

НПК ТЕСАРТ

Новые подходы к испытаниям радиотехнических систем по эфиру (Over-The-Air тестирование)

Артем Семкин,
Директор ООО НПК «ТЕСАРТ»

НПК ТЕСАРТ

О КОМПАНИИ

Научно-
производственная
компания



ТЕСАРТ

- КОМПЛЕКСНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ
- ЭКРАНИРОВАННЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ
- РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ
- ПРЕЦИЗИОННЫЕ ПОЗИЦИОНЕРЫ
- ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- КОНТРАКТНАЯ РАЗРАБОТКА СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ

Over-The-Air (OTA) тестирование = Полунатурное моделирование

Содержание

1. Полунатурное моделирование (ПНМ).
Определение, назначение, преимущества
2. Основные факторы, влияющие на результаты испытаний (источники погрешности)
3. Методы учета и снижения влияния погрешностей и других факторов на результаты испытаний
4. Опыт ООО НПК «ТЕСАРТ» в области создания стендов полунатурного моделирования и их составных частей
5. Новые подходы к испытаниям.
Эмуляторы каналов распространения.
Тестирование сложным сигналом.
Линзовые радиоколлиматоры.
Разнесенные системы.
Многозондовые измерения.

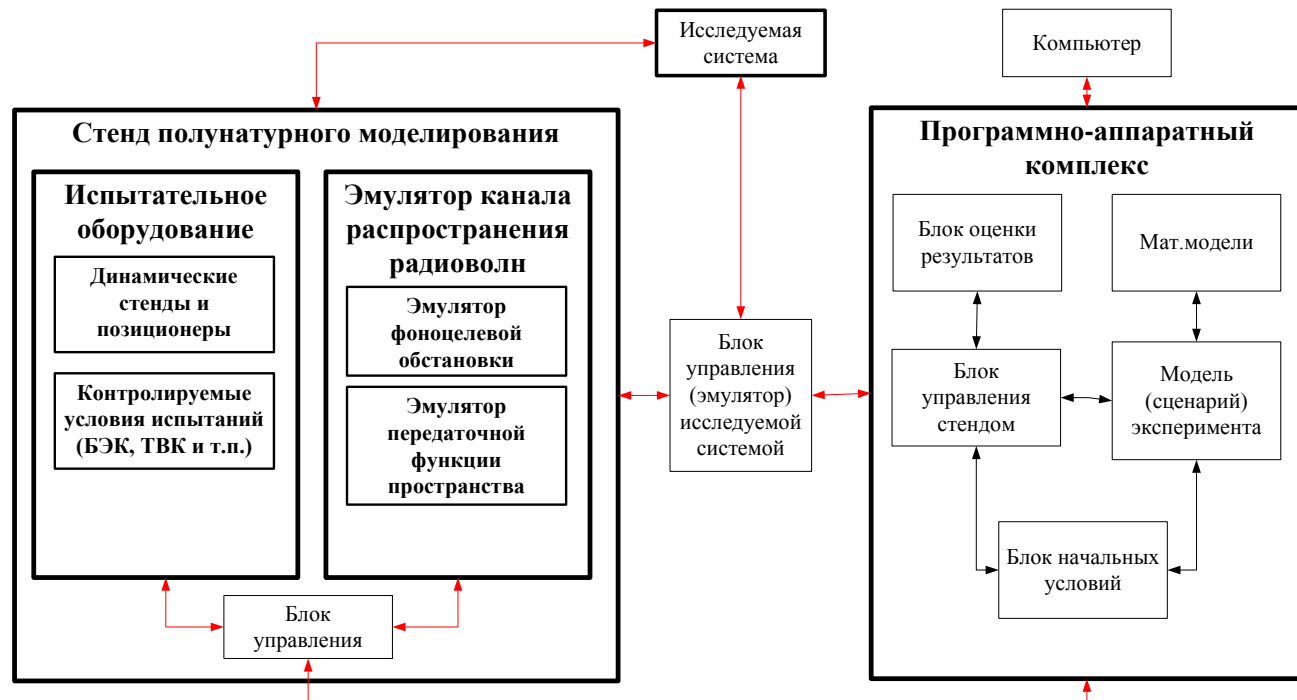


ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Определение

Исследование управляемых систем на моделирующих комплексах с включением в состав модели реальной аппаратуры.

Моделирование с реальной аппаратурой, при котором часть системы моделируется, а остальная часть является реальной



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Преимущества

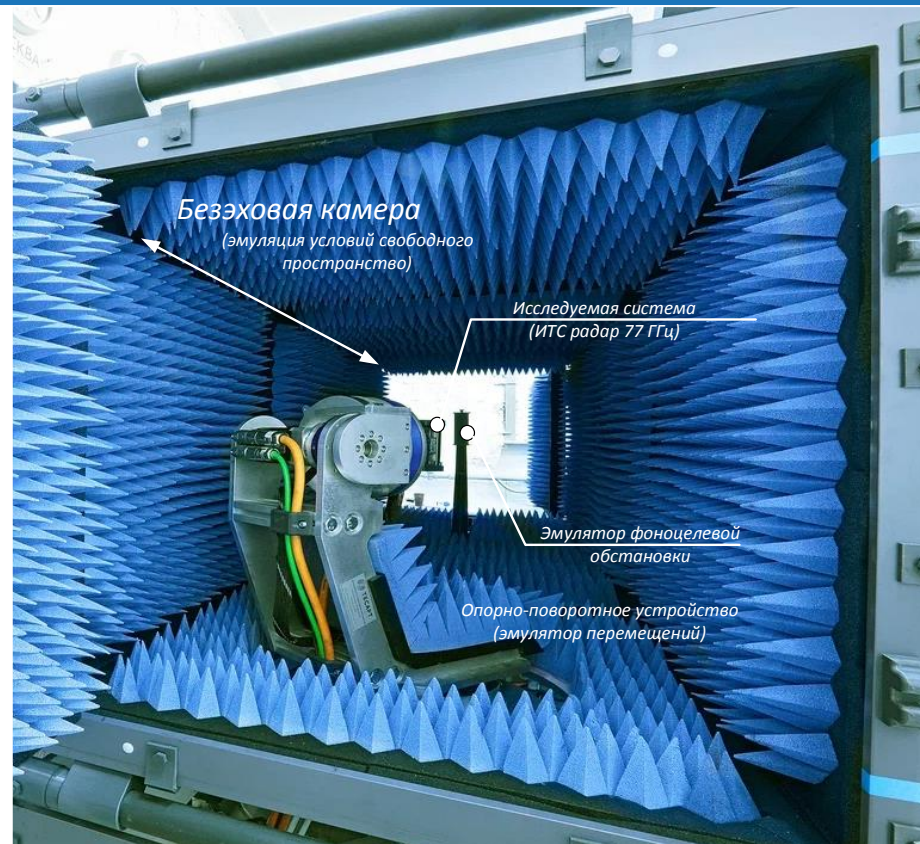
Метод моделирования	Применение на стадии проектирования	Степень соответствия реальному изделию	Затраты на испытания
Математическое моделирование	Начальная (анализ технического задания, при разработке ПЗ, ТО)	Низкая/средняя	Низкие
Полунатурное моделирование	Подтверждение ТТХ составных частей изделия	Высокая/средняя	Средние
Натурное моделирование	Конечная (испытание натурное модели для подтверждения ТТХ)	Высокая	Высокие

