



ЭКСПОНЕНТА

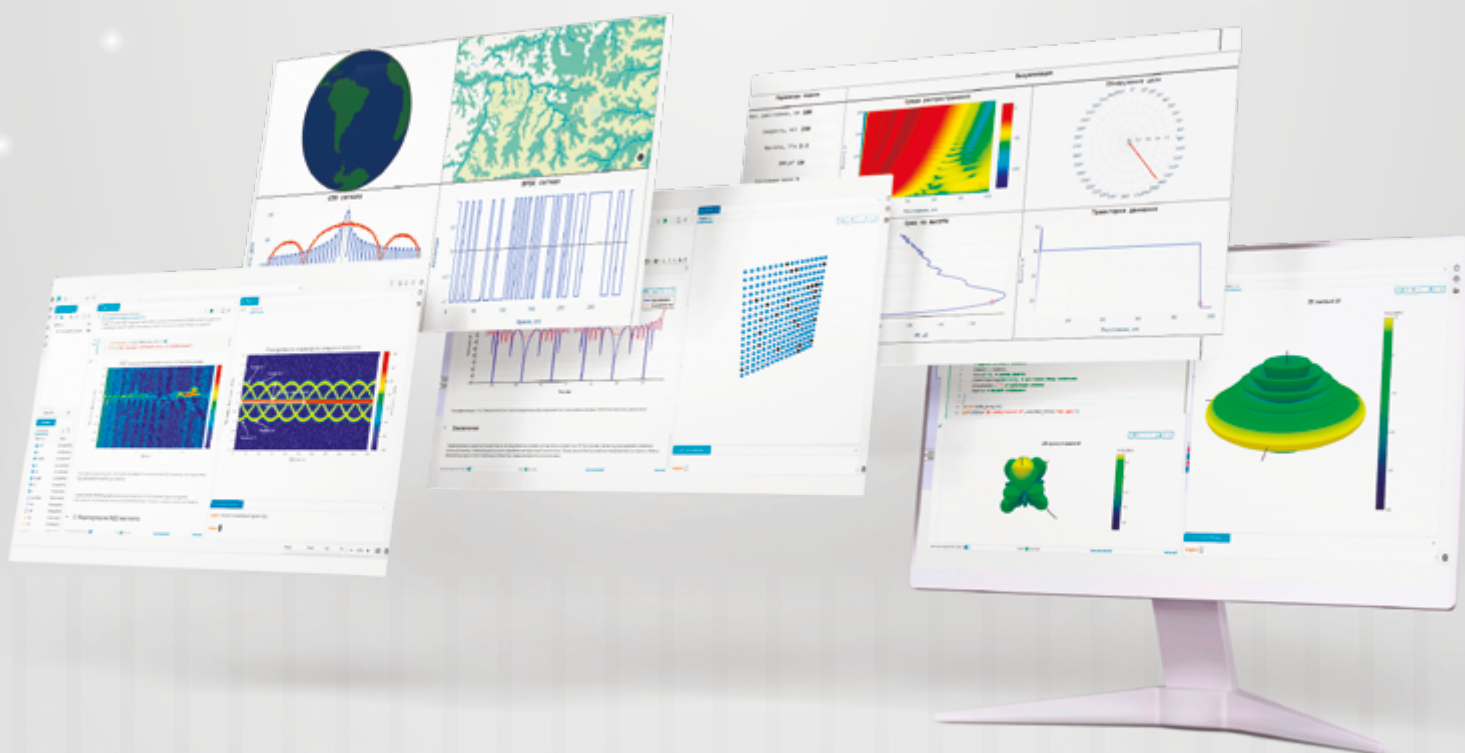


Engее



КПМ РИТМ

# САПР ENGEE PTC



## САПР Engее PTC – система автоматизированного проектирования (САПР) для моделирования, алгоритмизации и отладки аналого-цифровых трактов микроэлектроники и радиотехнических систем (PTC)

### Состав

- Среда разработки Engее
- Аппаратный комплекс РИТМ
- Радио-модуль Engее USRP
- Специализированные СФ-блоки
- Пользовательские устройства

### Технологии

- Динамическое моделирование
- Виртуальные испытания
- Генерация исполняемого кода
- Полунатурное тестирование
- Сквозное прототипирование

### Применение

- Разработка и тестирование радиотехнических систем:
  - радиоэлектронная борьба
  - радиолокация
  - радионавигация
  - спутниковая связь
  - LTE
  - 5G
- Отладка микроэлектроники, антенн, СВЧ
- Прошивка ПЛИС и систем-на-кристалле (СНК)
- Цифровые двойники радиотехнических изделий



