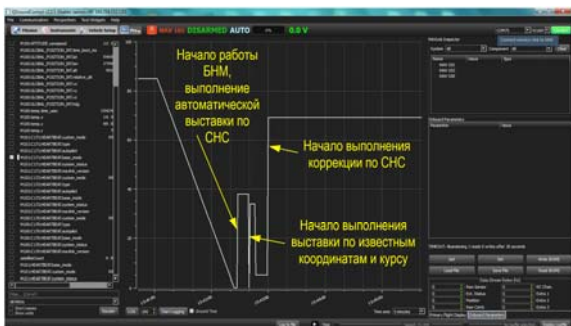


Рисунок 6 – Контроль выполнения коррекции по СНС при работе по сигналам от GPS, ГЛОНАСС при минимальном уровне мощности захвата

Дополнительно в ходе проверки на технологической ЭВМ программным обеспечением «QGroundControl» фиксировалось состояние признака коррекции по СНС в виде графика. На графике отображалось текущее значение «слова состояния», включающего в себя текущее значение признака коррекции по СНС. Наблюдалось отсутствие признака коррекции по СНС в течении 3 с непосредственно после начала воздействия преднамеренных ошибок по псевдодальностям, что является допустимым. Затем признак коррекции по СНС присутствовал до окончания проверки.

Выполнили включение ПНМ и отправили в ПНМ команду выставки по координатам и курсу. После перехода ПНМ в режим «Работа» подали команду выключения коррекции по нулевым скоростям. На технологической ЭВМ в течение 60 с наблюдали уход значений координат и углов ориентации от параметров выставки. Наблюдалось расхождение текущих значений координат и углов ориентации с параметрами команды выставки.

Отправили в ПНМ команду включения коррекции по нулевым скоростям. На технологической ЭВМ наблюдали стабилизацию значений координат и углов ориентации вблизи средних значений.

Дополнительно в ходе проверки на технологической ЭВМ программным обеспечением «QGroundControl» фиксировались значения углов азимута, крена и тангажа. наблюдался уход текущих значений углов азимута, крена и тангажа. Далее после команды коррекции по неподвижному основанию значения углов азимута, крена и тангажа стабилизировались вблизи средних значений.

Проводили проверку углов курса, крена и тангажа. Включили ПНМ и установили на столе. С помощью технологической ЭВМ отправили в ПНМ команду ввода юстировочных углов блока чувствительных элементов относительно строительных осей носителя с нулевыми юстировками углов курса, крена и тангажа. Поворачивали ПНМ в плоскости стола до достижения показаний углов в технологической ЭВМ близких к значениям, указанным в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Угол курса	Угол крена	Угол тангажа
1	30°	0°	0°
2	0°	-20°	0°
3	0°	0°	19°

Таким образом в ходе проведения стендовых испытаний установлено, что изделие ПНМ соответствует запланированным параметрам, а также подтверждает допустимость применения разработанных методик контроля параметров ПНМ.