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Назначение

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

- Имитационное моделирование условий работы РЛС (пеленгация, измерение дальности и скорости, селекция целей, траекторная фильтрация, взаимодействие с бортовыми системами и т.п.)
- Функциональное тестирование оборудования спутниковой/наземной радиосвязи (*handover*, *beamforming*, влияние канала распространения, многолучевости и т.п.)
- Имитационное моделирование условий работы радионавигационных систем (тестирование приемников GPS/ГЛОНАСС, имитация спутниковых группировок и т.п.)



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

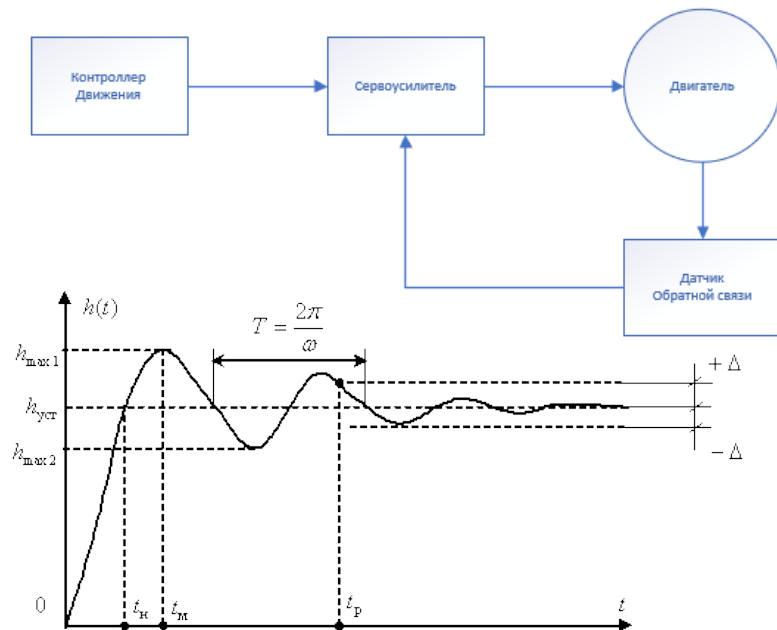
Источники погрешности и факторы

Стенды полунатурного моделирования – испытательное оборудование.

Метрологическое обеспечение – методики аттестации по ГОСТ Р 8.568, ГОСТ РВ 0008-002-2013

Факторы, связанные с метрологическими и техническими характеристиками ИО

- Механические и конструктивные (вибрация, климат, люфт, геометрические размеры, деформация и внутренние напряжения, погрешность юстировки)
- Радиотехнические (динамический диапазон, безэховость, эффективность экранирования, погрешность измерений)
- Электронные и электротехнические (переходные процессы, разрешающая способность датчиков, разрядность АЦП/ЦАП, PID-регуляция, искажения АЧХ электронных элементов, пропускная способность сетевых соединений, качество питающей сети)



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

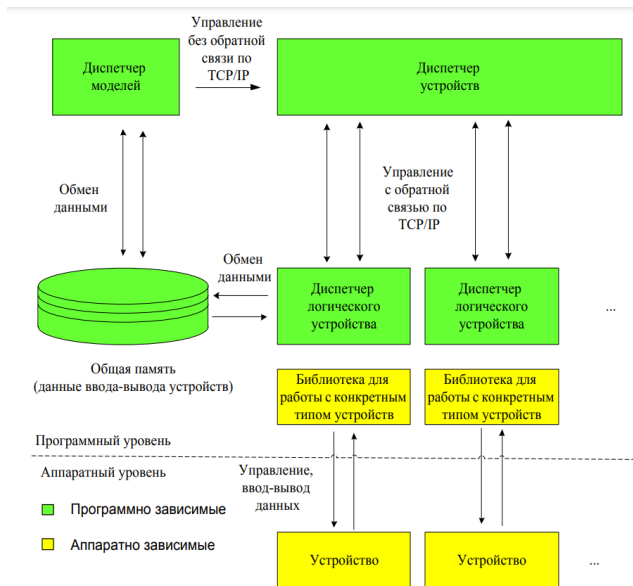
Источники погрешности и факторы

Стенды полунатурного моделирования – испытательное оборудование.

Метрологическое обеспечение – методики аттестации по ГОСТ Р 8.568, ГОСТ РВ 0008-002-2013

Факторы, связанные с методическим и алгоритмическим обеспечением стендов

- Алгоритмические (задержки на выполнение расчетов и исполнение управляющих команд, погрешности математических вычислений)
- Методические (математические и натурные модели, планирование эксперимента, избыточный объем измерений и др.)



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Методы работы с погрешностями и другими факторами

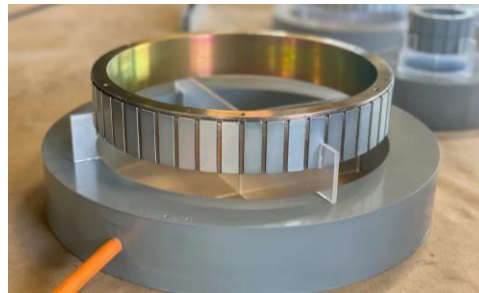
Механические и конструктивные факторы

- Применение (в том числе с составе стендов) лазерных измерительных координатных систем, комплексирование испытаний и механических измерений
- Применение безредукторных моментных двигателей (электромехатронных модулей движения) в динамических стендах и позиционерах, минимизация люфтов и количества трущихся элементов

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Поворотные электромехатронные модули движения (ЭМД) — это неподвижная часть (статор) и вращающаяся часть (ротор). Статор состоит из группы катушек, залитых теплопроводящим компаундом, ротор — из стального кольца с наклеенными постоянными магнитами. Плавность перемещения достигается благодаря синусоидальной коммутации тока в обмотках двигателя. Усилие передается непосредственно через воздушный зазор, т.е. отсутствует механическая передача. Это обеспечивает высокие динамические и точностные характеристики двигателя.