### Наши знания и опыт

Многолетний опыт и инженерные компетенции ЦИТМ Экспонента позволяют создавать лучшие в классе интегрированные вычислительные комплексы



**Engее**

Предметные цифровые модели систем и алгоритмов



**КПМ РИТМ**

Имитационные, управляющие и испытательные стенды для отладки технических систем на базе КПМ РИТМ



**Бортовая электроника**



**Объект тестирования**



**Вычислительный сервер Engее**

Российская платформа математических вычислений и динамического моделирования. Интеграция с внешними САПР



**Система управления комплексом**

Стендовая индикация  
Система сбора данных

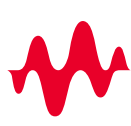
# ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ

## Цель создания САПР Engae PTC

Импортозамещение программного и аппаратного обеспечения зарубежных вендоров (MathWorks, Keysight (Agilent), Siemens, Rohde&Schwarz, National Instruments и подобных им) в части проектирования и отладки микроэлектронных и радиотехнических систем.



SIEMENS



**МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ**

Работы ведутся в рамках субсидии Минпромторга России на финансовое обеспечение в области средств производства электроники от 14 октября 2024 года №23-67771-00835-Р согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 25 октября 2023 года №1780.

## Наши партнеры



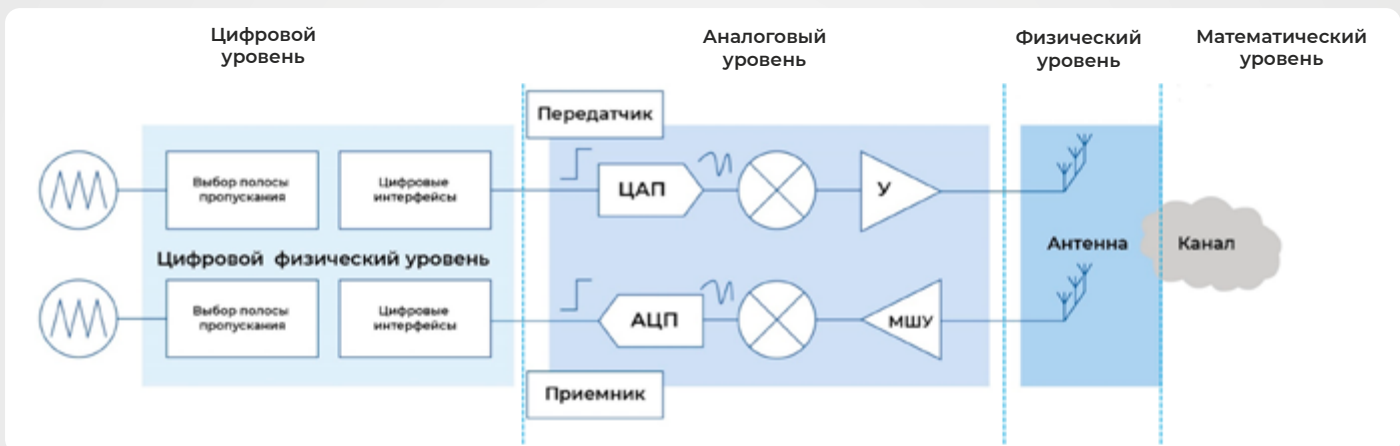
АО «НПП «Радиосвязь»



**МИЭТ**

Создание современных радиотехнических комплексов связано с рядом технических и организационных трудностей:

- Сложные сценарии работы, многофункциональность
- Продвинутые цифровые вычислители, уникальные алгоритмы
- Взаимодействие инженерных команд разных направлений
- Дорогостоящие натурные испытания



## Методы ускорения проектирования РТС

- Всеобъемлющее моделирование
- Цифровизация процесса разработки
- Ранняя верификация, виртуальные испытания
- Автоматизация тестирования и генерации кода

## Требования к программному и аппаратному обеспечению

- Создание сложных мультидоменных моделей РТС
- Запуск динамической симуляции моделей в различных сценариях
- Интеграция с аппаратными платформами быстрого прототипирования
- Сквозной путь от требований до прототипа изделия или узла

