RFTEX

12
ВЫХОДОВ ГНСС

18
ВЫХОДОВ ПОМЕХ

ИНС
ЦИФРОВАЯ СИМУЛЯЦИЯ

СТЕНД ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИМИТАЦИИ СИГНАЛОВ ГНСС



Испытания навигационной аппаратуры в условиях помех с симуляцией ИНС

Брошюре описаны состав стенда, принцип работы, городской сценарий, совместные испытания ГНСС и ИНС и параметры проектирования.

ВЕРСИЯ 1.2

СТЕНД ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИМИТАЦИИ СИГНАЛОВ ГНСС

Испытания навигационной аппаратуры в условиях помех с симуляцией ИНС

Лабораторный комплекс для проверки приёмников, антенных систем и алгоритмов комплексированной навигации по повторяемым пространственным сценариям.



Концептуальная компоновка. Размеры камеры, число излучателей, установка и тип испытуемого изделия определяются проектом.

30 радиовыходов + 1 цифровой выход

12 выходов ГНСС • 18 выходов помех • симуляция ИНС

В брошюре описаны состав стенда, принцип работы, городской сценарий, совместные испытания ГНСС и ИНС и параметры проектирования.

Испытания со штатной антенной

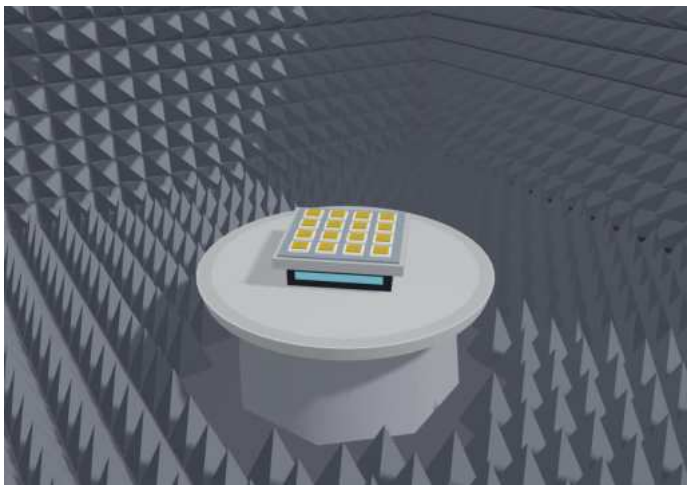
Стенд RFTEX предназначен для испытаний навигационной аппаратуры по радиоканалу в безэховой камере. Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и помехи поступают к изделию от пространственно разнесённых излучателей. В проверку включаются штатная антенна, её взаимодействие с корпусом, приёмник и алгоритмы обработки.

Такой метод называют OTA — over the air, то есть испытанием через эфир. Экранирование камеры ослабляет внешние радиосигналы, а радиопоглощающее покрытие снижает остаточные отражения. Пригодность рабочей зоны подтверждается при настройке стенда. Повторные запуски позволяют сравнивать результаты при одинаковых исходных настройках.

Параметр	Кабельная подача на один ВЧ-вход	Пространственное испытание OTA
Вход изделия	Радиочастотный разъём приёмника.	Штатная антенна испытуемого изделия.
Антенна и корпус	Обходятся при подаче сигнала на разъём.	Участвуют в приёме сигналов и помех.
Направление прихода	Воздействие на антенну с заданного направления не воспроизводится.	Задаётся расположением излучателей и доступными режимами стенда.
Задача проверки	Приёмный тракт и алгоритмы обработки сигналов.	Антенный тракт, приёмник и пространственные алгоритмы в составе изделия.

Объекты и задачи испытаний

Стенд может применяться для навигационных приёмников, многоантенной аппаратуры и комплексированных систем ГНСС и ИНС. Для адаптивных антенных решёток CRPA отдельно определяют требования к полю, фазовой согласованности и рабочей зоне. Методики помогают исследовать ухудшение приёма, реакцию на помехи и восстановление навигации до натурных экспериментов.



Пример размещения CRPA в камере. Решётка и опорный стол показаны условно и не определяют комплектность стенда.

Состав стенда

Конфигурация включает шесть радиочастотных приборов, эмулятор ИНС, компьютер с ПО управления и безэховую камеру. В таблице приведены физические выходы приборов.