№ двигателя	размеры ЭМД внешн. D / высота / внутр. D	число пар полюсов	крити- ческий момент Нм	номи- нальный момент Нм	максимальная скорость об / мин.	
					для 220 В	для 380 В
1	95-25	200 / 47 / 95,5	18	7	2000	2500
	95-50	200 / 72 / 95,5	36	17	1800	2100
	183-25	292 / 47 / 187	68	32	350	800
2	183-50	292 / 72 / 187	135	61	330	650
	183-75	292 / 97 / 187	193	92	180	410
	241-25	345 / 47 / 239,5	112	59	950	1250
3	241-50	345 / 72 / 239,5	223	108	900	1100
	241-75	345 / 97 / 239,5	301	160	650	850
	321-25	430 / 47 / 321,5	355	202	250	350
4	321-50	430 / 72 / 321,5	461	307	70	110
	321-75	430 / 97 / 321,5	625	392	45	75



2500

ОБОРОТОВ В МИНУТУ
МАКСИМАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ

650

НЬЮТОНОВ НА МЕТР,
МАКСИМАЛЬНЫЙ КРИТИЧЕСКИЙ
МОМЕНТ

4

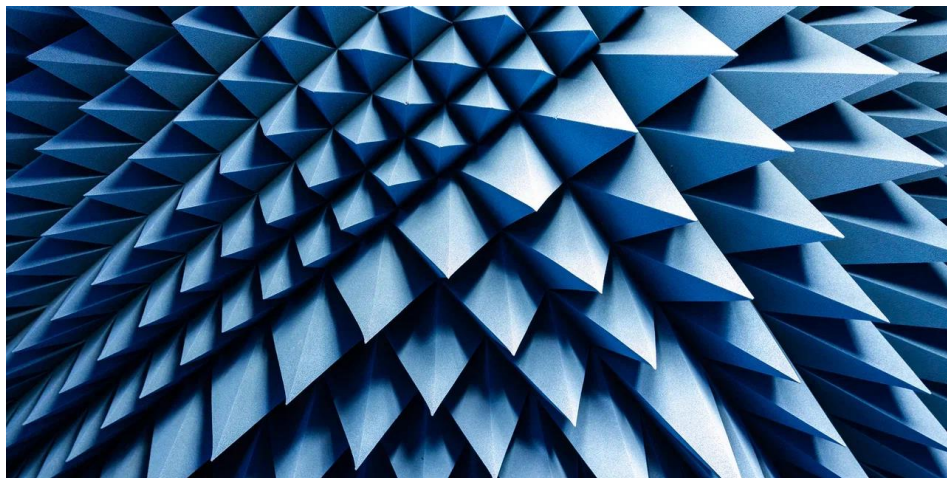
ТИПОРАЗМЕРА

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Методы работы с погрешностями и другими факторами

Радиотехнические факторы

- Эффективность экранирования помещений – I класс по ГОСТ Р 50414-92
- Минимизация внутренних переотражений при использовании высококачественного радиопоглощающего материала



ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Высота панелей 5–100 см:

марка	площадь основания, мм	высота основания, мм	высота пирамид, мм	кол-во пирамид на панели, шт	масса панелей на 1м², кг
плоский тип					
AMF-5	500X500	50	-	-	1,8
AMF-10	500X500	100	-	-	3,6
пирамидальный тип					
AMP-12	500X500	25	100	144	4,5
AMP-20	500X500	35	165	49	6,3
AMP-30	500X500	50	250	25	9,0
AMP-45	500X500	60	390	9	13,5
AMP-60	500X500	100	500	9	18,0
AMP-100	250X250	150	850	1	30,0

Диапазон рабочих частот 0,1–100 ГГц:

марка	модуль коэффициента отражения, минус дБ, не менее							
	100 МГц	250 МГц	500 МГц	1 ГГц	3 ГГц	5 ГГц	10 ГГц	>10 ГГц
AMF-5	-	-	-	10	15	20	30	40
AMF-10	-	-	-	20	20	25	35	40
AMP-12	-	-	-	20	20	25	40	40
AMP-20	3	6	10	20	20	30	40	40
AMP-30	4	7	25	35	40	50	50	50
AMP-45	6	10	30	40	45	50	50	50
AMP-60	10	25	35	40	50	50	50	50
AMP-100	20	30	35	45	50	50	50	50

Значения приведены для РПМ без модифицирующих огнестойких пропиток, применяющихся по требованию заказчика. При их применении величина коэффициента отражения может изменяться на 5–10 дБ.

Модели AMP-20 – AMP-100 можно использовать как звукопоглощающий при создании АИП для специсследований по требованиям ФСТЭК. Нормальный коэффициент звукопоглощения материала:

частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
коэффициент звукопоглощения, не менее	0,16	0,45	0,82	0,86	0,91	0,96	0,99

ВОЗМОЖНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

Изготовление радиопоглощающих материалов, соответствующих группам горючести Г4 или Г1 по ГОСТ 30244-94.

Возможно изготовление в других цветах. Базовые цвета: черный, синий, серый.

100 8
МЕГАГЕРЦ МИНИМАЛЬНАЯ РАБОЧАЯ ЧАСТОТА
ВИДОВ ПАНЕЛЕЙ

5–100
САНТИМЕТРОВ ВЫСОТА ПАНЕЛЕЙ

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Методы работы с погрешностями и другими факторами

Радиотехнические факторы

- Разработка стендов и контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) на базе средств измерений ведущих производителей
- Разработка **новых перспективных средств измерений**, учитывающих требования стендов и КПА

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для измерения параметров и отработки алгоритмов работы составных частей полезной нагрузки спутниковых систем, а также для наземного мониторинга работоспособности полезной нагрузки.

На сегодня реализованы стенды для:

- отработки алгоритмов работы передающей цифровой антенной решетки из состава модуля связи на основе эталонных дигитайзеров (64 канала);
- тестирования параметров кабельных сборок стандарта SpaceWire по всем параметрам за одно подключение;
- отработки алгоритмов работы приемников сигналов ГНСС (GPS/ГЛОНАСС) одновременно по 4 каналам (с возможностью расширения до 12 каналов);
- тестирования параметров многоканальных преобразователей частоты (125 каналов, 40 параметров) за одно подключение;
- одновременного тестирования параметров маломощных усилителей (до 5 штук) в термовакуумной камере;
- тестирования многоканальных приемопередающих модулей связи (36 каналов) за одно подключение;
- мониторинг работоспособности полезной нагрузки спутников связи по радиоканалу (тестирование по 12 параметрам).