## САПР ENGEE РТС

**250+**

Разработчиков  
и инженеров  
предметных областей



Привлечение  
ведущих научных  
школ РФ

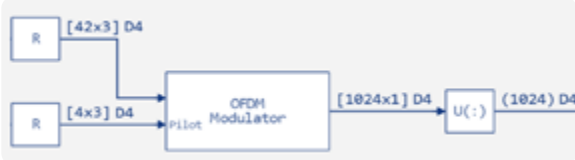
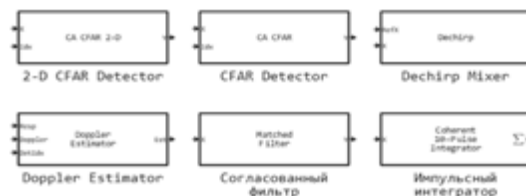
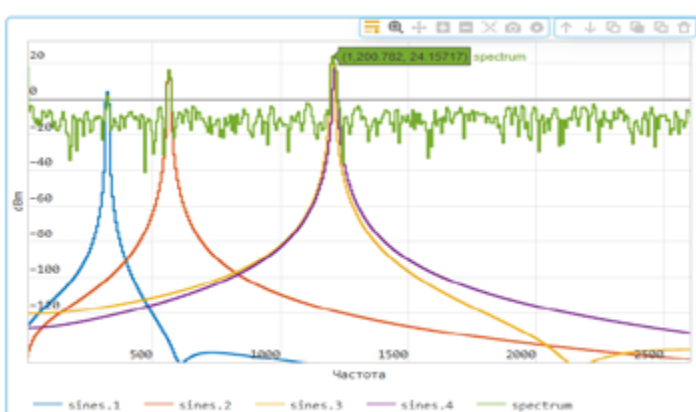
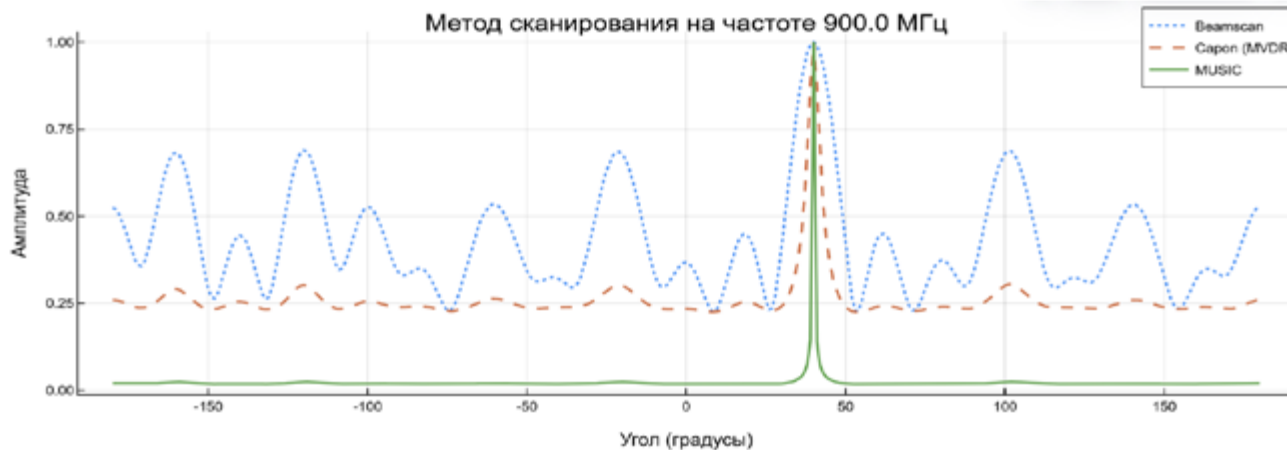
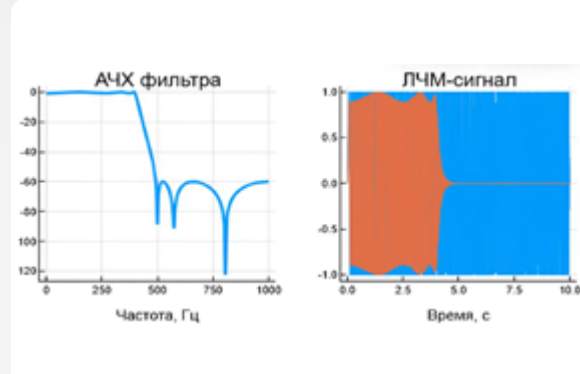
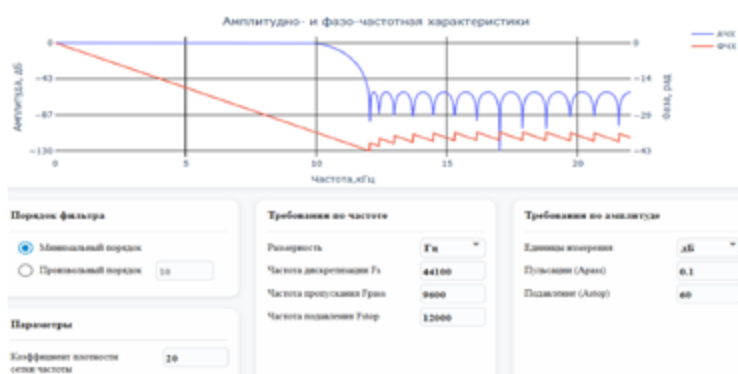


