

◆ НОВЫЕ КНИГИ ◆

О книге

«Опыт проектирования и изготовления блоков измерителей линейного ускорения на кварцевых маятниковых акселерометрах с аналоговой и цифровой системами управления»

В издательстве Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина вышла монография С.В. Нахова, Д.М. Калихмана, Л.Я. Калихман, Е.А. Депутатовой, В.В. Скоробогатова, А.Ю. Николаенко.

Авторы – сотрудники филиала ФГУП «НПЦАП» – «ПО «Корпус» (г. Саратов) – принимали непосредственное участие в разработке приборного обеспечения программ Международной космической станции (МКС), некоторые результаты этих исследований неоднократно представлялись на Санкт-Петербургской международной конференции по интегрированным навигационным системам.



Монография содержит 10 глав, изложенных в логической последовательности разработки любого прибора. Между тем каждая глава может выступать в качестве самостоятельного материала и сопровождается внушительным списком источников, которые отмечены в монографии ссылками в соответствующих местах текста.

Представим краткое содержание монографии.

Во введении приводятся фундаментальные принципы построения измерителей линейного ускорения – акселерометров, которые сформулировал А.Ю. Ишлинский в книге «Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация», назвавший эти приборы ньютонометрами. Показывается, что в большей степени всем требованиям к чувствительным элементам современных БИНС (бесплатформенных инерциальных навигационных систем) удовлетворяют кварцевые маятниковые акселерометры (КМА). Приводятся технические характеристики этих акселерометров наиболее известных зарубежных и отечественных производителей, в том числе технические характеристики КМА, изготавливаемого на ПО «Корпус».

Глава 1 содержит описание принципа действия и наиболее распространенной конструкции КМА.

В главе 2 приводится вывод дифференциальных уравнений движения чувствительного элемента акселерометра, а также математические расчеты для основных конструктивных узлов акселерометра – маятниковой пластины, датчиков угла и момента. Выполняется выбор математической модели чувствительного элемента акселерометра при условии совершения маятником угловых колебаний или же плоскопараллельных движений относительно оси подвеса.

В главе 3 приводится описание методики синтеза аналогового регулятора КМА и формирования усилителя обратной связи, образующего с датчиками угла и момента «электрическую пружину» в приборе. Приводится расчет параметров блока преобразования информации для формирования из аналогового напряжения цифрового сигнала – унитарного кода, передаваемого в систему управления объектом, на котором установлен прибор.

В главе 4 представлены результаты создания разработанного на ПО «Корпус» шестиканального блока измерителей линейного ускорения (БИЛУ) с неортогональной ориентацией осей чувствительности акселерометров. Описывается оригинальное техническое решение, которое позволило обеспечить аппаратную компенсацию температурных погрешностей прибора.

Глава 5 содержит описание схемотехнических решений построения КМА с цифровой системой управления. Разработанные авторские технические решения защищены патентами РФ на изобретения.

В главе 6 рассматриваются различные известные методики синтеза дискретных регуляторов и результаты математического моделирования работы акселерометра с цифровой системой управления и различными дискретными регуляторами.

Глава 7 включает описание программного обеспечения цифровой системы управления КМА, на которое зарегистрированы авторские свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Глава 8 содержит общие сведения об эксплуатационных факторах и характеристиках условий эксплуатации, а также результаты экспериментальных исследований разработанных измерителей линейных ускорений на КМА с аналоговой и с цифровой системами управления.

В главе 9 приводится информация о возможности применения акселерометров в системах управления высокоманевренными объектами, где необходимо обеспечить диапазон измерения линейных ускорений ± 50 g и рабочий температурный диапазон в пределах от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$, что приводит к ряду проблем, требующих специальных технических решений. Показываются варианты решения этих проблем.

Глава 10 содержит общие требования и описание технической документации, необходимой при разработке прибора.

В книге имеется добротный аналитический обзор по работам в области маятниковых акселерометров, в том числе и с кварцевыми маятниками.

Справедливо отмечены пионерские работы В.Е. Мельникова по электромеханическим преобразователям на базе кварцевого стекла и С.Ф. Коновалова и В.А. Измайлова по теории маятниковых акселерометров с аналоговым ШИМ-управлением током датчика моментов (ДМ).

Авторы в первой части книги рассматривают (анализ и синтез) шестиосный блок измерителей линейного ускорения (прибор БИЛУ) с неортогональной ориентацией акселерометров. В таком исполнении БИЛУ применялся на космических кораблях (КК)

«Союз-ТМА» и «Союз-МС» с 2008 года. Здесь уместно еще раз отметить, что все технические решения по БИЛУ были реализованы при выполнении программ по МКС и защищены патентами РФ на изобретения. Это одно из существенных отличий монографии от многочисленных публикаций по маятниковым акселерометрам и измерительным блокам на их основе.

Переход от аналоговой к цифровой электронике с ШИМ-управлением током ДМ улучшает технические характеристики акселерометров, в частности расширяется диапазон измерений. Кроме того, внутри управляющего процессора каждого измерительного канала БИЛУ (акселерометра) обеспечена компенсация погрешностей, обусловленных температурой и разбалансом маятника, что существенно расширяет варианты применения БИЛУ.

БИЛУ с цифровой системой управления (обратная связь) в 2019 году прошел испытания на КК «Союз-МС-М» и заменил БИЛУ с аналоговым управлением на КК «Союз-МС» и «Прогресс-МС».

Наконец, нужно отметить, что в монографии, видимо впервые в отечественной литературе, в комплексе рассмотрены конструкция акселерометра, расчет параметров его электромеханики, синтез параметров аналогового и цифрового регулятора с обеспечением требуемых показателей качества и переход к схемотехнике электроники.

Отдельная глава посвящена летным испытаниям БИЛУ как с аналоговой, так и с цифровой системами управления.

Завершающей является интересная, важная для практики глава, в которой описываются разработка технической документации для производства и подготовка наземных испытаний прибора.

Можно заключить, что отмеченные особенности монографии определяют ее востребованность разработчиками гироскопической техники.

Несомненно также, что книга будет полезна студентам и аспирантам, обучающимся по направлениям подготовки ВО «Приборостроение», «Системы управления и навигации», «Ракетостроение» и другим смежным направлениям.

*Доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
заведующий кафедрой «Приборы управления»
Тульского государственного университета
В.Я. Распопов*