Техническое описание (Data Sheet) на русском языке

АКМЕТЕХ ATCEBW — многоканальные широкополосные эмуляторы радиоканалов

Обзор серии

АКМЕТЕХ ATCEBW — серия многоканальных широкополосных эмуляторов радиоканалов бренда АКМЕТЕХ. Оборудование предназначено для лабораторного воспроизведения условий распространения радиосигналов, динамических изменений параметров радиолиний и моделирования многоканальных беспроводных сетей.

Система моделирует задержку распространения, доплеровский частотный сдвиг, амплитудное затухание, многолучевое распространение, замирания, атмосферные воздействия, шумы и помехи. Параметры отдельных линий связи могут задаваться независимо, что позволяет использовать АКМЕТЕХ ATCEBW как для испытаний отдельных радиоустройств, так и для моделирования многоканальных сетевых конфигураций.

АКМЕТЕХ ATCEBW применяется при разработке, верификации и испытаниях беспроводных систем, в том числе в задачах Massive MIMO, моделирования сложной электромагнитной обстановки и сетей спутниковых группировок.

Система воспроизводит воздействие замираний, эффекта Доплера, рельефа, метеоусловий и помех при взаимодействии аппаратуры связи, источников сигналов и средств постановки помех.

Конфигурации серии

Серия АКМЕТЕХ ATCEBW включает исполнения с 4, 8, 16 и 64 радиочастотными каналами. Поддерживается также сетевая конфигурация 32×32. 64-канальное исполнение размещается в корпусе высотой 22U.

Конфигурация	Конструктивное исполнение	Назначение
4 / 8 / 16 каналов	стандартное стоечное исполнение	моделирование и испытания линий беспроводной связи
64 канала	модульная архитектура VPX; стоечный корпус 22U	моделирование радиоканалов и сетевых конфигураций

Сетевые конфигурации

Поддерживаются сеть 64×64 с полосой 120 МГц, сеть 32×32 с полосой 500 МГц, групповые конфигурации 16×16 и 8×8 с полосой 500 МГц, а также смешанные конфигурации.

Функциональные возможности

- независимая настройка задержки, частотного сдвига, замираний и многолучевого распространения для отдельных линий связи;
- моделирование топологий беспроводных сетей, включая линейную, звездообразную, полносвязную и многоподсетевую конфигурации;

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

- динамическое изменение задержки, доплеровских параметров и мощности по заданным законам и траекториям;
- модель канала предусматривает до 24 многолучевых составляющих;
- модели Rayleigh, Rice, Nakagami, Gaussian, Lognormal, Flat, Pure Doppler и другие модели замираний и распространения;
- моделирование атмосферных условий, дождя, снега, теневого замирания и сложной электромагнитной обстановки;
- AWGN, CW и другие виды помех, включая узкополосные, широкополосные, гребенчатые, скачкообразные по частоте, свипирующие и импульсные;
- библиотеки GB/GJB, ITU, городские модели «точка–точка», 3GPP и пользовательские модели каналов;
- импорт файлов траекторий из **STK** и **WI**;
- локальное и дистанционное управление, включая управление с внешних платформ по Ethernet;
- обмен данными основной полосы с внешними устройствами хранения через сеть 10G и работа с RF-входами/выходами.
- одновременное и разделённое по времени дистанционное управление различными RF-каналами несколькими пользователями;
- модели постоянного канала, дугообразная, двойная гауссова, Сузуки и Баттерворта;
  - создание трёхмерной среды моделирования и формирование сценария одним действием;
  - импорт файлов эфемерид, их динамическое обновление и повторное воспроизведение при моделировании в реальном времени;
  - синхронизация по GPS, 1PPS+TOD и NTP; внутренний, внешний, программный запуск и запуск по расписанию (опция);
  - MIMO 4×4, однонаправленные и двунаправленные конфигурации эмуляции;

Области применения

- моделирование и испытания беспроводных линий и сетей связи;
- полуфизические испытания и замкнутые стенды реального времени;
- Massive MIMO и испытания фазированных антенных решёток;
- аэрокосмические и спутниковые линии связи;
- системы передачи данных (Data Link);
- моделирование сложной электромагнитной обстановки и оценка помехоустойчивости;
- приёмочные, протокольные, тактические и системные интеграционные испытания.
  - учебно-тренировочные системы радиоэлектронного противодействия;
  - моделирование сетей спутниковых группировок;

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Технические характеристики серии

Технические параметры серии зависят от количества каналов, радиочастотного исполнения и установленной полосы обработки. Если для параметра указаны разные значения, они относятся к соответствующим конфигурациям оборудования.

Параметр	Значение
Конфигурации серии	4 / 8 / 16 / 64 радиочастотных канала; сетевая конфигурация 32×32
Число каналов в максимальном исполнении	64 входа и 64 выхода; раздельные и совмещённые тракты приёма/передачи
Диапазон частот	64-канальное исполнение: 200 МГц – 6/18 ГГц; исполнения 4/8/16 каналов: 1,5 МГц – 6/18 ГГц. Расширение до диапазона Ка (до 40 ГГц) — с внешними преобразователями частоты.
Диапазон частот каналов с разъёмами SMA	1,5 МГц – 6 ГГц
Рабочие частоты трактов	в каждом RF-канале — два гетеродина; независимая настройка частот приёма и передачи
Полоса пропускания	Поддерживаемые значения: 120/250/500 МГц в зависимости от исполнения; в интерфейсе ПО также предусмотрен выбор 40 МГц.
Уровень входного сигнала	−40…+30 дБм
Уровень выходного сигнала	−120…0 дБм
Разрешение установки выходной мощности	0,1 дБ
Точность выходной мощности	±1 дБ при уровне ≥ −90 дБм
Точность выходной мощности ниже −90 дБм	±2 дБ
Диапазон регулировки ослабления	0–100 дБ; минимальный шаг не более 0,1 дБ
Внутриполосные паразитные составляющие	лучше 40 дБн (dBc)
Диапазон изменения задержки	64-канальное исполнение: 5 мкс – 1 с; исполнения 4/8/16 каналов: 5 мкс – 800 мс (в зависимости от конфигурации).
Шаг изменения задержки	не более 1 нс; изменение без скачков фазы
Законы изменения задержки	постоянный, линейный, синусоидальный, пользовательский
Регулировка фазового сдвига	0–360°; разрешение не более 1°
КСВН	≤ 1,6
Межканальная развязка	лучше 120 дБ

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Максимальный доплеровский сдвиг	64-канальное исполнение: ±3 МГц; исполнения 4/8/16 каналов: не менее ±6 МГц (в зависимости от конфигурации).
Шаг установки доплеровского сдвига	не хуже 0,1 Гц
Законы изменения доплеровских параметров	постоянный, линейный, синусоидальный, пользовательский; изменение первой и второй производных
Максимальная скорость изменения доплеровского сдвига	≥ 80 кГц/с
Уровень собственных шумов	≤ −160 дБм/Гц, тип.
Ухудшение EVM	не более 1,5%
Пользовательские модели	поддерживаются
Импорт файлов STK	поддерживается
Модели траекторий	импорт файлов траекторий из STK и WI
Импорт эфемерид	импорт и применение в реальном времени; динамическое обновление и повторное воспроизведение
Модели шумовых помех	AWGN, CW и внешние помехи
Модели замираний канала	замирания в свободном пространстве, теневые замирания, многолучевая задержка, Рэлей, Райс, доплеровские характеристики (плоская, арочная, гауссова, двойная гауссова), постоянная, Nakagami, Lognormal
Другие модели радиоканала	Suzuki, чистый доплеровский сдвиг, Butterworth; пользовательские модели
Библиотеки моделей радиоканала	GB/GJB, ITU, городские модели «точка–точка», 3GPP; стандартные и пользовательские модели
Максимальное число многолучевых компонент	24
Сетевые конфигурации	64×64 при полосе 120 МГц; 32×32, 16×16 и 8×8 при полосе 500 МГц; смешанные конфигурации
Однонаправленная и двунаправленная эмуляция	поддерживается
Конфигурация MIMO	4×4 (для поддерживающих такую топологию конфигураций, включая 16-канальное исполнение)
Синхронизация и управление	внешний временной код B (DC); удалённое управление через Gigabit Ethernet; опорная частота 10/100 МГц на входе, 10 МГц на выходе
Синхронизация GPS	Вход GPS (SMA) в исполнениях, оснащённых модулем GPS-синхронизации

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Сигналы временной синхронизации	Вход B(CD)/1PPS+TOD (уровни RS-422); поддержка внешнего временного кода B (DC) для синхронизации системы
Режимы синхронизации и запуска	внутренний и внешний запуск, запуск по расписанию (опция), NTP, программное управление запуском
Многопользовательское управление	одновременное или разделённое по времени дистанционное управление различными RF-каналами несколькими пользователями
Конструктивное исполнение	стандартный 19-дюймовый стоечный корпус; для 64-канального исполнения — корпус 22U
Электропитание	220 В ±10%, 50 Гц ±2,5 Гц

Архитектура решения

Конфигурация устройства

Аппаратная платформа эмулятора радиоканалов построена на стандартной модульной архитектуре VPX и в основном включает блок обработки сигналов, 8-канальный блок приёма-передачи сигналов и блок синхронизации тактовых сигналов. В качестве рабочей платформы используются специализированный главный контроллер, высокоскоростная кросс-плата и блок питания. Вся аппаратная система оснащена периферийными устройствами промышленного класса, размещена в стандартном 19-дюймовом стоечном шасси и поддерживается полнофункциональной программной платформой. Совместная работа этих компонентов обеспечивает высокую производительность и надёжность системы.

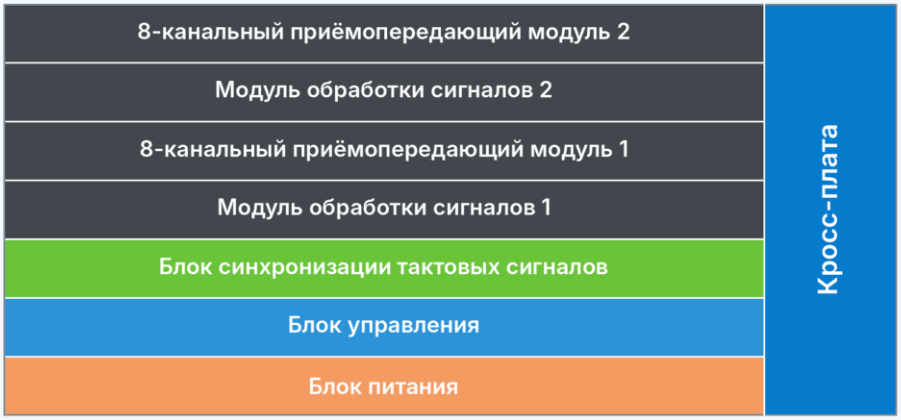


Рис. 1. Состав оборудования 16-канального исполнения

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.



Рис. 2. Состав оборудования 64-канального исполнения

Основные функции каждого блока приведены ниже.

8-канальный блок приёма-передачи сигналов

Каждый 8-канальный блок приёма-передачи сигналов состоит из 8 трактов приёма RF-сигналов и 8 трактов передачи RF-сигналов.

Приёмный RF-тракт выполняет приём сигнала, квадратурное понижающее преобразование частоты и дискретизацию сигнала основной полосы. RF-сигнал, поступающий через входной порт, проходит согласование уровня, фильтрацию и аналого-цифровое преобразование (АЦП), после чего преобразуется в сигнал основной полосы и передаётся в блок обработки сигналов. Каждый сигнальный канал оснащён модулем синтеза частоты, что позволяет независимо задавать рабочую частоту. Благодаря этому каждый приёмный канал может работать на собственной частоте.

Рабочие частоты приёмных и передающих трактов задаются независимо с помощью настраиваемых синтезаторов частоты.

