

Испытания бесплатформенных инерциальных навигационных систем

Матвей Ульянов (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены испытания серийного изделия комплекса управления с бесплатформенной инерциальной навигационной системой в виде гиринерциального блока. Приведены четыре результата испытаний на классический удар и широкополосную случайную вибрацию с последующим анализом.

Одной из важнейших задач в области беспилотных летательных аппаратов является получение информации о состоянии технологического оборудования и аппаратов, в частности, при помощи гиринерциальных блоков (ГИБ) или гириблоков – устройств, способных реагировать на изменение углов ориентации и ускорений тела, на котором они установлены.

Высокоточные системы ориентации в пространстве – как пилотируемых, так и беспилотных летательных аппаратов, – получают всё большее распространение в изделиях различного назначения, в том числе в квадрокоптерах и других малых летательных аппаратах.

Основу данных систем составляют гироскопы, которые входят в состав гиринерциальных блоков, вибрационные воздействия на которые во время полёта существенно снижают точность выходных данных. Ускорения и вибрации вызывают изменение внутренних механических напряжений конструкции лазерного гироскопа, что приводит к изменениям оптических характеристик и сбоям в электронных блоках. Это, в свою очередь, ведёт к ошибкам в навигации летательных аппаратов и может сделать невозможным выполнение полётных заданий. Поэтому очень важно оценить качество гириблоков ещё на стадии

производства в условиях создания искусственных вибраций, приближённых к реальным условиям работы. Однако зачастую испытания проводятся в условиях, которые существенно превосходят реальные и соответствуют запасу прочности, заложенному в конструкции системы. Такие испытания проводятся, например, на этапах квалификационных и предварительных испытаний или на более ранних этапах разработки. Требования механической прочности изделия должны соответствовать его классу и проводиться по соответствующим стандартам. Такие требования, в свою очередь, часто являются одной из основ технических заданий на разработку гиринерциальных блоков.

Рассмотрим структуру стенда проведения вибрационных испытаний объекта исследования (ОИ) (рис. 1).

В общем случае задача обеспечения механических испытаний решается следующим образом. Необходимый вид воздействия, его характеристики и время воздействия задаются в программном обеспечении вычислительной машины, в частном случае – персональном компьютере. Эти данные передаются в контроллер, который непосредственно управляет процессом испытания. Контроллер следит за тем, чтобы сигнал, получаемый с опорного датчика, соответствовал сигналу, запрограммированному на испытание. Это система с обратной связью, которая, в зависимости от отклонения от заданных значений, вносит необходимую коррекцию.

От контроллера заданные параметры в виде тока и напряжения поступают на усилитель, задача которого обеспечить необходимой мощностью подвижные системы вибростенда, которые преобразуют электрическую энергию в механическое воздействие.

Объект исследования жёстко крепят к плите вибростенда. На объект исследования устанавливают измерительные преобразователи (датчики), показания которых через контроллер передаются в вычислительную систему для проведения дальнейшего анализа результатов.