Верификация  
передовыми  
предприятиями отрасли

# МОДЕЛИРОВАНИЕ: ЦИФРОВОЙ УРОВЕНЬ

- Генерация сигналов
- Инструменты ЦОС
- Спектральный анализ
- Цифровые фильтры
- Системы беспроводной связи

- Обработки радиолокационной информации
- Сканирование лучом
- Кодирование
- Пеленгация
- Слежение



# МОДЕЛИРОВАНИЕ: АНАЛОГОВЫЙ УРОВЕНЬ

- МШУ, ФАПЧ, АРУ
- АЦП, ЦАП
- Синтезаторы частот
- Смесители
- Аналоговые фильтры

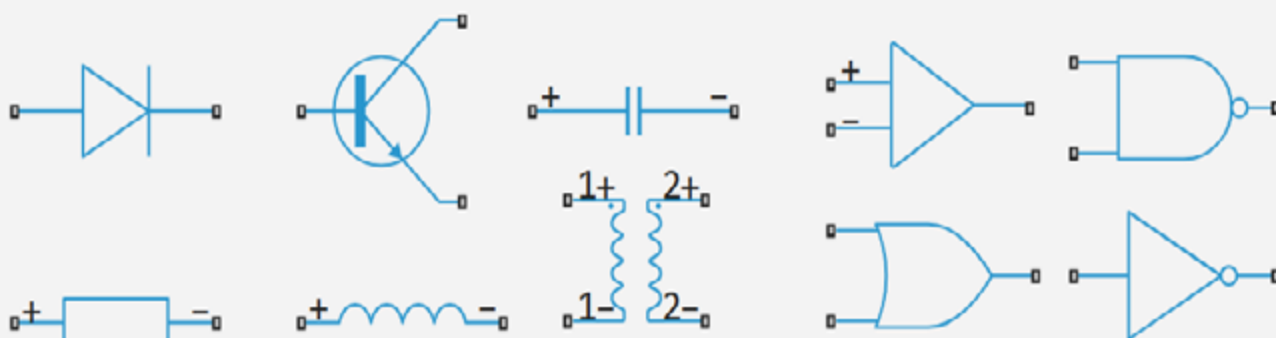
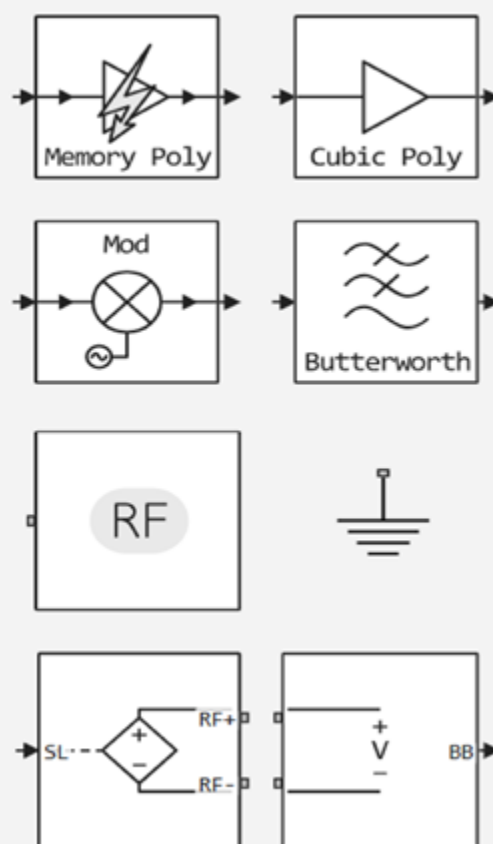
- Согласующие цепи
- Базовые элементы
- Неидеальности
- Искажения
- Функции для анализа СВЧ



## Математическое ядро

Решатель, поддерживающий динамическую симуляцию электрических цепей на сверхвысоких частотах:

- Моделирование MIMO систем
- Учёт смещения и нелинейностей чётного порядка
- Моделирование фазовращателей и усилителей с переменным усилением
- Качественное моделирование помеховых воздействий

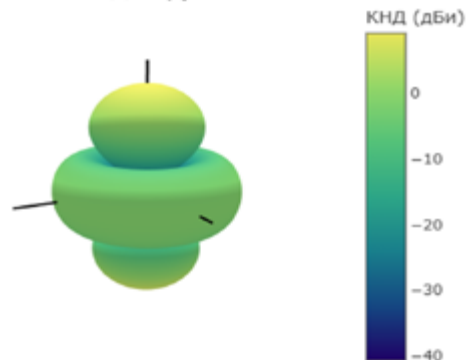




# МОДЕЛИРОВАНИЕ: ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

- Антенно-фидерный тракт
- ФАР, АФАР, отдельные элементы
- Импорт диаграммы направленности
- Адаптивное формирование ДН
- Произвольное расположение
- Отказы антенных элементов

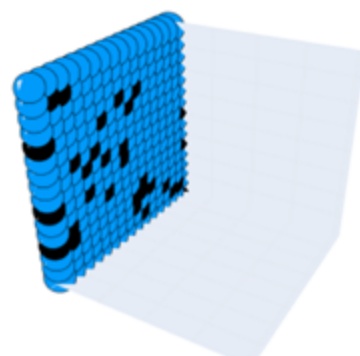
ДН круговой АР



Кольцевая антенная решетка

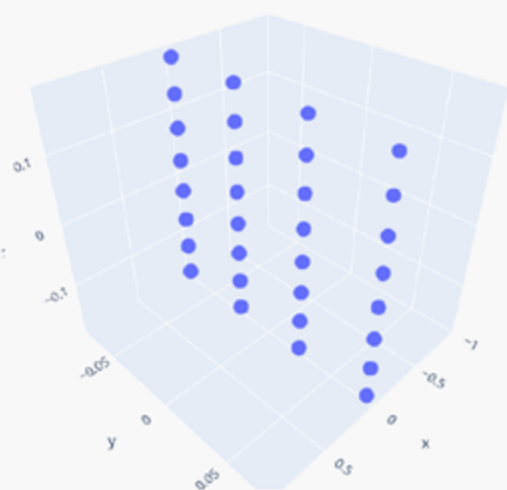


Прямоугольная антенная решетка



ПАРАМЕТРЫ   **ТОПОЛОГИЯ**   ДН   ДИСКРЕТНОСТЬ ФАЗЫ   ЭС

Топология