Передающий RF-тракт выполняет цифро-аналоговое преобразование, квадратурное повышающее преобразование частоты и формирование RF-сигнала. Сигнал основной полосы, поступающий от источника, обрабатывается с выполнением ЦАП-преобразования, повышения частоты и регулировки усиления, после чего выводится через RF-порт. Каждый сигнальный канал оснащён

независимым модулем синтеза частоты, что позволяет индивидуально задавать рабочую частоту и обеспечивает независимую работу передающих каналов на разных частотах.

Блок обработки сигналов

Блок обработки сигналов соединяется с 8-канальным блоком приёма-передачи через разъём кросс-платы VPX. По высокоскоростной шине SERDES он принимает цифровые сигналы от RF-приёмника и выполняет моделирование задержки, доплеровского сдвига, затухания, фазового сдвига и многолучевого распространения. После обработки совокупной моделью канала сигналы проходят цифровую интерполяцию и фильтрацию, а затем передаются в RF-передающий блок через интерфейс VPX.

Синхронизация системы также реализуется платой обработки сигналов. При получении внешнего сигнала синхронизации или команды синхронизации от программного обеспечения управляющего компьютера плата одновременно распределяет их по всем RF-приёмным и передающим блокам, обеспечивая синхронное управление системой. Плата может принимать B-код от блока синхронизации BeiDou, декодировать его и синхронизировать системные часы с системой BeiDou. При отсутствии внешнего сигнала BeiDou в качестве системного времени используются часы управляющего компьютера.

Блок синхронизации тактовых сигналов

Отвечает за синхронизацию тактовых сигналов и времени всех модулей основного блока эмулятора радиоканалов.

Система принимает внешний временной код B (DC) для синхронизации времени. Платы обработки одновременно распределяют сигналы синхронизации между приёмными и передающими модулями.

Кросс-плата

Кросс-плата выполняет следующие функции:

- **Высокоскоростной обмен сигналами:** обеспечивает высокоскоростной многоканальный обмен сигналами.
- **Передача тактовых сигналов:** обеспечивает рабочий тактовый сигнал для каждой платы обработки сигналов.
- **Управление синхронным запуском:** триггерный сигнал подаётся на каждую плату-носитель.
- **Распределение питания:** подаёт рабочее напряжение на каждый независимый модуль.

Подсистема питания

Блок питания преобразует внешнее переменное напряжение в постоянное с помощью AC/DC-преобразования и обеспечивает питание всех плат и модулей от сети 220 В.

Главный блок управления

Главный блок управления выполняет программное обеспечение управления устройством и аналитическую подсистему. Он отвечает за отображение состояния, аварийную сигнализацию, управление и самотестирование эмулятора радиоканалов, предоставляет внешний интерфейс взаимодействия и обеспечивает управление, мониторинг и самодиагностику компонентов

системы. Блок служит аппаратной платформой для системного программного обеспечения управления и человеко-машинного интерфейса.

Программная платформа интегрирована в главный блок управления и включает низкоуровневые драйверы, программное обеспечение моделирования каналов и человеко-машинный интерфейс. Она предоставляет драйверы и программную среду эмулятора радиоканалов, запускает прикладное программное обеспечение и выполняет управление файлами конфигурации, выбор испытательных каналов, настройку системных параметров, управление работой системы и функции пользовательского интерфейса. Через программный интерфейс пользователь задаёт параметры системы и обращается к справочным функциям, а ЖК-дисплей в реальном времени отображает состояние системы и аварийные сообщения.

Принцип работы

Эмулятор радиоканалов работает по принципу «программно задаваемые искажения — аппаратное выполнение в реальном времени». Сложные явления распространения электромагнитных волн преобразуются в вычисляемые цифровые модели, а сигналы обрабатываются в реальном времени конвейерным способом на высокопроизводительной аппаратной платформе. Благодаря этому обширная и неконтролируемая реальная беспроводная среда воспроизводится в лабораторном комплексе. Такое решение создаёт необходимую испытательную основу для быстрого развития технологий беспроводной связи.

Основные принципы и состав системы

Основная задача эмулятора радиоканалов — точно воспроизводить в контролируемой лабораторной среде различные виды искажений сигнала, возникающих в реальных беспроводных каналах. Принцип его работы основан на преобразовании идеального цифрового сигнала основной полосы в сигнал, подвергшийся реальным замираниям, задержке и воздействию помех, с помощью программно задаваемой и аппаратно реализуемой модели искажений канала.

При моделировании канала его характеристики должны определяться с учётом условий испытаний, положения терминалов и траекторий их движения. Расстояние между терминалами проявляется в виде временной задержки и ослабления сигнала, а относительное движение вызывает доплеровский сдвиг и доплеровское расширение спектра. Изменение положения терминалов приводит к изменению маршрутов распространения сигнала. Разным условиям моделирования соответствуют различное число многолучевых составляющих и разные типы замираний.

Основные компоненты системы и потоки данных показаны на схеме ниже.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

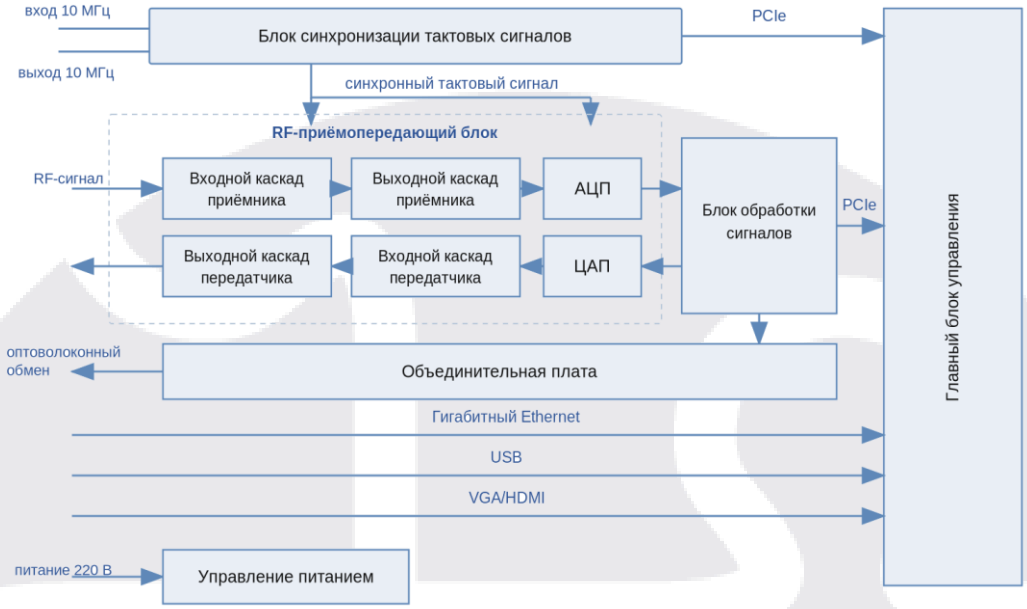


Рис. 3. Схема принципа работы устройства

Подробный принцип работы и поток обработки сигналов

Эмуляторы поддерживают многолинейный и сетевой режимы. В многолинейном режиме порты соответствуют друг другу: IN1 → OUT1, IN2 → OUT2, …, INX → OUTX. В сетевом режиме любой входной сигнал может быть направлен на произвольный выход с наложением заданных характеристик радиоканала. В 64-канальном исполнении формируется сеть из 64 входных и 64 выходных каналов.

Поток обработки сигналов для каждой линии связи показан на следующей схеме.

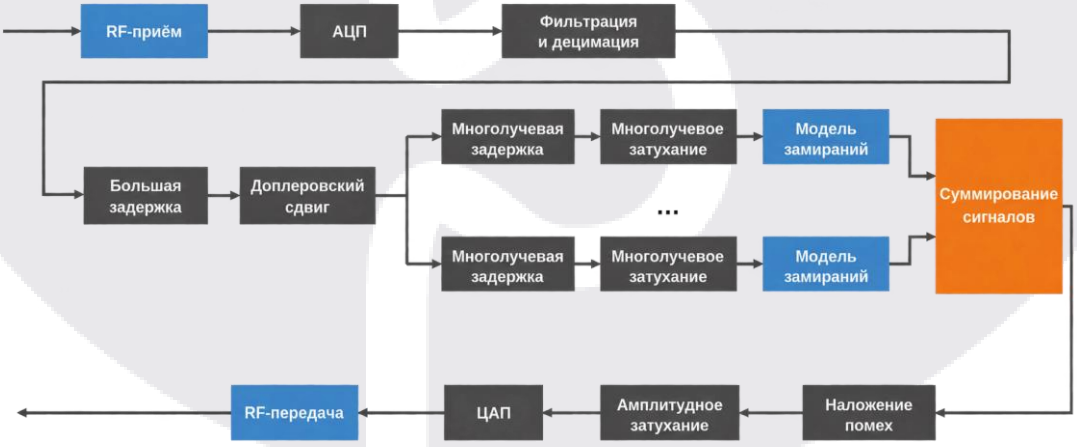


Рис. 4. Схема обработки сигнала одной линии связи

Поток обработки сигнала выглядит следующим образом.

Для внешнего входного RF-сигнала задаются частота и полоса пропускания в соответствии с параметрами, установленными пользователем. Затем выполняются квадратурное

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

преобразование, фильтрация и регулировка амплитуды RF-сигнала, чтобы обеспечить соответствие требованиям к дискретизации АЦП в блоке цифровой обработки сигналов.

В каждом канале выполняется моделирование параметров принятого сигнала, включая большую и малую задержку, многолучевое распространение с относительными задержками, затуханием и замираниями, доплеровский сдвиг, воздействие помех и амплитудное затухание.

Затем выполняется суммирование нескольких сигналов, после чего через ЦАП формируется аналоговый IQ-сигнал.

RF-передающий модуль выполняет повышающее преобразование частоты и регулировку амплитуды аналогового сигнала, после чего выводит сформированный RF-сигнал.

Конструкция оборудования

Исполнение устройства

В составе оборудования используется модульная архитектура VPX. Для 64-канальной системы предусмотрен стандартный стоечный корпус высотой 22U. Высокоскоростная кросс-плата обеспечивает межплатную передачу сигналов. Модульная конструкция облегчает сборку, демонтаж и устранение неисправностей.

Внешний вид шасси показан на рисунке ниже.



Рис. 5. Внешний вид шасси

Внешние интерфейсы

В состав внешних интерфейсов входят радиочастотные порты, вход и выход опорной частоты, вход и выход запуска, интерфейсы дистанционного управления и временной синхронизации, а также разъём электропитания.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Исполнения серии

8-канальное исполнение

8-канальное исполнение оснащается восемью входными и восемью выходными радиочастотными каналами. Частоты приёма и передачи могут настраиваться независимо. Для подключения каналов предусмотрены радиочастотные разъёмы SMA.

В 8-канальном исполнении поддерживаются многолинейное и сетевое моделирование, независимая настройка каналов и импорт внешних траекторий и моделей.

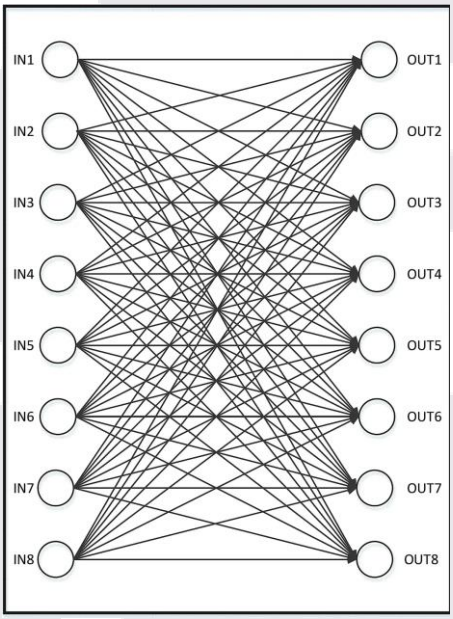


Рис. 6. Сетевая коммутация 8-канального эмулятора

Интерфейсы 8-канального исполнения

Интерфейсы восьмиканального исполнения показаны на рисунке ниже.

