

6. Агеев, А.М. Обоснование выбора источников излучения для системы технического зрения в задаче автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов / А. М. Агеев, В. Г. Бондарев, В. В. Проценко // Компьютерная оптика. – 2022. – том 46, – №2 – С. – 239–246.

УДК 681.51

УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСИСТЕМНЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ

Р.И. ВОРОБЕЙ, А.С. МОРОЗ, К.В. ПАНТЕЛЕЕВ, А.К. ТЯВЛОВСКИЙ
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В работе представлена разработка учебного лабораторного стенда для исследования датчиков первичной информации в микросистемном исполнении. Рассматриваются цель, задачи и научная новизна комплекса, направленного на подготовку высококвалифицированных специалистов в области приборостроения и навигационных систем для беспилотной авиации. Приводятся сравнительный анализ существующих аналогов и основные этапы создания стенда и его преимущества.

Введение. Интенсивное развитие микросистемной техники обусловило появление на рынке широкой номенклатуры миниатюрных датчиков первичной информации, таких как микромеханические гироскопы и акселерометры, магнитометры, барометрические датчики и приемники спутниковой навигации. Это стало ключевым фактором для создания относительно недорогих, малогабаритных и энергоэффективных информационно-измерительных систем, обладающих достаточной для многих задач точностью. Особенно востребованы такие системы в быстро развивающейся области беспилотных летательных аппаратов микро- и мини-класса.

Система автоматического управления БПЛА представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, который должен обеспечивать стабилизацию параметров движения, контроль траектории полета и анализ данных от множества источников в реальном времени [1]. Основой такой системы является подсистема ориентации и навигации, часто построенная на принципе комплексирования данных от различных сенсоров [2]. В этой связи возникает острая потребность

в подготовке специалистов, обладающих глубокими знаниями и практическими навыками в области работы, калибровки и обработки сигналов микросистемных датчиков. Однако существующие учебные решения, как правило, ограничиваются виртуальным изучением конструкции и не предоставляют возможности для полноценного экспериментального исследования реальных устройств. Коммерческая тайна производителей также ограничивает доступ к необходимой информации. Таким образом, разработка специализированного учебного стенда для комплексных исследований микросистемных датчиков является актуальной и своевременной задачей.

Целью данной работы является создание учебного стенда для исследования датчиков первичной информации в микросистемном исполнении, используемых в системах стабилизации, ориентации и навигации. Для достижения поставленной цели решен комплекс задач, включающий исследование устройств и принципов работы микросистемных датчиков, разработку алгоритмов и программного обеспечения для снятия, обработки и калибровки их выходных сигналов. Особенностью разработки являются созданные методики экспериментальной калибровки и обработки сигналов для различных типов датчиков. Комплекс отличается подходом к изучению не только отдельных датчиков, но и принципов их совместной работы в составе платформенной инерциальной навигационной системы. Кроме того, стенд предоставляет возможность исследовать совместимость датчиков и оценивать точность всей навигационной системы при использовании различных методов представления ориентации, таких как углы Эйлера или кватернионы.

Сравнительный анализ с существующими аналогами [3]. Проведенный анализ рынка учебного оборудования выявил несколько основных аналогов. Виртуальный учебный комплекс «Способы представления пространственного положения объектов (Углы Эйлера и кватернионы)» от ООО НПП «Учтех-Профи» (Российская Федерация) основан на теоретическом изучении математических методов описания ориентации объектов. Виртуальное наглядное пособие «Устройство микромеханических датчиков и гироскопов» того же производителя позволяет изучать конструктивные особенности и принципы работы отдельных типов датчиков. Виртуальный стенд «Устройство и принцип работы различных датчиков ИНС» расширяет возможности предыдущих решений, добавляя изучение инерциальных навигационных систем.