Переходной процесс при перестройке луча



Характеристики АФАР

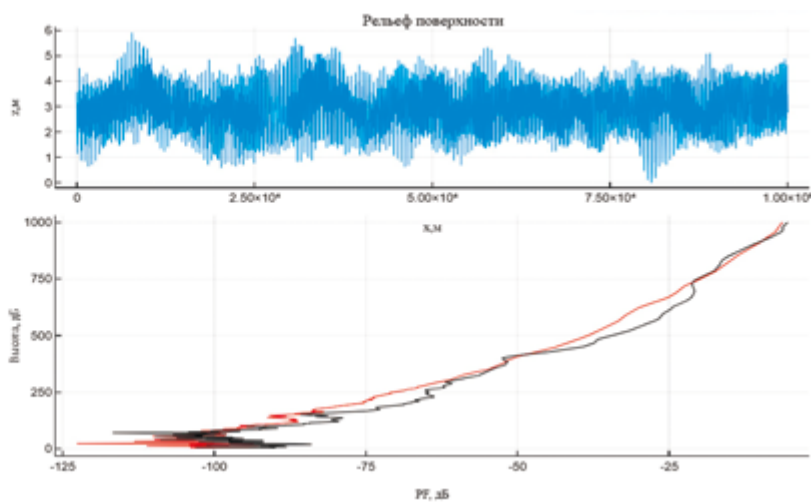
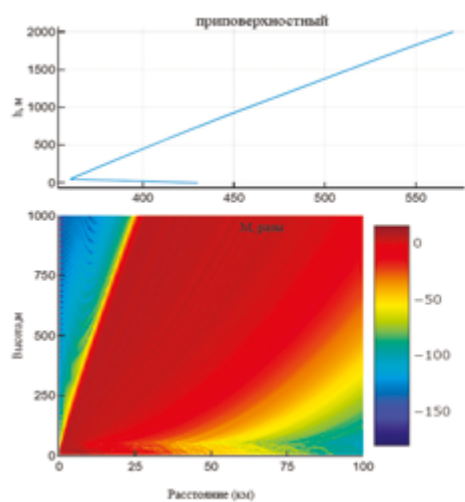
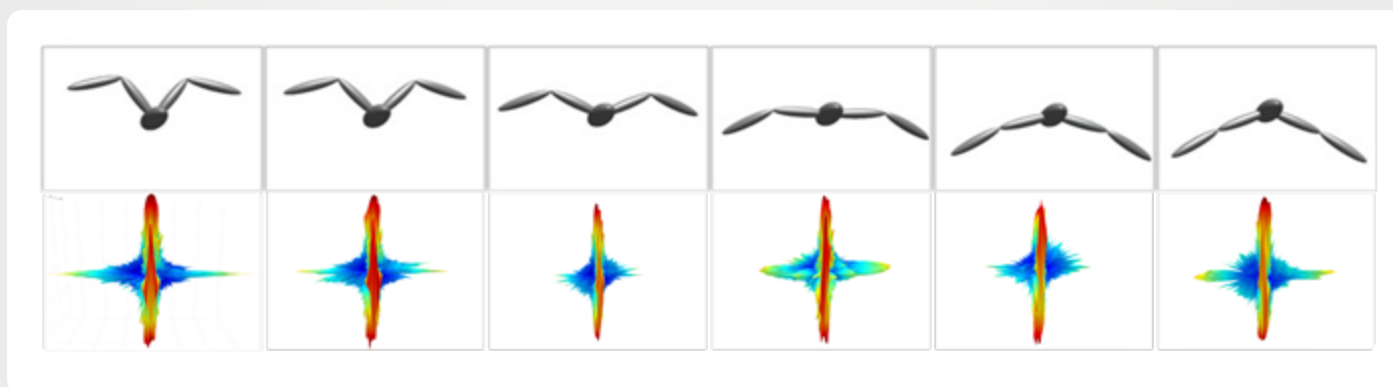
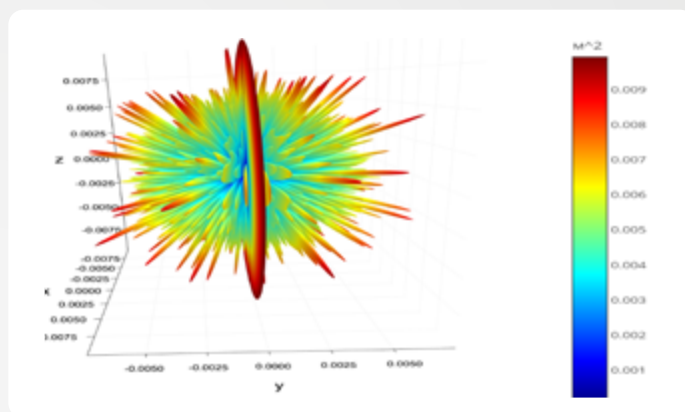
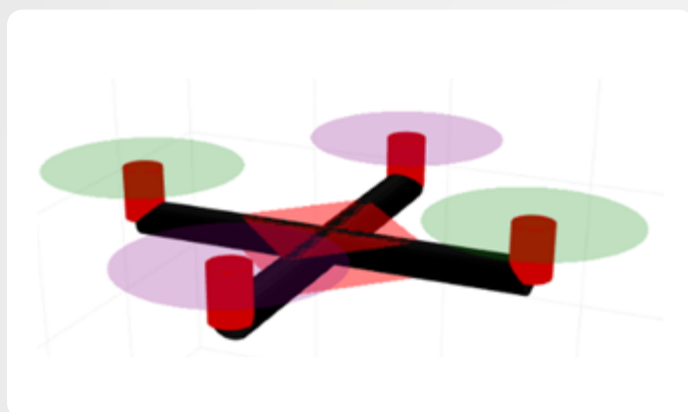
КНД	20	дБи
Эквивалентная мощность	33.07	дБВт
Добротность (G/T)	-8.82	дБ/К
КНД при квантовании фазовращателя	20.3	дБи
Ширина ДН по азимуту	24.96	град
Ширина ДН по углу места	24.96	град
Точность измерения по азимуту	2.5	град
Точность измерения по углу места	1.26	град

Расчет АФАР

# МОДЕЛИРОВАНИЕ. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

- Канал распространения радиоволн
- РРВ над подстилающей поверхностью, в атмосфере
- Многолучёвость