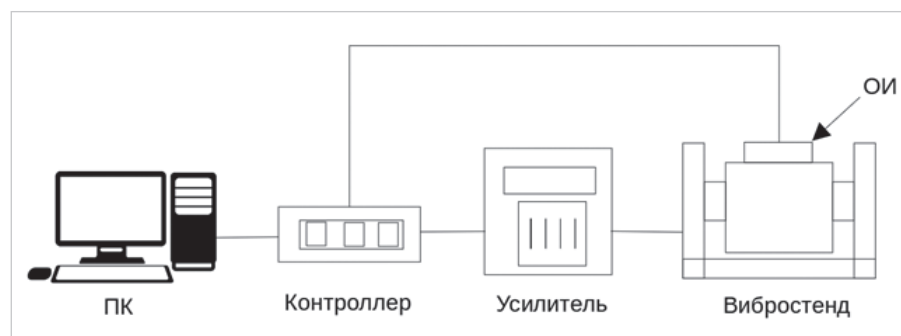


Рис. 1. Структура испытательного стенда

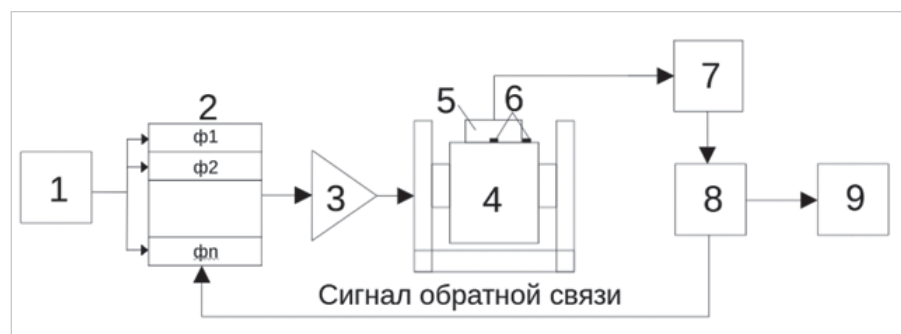


Рис. 2. Структурная схема испытаний методом широкополосной случайной вибрации, где 1 – задающий генератор шума; 2 – блок фильтров частотного диапазона; 3 – усилитель мощности; 4 – вибровозбудитель; 5 – объект исследования; 6 – вибродатчик; 7 – виброизмерительная система; 8 – анализирующее устройство; 9 – регистрирующее устройство

Рассмотрим структурную схему испытаний объекта методом широкополосной случайной вибрации (ШСВ) (рис. 2).

При использовании метода ШСВ задаётся постоянная плотность энергии каждой гармонической составляющей колебательного процесса. В качестве задающего устройства используется сигнал белого шума или широкополосный случайный сигнал, подаваемый на регулируемые полосовые частотные фильтры, перекрывающие спектры частот сигнала возбуждения. После уравнивания плотностей энергии в каждом диапазоне частот сигнал усиливается и преобразуется в вибрацию. Полученные выходные характеристики снимаются вибродатчиками, анализируются и используются для регистрации данных, а информацию опорных датчиков используют для отслеживания заданных параметров испытания.

Основой проведения механических испытаний, как и всех других, является «Программа – методика испытаний», которая устанавливает жёсткие требования на перечень и характеристики испытаний. Первыми выступают требования к методу крепления изделия на столе вибростенда, а также месту крепления датчиков и их количеству. На рис. 3 представлена схема для испытаний по оси Y изделия. Количество и расположение датчиков может меняться в зависимости от условий проведения испытаний.

Контрольные датчики № 1, 2, 3, 4 устанавливаются на приспособление по оси проведения испытания. Контрольные датчики № 5, 6, 7 устанавливаются на кубик на ГИБ изделия по осям Y, X, Z соответственно.

Изделие устанавливается в приспособление или оправу, крепится к ней болтами. Приспособление через переходную плиту устанавливается на вибростенд в соответствии с необходимой пространственной ориентацией.

Исследуемая система представляет собой комплекс, основу которого составляет гироблок с тремя акселерометрами и тремя лазерными гироскопами, по одному на каждой оси.

Общий список испытаний представлен в следующем виде:

- 1) синусоидальная вибрация одной частоты;
- 2) синусоидальная вибрация;
- 3) широкополосная случайная вибрация;