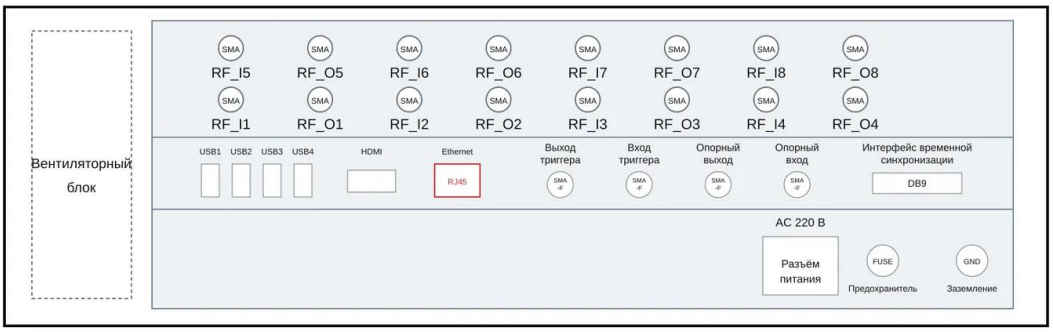


Рис. 7. Схема внешних интерфейсов 8-канального исполнения

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

№	Название интерфейса	Тип интерфейса	Назначение
1	RFI1–RFI8	SMA	8 входных интерфейсов. Для каналов 1,5 МГц–6 ГГц используются разъёмы SMA.
2	RFout1–RFout8	SMA	8 RF-выходов. Для каналов 1,5 МГц–6 ГГц используются разъёмы SMA.
3	Gigabit Ethernet	RJ45	Интерфейс управления Gigabit Ethernet 1 Гбит/с.
4	CLK IN	SMA	Вход внешнего опорного тактового сигнала 10 МГц/100 МГц.
5	CLK OUT	SMA	Выход внутреннего опорного тактового сигнала 10 МГц.
6	HDMI	HDMI	Интерфейс вывода видео высокой чёткости.
7	USB	USB	не менее 2 портов USB.
8	Питание	Стандартная трёхконтактная розетка	Вход сетевого питания 220 В.
9	TRIGIN	SMA	Вход триггера, поддерживаются уровни TTL 1,8 В или 3,3 В.
10	TRIGOUT	SMA	Выход триггера, TTL 3,3 В.
11	Интерфейс временной синхронизации	DB9	Вход внешнего временного кода B (DC) с уровнями RS-422.

16-канальное исполнение

В 16-канальном исполнении предусмотрена синхронная работа всех 16 приёмопередающих (TRX) каналов при заданной полосе сигнала. Поддерживаются MIMO 4×4, однонаправленная и двунаправленная конфигурации эмуляции радиоканала.

Каждая плата обработки сигналов содержит четыре ПЛИС (FPGA). Две платы совместно обеспечивают моделирование 16 входных сигналов и нескольких выходных каналов. Платы соединены оптоволоконными интерфейсами для высокоскоростного обмена данными.

64-канальное исполнение

64-канальное исполнение содержит 64 входных и 64 выходных радиочастотных тракта. Система построена на модульной архитектуре VPX и включает восемь восьмиканальных приёмопередающих модулей, восемь плат обработки сигналов, блоки синхронизации, управления и электропитания, а также высокоскоростную кросс-плату.

Каждая плата обработки содержит четыре FPGA. Восемь плат совместно моделируют связи между 64 входными каналами и выходами остальных каналов. Для обмена данными используются оптоволоконные интерфейсы; управление системой осуществляется по PCIe. Аппаратные модули размещаются в корпусе высотой 22U. Блок синхронизации тактовых сигналов обеспечивает фазовую согласованность всех каналов.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Группа RF-модулей выполняет повышающее преобразование сигналов основной полосы в RF-сигналы и понижающее преобразование RF-сигналов в сигналы основной полосы. В системе предусмотрено 64 физических тракта повышающего и понижающего преобразования. Рабочая частота каждого канала настраивается независимо.



Рис. 8. Внешний вид корпуса 64-канального исполнения

Интерфейсы 64-канального исполнения

№	Название интерфейса	Тип интерфейса	Назначение
1	RFI1–RFI64	SMA	64 радиочастотных входа, разъёмы SMA
2	RFout1–RFout64	SMA	64 радиочастотных выхода, разъёмы SMA
3	Gigabit Ethernet	RJ45	один интерфейс Gigabit Ethernet для управления
4	CLK IN	SMA	вход внешней опоры 10/100 МГц
5	CLK OUT	SMA	выход внутренней опоры 10 МГц
6	HDMI	HDMI	интерфейс видеосигнала высокой чёткости
7	USB	USB	два порта USB 3.0
8	Питание	трёхконтактная розетка стандарта КНР	ввод сетевого питания 220 В

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

9	TRIGIN	SMA	вход запуска; выбираемый уровень TTL 1,8 В или 3,3 В
10	TRIGOUT	SMA	выход запуска TTL 3,3 В
11	Интерфейс времени	J30J	уровни RS-422; приём сигнала временной синхронизации

Интерфейс программного обеспечения

Создание сценария моделирования

Основные параметры

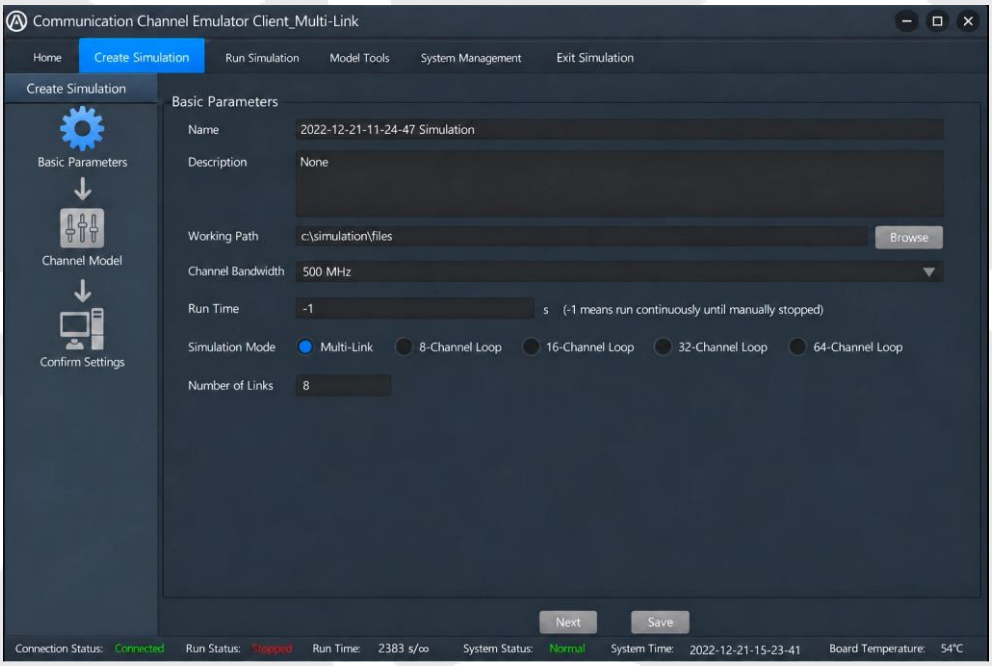


Рис. 9. Основные параметры

На странице основных параметров задаются параметры симуляции. Назначение параметров приведено ниже.

Параметр интерфейса	**Описание**
Имя	Имя файла симуляции, отображаемое при запуске или редактировании симуляции.
Описание	Краткое описание файла симуляции.
Рабочий каталог	Путь хранения файла симуляции.
Полоса канала	выбор полосы: 40, 120, 250 или 500 МГц
Продолжительность моделирования	Продолжительность симуляции. Значение «-1» задаёт непрерывную работу до ручной остановки пользователем.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Режим моделирования	Сетевой режим	Обеспечивает сетевое взаимодействие между несколькими терминалами.
	Многолинейный режим	Реализует несколько независимых линий связи; характеристики канала каждой линии задаются отдельно.

Модель канала

Интерфейс модели канала предназначен главным образом для задания параметров моделируемой линии связи, включая задержку, доплеровский сдвиг и другие параметры траектории, а также параметры модели канала и модели теневого замирания.

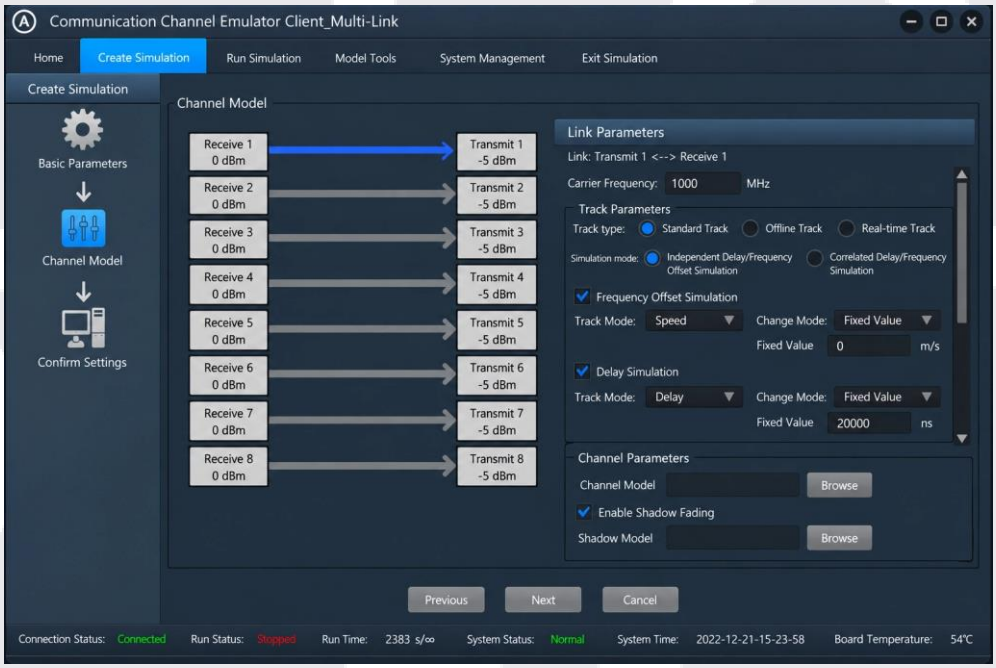


Рис. 10. Интерфейс модели канала

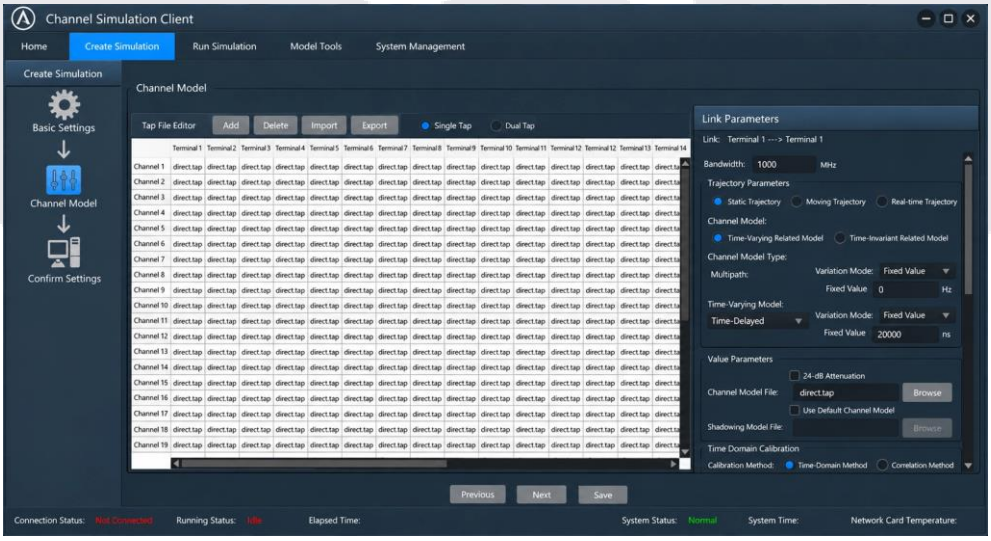


Рис. 11. Интерфейс настройки модели канала, 64-канальное исполнение

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Описание параметров приведено в таблице ниже.

