

Стенд полунатурного моделирования для отработки системы ориентации, стабилизации и навигации





Целью использования станда является экспериментальная отработка и исследование работы алгоритмов ориентации, стабилизации и навигации космического аппарата в земных условиях.

Функциональное назначение станда.

- проведение испытаний и оптимизации программного обеспечения 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 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, максимальная амплитуда вектора магнитного поля 150 000 нТл
- Измерение кватерниона ориентации платформы стенда в орбитальной системе координат
- Измерение угловой скорости платформы стенда

Состав стенда:

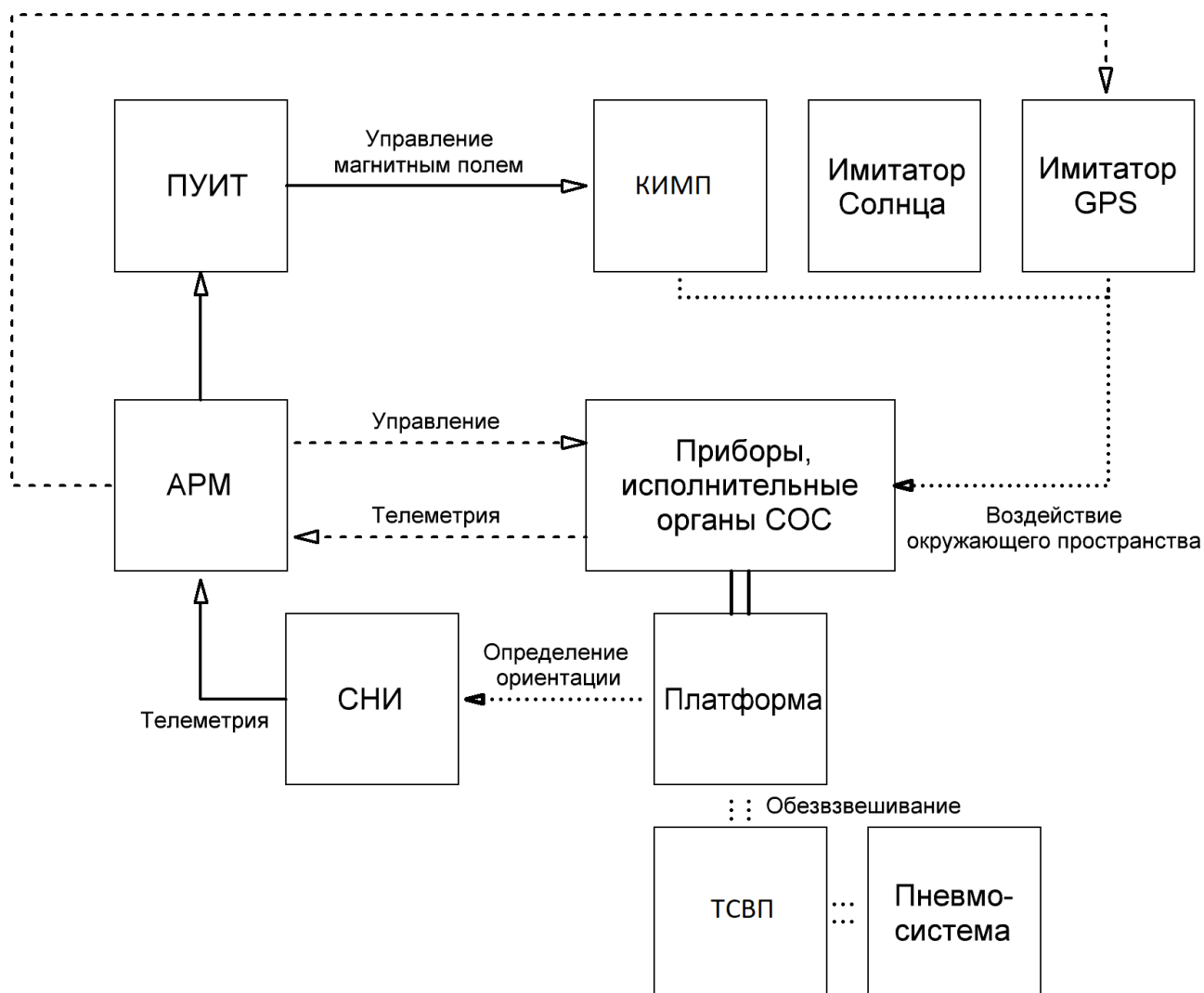
1. Комплекс имитации магнитного поля (КИМП)
2. Трёхступенной воздушный подвес (ТСВП)
3. Платформа для установки объекта испытаний
4. Система независимых измерений (СНИ)
5. Устройство имитации солнечного излучения (УИСИ)
6. Имитатор сигналов GPS
7. Автоматизированное рабочее место (АРМ)