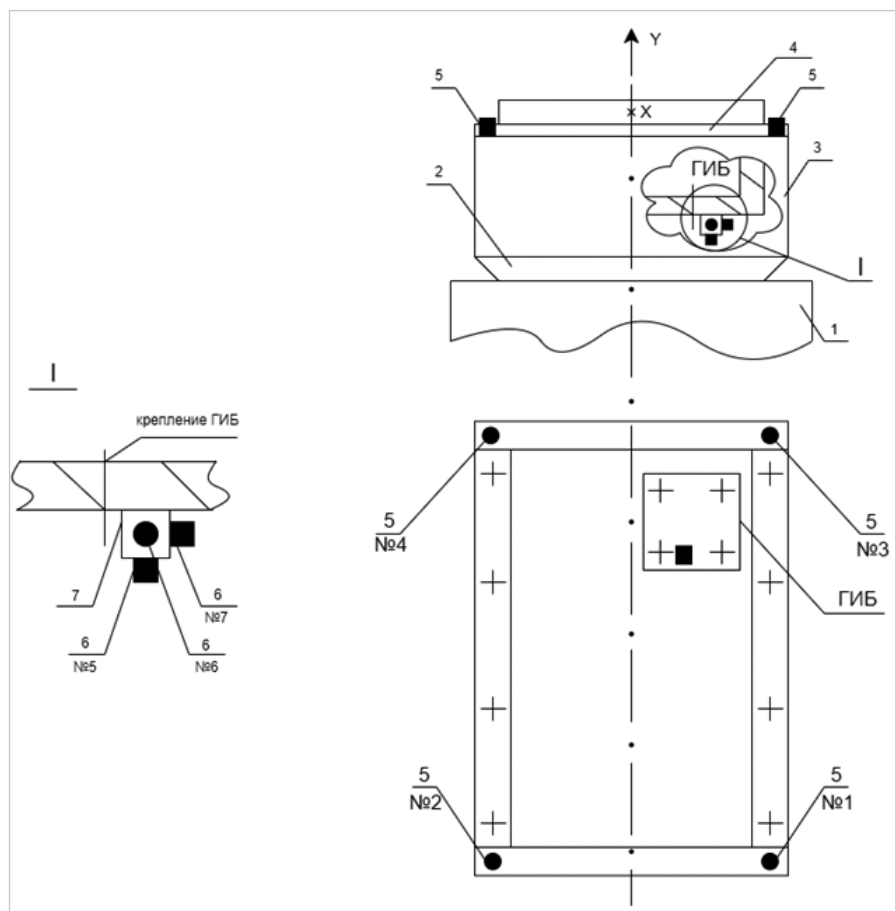


Рис. 3. Схема установки изделия на вибростенде при испытании на механические воздействия по оси Y: 1 – вибростенд; 2 – плита переходная; 3 – приспособление; 4 – изделие; 5 – вибродатчик контрольный (№ 1, 2, 3, 4); 6 – вибродатчик контрольный (№ 5, 6, 7); 7 – кубик

4) классический удар;

5) испытания при транспортировании и др.

Разработанная система управления обеспечивает проведение испытаний в различных вариациях, то есть в ходе испытания могут проверяться стойкость, устойчивость или прочность изделия, меняться оси воздействия, а также характеристики вибрационных испытаний.

В качестве примера приведены результаты широкополосных вибрационных испытаний изделия по оси Y с ускорением 14g (рис. 4).

Целью данных испытаний являлось одновременное возбуждение всех резонансов конструкции, что позволяет выявить их взаимное влияние. Испытания проводились при ускорении 14g с профилем испытания 0,1 на полосе частот 20...2000 Гц.

Было замечено, что на узкой полосе частот 140...150 Гц появляется пик, который может соответствовать резонансной частоте. Пики наблюдаются не только по оси воздействия. В той же полосе 140...150 Гц пик по

оси Z. Несколько пиков наблюдаются в полосе частот 1...2 кГц по оси X. Причины появления этих пиков ещё предстоит уточнить при детальном анализе совместно с другими испытаниями.

Заключение

В ходе проведённых механических испытаний были выявлены слабые места конструкции изделия, которые в процессе эксплуатации могут оказать значительное влияние на работу наиболее уязвимого элемента подобных комплексов управления – гироинерциального блока. Снижение эффекта резонанса конструкции изделия в целом на работу ГИБ является одним из наиболее значимых направлений развития виброподвесов и алгоритмов подавления для повышения отказоустойчивости как для военных, так и для гражданских систем. В свою очередь, обоснование и направление доработок непрерывно связано с модернизацией методов, алгоритмов и средств воспроизведения вибрации с целью повышения эффективности

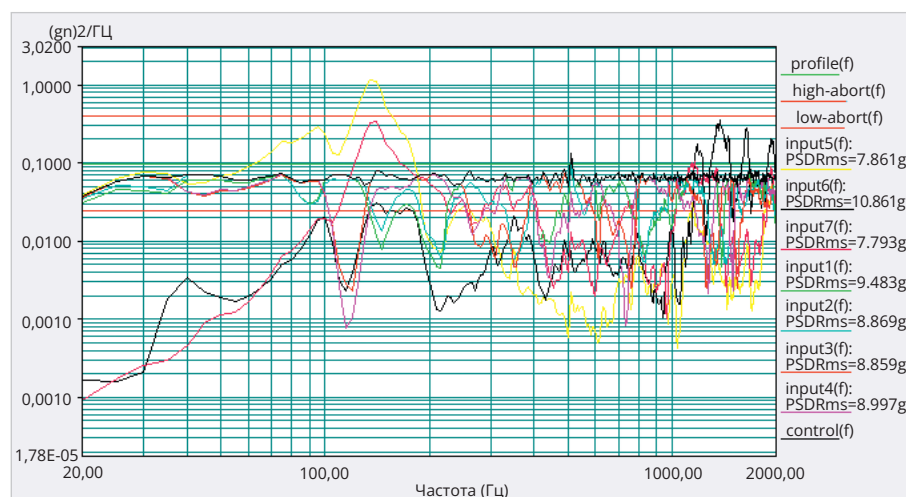


Рис. 4. Результаты широкополосных вибрационных испытаний

проведения испытаний в условиях, близких к условиям реальной эксплуатации.