- Широкополосная ЭПР целей
- Движение, ориентация целей
- Шумовые и ложные помехи
- Имитация фоно-целевой обстановки (ФЦО)





# ГЕНЕРАЦИЯ ИСПОЛНЯЕМОГО КОДА

- Автоматическая генерация:

- С-кода
- Verilog-кода

- Поддержка целочисленной арифметики

- Оптимизация под конкретные аппаратные платформы

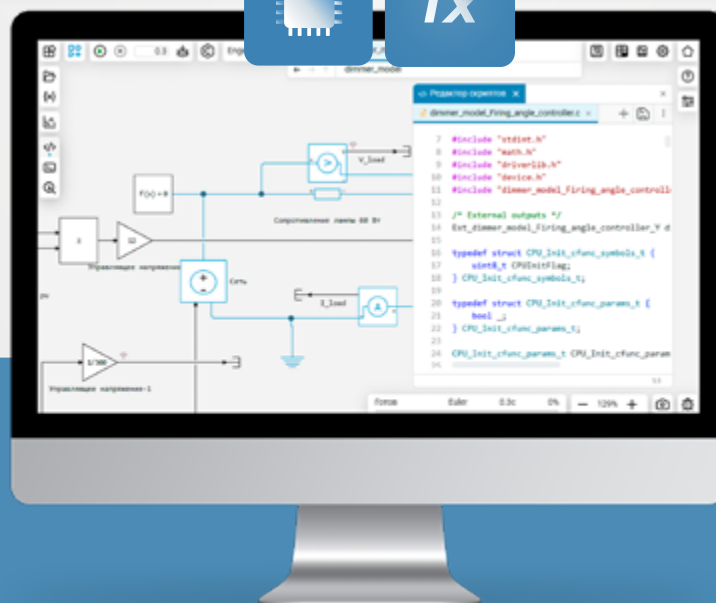
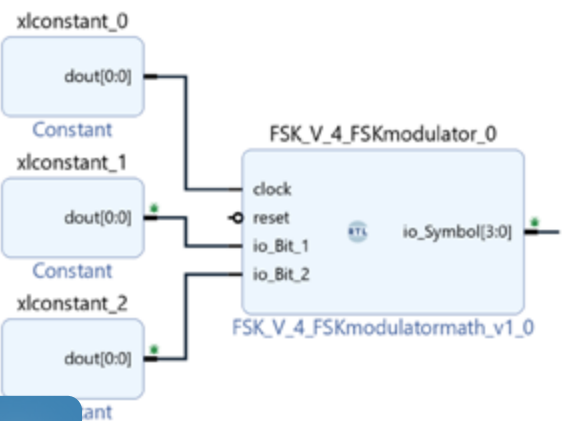
```
31 /* Model step function */
32 void cg_model_multirate_step_0() { // sample time: 0.01
33     double Add;
34
35     cg_model_multirate_5.UnitDelay = cg_model_multirate_5.UnitDelay_state;
36     /* Sum: /Add incorporates:
37      * Import: /In1
38      * UnitDelay: /Unit Delay
39      */
40     Add = cg_model_multirate_5.In1 + cg_model_multirate_5.UnitDelay;
41     cg_model_multirate_5.RateTransition = Add;
42     /* Update for UnitDelay: /Unit Delay */
43     cg_model_multirate_5.UnitDelay_state = Add;
44 }
45
46 /* Model step function */
47 void cg_model_multirate_step_1() { // sample time: 0.05
48     double Add_1;
49
50     cg_model_multirate_5.UnitDelay_1 = cg_model_multirate_5.UnitDelay_1_state;
51     /* Sum: /Add-1 incorporates:
52      * RateTransition: /Rate Transition
53      * UnitDelay: /Unit Delay-1
54      */
55     Add_1 = cg_model_multirate_5.RateTransition + cg_model_multirate_5.UnitDelay_1;
56     /* Output: /Out1 incorporates:
57      * Sum: /Add-1
58      */
59     cg_model_multirate_5.Out1 = Add_1;
60     /* Update for UnitDelay: /Unit Delay-1 */
61     cg_model_multirate_5.UnitDelay_1_state = Add_1;
62 }
```

engee.generate\_code()



▼ TI\_dimmer\_code

- main.c
- dimmer\_model\_Firing\_angle\_controller.c
- dimmer\_model\_Firing\_angle\_controller.h
- dimmer\_model\_Firing\_angle\_controller\_verification.jl



## МОДЕЛЬ ENGEE PTC

## Каталог верифицированных СФ-блоков

Это основа DFE-решений (digital-front-end) для таких систем, как LTE, 4G, 5G NR, MIMO, Wi-Fi, DVB-S2/S2x и других.