В состав каждого стенда входят:

- программное обеспечение разработки ТЕСАРТ;
- дополнительное оборудование производства ТЕСАРТ;
- средства измерения;
- методическая и эксплуатационная документация.

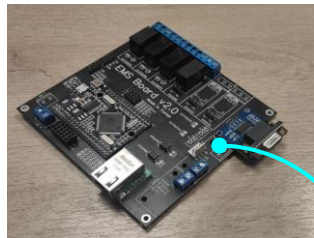


ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Методы работы с погрешностями и другими факторами

Электронные и электротехнические факторы

- Разработка элементов стендов на базе ЭКБ ведущих производителей
- Разработка системы управления стендом под системы «реального времени»
- Разработка собственных контроллеров движения



ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Технические характеристики наиболее часто используемой конструкции:

- 3 линейных оси [X, Y, Z].
- 1 ось вращения (крен).
- Диапазон перемещений по осям вращения — $\pm 180^\circ$.
- Диапазон линейного перемещения — 0–2000 мм.
- Минимальный шаг перемещения по осям вращения — $0,1^\circ$.
- Минимальный шаг перемещения по линейной оси — 10 мкм.
- Точность занятия положения по осям вращения — $0,05^\circ$.
- Точность занятия положения по линейной оси — 5 мкм.

ВОЗМОЖНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

- Стандартный набор: сканер ближнего поля, контроллер управления и эксплуатационная документация.
- Векторный анализатор цепей (ВАЦ).
 - Программное обеспечение (ПО), выполняющее функции калибровки, юстировки, автоматизации процесса измерения и отображения результатов.
 - Комплект передающих и эталонных антенн.
 - Набор вспомогательных пассивных и активных узлов: переходы, усилители, кабели и т.д.

50

КИЛОГРАММ
МАКСИМАЛЬНАЯ
НЕСУЩАЯ
СПОСОБНОСТЬ

5

МИКРОМЕТРОВ
ТОЧНОСТЬ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ПО ЛИНЕЙНЫМ ОСЯМ

0,05

ГРАДУСОВ ТОЧНОСТЬ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ПО ОСЯМ ВРАЩЕНИЯ



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Методы работы с погрешностями и другими факторами

Алгоритмические и методические факторы

- Разработка, настройка и оптимизация собственного программного обеспечения
- Разработка **нового методического обеспечения** для функционального тестирования и полунатурного моделирования

The screenshot displays the TestBench 1.0 (4x4#95) software interface. The main window is titled "Контролируемые параметры МШУ (МШУ1-МШУ5)" and shows a list of test parameters for a low-power amplifier (МШУ). The parameters include:

- 2.3.10** КСВН по входу МШУ в полосе рабочих частот (КСВН: 5 (9))
- 2.3.12** Коэффициент усиления на центральной частоте канала (Вход 1-5: 38.89 дБ, 38.73 дБ, 38.79 дБ, 38.29 дБ, 37.93 дБ)
- 2.3.18** Коэффициент шума МШУ во всем диапазоне рабочих частот (Вход 1-5: 1.68 дБ, 1.68 дБ, 1.66 дБ, 1.66 дБ, 1.65 дБ)
- 2.3.25** Напряжение питания (МШУ) (МШУ №1-5: 4.90 В)
- 2.3.26** Потребление (МШУ) (МШУ №1-5: 0.02 А)
- 2.3.27** Потребляемая мощность (МШУ) (МШУ №1-5: 0.10 Вт)

Overlaid on the main window are two smaller windows:

- A "Параметры малошумящего усилителя" window showing input parameters for the amplifier, including noise floor (МШУ1-5) and noise figure (МШУ1-5).
- A "Панель приборов" (Instrument Panel) window showing real-time measurement results for various parameters, including power (0.0890, 0.0000, 0.0000, 0.0000, 0.0000), current (0.0250, 0.0250, 0.0250, 0.0250, 0.0000), and voltage (0.0000).

The bottom of the interface features a "Журнал" (Log) section and a "Выполнить измерения" (Execute Measurements) button.

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

КОСМИЧЕСКАЯ И СПУТНИКОВАЯ ТЕХНИКА



5-125 **40** **7**

ОДНОВРЕМЕННО ТЕСТИРУЕМЫХ
КАНАЛОВ

ПАРАМЕТРОВ
ТЕСТИРОВАНИЯ
ПО КАЖДОМУ КАНАЛУ

РЕАЛИЗОВАННЫХ
ПРОЕКТОВ

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для измерения параметров и отработки алгоритмов работы составных частей полезной нагрузки спутниковых систем, а также для наземного мониторинга работоспособности полезной нагрузки.

На сегодня реализованы стенды для:

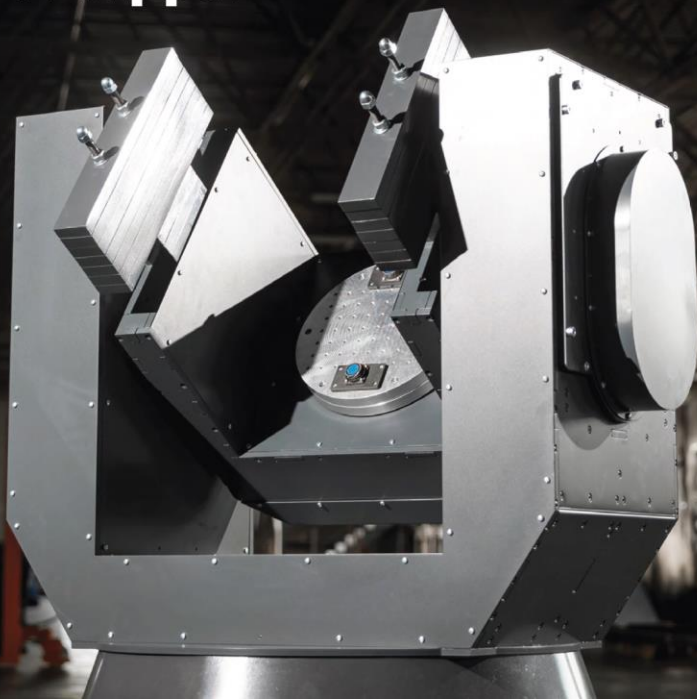
- отработки алгоритмов работы передающей цифровой антенной решетки из состава модуля связи на основе эталонных дигитайзеров (64 канала);
- тестирования параметров кабельных сборок стандарта SpaceWire по всем параметрам за одно подключение;
- отработки алгоритмов работы приемников сигналов ГНСС (GPS/ГЛОНАСС) одновременно по 4 каналам (с возможностью расширения до 12 каналов);
- тестирования параметров многоканальных преобразователей частоты (125 каналов, 40 параметров) за одно подключение;
- одновременного тестирования параметров малошумящих усилителей (до 5 штук) в термовакуумной камере;
- тестирования многоканальных приемопередающих модулей связи (36 каналов) за одно подключение;
- мониторинг работоспособности полезной нагрузки спутников связи по радиоканалу (тестирование по 12 параметрам). В состав каждого стенда входят:
 - программное обеспечение разработки ТЕСАРТ;
 - дополнительное оборудование производства ТЕСАРТ;
 - средства измерения;
 - методическая и эксплуатационная документация.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