Параметр интерфейса	**Описание параметра**	
Параметры траектории	Стандартная траектория	Режим траектории поддерживает задание задержки, доплеровского сдвига, первой и второй производной доплеровского сдвига, расстояния, скорости, ускорения и производной ускорения. Доступные режимы изменения: фиксированное значение, линейный, синусоидальный и пользовательский.
	Офлайн-траектория	Поддерживается импорт файлов траекторий, сохранённых программами STK и WI.
Параметры канала	Модель канала	Выбор модели канала или создание стандартной модели канала.
	Модель теневого замирания	Включение теневого замирания определяет, должна ли модель канала учитывать теневой эффект. Можно выбрать существующую модель теневого замирания или создать новую.
Параметры атмосферы	Атмосферные эффекты	Параметры атмосферы позволяют учитывать влияние атмосферных эффектов в модели канала. Для затухания из-за дождя задаётся величина ослабления сигнала.

Для каждого входного и выходного порта задаются частота, мощность, полоса и пик-фактор входного сигнала; на выходном интерфейсе допускается добавление помехи.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

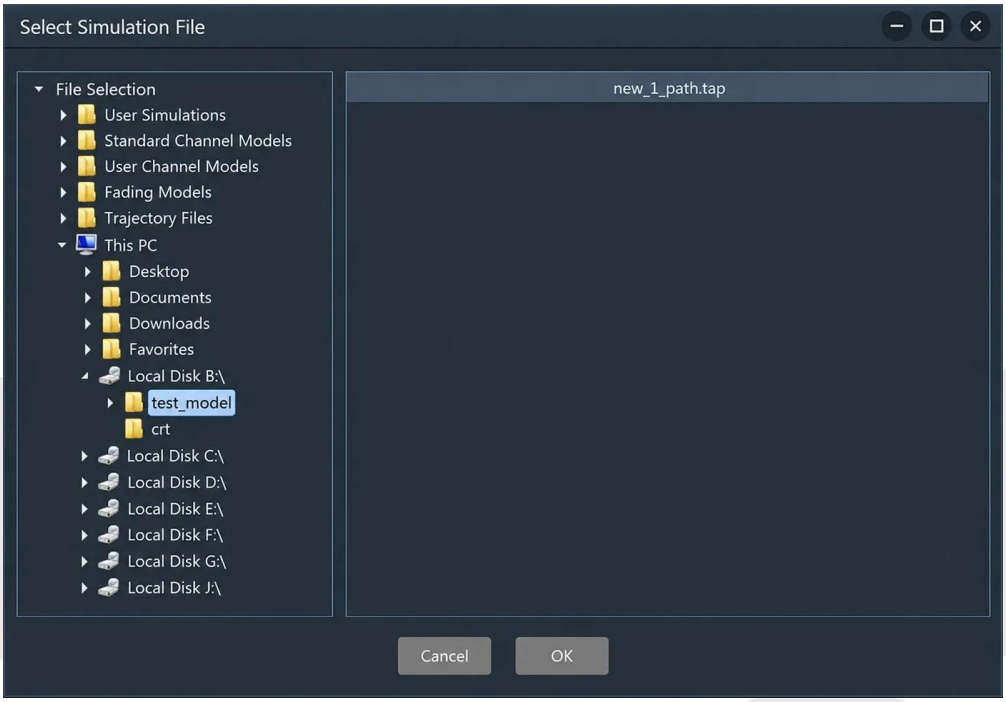


Рис. 12. Выбор пользовательской модели канала

В параметрах выходного порта можно задать выходную мощность, групповую задержку и параметры помех для данной линии связи.

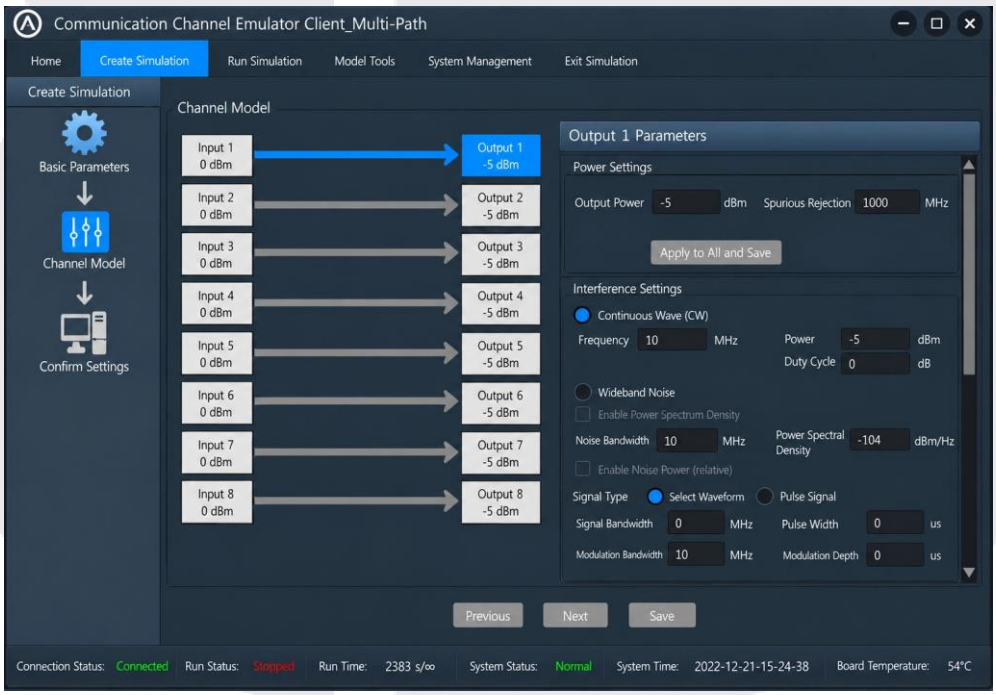


Рис. 13. Настройки выходного порта

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

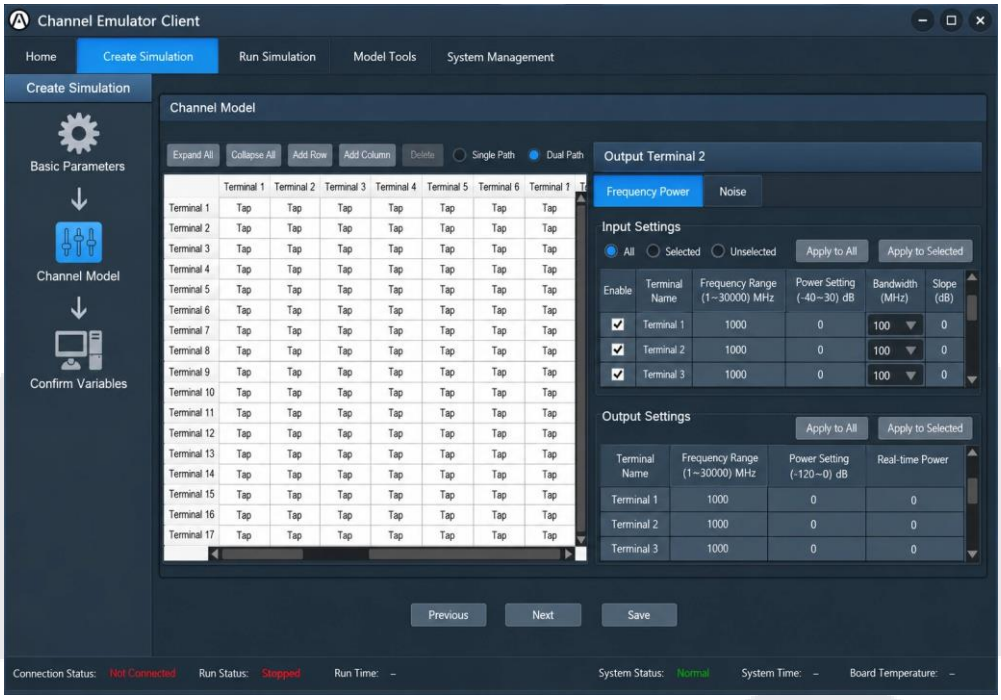


Рис. 14. Настройка выходного порта, 64-канальное исполнение

В параметрах входного порта можно задать мощность и частоту входного сигнала.

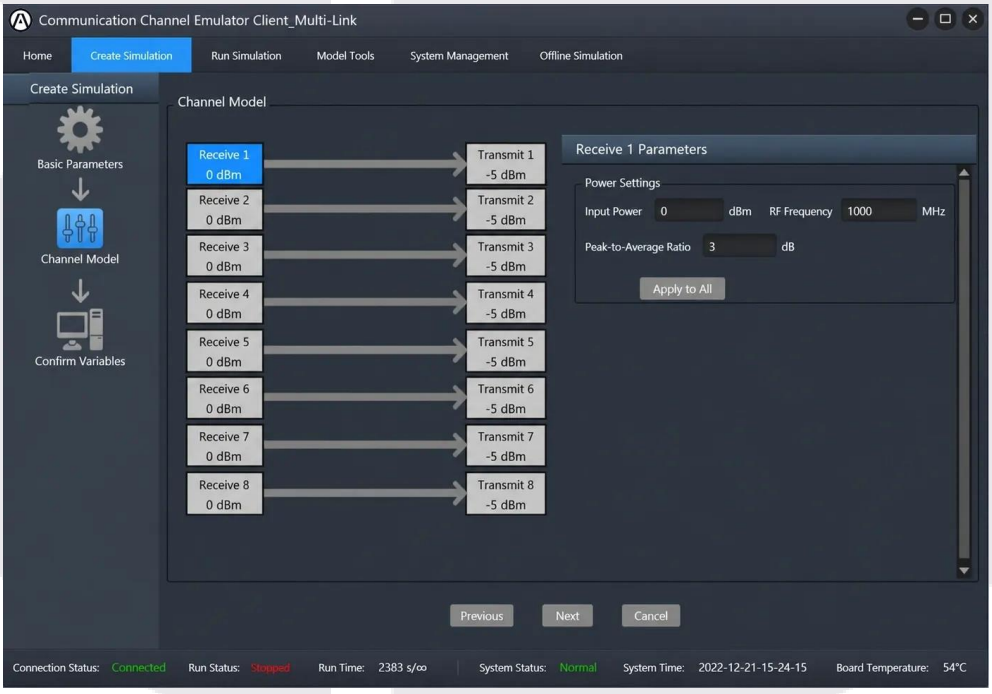


Рис. 15. Настройки входного порта

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Подтверждение параметров

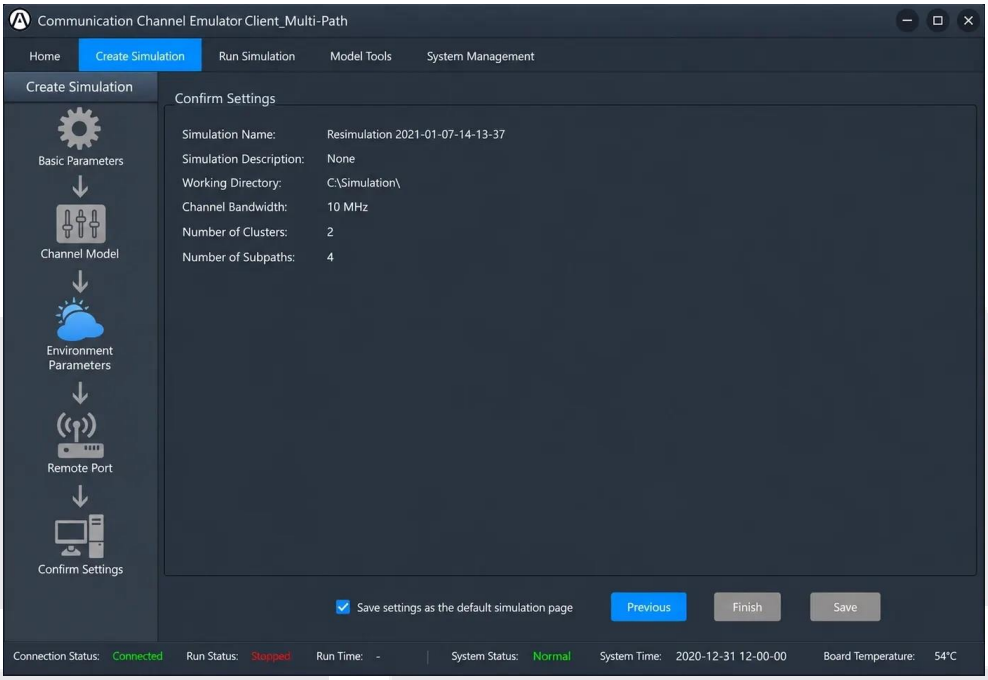


Рис. 16. Подтверждение параметров

Интерфейс подтверждения параметров фактически представляет собой сводную страницу, на которой можно просмотреть большую часть ранее заданной информации о канале. После подтверждения можно перейти к интерфейсу моделирования.