В зависимости от объекта испытаний, предлагаются различные модификации устройств стенда:

- Комплекс имитации магнитного поля (КИМП): большой (клетка 2x2x2 м), малый (клетка 1,3x1,3x1,3 м).
- Трёхступенной воздушный подвес (ТСВП): грузоподъемность до 15, 35, 65, 160 кг.
- Платформа для установки объекта испытаний: для CubeSat 3U, для микроспутника типа ТаблетСат, для установки устройств СОС. Возможна разработка платформы под конкретный проект.
- Система независимых измерений: стандартная и повышенной точности.

В комплекте со стендом поставляется Программное обеспечение для моделирования баллистики и расчета орбитального магнитного поля, положения Солнца.

Структурная схема



Устройство и принципы работы

- Комплекс имитации магнитного поля (КИМП)

Основной конструктивный элемент комплекса имитации магнитного поля Земли – трёхкоординатная магнитная система в виде трёх пар взаимно ортогональных катушек Гельмгольца. Управляя током в катушках, можно изменять магнитное поле в зоне однородности диаметром чуть более 400 мм в центре магнитной системы. Магнитное поле управляется с помощью источника питания – программно-управляемого источника тока (ПУИТ). КИМП Земли оснащён датчиком магнитного поля Земли - магнитометром.

Характеристики (для большого КИМП):

Диапазон воспроизведения постоянного магнитного поля без учёта магнитного поля Земли	±150 мкТл
Угловая ориентация вектора магнитного поля	От 0 до 4π стерadian
Скорость изменения магнитного поля	До 100 мкТл/мин
Относительная погрешность воспроизводимого магнитного поля	Не хуже 10%
Неравномерность магнитного поля в рабочем объеме внутри магнитной системы по величине	Не хуже 5%
Неравномерность магнитного поля в рабочем объеме внутри магнитной системы по направлению	Не хуже 5%
Рабочая зона	Сфера Ø400 мм
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

- Трёхступенной воздушный подвес (ТСВП)

В центре трёхкоординатной магнитной системы установлен трёхступенной воздушный подвес. Силовая конструкция несёт на себе воздушную опору, состоящую из газодинамического подшипника (ротора) и чаши (статора) со специальными форсунками. Воздух из компрессора через трубопроводы, систему контроля давления газа, расхода, и устройства очистки и обезвоживания воздуха выходит через форсунки, и позволяет создать тонкий воздушный слой между подшипником и чашей, 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.

Характеристики:

Возможность вращения платформы относительно вертикальной оси	360°
Возможность вращения платформы относительно горизонтальных осей	30°
Момент от силы трения в воздушном подшипнике	Не более $1 \cdot 10^{-5}$
Рабочий ход микролифта	50 мм
Производительность компрессора	1,8 л/сек

- Платформа для установки объекта испытаний

Платформа с закреплённым на ней ротором предназначена для установки объекта испытаний. Во время проведения экспериментов объект должен быть установлен на ТСВП внутри зоны однородности магнитного поля. Оснащена системой грузов для балансировки.

- Система независимых измерений

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

Характеристики (для высокоточной СНИ):

Точность определения ориентации	не хуже 0.3°
Точность определения угловой скорости	не хуже $0.2^\circ/\text{с}$
Частота выдачи телеметрии	10 Гц

- Устройство имитации солнечного излучения

Представляет собой неподвижный источник света – прожектор с галогенной лампой, обладающей узким углом раскрытия луча. Установленный неподвижно, УИСИ освещает объект испытаний, имитируя солнечное излучение в оптическом диапазоне частот.

Угол раскрытия луча имитатора Солнца	8-20°
Освещённость на расстоянии 1,5м	90000 лк
Поток излучения	1400 Вт/м ²
Диаметр светового пятна на расстоянии 1,5м	600 мм
Напряжения источника питания	220 В

- Имитатор сигналов GPS

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

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