ДИНАМИЧЕСКИЕ СТЕНДЫ



ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Наиболее часто используемая конструкция динамического стенда для решения задач полунатурного моделирования имеет технические характеристики:

- 3 оси вращения (крен, тангаж, рысканье);
- диапазон угловых скоростей вращения — 0,1–350 град./с²;
- диапазон угловых ускорений вращения — 0,1–350 град./с²;
- полоса рабочих частот — 6 Гц;
- максимальная масса полезной нагрузки — 30 кг.

ВОЗМОЖНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

Стандартный набор: динамический стенд, контроллер управления и эксплуатационная документация.

- Имитаторы целей.
- Измерительная аппаратура.
- Программное обеспечение (ПО).
- Комплект передающих и эталонных антенн.
- Набор вспомогательных пассивных и активных узлов: переходы, усилители, кабели и т.д.

1500

ГРАД./С² МАКСИМАЛЬНАЯ УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ

15000

ГРАД./С² МАКСИМАЛЬНОЕ УГЛОВОЕ УСКОРЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ

0,05

ГРАДУСОВ ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО ОСЯМ ВРАЩЕНИЯ

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

РАДАРЫ И АФАР

8 6 5

РЕАЛИЗОВАННЫХ
ПРОЕКТОВ

КООРДИНАТ
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
ИМИТАТОРА ЦЕЛИ

МЕТРОВ В СЕКУНДУ
СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ
ИМИТАТОРА ЦЕЛИ

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для измерения параметров и калировки составных частей антенных решеток, а также для полунатурных испытаний радиолокационных систем.

На сегодня реализованы стенды для:

- измерения параметров ЦАР [5 измерительных стендов в диапазоне до 40 ГГц; от антенного элемента до блока цифрового диаграммообразования и калировки ЦАР];
- полунатурных испытаний пассивных РЛС в диапазоне частот 0,4–40 ГГц [6 координат изменения положения ИЦ, 3 координаты изменения положения РЛС, диапазон перемещения ИЦ 5x5x5 м];
- полунатурных испытаний активно-пассивных РЛС в диапазоне частот 0,8–40 ГГц [4 координаты изменения положения ИЦ, 3 координаты изменения положения РЛС, диапазон перемещения ИЦ 14x14 м со скоростью до 5 м/с];
- полунатурных испытаний малогабаритных РЛС в диапазонах частот 24, 77 ГГц [1 координата изменения положения ИЦ, 3 координаты изменения положения РЛС, диапазон перемещения ИЦ 1 м].

В состав стендов в различных комбинациях входят:

- беззавиховые камеры производства TESCAP;
- прецизионные позиционеры производства TESCAP;
- программное обеспечение разработки TESCAP;
- дополнительное оборудование производства TESCAP;
- средства измерения;
- методическая и эксплуатационная документация.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

СИСТЕМЫ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ

11

РЕАЛИЗОВАННЫХ
ПРОЕКТОВ

8

ТИПОВ
ИСПЫТУЕМЫХ
УСТРОЙСТВ

14

ПАРАМЕТРОВ
ТЕСТИРОВАНИЯ
ЗА ОДНО ПОДКЛЮЧЕНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для измерения параметров, настройки и проверки составных частей блоков телеуправления летательных аппаратов, включая блоки обмена информацией и блоки принятия решений.

На сегодня реализованы стенды для:

- проверки и настройки составных блоков системы телеуправления летательного аппарата в условиях серийного производства (10 стендов с пультами для проверки и настройки блоков: от устройств СВЧ до цифровых блоков принятия решений);
- контроля параметров магнетронов (14 параметров за одно подключение).

ТЕСАРТ — это команда инженеров, исследователей, конструкторов, технологов с обширным опытом создания средств измерений и испытательного оборудования.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

АНТЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

12 0,4–67 8

РЕАЛИЗОВАННЫХ
ПРОЕКТОВ

ГИГАЕРЦ ДИАПАЗОН ЧАСТОТ
АНТЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ИЗМЕРЯЕМЫХ
ПАРАМЕТРОВ
И ХАРАКТЕРИСТИК
АНТЕНН



ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для измерения параметров и характеристик излучающих систем (антенн) различными методами, включая поворотный метод дальней зоны, метод измерения АФР антенны на плоскости, сфере, цилиндре или спирали с последующим пересчетом в дальнюю зону.

На сегодня реализованы стенды для:

- измерения параметров и характеристик антенн в дальней зоне до 67 ГГц (включая измерения объемных диаграмм направленности) с определением АДН, ФДН, КУ, КНД, поляризационных характеристик, параметров развязки между приемной и передающей антеннами, КСВН, координат фазового центра (или центра излучения);
 - измерения параметров и характеристик антенн методом сканирования ближнего поля по плоскости, сфере, цилиндру и спирали до 67 ГГц.
- В состав стендов в различных комбинациях входят:
- безэховые камеры производства TЕСАРТ;
 - опорно-поворотные устройства производства TЕСАРТ;
 - сканеры ближнего поля производства TЕСАРТ;
 - программное обеспечение разработки TЕСАРТ;
 - дополнительное оборудование производства TЕСАРТ;
 - средства измерения;
 - методическая и эксплуатационная документация.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Опыт создания стендов и их составных частей

СПЕЦИССЛЕДОВАНИЯ И ЭМС

20

РЕАЛИЗОВАННЫХ
ПРОЕКТОВ

3

МЕТРА
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ
РАССТОЯНИЕ

I

КЛАСС
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКРАНИРОВАНИЯ ПО
ГОСТ 30373-95 /
ГОСТ Р 50414-92

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Решения для специальных видов исследований (включая акустические) ВЧО, АЭП, ПЭМИН (по требованиям ФСТЭК РФ), испытаний на электромагнитную совместимость, а также решения для обеспечения противодействия иностранным техническим разведкам.