Запуск моделирования

Перейти к интерфейсу выполнения моделирования можно тремя способами:

- на главной странице выбрать **Run Simulation**;
- выбрать **Run Simulation** в строке меню;
- для запуска моделирования подтвердить параметры и нажать **Finish**, после чего откроется интерфейс моделирования.

Строка меню интерфейса моделирования состоит из функциональных модулей **File**, **Operation**, **Simulation Settings**, **Window** и **Log**. Модуль **File** предназначен для управления файлами моделирования, включая их открытие и закрытие. Модуль **Operation** управляет запуском и остановкой цепочек моделирования. Модуль **Window** отображает параметры моделирования и формы сигналов, а раздел настроек позволяет изменять параметры в процессе моделирования. Модуль **Window** также используется как область отображения графиков моделирования, а модуль **Log** показывает сведения об аномальных состояниях системы.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

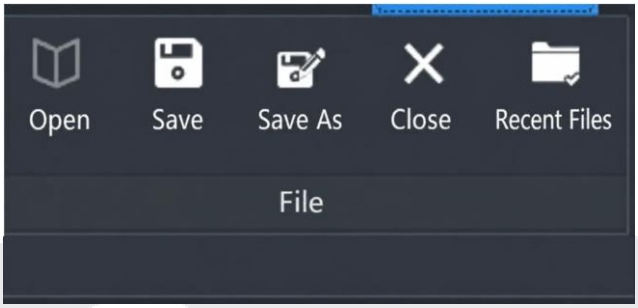


Рис. 17. Панель инструментов работы с файлами

Операции с файлами сценариев

Меню «Файл»: «Открыть», «Закрыть», «Сохранить», «Сохранить как» и «Недавние файлы». Команда «Сохранить как» создаёт файл сценария формата .rsim под другим именем.

Операции

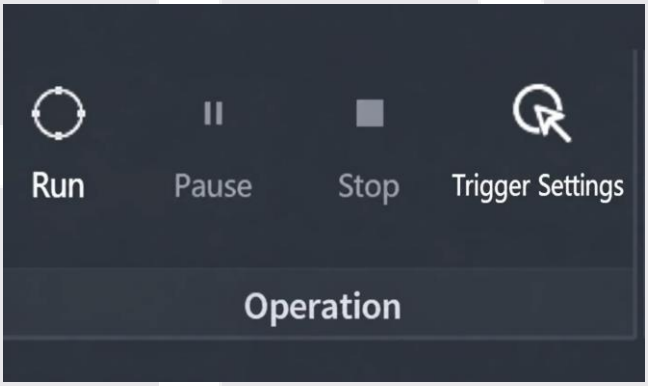


Рис. 18. Панель инструментов управления моделированием

Run — запуск моделирования.

Pause — приостановка моделирования в текущем состоянии без обновления CIR; аппаратная часть сохраняет параметры, действовавшие в момент паузы.

Stop — завершение текущего моделирования.

Trigger Settings — выбор режима запуска в соответствии с требованиями пользователя: по умолчанию, по сети, от внешнего сигнала или по расписанию (опция).

Настройки моделирования

Для линии связи можно изменять центральную частоту сигнала, параметры траектории, модель канала и атмосферные параметры.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

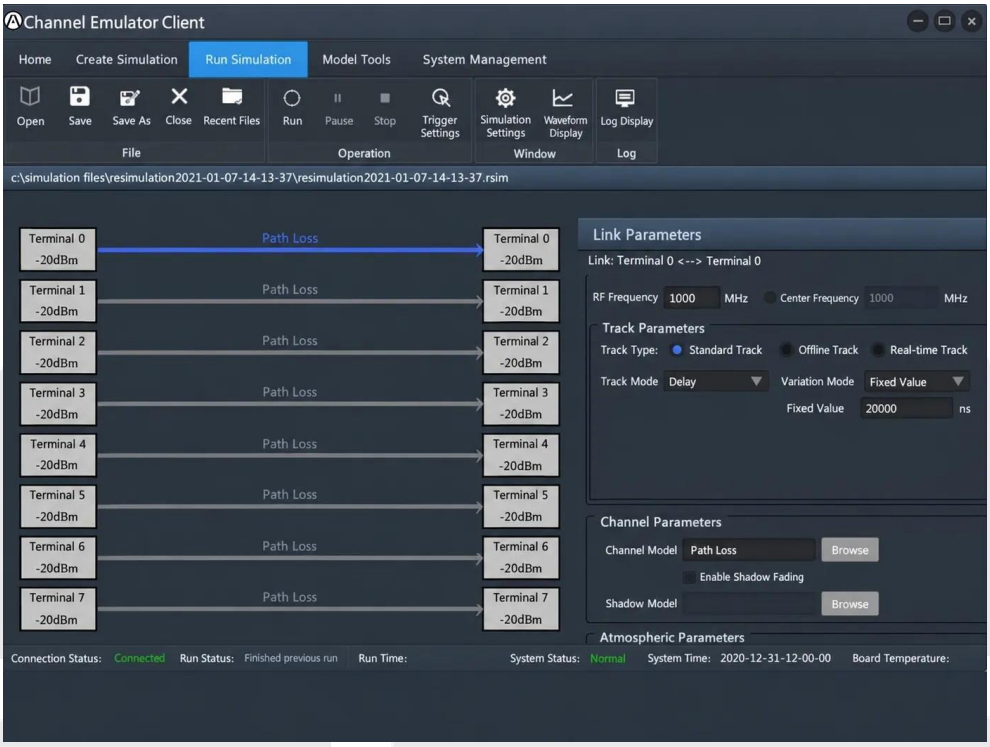


Рис. 19. Интерфейс настройки параметров линии связи при выполнении моделирования

Для входного порта можно задать мощность входного сигнала эмулятора радиоканалов.



Рис. 20. Интерфейс настройки входного порта при выполнении моделирования

Для выходного порта можно задать мощность выходного сигнала эмулятора радиоканалов.

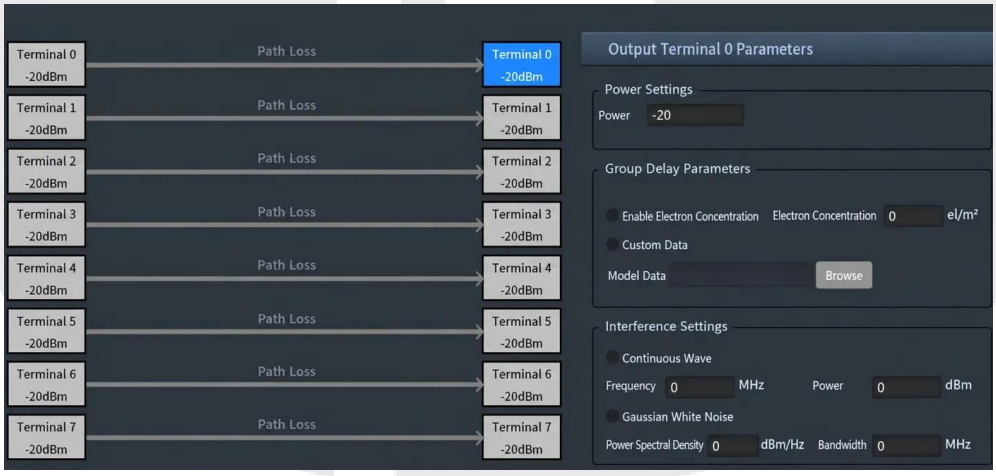


Рис. 21. Интерфейс настройки выходного порта при выполнении моделирования

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Отображение осциллограмм

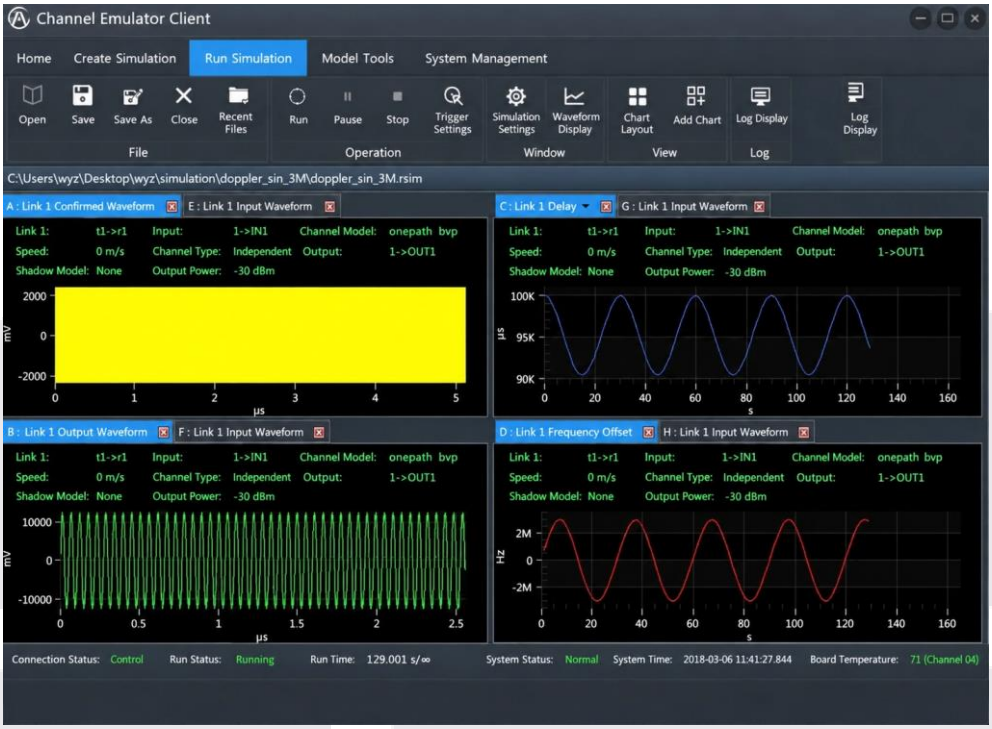


Рис. 22. Интерфейс отображения осциллограмм

С помощью значка быстрого доступа **Waveform Display** можно перейти в интерфейс **Run Simulation > Waveform Display**.

В строке меню **View** нажмите **Chart Layout** > **Add Chart**, чтобы настроить компоновку страницы отображения.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Инструменты моделей

Инструменты моделей предназначены для создания и редактирования моделей канала и моделей теневого замирания.

