СПУТНИКС

Стенд полунатурного моделирования для отработки систем ориентации, стабилизации и навигации

SXL-SCOE-ADCS

Тестирование и верификация систем ориентации и стабилизации МКА в условиях, соответствующих низкоорбитальному полету МКА в космическом пространстве



Испытательный стенд предназначен для тестирования и верификации систем ориентации и стабилизации малых космических аппаратов (МКА) в условиях соответствующих низкоорбитальному полету МКА в космическом пространстве.

Функциональное назначение стенда:

- проведение испытаний и оптимизации программного обеспечения системы ориентации и стабилизации (СОС) МКА;
- отработка режимов работы МКА:
  - режим демпфирования угловой скорости;
  - режимы грубой и точной трехосной ориентации;
- экспериментальное определение компонентов тензора инерции и определение направления главных осей инерции;
- снижение риска некорректной работы МКА на орбите;
- имитация и отработка нештатных ситуаций;
- верификация алгоритмов и моделей СОС после компьютерного моделирования с учетом:
  - неточности установки датчиков и исполнительных органов;
  - реальных погрешностей и шумов датчиков.

Функциональные возможности программного обеспечения (ПО):

- Расчет траектории движения МКА по модели SGP4, на основе TLE-файлов, возможность выбора времени начала и длительности моделирования;
- Формирование вектора магнитного поля вдоль траектории полета МКА в соответствии с моделью IGRF13 в топоцентрической или орбитальной системе координат;
- Возможность компенсации естественного магнитного поля Земли;
- Возможность ручного управления магнитным полем в трех осях;
- Измерение кватерниона ориентации платформы с объектом испытаний в орбитальной системе координат;
- Измерение угловой скорости платформы с объектом испытаний.

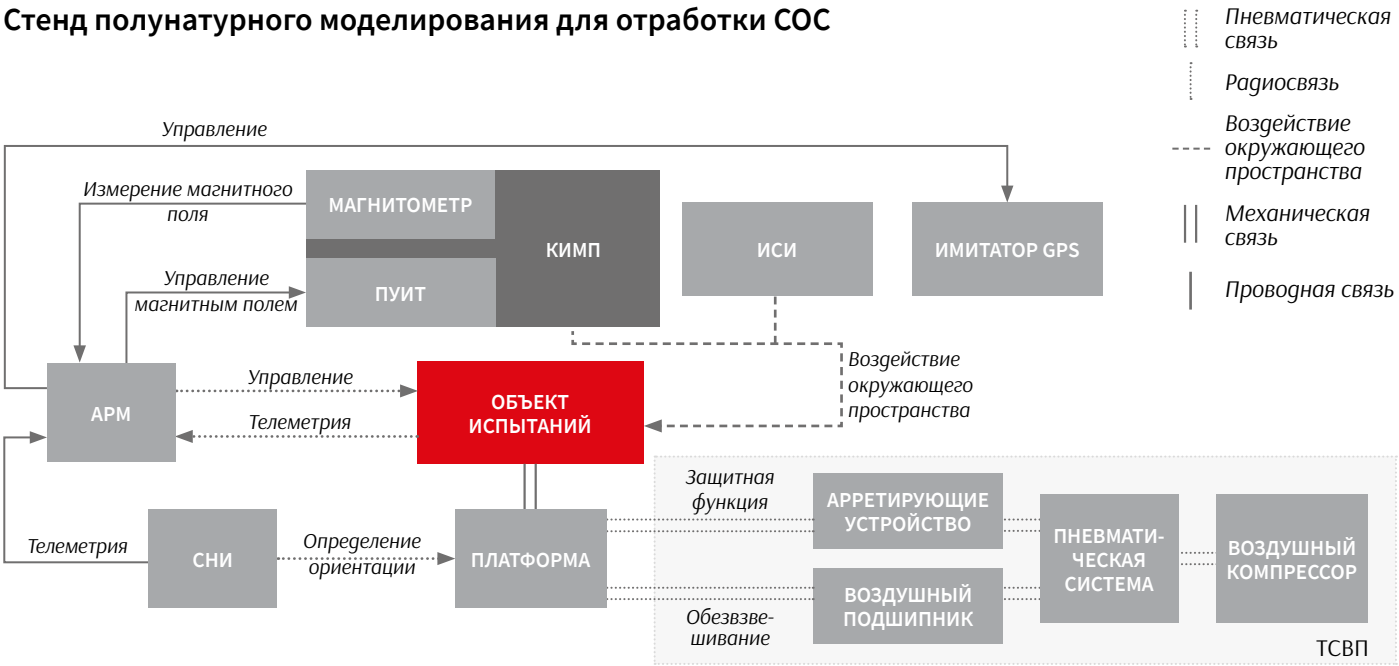
Базовый состав стенда:

1. Трёхстепенной воздушный подвес (ТСВП)
2. Подвижная платформа ТСВП для установки объекта испытаний
3. Комплекс имитации магнитного поля (КИМП) трехосный
4. Имитатор солнечного излучения (ИСИ)
5. Система независимых измерений (СНИ)
6. Имитатор сигналов глобальной навигационной спутниковой системы GPS (ИГНСС)
7. Автоматизированное рабочее место (АРМ)

В комплекте со стендом поставляется ПО для моделирования баллистики и расчета орбитального магнитного поля.

Структурная схема

Стенд полунатурного моделирования для отработки СОС



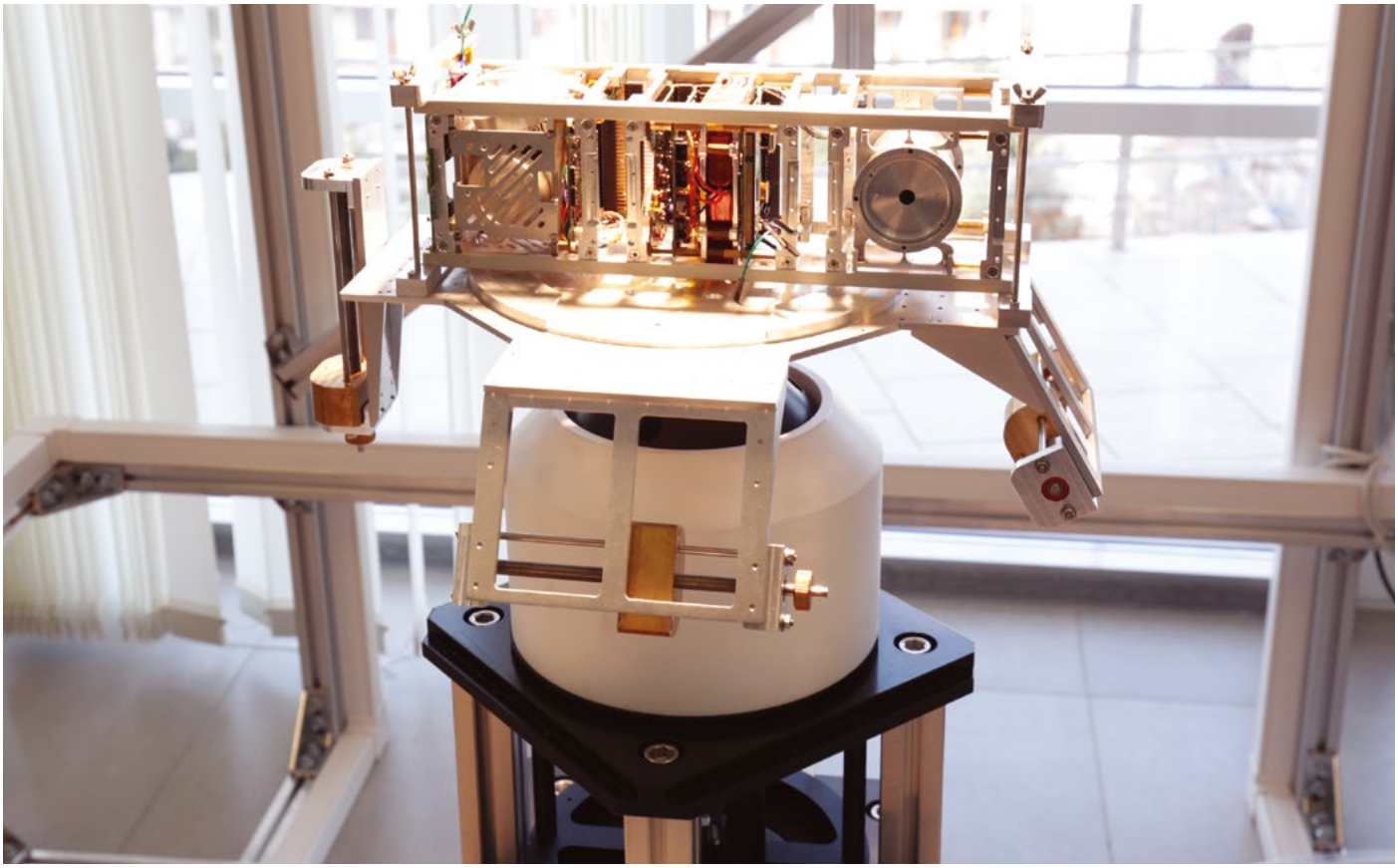


Рисунок 1. Инженерная модель CubeSat на платформе

Устройства и принципы работы

» Трёхстепенной воздушный подвес (ТСВП)

На пьедестал ТСВП установлен воздушный подшипник, состоящий из статора (чаши) со специальными форсунками, и ротора (закреплен на платформе для установки объекта испытаний).