Входит в реестр отечественного ПО

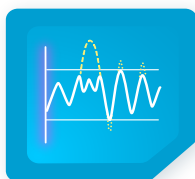
DPDex-IP



FFTex-IP



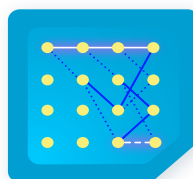
PC-CFRex-IP



OFDMex-IP



Viterbiex-IP



DVB-S2/T2 FEC ENCODERex



## Назначение блоков

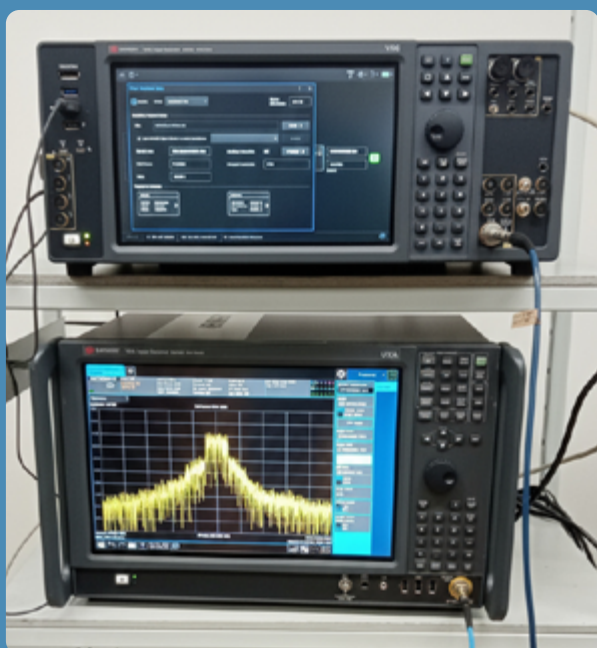
- Цифровые предсказания (DPD)
- Снижение пик-фактора (PC-CFR)
- OFDM-технологии
- Оптимизированный БПФ (FFT)
- Помехоустойчивое кодирование (FEC)
- Декодер Витерби
- Декодер DVB-S2/T2
- Цифровое повышение и понижение частоты



Поведенческие модели



Верификация в лаборатории



# АППАРАТНЫЙ СТЕНД

## РИТМ SDR USRP

Многофункциональная SDR-платформа, созданная с учётом потребностей инженеров, разработчиков и исследователей

Встроенные СФ-блоки

ПЛИС + РЧ-модуль

Гибкая архитектура

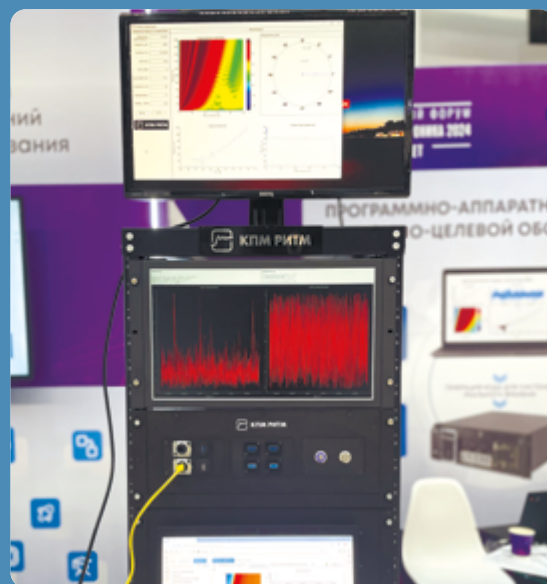


## Имитатор радиочастотного канала на базе КПМ РИТМ

- Запуск цифровых алгоритмов и моделей на встраиваемых вычислителях в режиме жёсткого реального времени
- Подключение внешних устройств по цифровым и аналоговым интерфейсам
- Многоканальный захват данных
- Генерация СВЧ-сигналов

### Применение

- Имитатор фоно-целевой обстановки (ФЦО)
- Программно-определяемое радио (SDR)
- Комплекс захвата и обработки сигналов





**КПМ РИТМ**



**ЭКСПОНЕНТА**

## КОНТАКТЫ



[info@exponenta.ru](mailto:info@exponenta.ru)



[+7 \(495\) 009 65 85](tel:+7(495)0096585)



[start.engee.com](http://start.engee.com)



117418 г. Москва,  
Нахимовский проспект, 51