Пользовательская модель (.tap)

Для создания новой модели выберите **File > New**, как показано ниже.

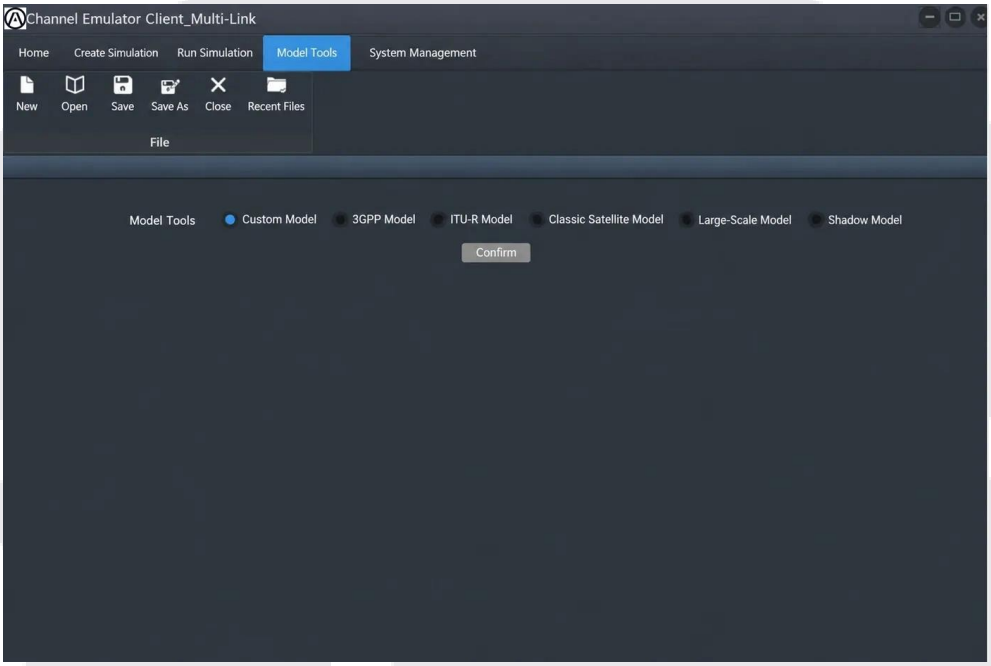


Рис. 23. Создание новой модели в Model Tools

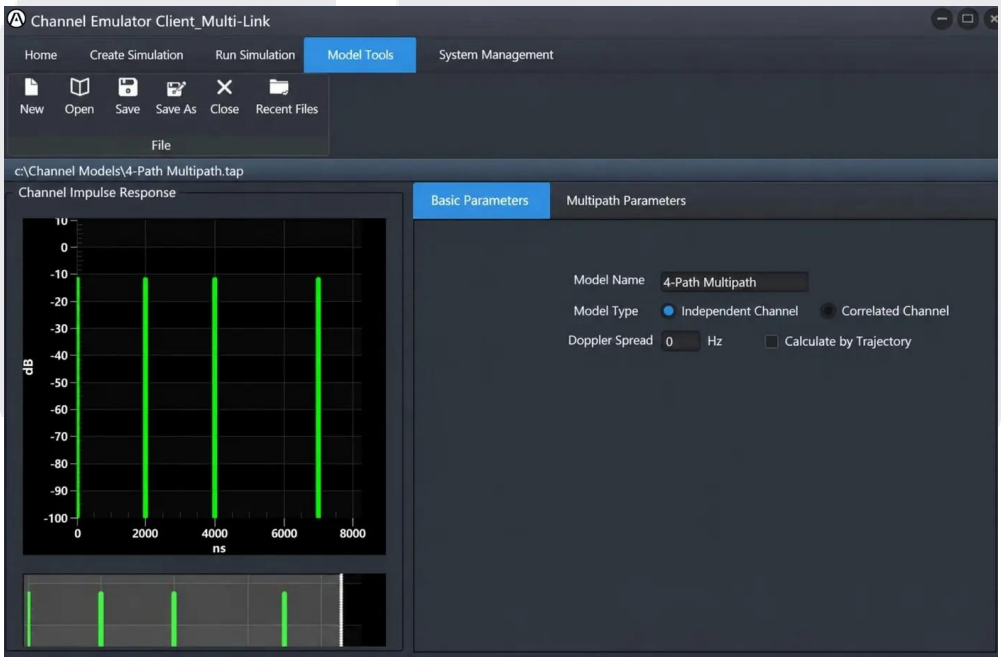


Рис. 24. Интерфейс основных параметров новой модели канала

Интерфейс новой модели канала, создаваемой с помощью инструментов моделей, состоит из трёх основных областей: области отображения пути к файлу модели, области графического

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

отображения импульсной характеристики канала и области параметров интерфейса. Назначение параметров приведено ниже.

Группа параметров	Параметр	Описание параметра
Основные параметры	Название модели	Задаёт название создаваемой модели канала.
	Тип модели	Независимые каналы не коррелированы между собой. При выборе коррелированных каналов матрица корреляции задаётся в параметрах многолучевости. Функция корреляции зарезервирована в текущей версии ПО.
	Доплеровское расширение	Максимум 500 кГц. При расчёте по траектории введённое значение не используется: расширение определяется параметрами траектории.

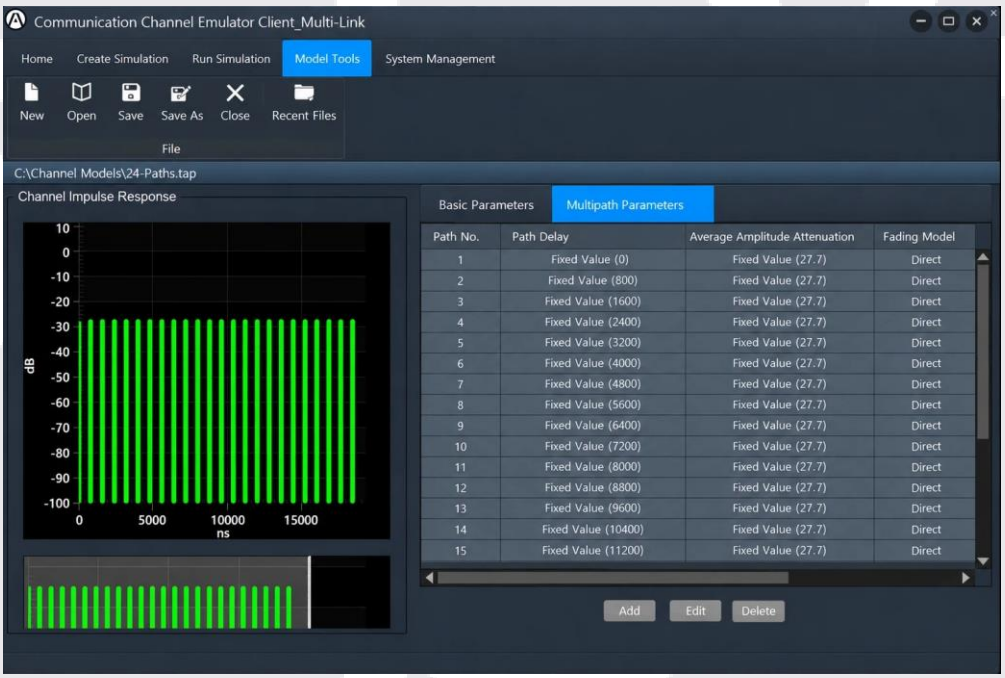


Рис. 25. Интерфейс многолучевых параметров модели канала

Тел: +7 (495) 252-00-96
Email: info-site@akmetron.ru
Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

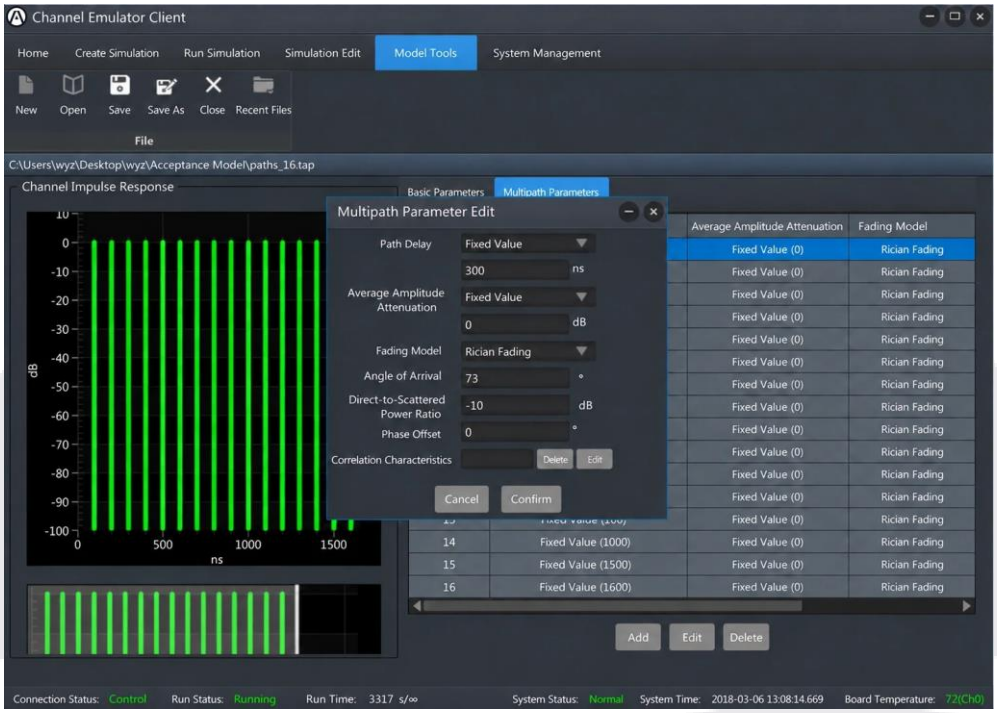


Рис. 26. Интерфейс редактирования многолучевых параметров модели канала

Кнопки **Add** и **Delete** позволяют увеличивать или уменьшать количество многолучевых трасс; поддерживается до 24 трасс. Чтобы изменить параметры конкретной трассы, выберите её и нажмите **Edit**.

После редактирования нажмите **Confirm** для сохранения изменений. Параметры интерфейса редактирования многолучевых составляющих приведены ниже.

Группа параметров	**Параметр**	**Описание параметра**
Многолучевые параметры	Задержка трассы	Поддерживаются три режима задания относительной задержки многолучевой трассы: фиксированный, линейный и синусоидальный. Максимальная задержка — 20 мкс.
	Среднее амплитудное затухание	Поддерживаются три режима изменения амплитудного затухания: фиксированный, линейный и синусоидальный. Диапазон затухания — 0–60 дБ.
	Модель замирания	Доступны четыре режима: прямой путь, рэлеевское замирание, райсовское замирание и чистый доплеровский сдвиг.
	Угол прихода	Угол между направлением прихода волны и направлением движения приёмника. Диапазон: от −180° до 180°.
	Отношение мощности	Отношение мощности прямой составляющей к средней мощности остальных многолучевых составляющих. Чем

	прямой и рассеянной составляющих	меньше значение, тем сильнее выражена прямая составляющая.
	Фазовое отклонение	Разность фаз между многолучевыми составляющими. Диапазон: от −180° до 180°.
	Корреляционные характеристики	Матрицу корреляции можно просматривать или редактировать только после выбора соответствующего коррелированного канала в основных параметрах.

Модель теневого замирания (.shd)

Перейдите в меню **New**, как показано ниже.