Среди стендовых решений следует отметить типовой комплект учебного оборудования «Исследование гироскопических датчиков» (ИГД-СК) от ООО НПП «Учтех-Профи» и аналогичный комплекс от

компании ООО «ЛАБСИС» (Российская Федерация). Анализ показал, что большинство существующих решений представляют собой виртуально-программные комплексы, в которых основной упор делается на изучение конструкции, устройства и принципов работы микромеханических гироскопов и акселерометров. В этих комплексах с помощью трехмерной графики и анимации представлены кинематические схемы и соответствующие им модели изучаемых датчиков, что позволяет наблюдать поведение системы.

Основными недостатками перечисленных аналогов являются ориентация на изучение конструкции и принципов работы датчиков вместо построения систем на их основе, отсутствие возможности изучения принципов построения микросистем ориентации, стабилизации и навигации, невозможность практической калибровки датчиков и их настройки, а также отсутствие инструментов для исследования путей повышения точности системы. Дополнительным ограничением является высокая стоимость предлагаемых продуктов.

Технические особенности разрабатываемого стенда. Разрабатываемый учебный стенд включает макет подвижного объекта, содержащего сборку из трех микромеханических гироскопов, сборку из трех акселерометров, сборку из трех магнитометров, приемник спутниковой навигационной системы GPS/ГЛОНАСС и датчики температуры. Микроконтроллер может быть расположен либо в самом объекте, либо для удобства вынесен за его пределы. Важным компонентом является поворотный стол для обеспечения поворотов подвижного объекта. Программное обеспечение с открытым кодом имеет простой понятный интерфейс и предоставляет широкие возможности для экспериментов. Комплекс включает методические материалы для проведения лабораторных работ и практических занятий.

Разрабатываемый учебный стенд исключает недостатки существующих аналогов и предлагает комплексный подход к изучению систем ориентации и навигации. Важным преимуществом является возможность практической калибровки и настройки датчиков, а также реальное аппаратное исполнение вместо виртуальной симуляции. Открытое программное обеспечение позволяет проводить глубокое изучение принципов работы системы. В образовательном процессе комплекс обеспечивает практическое изучение принципов комплексирования данных от разнородных датчиков и формирование навыков работы с реальным измерительным оборудованием. Экономические преимущества включают существенно более низкую стоимость по сравнению с существующими аналогами и возможность модернизации и расширения функциональности. Комплекс предназначен для использования в

учебном процессе при подготовке студентов по направлениям «Приборостроение» и «Системы управления движением и навигация» и др. Кроме того, он может применяться для повышения квалификации инженерно-технических работников, занятых в разработке и модернизации беспилотных авиационных комплексов. На его основе можно осваивать методы калибровки и фильтрации сигналов, а также изучать принципы комплексирования информации от разнородных датчиков для построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. Предлагаемый комплекс предоставляет возможность отрабатывать алгоритмы навигации и стабилизации на практике.

Заключение. Проведенная работа по разработке учебного стенда демонстрирует возможность создания современного образовательного комплекса, отвечающего актуальным требованиям подготовки специалистов в области навигационных систем и приборостроения. Разработанное решение успешно устраняет ключевые недостатки существующих аналогов, предлагая комплексный подход к изучению не только отдельных датчиков, но и принципов построения законченных систем ориентации, стабилизации и навигации.

Особую ценность представляет практическая направленность стенда, позволяющая проводить реальные эксперименты по калибровке, настройке и комплексированию разнородных датчиков. Использование открытого программного обеспечения и модульной архитектуры обеспечивает гибкость и возможности для дальнейшего расширения функциональности комплекса.

Перспективы дальнейшего развития проекта связаны с расширением номенклатуры исследуемых датчиков, разработкой дополнительных методик экспериментальных исследований и интеграцией стенда в систему дистанционного образования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распопов, В.Я. Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 2011. – 184 с.
2. Обзор методов комплексирования в интегрированных навигационных системах / М.Б. Богданов [и др.] // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020, вып. 5. – С. 118–125.
3. Материалы официальных сайтов ООО НПП «Учтех-Профи» и ООО «ЛАБСИС».