На сегодня реализованы стенды для:

- проведения испытаний на электромагнитную совместимость (3 м измерительное расстояние);
- проведения специальных исследований по требованиям ФСТЭК РФ;
- настройки и проверки радиоаппаратуры с учетом противодействия иностранным техническим разведкам.

В состав стендов в различных комбинациях входят:

- экранированные камеры производства ТЕСАРТ;
- безэховые и полубезэховые камеры производства ТЕСАРТ;
- радиопоглощающие подвижные перегородки производства ТЕСАРТ;
- поворотные столы производства ТЕСАРТ;
- антенные мачты производства ТЕСАРТ;
- программное обеспечение разработки ТЕСАРТ;
- дополнительное оборудование производства ТЕСАРТ;
- средства измерения;
- методическая и эксплуатационная документация.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Эмуляторы



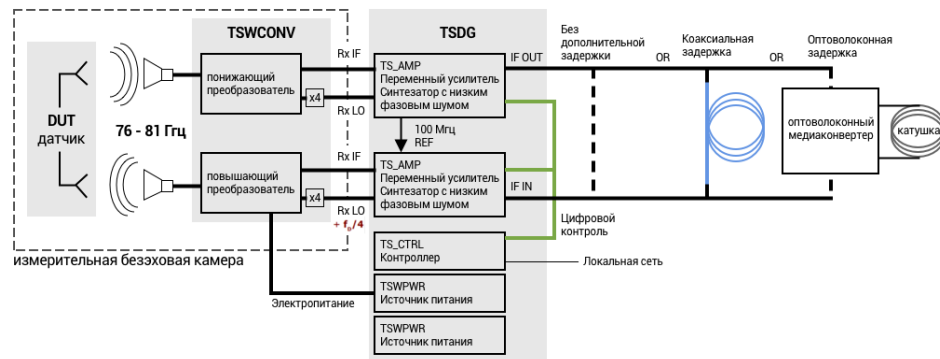
Предназначен для приема зондирующего и формирования отраженного радиолокационного сигналов с информацией об одиночной радиолокационной цели, в том числе с имитацией скорости объекта за счет доплеровского сдвига частоты.

Вместе с модулем коаксиальной линии задержки серии ЛЗСТ-ХХ позволяет устанавливать расстояния от радара до цели, а также скорости движения объекта.

Блок имитатора может быть выполнен в аналоговом или цифровом варианте. В аналоговом расстоянии задается дискретно с фиксированным шагом с помощью переключения линий задержки на передней панели или посредством цифрового интерфейса с использованием ПО. В цифровом задаются произвольные расстояния и скорости с использованием системы цифровой обработки сигналов.

Ключевые параметры имитатора

Диапазон рабочих частот	24-24,25 ГГц (лит.1) 77-81 ГГц (лит.2)
Мгновенная полоса, ГГц	до 4 ГГц
Уровень входной мощности	до 0 дБм
Уровень выходной мощности	до -10 дБм
Диапазон имитируемых расстояний до цели	от 1 м до 10 км
Диапазон имитируемых скоростей движения цели	от 0 до 55 м/с



Release – III квартал 2024

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Эмуляторы

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТ



ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

Устройство представляет собой моноблок, выполняющий функцию переноса спектра промежуточной частоты в диапазон рабочих частот (повышающий конвертер), либо переноса спектра рабочих частот в диапазон промежуточной частоты (понижающий конвертер).

Управление выполняется с кнопок передней панели или по интерфейсу Ethernet. Выполняет следующие функции:

- перенос без инверсии спектра;
- возможность работы от внутреннего гетеродина и переключение на работу от внешнего гетеродина;
- возможность синхронизации от внешнего опорного генератора.
- количество каналов преобразования частоты: 1, 2, 4, 8;
- диапазон рабочих частот до 50 ГГц;
- источник сигнала гетеродина встроенный, внешний;
- коэффициент шума не более 2 дБ;
- синхронизация гетеродина от внешнего опорного генератора: 1 / 5 / 10 / 100 МГц;
- аттенуатор по входу / выходу;
- встроенные индикаторы мощности;
- управление с передней панели или удаленное.

ВОЗМОЖНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

Можно изготовить повышающие и понижающие конвертеры с различным количеством входов / выходов под требуемые рабочие диапазоны частот (литеры).

50

ГИГАЕРЦ
МАКСИМАЛЬНАЯ
РАБОЧАЯ ЧАСТОТА

8

КАНАЛОВ
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
В ОДНОМ МОНОБЛОКЕ

10

ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ
ЛИТЕРНЫХ ДИАПАЗОНОВ

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Эмуляторы

ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ



5

ГГц ПОЛОСА ЧАСТОТ СВЧ-СИГНАЛА

8

ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ
ВЕЛИЧИН ЗАДЕРЖКИ
В ОДНОМ МОНОБЛОКЕ

5

ДБ МАКСИМАЛЬНЫЕ
ВНОСИМЫЕ
ПОТЕРИ НА СВЧ

ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУКЦИЯ

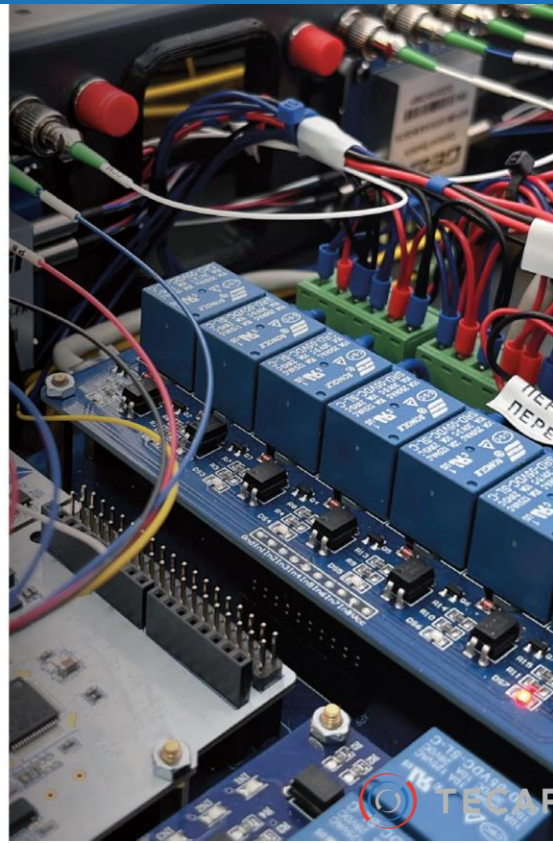
Моноблок, выполняющий функцию имитации расстояний пролета СВЧ-сигнала до цели. Предназначен для решения задач полунатурного моделирования. Линия задержки построена на основе системы электрооптических и оптоэлектронных преобразователей с механическим переключением между волоконно-оптическими линиями разной длины. Управление выполняется с кнопок передней панели или по интерфейсу Ethernet.