Воздух из воздушного компрессора через ресивер, регулятор давления, систему обезвоживания и кондиционирования воздуха поступает в статор воздушного подшипника. Это позволяет создать тонкий воздушный слой, что обеспечивает свободное вращение с минимальным трением в трех вращательных степенях свободы.

ТСВП оснащен арретирующим устройством с микролифтом, которое позволяет фиксировать платформу с объектом испытаний в нерабочем положении, а также плавно опускать ее, не повреждая воздушный подшипник. Устройство также обеспечивает удержание платформы в случае потери давления в пневмомагистрали.

Характеристики ТСВП:

Параметр / Артикул	SXL-AB-15	SXL-AB-35	SXL-AB-65	SXL-AB-160
Максимальная нагрузка на воздушный подшипник	15 кг	35 кг	65 кг	160 кг
Возможность вращения платформы относительно вертикальной оси	360°			
Возможность вращения платформы относительно двух горизонтальных осей	30°			
Момент силы трения в воздушном подшипнике	Не более $1*10^{-5}$			
Зазор воздушного подшипника	10 мкм			
Рабочий ход микролифта	50 мм			
Рабочее давление	5.5 Бар			
Расход воздуха	Не более 30 л/мин			

» Подвижная платформа ТСВП для установки объекта испытаний

Платформа с закреплённым на ней ротором воздушного подшипника предназначена для установки объекта испытаний. Во время проведения экспериментов объект должен быть установлен на ТСВП внутри зоны однородности магнитного поля. Платформа оснащена системой грузов для ручной балансировки. Опционально платформа может быть оснащена автономной системой энергопитания для подключения приборов МКА и системой автоматической балансировки.

Доступные модели платформ:

Артикул	Объект испытаний
SXL-PL-01	Приборы МКА
SXL-PL-02	Спутники CubeSat 1U, 3U, 6U
SXL-PL-03	Микроспутники

Возможна разработка платформы под конкретный проект.

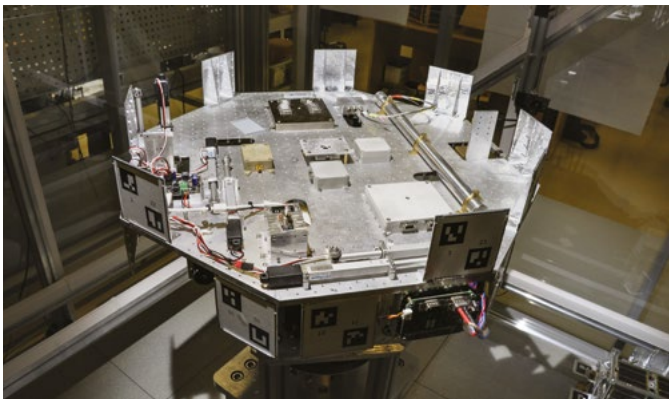


Рисунок 2. Платформа ТСВП для установки приборов МКА



Рисунок 3. Платформа ТСВП для установки CubeSat

Характеристики Подвижной платформы ТСВП для установки приборов МКА (SXL-PL-01)	
Габаритные размеры	С установленной системой ручной балансировки, ротором воздушного подшипника, и метками СНИ, вписывается в цилиндр с диаметром основания 700 мм и высотой 200 мм
Масса	11 кг (с установленной системой ручной балансировки, ротором воздушного подшипника, системой энергопитания и метками СНИ)
Система балансировки	Ручная, три независимых перемещаемых груза.
Масса балансировочных грузов по каждой из трёх осей	280 г, есть возможность увеличения массы груза до 560 г
Материал	Алюминий
Автономная система энергопитания платформы	Наличие
Количество каналов питания	1 (возможно увеличение до 4)
Емкость АКБ	Не менее 10 Ач
Максимальное напряжение	22 В
Максимальный ток	3 А
Сетка крепежных отверстий	Сетка отверстий М3, шаг 20 мм