Литература

1. Албагачиев А.Ю., Кушнир А.П. Прогнозирование результатов измерения инерционных

параметров на основе математического моделирования // Приборы. 2012. № 9 (147). С. 24–28.

2. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.: Наука, 1992. 280 с.
3. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского. М.: Физматлит, 2006. 424 с.
4. Матвеев В.В. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 199 с.
5. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: учеб. пособие. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2009. 280 с.
6. Groves P.D. Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems / Artech Hous. 2008. 505 p.



НОВОСТИ МИРА

Новые евросанкции: запрет Минцифры, Роскомнадзора и поставок электроники

Евросоюз ввёл девятый пакет санкций против России, запрещающий поставки ноутбуков, дронов, жёстких дисков и разнотипной электроники. Также под санкции попали министр цифрового развития Максуд Шадиев, Роскомнадзор и компания «Русбитех».

Европейский Союз (ЕС) ввёл новый, девятый по счёту пакет санкций против России. Санкции вводятся в ответ на проводимую Россией специальную военную операцию (СВО) на территории Украины.

В частности, ограничения на поставку оборудования в Россию ЕС были расширены за счёт игрушечных дронов, ноутбуков, жёстких дисков, ИТ-компонентов, приборов ночного видения и радионавигации, камер и линз, генераторов. Также запрещается оказание услуг по тестированию и анализу комплексных механических и электрических систем, состава и чистоты, физических свойств и услуг технического осмотра.

В перечень лиц, в отношении которых вводятся санкции, включены российские масс-медиа и члены Правительства, также вводится запрет на вещание российских государственных телеканалов. Среди попавших под санкции значится министр цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Максуд Шадиев.

Как поясняется в публикации журнала ЕС, Шадиев ответственен за предоставление цифровых и телекоммуникационных

сервисов в новых российских регионах: Донецкой и Луганской народных республиках (ДНР и ЛНР), Херсонской и Запорожской областях. Кроме того, указывают в ЕС, Минцифры участвовала в проведении в России частичной мобилизации.



Также санкции вводятся против Роскомнадзора. В ЕС указывают, что данное ведомство ввело ограничения на освещение российскими СМИ тематики СВО, в том числе запретило публиковать интервью Президента Украины Владимира Зеленского. Веб-сайты, которые нарушают данный запрет, блокируются. Также Роскомнадзор заблокировал доступ к социальным сетям Twitter и Facebook (принадлежит корпорации Meta, признанной в России экстремистской).

Санкции введены и в отношении гендиректора «Национальной медиагруппы» (НМГ) Светланы Балановой, которая также возглавляет общественный совет при Роскомнадзоре. Ранее ЕС ввёл санкции против главы Роскомнадзора Андрея Липова. Также санкции в отношении Шадиева, Липова и его заместителей вводила Канада.

В Минцифры не стали комментировать санкции ЕС. В Роскомнадзоре не ответили

на запрос по данному вопросу. В медийной сфере санкции также были введены в отношении «Всероссийской государственной телерадиокомпании» (ВГТРК), НМГ и АНО «ТВ-Новости» (телеканал RT).

Санкции против «Русбитеха» и ИТ-поставщиков Минобороны

Кроме того, ЕС ввёл санкции против ряда компаний – поставщиков оборудования для Вооружённых сил России (ВС РФ). Среди них – компания «Русбитех».

В ЕС указывают, что разработанная компанией ОС AstraLinux используется командными пунктами ВС РФ. Кроме того, «Русбитех» разработала Автоматизированную подвижную единицу (АПЕ-5), используемую для коммуникаций среди подразделений ВС РФ. К моменту публикации в «Русбитех» не ответили на запрос по данному вопросу.

Введены санкции и в отношении Концерн КРЭТ («Концерн Радиоэлектронные технологии»), являющегося подразделением госкорпорации «Ростех». КРЭТ разрабатывает систему радиоэлектронной борьбы «Красуха-4», используемую ВС РФ. Сам «Ростех» находится под санкциями ЕС с начала 2022 г.

Кроме того, санкции введены в отношении компании «Радиоавионика», разрабатывающей комплекс «Стрелец-М», обеспечивающий разведку, управление и связь для ВС РФ. Введены санкции в отношении Главного вычислительного центра Генерального штаба, который, как утверждает, проводит расчёты для осуществления ракетных атак по территории Украины.

russianelectronics.ru