Оборудование	Кол-во	На один прибор	Всего
ИНСС-8000	2 шт.	6 радиовыходов	12 выходов ГНСС
ГНСП-4800	2 шт.	8 радиовыходов	16 выходов помех
ГНСП-4000	2 шт.	1 радиовыход	2 выхода помех
Эмулятор ИНС	1 шт.	1 цифровой выход	1 цифровой выход
Компьютер с ПО управления	1 шт.	По конфигурации	1 рабочее место
Безэховая камера	1 шт.	По проекту	1 камера

Итого: 30 радиовыходов — 12 для ГНСС и 18 для помех. Цифровой выход эмулятора ИНС учитывается отдельно.

Радиочастотная часть

ИНСС-8000 — стационарные имитаторы сигналов ГНСС. Два прибора формируют спутниковую составляющую сценария через 12 физических радиовыходов. Моделируемые сигналы и их распределение по выходам выбирают с учётом программы испытаний и исполнения приборов.

ГНСП-4800 — стационарные генераторы заградительных помех. Два прибора предоставляют 16 радиовыходов для помеховой составляющей. В программе испытаний задают доступные виды воздействий, уровни, интервалы включения и связи с событиями сценария.

ГНСП-4000 — портативные генераторы заградительных и имитационных помех. В данной конфигурации используются два прибора с одним физическим радиовыходом у каждого. Имитационные помехи, включая спуфинг, применяются в пределах предусмотренных режимов и согласованной методики.

Цифровая часть и испытательная среда

Эмулятор инерциальной навигационной системы (ИНС) формирует поток данных по одному цифровому выходу. Компьютер с ПО задаёт сценарий, управляет подсистемами и организует регистрацию результатов. Камера служит для размещения излучателей и испытуемого изделия; её исполнение определяется требованиями к испытаниям.

Радиовыходы, излучатели и имитируемые спутники — разные параметры. Число 30 не задаёт количество антенн или независимо воспроизводимых направлений. Схема ВЧ-распределения и геометрия излучателей определяются проектом.

Функциональная архитектура

Компьютер с ПО управления связывает виртуальную среду, радиочастотные воздействия и цифровые данные ИНС одним сценарием. Конкретные интерфейсы управления и регистрации задаются при интеграции.

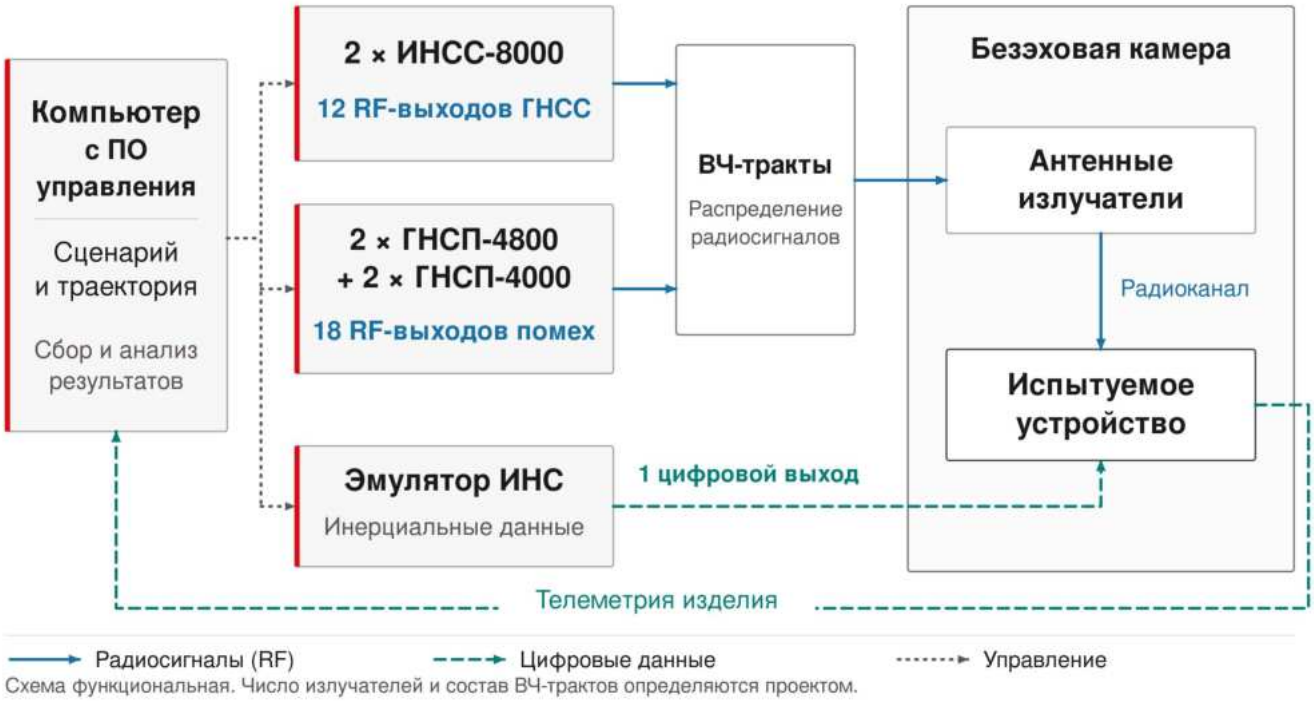


Схема функциональная. Число излучателей и состав ВЧ-трактов определяются проектом.