Характеристики Подвижной платформы ТСВП для установки спутников CubeSat (SXL-PL-02)	
Типоразмеры аппаратов	CubeSat 1U, 3U, 6U, Конструктор наноспутника «ОрбиКрафт 3D»
Габаритные размеры	С установленной системой ручной балансировки, ротором воздушного подшипника, и метками СНИ, вписывается в цилиндр с диаметром основания 550 мм и высотой 200 мм
Масса	6,5 кг (с установленной системой ручной балансировки, ротором воздушного подшипника и метками СНИ)
Система балансировки	Ручная, три независимых перемещаемых груза
Масса балансировочных грузов по каждой из трёх осей	280 г, есть возможность увеличения массы груза до 560 г
Материал	Алюминий
Сетка крепежных отверстий	Сетка отверстий М3, шаг 20 мм

Характеристики Подвижной платформы ТСВП для установки микроспутников (SXL-PL-03)	
Габаритные размеры	С установленной системой ручной балансировки, ротором воздушного подшипника, и метками СНИ, вписывается в цилиндр с диаметром основания 1100 мм и высотой 350 мм
Система балансировки	Ручная, три независимых перемещаемых груза
Материал	Алюминий
Сетка крепежных отверстий	Сетка отверстий М3, шаг 20 мм

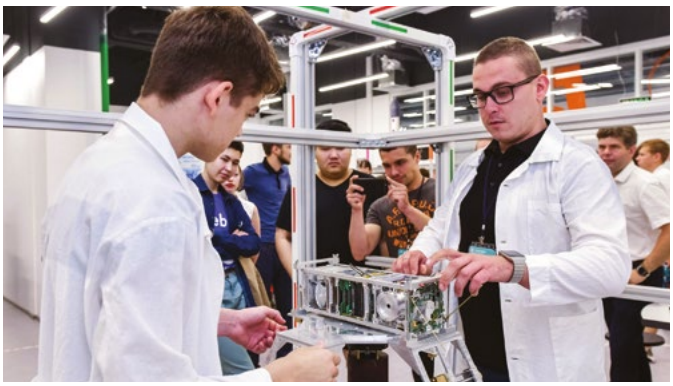


Рисунок 4. Проверка системы ориентации и стабилизации CubeSat

» Комплекс имитации магнитного поля (КИМП)

Основной конструктивный элемент комплекса имитации магнитного поля Земли – трёхкоординатная магнитная система в виде взаимно ортогональных магнитных катушек.

Управляя током в катушках, можно изменять магнитное поле в зоне однородности в центре магнитной системы.

Магнитное поле управляется с помощью источника питания – программно-управляемого источника тока (ПУИТ). КИМП оснащён датчиком магнитного поля Земли – магнитометром.

Характеристики КИМП:

Параметр / Артикул	SXL-MAGSIM-01 (большой)	SXL-MAGSIM-02 (малый)	SXL-MAGSIM-03 (с системой катушек Мерритта)
Максимальный размер катушек	2 метра	1,3 метра	2,4 метра
Зона однородного магнитного поля (без учета внешних магнитных помех)	Сфера Ø400 мм	Сфера Ø250 мм	Сфера Ø1300 мм
Диапазон воспроизведения постоянного магнитного поля (без учёта магнитного поля Земли)	±150 мкТл	±150 мкТл	±220 мкТл
Тип магнитной системы	Система квадратных катушек Гельмгольца	Система квадратных катушек Гельмгольца	Система квадратных катушек Мерритта (3 катушки на ось)
Угловая ориентация вектора магнитного поля	От 0 до 4π стерадиан		
Скорость изменения магнитного поля	До 100 мкТл/мин		
Относительная погрешность воспроизводимого магнитного поля в геометрическом центре магнитной системы	3.5%		
Неравномерность магнитного поля в рабочем объёме внутри магнитной системы по величине	Не хуже 5%		
Трёхкомпонентное устройство контроля магнитного поля	Есть		
Диапазон измеряемых значений электромагнитной индукции	От 0 до ±200 мкТл		
Чувствительность датчика магнитного поля	Не хуже 0,02 мкТл		
Напряжение питания ПУИТ	220 В		