Имеет следующие технические характеристики:

- диапазон рабочих частот 4–11 ГГц;
- уровень входного сигнала не более 0 дБм;
- уровень выходного сигнала не менее -5 дБм;
- величины имитируемых задержек 15–2000 нс;
- возможность подключения волоконно-оптической линии произвольной длины;
- тип СВЧ-соединителей 3,5 мм;
- тип оптических соединителей FC/APC.

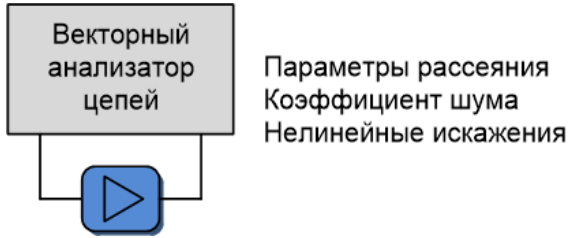
ВОЗМОЖНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ

Можно изготовить линии задержки с фиксированными или переменными величинами вносимых задержек СВЧ-сигнала под требования заказчика.



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

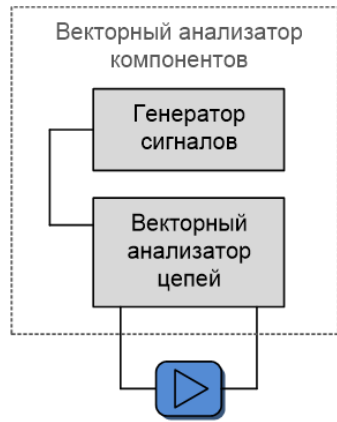
Новые подходы к испытаниям. Сложный сигнал



- большое время измерений
- только активные ретрансляторы
- высокая точность и объем измерений



- низкая информативность измерений
- любые типы ретрансляторов



Параметры рассеяния
Коэффициент шума
Нелинейные искажения
+
EVM, ACPR, NPR

- высокая стоимость решения
- не исключает все недостатки
- объединяет преимущества



Сокращение времени испытаний, большой объем результатов измерений, относительно низкая стоимость системы, любые типы ретрансляторов

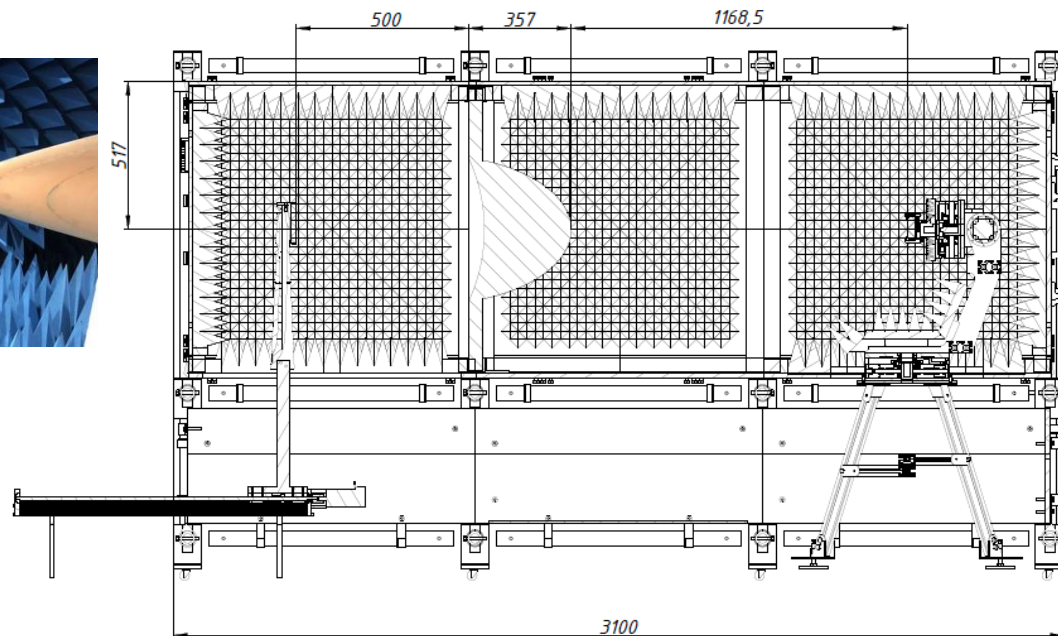
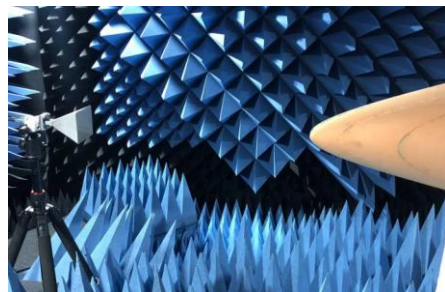
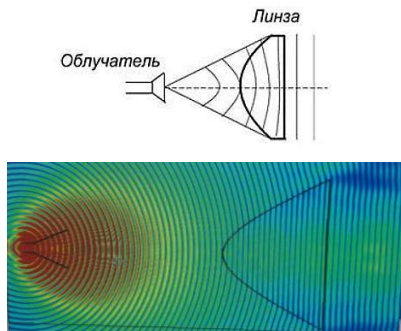
Вопросы точности измерений и метрологии требуют исследований