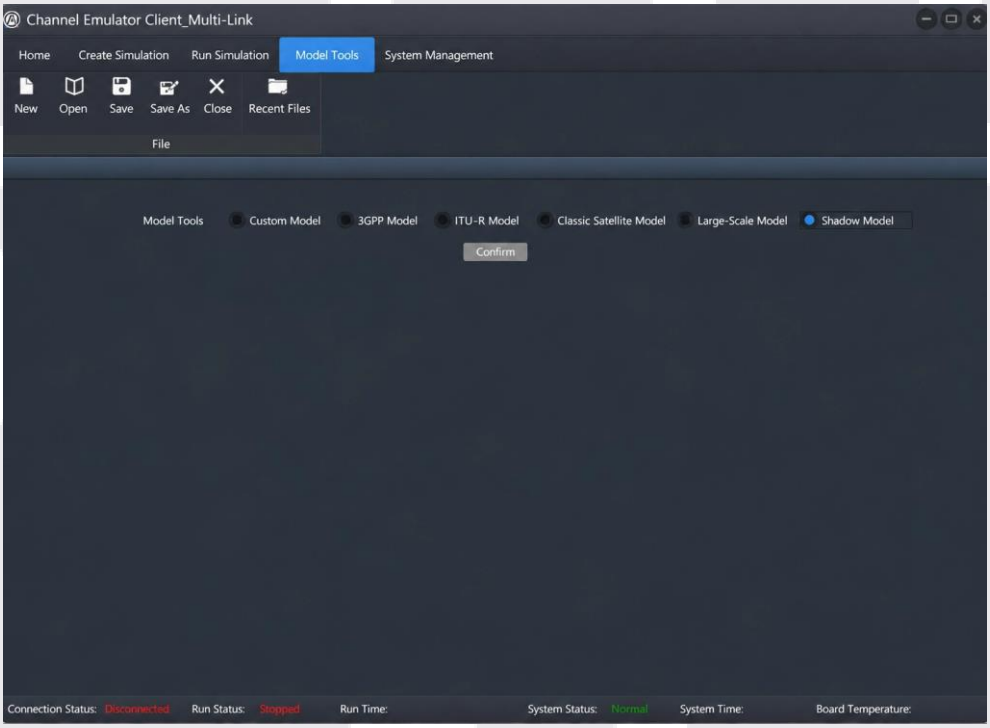


Рис. 27. Выбор модели теневого замирания

Выберите тип модели и нажмите **Confirm**. После этого откроется интерфейс создания новой модели, показанный на следующей странице.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

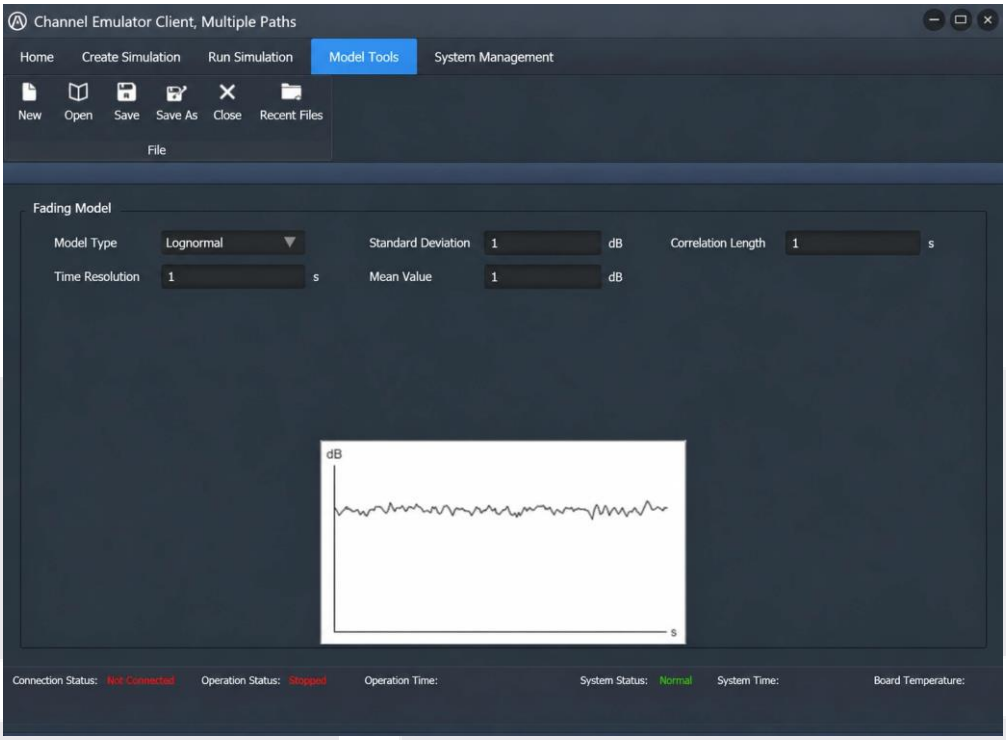


Рис. 28. Интерфейс редактирования модели теневого замирания

После редактирования модели теневого замирания нажмите **Save**, чтобы сохранить её, либо **Save As**, чтобы выбрать путь сохранения.

Описание параметров модели теневого замирания

Параметр интерфейса	Описание параметра
Имя модели	Имя редактируемой модели теневого замирания.
Тип модели	Поддерживаются пять типов моделей: логнормальная, пилообразная, синусоидальная, треугольная и пользовательская. Для выбранного типа в рабочей области отображается соответствующая упрощённая диаграмма.
Временное разрешение	Зарезервировано. В текущей версии ПО время обновления задаётся единообразно.

Параметры логнормальной модели

Параметр	Описание
Стандартное отклонение	Характеризует распределение значений затухания. Чем больше значение, тем сильнее отклонение от среднего.
Длина корреляции	Характеризует временную корреляцию Lognormal. Среднее затухание зависит от среднеквадратического отклонения. Функция зарезервирована в текущей версии ПО.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Параметры пилообразной и треугольной моделей

Параметр	Описание
Начальное значение	Начальное значение затухания модели теневого замирания.
Конечное значение	Максимальное значение затухания для данной настройки модели теневого замирания.
Период	Время полного цикла пилообразной или треугольной волны.

Параметры синусоидальной модели

Параметр	Описание
Среднее значение	Среднее значение амплитуды синусоидального теневого затухания.
Амплитуда	Величина изменения выше и ниже среднего значения.
Период	Время, за которое синусоида проходит один полный цикл.
Начальная фаза	Начальная фаза синусоидального изменения.

Пользовательскую модель теневого замирания можно задавать непосредственно в интерфейсе, как показано далее, либо импортировать из внешнего файла данных.

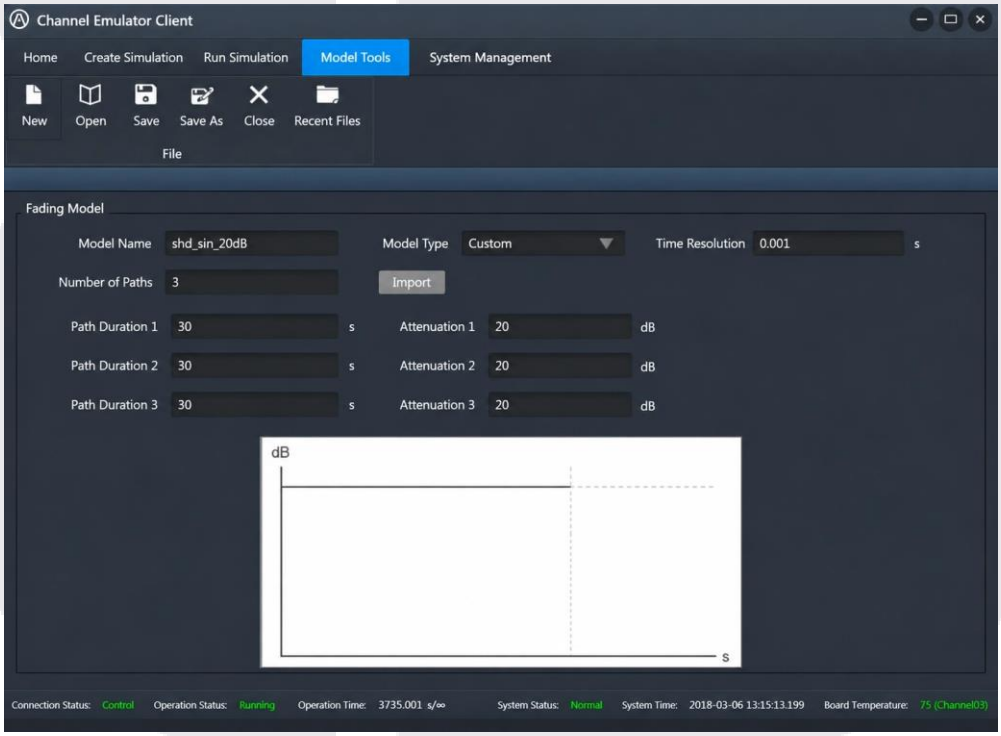


Рис. 29. Интерфейс редактирования пользовательской модели теневого замирания

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Модель 3GPP (.gpp)

Щёлкните пункт меню **New**, как показано ниже.

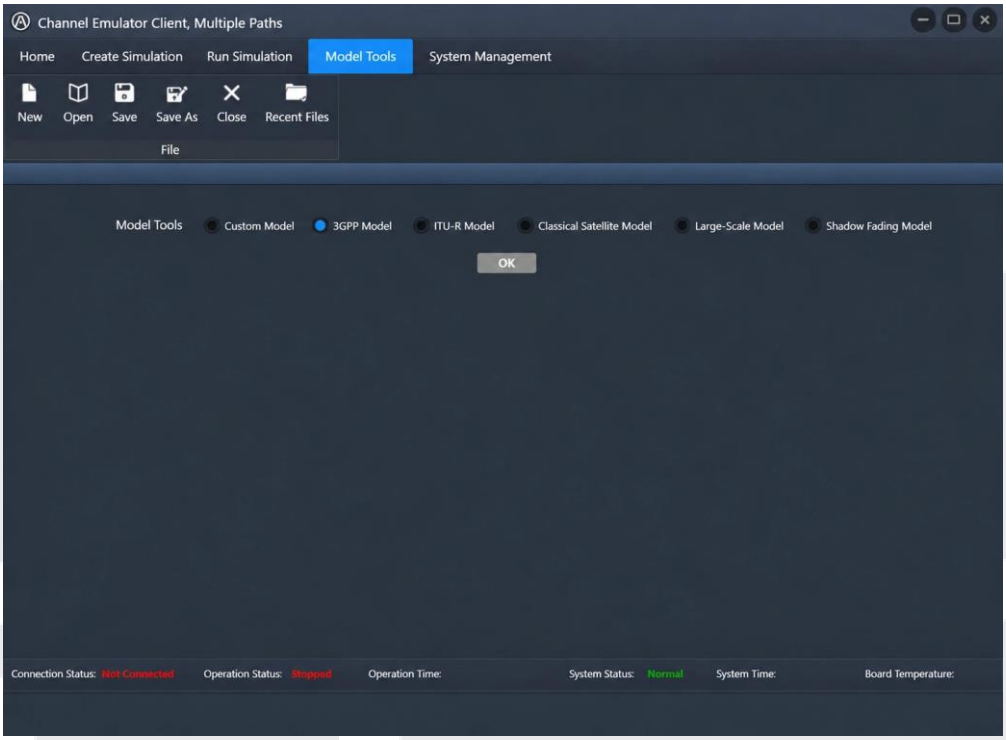


Рис. 30. Интерфейс создания модели 3GPP

Модель 3GPP включает два типа: **3GPP-CDL** и **3GPP-TDL**.

К категории **3GPP-CDL** относятся модели **CDL_A**, **CDL_B**, **CDL_C** и **CDL_D**.