Последовательность работы

1. Подготовка. Оператор выбирает среду, задаёт траекторию, положение антенны и последовательность воздействий. Сценарий сохраняется вместе с исходными настройками.

2. Формирование. ИНСС-8000 воспроизводят сигналы ГНСС. ГНСП-4800 и ГНСП-4000 формируют помехи по программе испытания; ВЧ-тракты передают их к излучателям.

3. Воздействие. Изделие принимает радиосигналы через штатную антенну в рабочей зоне камеры. Доступные направления зависят от размещения излучателей.

4. Симуляция ИНС. По отдельному цифровому соединению поступают данные, согласованные с движением виртуального носителя и временем сценария.

5. Оценка. ПО сопоставляет доступную телеметрию изделия с событиями сценария и параметрами траектории. Набор показателей, автоматизация запусков и формат отчёта определяются методикой и интерфейсами изделия.

Сценарий движения в городской среде

Виртуальный автомобиль движется по заданному маршруту. По мере движения меняется взаимное положение антенны, зданий и спутников: часть сигналов приходит напрямую, часть отражается от фасадов, а отдельные направления закрываются препятствиями. Эти события связываются с последовательностью испытательных воздействий.



Пример визуализации для оператора. Пути сигналов, масштаб и геометрия условны; изображение иллюстрирует сценарий и не является результатом расчёта поля.

Что видит и задаёт оператор

Среда и маршрут. Трёхмерная сцена, положение автомобиля, направление движения и участки маршрута помогают связать результат испытания с конкретной обстановкой.

Пути распространения. Прямые, отражённые и перекрытые пути показывают причину изменения условий приёма. При расчётном моделировании учитываются геометрия сцены и параметры выбранной программной подсистемы.

Воздействия и результат. Оператор задаёт предусмотренные режимы помех, просматривает ход сценария и сопоставляет события с доступными навигационными данными изделия.

Интерактивная 3D-компоновка стенда служит для демонстрации оборудования. Расчётная модель среды решает отдельную задачу: описывает затенение и многолучёвое распространение. Передача её результатов в радиочастотную часть требует согласованных интерфейсов и проверки аппаратного воспроизведения.

Согласование ГНСС и ИНС

В комплексированной навигационной аппаратуре решение формируется при совместной обработке спутниковых и инерциальных данных. Стенд предусматривает согласованное описание этих входов по одной траектории, чтобы исследовать поведение системы при ухудшении спутникового приёма и последующем восстановлении ГНСС.

Время и движение носителя

В проекте определяют начало отсчёта времени, последовательность запуска, метки сообщений и допустимые задержки. Необходимо согласовать системы координат, знаки осей, представление ориентации и взаимное положение антенны и инерциального блока. Эти параметры позволяют отнести оба потока данных и результаты изделия к одному моменту движения.

Один цифровой выход эмулятора ИНС передаёт поток согласованного состава. Количество выходов само по себе не задаёт число осей, частоту выдачи или формат сообщений. Тип интерфейса, протокол и представление данных выбирают по входу испытуемой аппаратуры.

Калибровка и рабочая зона

Задача	Что требуется установить и проверить
ВЧ-тракты	Контрольные плоскости, потери и задержки соединений, различия каналов и влияние излучателей. Параметры фиксируются для принятой схемы подключения.
Временное согласование	Связь радиосигналов, потока ИНС и телеметрии с временем сценария; порядок запуска и допустимые задержки.
Фазовые условия	Нужна ли выбранной методике межканальная фазовая согласованность; если нужна — допуски, настройка и способ проверки.
Рабочая зона камеры	Область размещения изделия, характеристики воздействия и критерии пригодности. Положение изделия и условия проверки сохраняются вместе с конфигурацией.

Временная синхронизация и фазовая когерентность характеризуют разные свойства. Наличие общего сценария и пространственно разнесённых излучателей не подтверждает когерентный синтез заданного волнового фронта. Для CRPA и других методов пространственной обработки фазовые требования рассматривают отдельно.