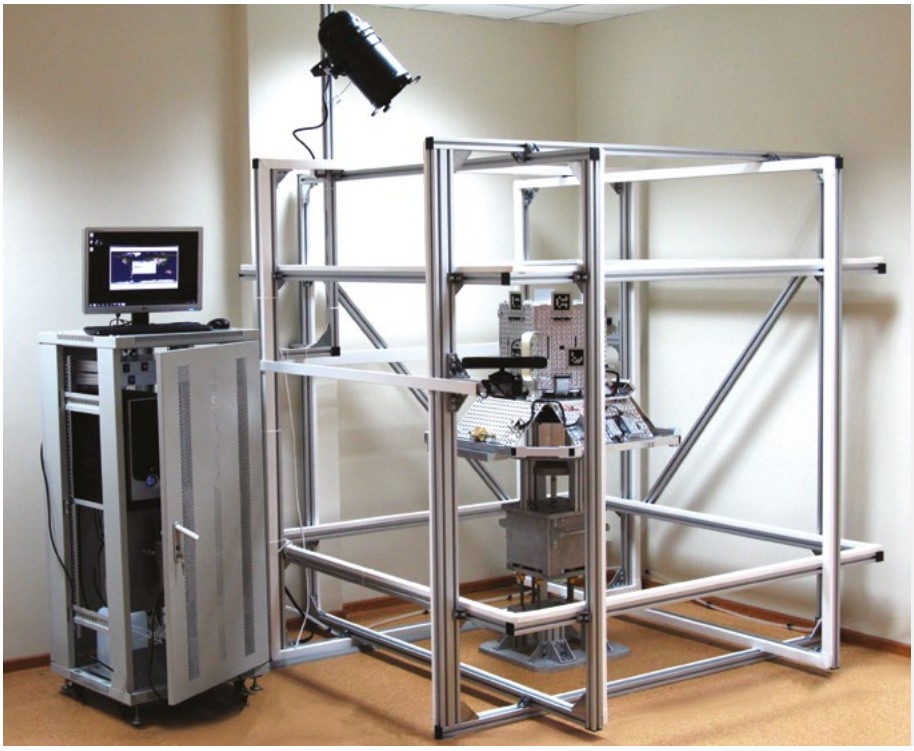


Рисунок 5.
Стенд полунатурного моделирования для отработки систем ориентации, стабилизации и навигации

» Имитатор солнечного излучения (ИСИ)

Имитатор солнечного излучения представляет собой источник света, обладающей узким углом раскрытия луча. Установленный неподвижно, ИСИ освещает объект испытаний, имитируя солнечное излучение в оптическом диапазоне частот.

Доступно две модели ИСИ: стандартный и Про.



Рисунок 6. Имитатор солнечного излучения (Про)

Характеристики ИСИ:

Артикул / Параметр	SXL-SUNSIM-01	SXL-SUNSIM-02 (Про)
Угол раскрытия луча имитатора Солнца	8-20°	4.5-45°
Диаметр светового пятна на расстоянии 1,5 м	600 мм	500 мм
Плотность мощности излучения	1400 Вт/м^2	Не менее 1300 Вт/м^2
Температура света	3 000 К	6 000 К
Диммирование	Нет	70-100%
Регулировка фокусного расстояния и угла наклона излучения	Нет	Есть
Освещённость на расстоянии 1,5 м	Не менее 90 000 лк	
Напряжения источника питания	220 В	

» Система независимых измерений (СНИ)

Система независимых измерений предназначена для проверки работы системы ориентации и стабилизации. СНИ определяет ориентацию и угловую скорость независимо, анализируя видеоинформацию об ориентации специальных маркеров, установленных на платформе с объектом испытаний. В состав СНИ входят не менее 4 камер и не менее 16 различных маркеров, которые равномерно распределены по платформе с объектом испытаний.

Доступно две модели СНИ: стандартная и высокоточная.

Характеристики СНИ:

Артикул / Параметр	SXL-IMS-05	SXL-IMS-06 (высокоточная)
Точность определения ориентации*	Не хуже 0.8°	Не хуже 0.3°
Точность определения угловой скорости*	Не хуже 1°/с	Не хуже 0.2°/с
Частота выдачи телеметрии	25 Гц	10 Гц

** – при угловой скорости вращения менее 1 °/сек*

» Имитатор сигналов глобальной навигационной спутниковой системы GPS (ИГНСС)

Имитатор сигналов глобальных навигационных спутниковых систем предназначен для формирования радиочастотных навигационных сигналов навигационной спутниковой системы GPS. Основан на технологии SDR (Software-Defined Radio).

Характеристики ИГНСС:

GPS signals simulator	
Генерируемые сигналы	GPS: L1
Количество каналов	16
Количество имитируемых спутников	32



Рисунок 7. Высокоточная СНИ

«СПУТНИКС» – российская частная компания-производитель высокотехнологичных спутниковых компонентов и платформ малых космических аппаратов (МКА), наземного оборудования для отработки и испытаний МКА, наземных спутниковых станций, а также оборудования для аэрокосмического образования. Компания является резидентом инновационного центра «Сколково».

Россия, 121205, Москва,
Технопарк «Сколково»,
Большой бульвар 42 стр. 1,
офис 3.305

+7 (499) 322-43-15

contact@sputnix.ru

www.sputnix.ru

www.facebook.com/Sputnixru