Release – IV квартал 2024



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Линзовые коллиматоры



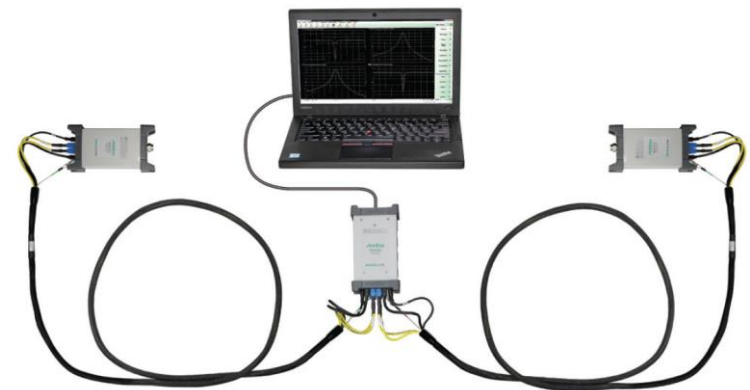
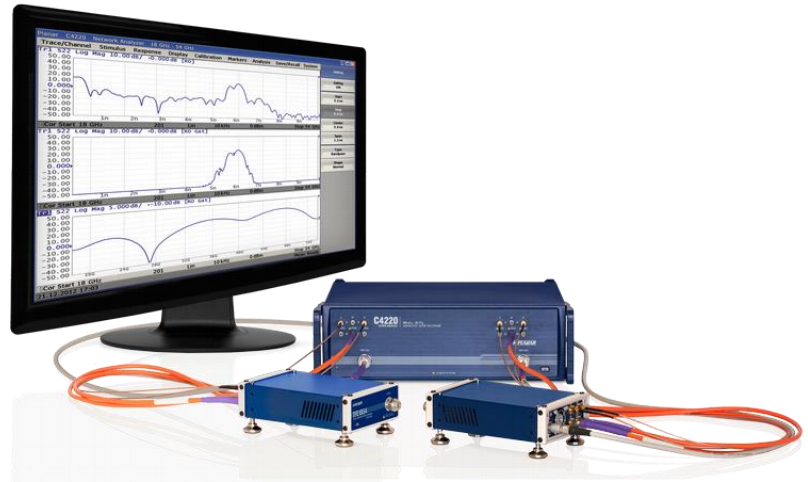
Характеристика	Ед. изм.	Значение
Рабочий диапазон частот	ГГц	10-40
Размер рабочей зоны, не менее	мм	250x250
Амплитудная неравномерность рабочей зоны по типу спада (taper), не более	дБ	1
Амплитудная неравномерность рабочей зоны по типу пульсаций (ripple), не более	дБ	0,5
Фазовая неравномерность рабочей зоны, не более	°	12

Demo – ExpoElectronica 2024

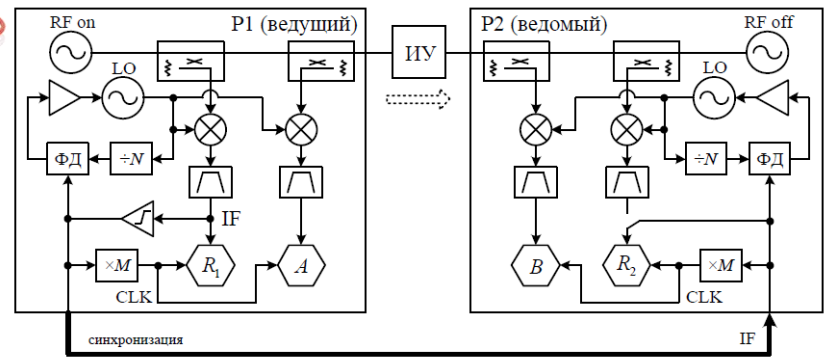
(16-18 апреля 2024)

ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Разнесенные системы

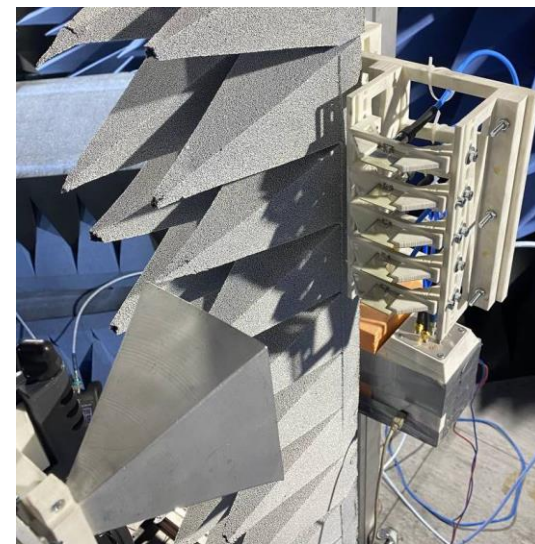
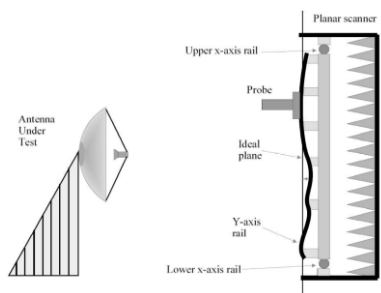
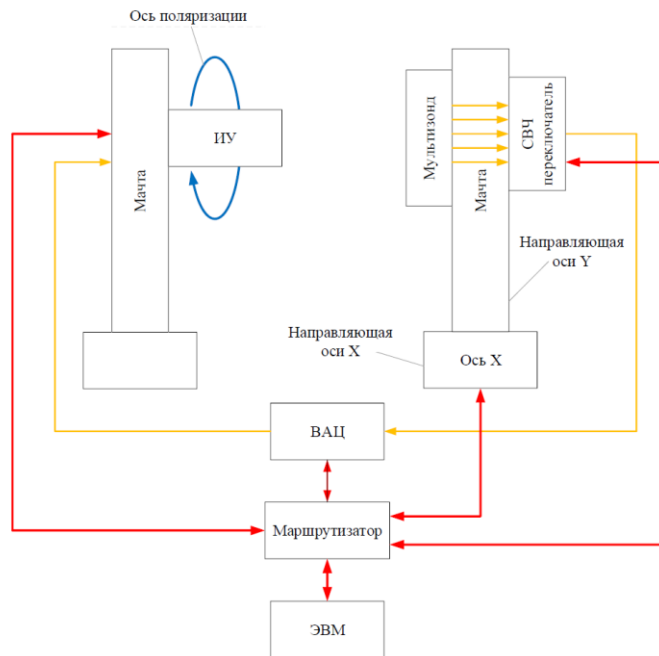
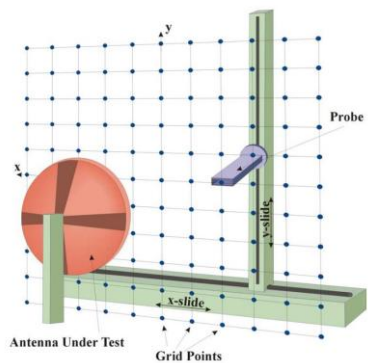


Release – IV квартал 2024



ОТА-тестирование = Полунатурное моделирование

Новые подходы к испытаниям. Многозондовые измерения



Release – III квартал 2025

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

НПК ТЕСАРТ

г. Томск, ул. Циолковского, д. 19

WEB: www.tes-art.ru

e-mail: office@tes-art.ru

тел.: [+7 \(3822\) 90-05-30](tel:+73822900530)