Граница цифровой симуляции

Подача цифровых инерциальных данных предназначена для проверки входных интерфейсов, обработки информации и алгоритмов комплексирования. Проверка физических гироскопов и акселерометров при механическом движении требует отдельного испытательного воздействия. В согласованном составе стенда механический позиционер не задан.

Отражения, заложенные в виртуальный городской сценарий, моделируют внешнюю среду. Остаточные отражения реальной камеры относятся к условиям испытания и учитываются при проверке рабочей зоны.

Сценарии испытаний и результаты

Ниже приведены направления разработки методик. Применимость режима, диапазоны воздействий и критерии успешности определяются конфигурацией стенда и интерфейсами изделия. Показатели рассчитываются по доступным выходным данным.

Сценарий	Испытательное воздействие	Что оценивают
Базовый приём	Статическое положение или заданная траектория без помех.	Получение и непрерывность решения, отклонения координат и скорости, исходное состояние для сравнений.
Пространственная обработка	Подача сигналов и помех с доступных направлений.	Реакцию антенной системы и алгоритмов обработки при изменении направления воздействия.
Затенение	Переход в участок перекрытия прямой видимости и выход из него.	Устойчивость решения, изменение статуса навигации, потерю и восстановление приёма.
Многолучёвость	Прямые и отражённые компоненты в предусмотренных конфигурацией режимах.	Изменения навигационного решения и диагностических показателей; различия вариантов алгоритмов.
Заградительные помехи	Изменение доступных параметров, направления и времени действия помех.	Сохранение решения, реакцию средств защиты, ухудшение приёма и восстановление после снятия воздействия.
Имитационные помехи	Сценарий спуфинга с использованием соответствующих режимов ГНСП-4000.	Обнаружение воздействия, изменение навигационных данных и возвращение к штатной работе.
Совместная навигация	Согласованный поток ИНС при ухудшении и восстановлении спутникового приёма.	Непрерывность комплексированного решения, развитие отклонений и поведение при возвращении ГНСС.
Сравнительные серии	Повтор одинакового сценария для разных изделий или версий ПО.	Повторяемость реакции на события и различия аппаратных или программных вариантов.

Что входит в результат запуска

В записи испытания связываются идентификатор сценария, конфигурация оборудования и ПО, начальное состояние изделия, настройки воздействий и временные метки событий. Сохраняются доступная телеметрия, навигационные решения и рассчитанные показатели.

Отчёт может включать графики отклонений, интервалы доступности решения, события обнаружения помех и время восстановления. Перечень графиков, правила расчёта и пороги оценки задаются методикой. Для сравнения серий фиксируют одинаковые условия подключения, калибровки и начальной подготовки.

Подготовка проекта

Аппаратный состав задаёт основу стенда. Исполнение радиоканала, цифровые интерфейсы и применимые методики определяются задачами конкретного изделия и закрепляются в техническом задании.

Раздел ТЗ	Параметры для согласования
Радиосигналы	Поддерживаемые сигналы и диапазоны; виды и уровни помех; состав моделируемых источников и отражённых компонент; динамика и допустимые отклонения.
Геометрия испытания	Тип, число и положение излучателей; поляризация; размер рабочей зоны; размещение изделия; требования к направлению прихода.
Согласование каналов	Опорные интерфейсы, задержки и порядок старта; фазовые требования выбранных методик; контрольные плоскости и процедура калибровки.
Цифровой вход ИНС	Протокол и физический интерфейс; состав и частота выдачи данных; координаты, оси, ориентация и временная привязка.
ПО и результаты	Программная 3D-подсистема и лицензии; интерфейсы управления; сообщения изделия; пакетные запуски, структура отчёта и критерии оценки.
Камера и инфраструктура	Размеры, характеристики экранирования и поглощения, вводы и размещение оборудования; состав необходимых вспомогательных средств.

От постановки задачи к испытанию

Определить объект и критерии. Описать антенну, интерфейсы, условия применения изделия и оцениваемые показатели. **Согласовать конфигурацию.** Выбрать пространственную геометрию, состав сценариев и подключение ИНС. **Подготовить и проверить стенд.** Выполнить предусмотренные методикой проверки трактов и рабочей зоны. **Провести серию.** Зафиксировать условия, выполнить сценарии и оформить результаты.

Критерии приёмки стенда и испытания изделия формулируются отдельно: сначала подтверждаются требуемые условия воздействия, затем оценивается работа навигационной аппаратуры.

RFTEX

8 (800) 222-75-32
info@rf-tex.ru

RFTex_info

RF-Tex.ru

Контакт по проекту: i.potapov@rf-tex.ru