К категории **3GPP-TDL** относятся модели **TDL_A**, **TDL_B**, **TDL_C**, **TDL_D** и **TDL_E**.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

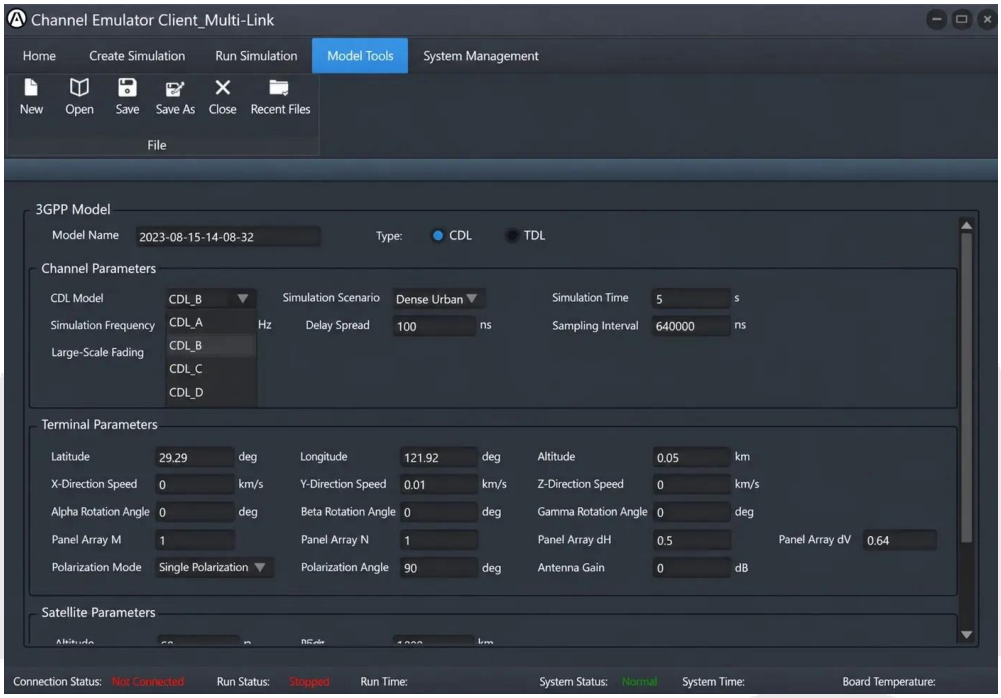


Рис. 31. Тип CDL

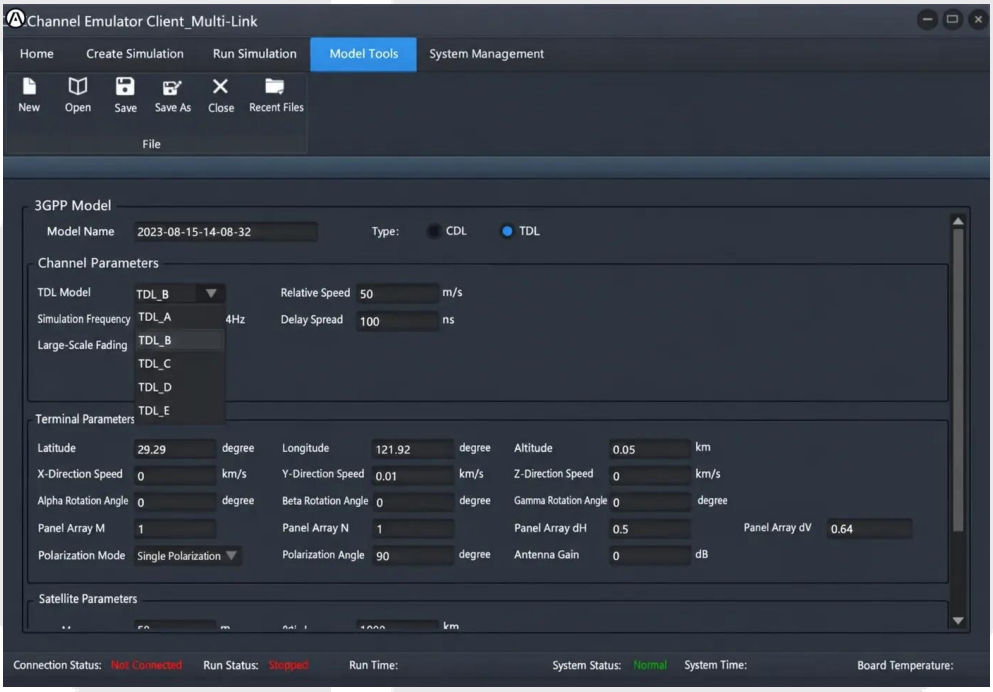


Рис. 32. Тип TDL

Параметры включают параметры канала, параметры терминала и параметры спутника.

Модель космическо-наземной линии связи ITU-R

Выберите пункт **New**, как показано ниже.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

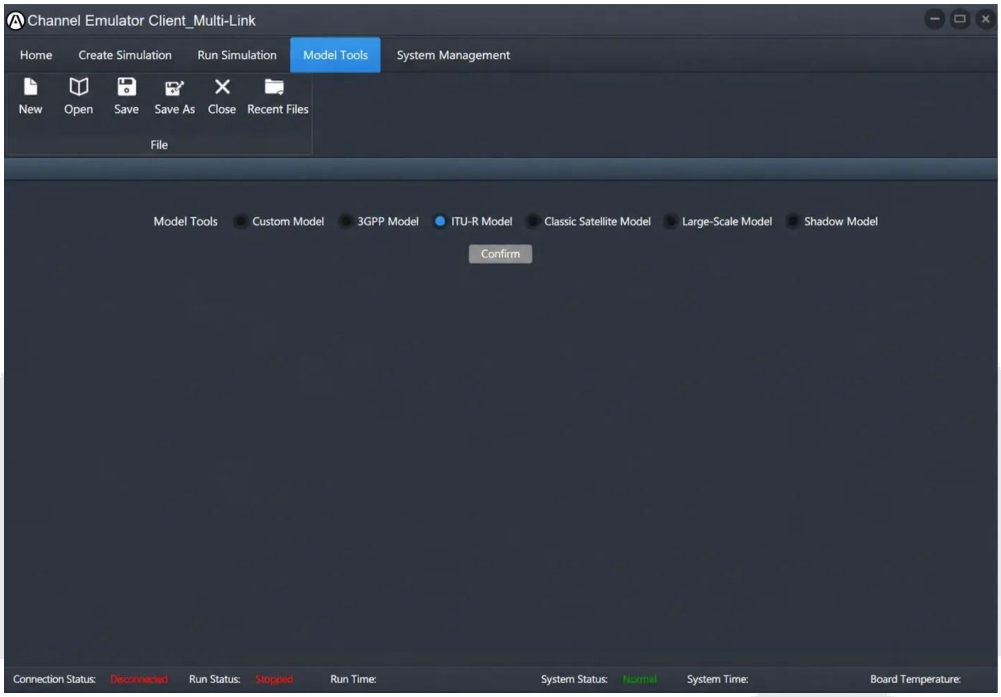


Рис. 33. Интерфейс создания модели космическо-наземной линии связи ITU-R

Модели космическо-наземной линии связи ITU-R подразделяются на четыре типа: **P.618**, **P.619**, **P.676** и **P.681**.

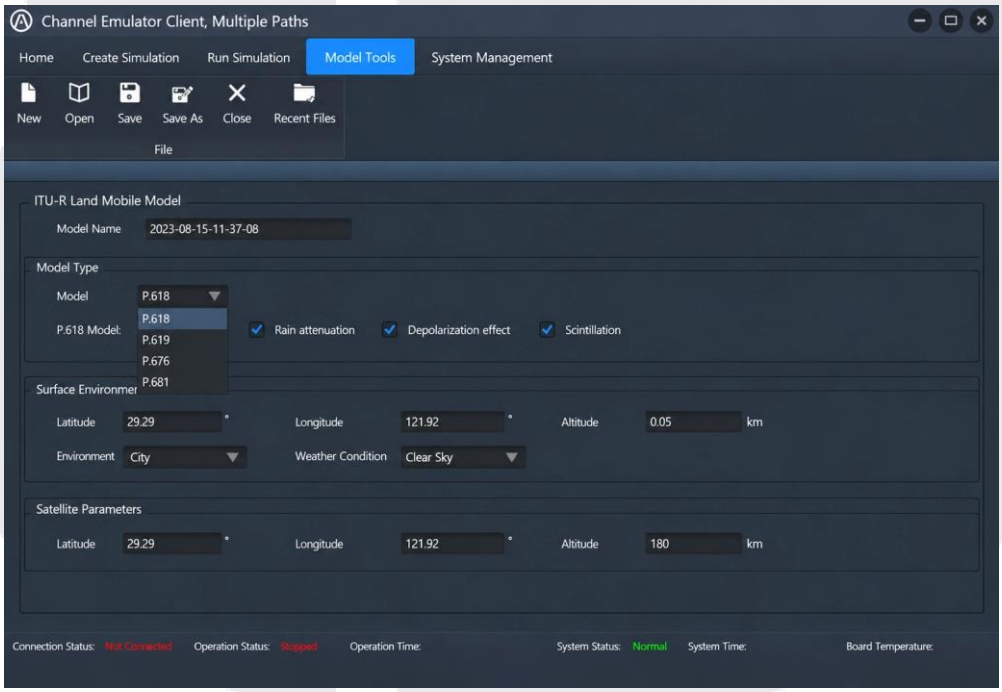


Рис. 34. Классификация моделей космическо-наземной линии связи ITU-R

Настройка параметров включает тип модели, параметры наземной станции и параметры спутника.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Классическая спутниковая модель (.cla)

Перейдите в меню **New**, как показано ниже.

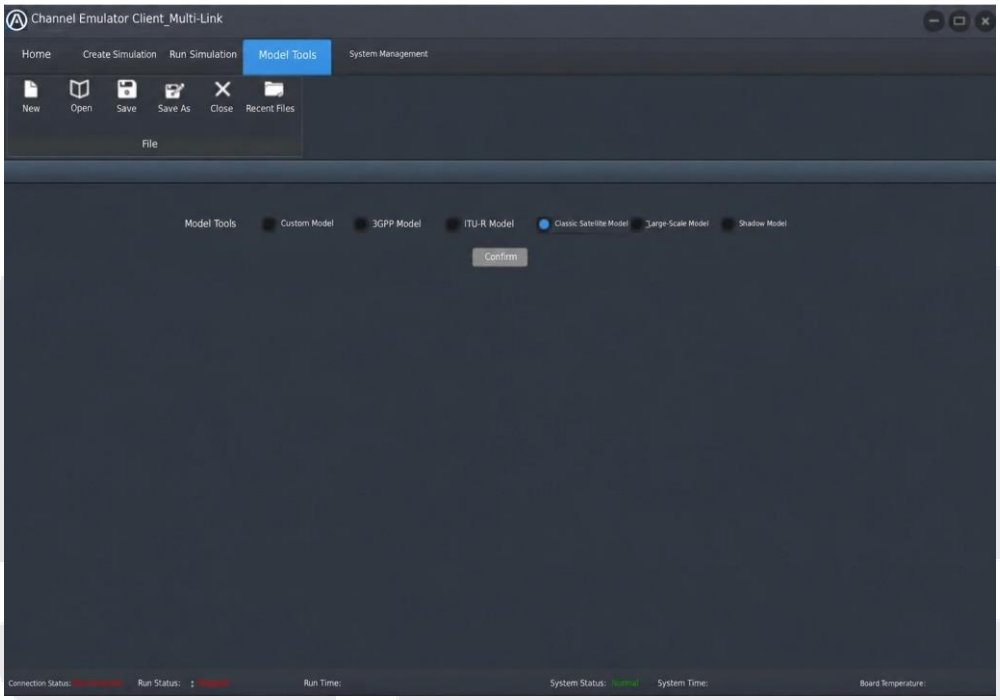


Рис. 35. Интерфейс создания классической спутниковой модели

Классические спутниковые модели включают: **Loo**, **Corazza**, **Abdi**, **Lutz** и **LRR**.

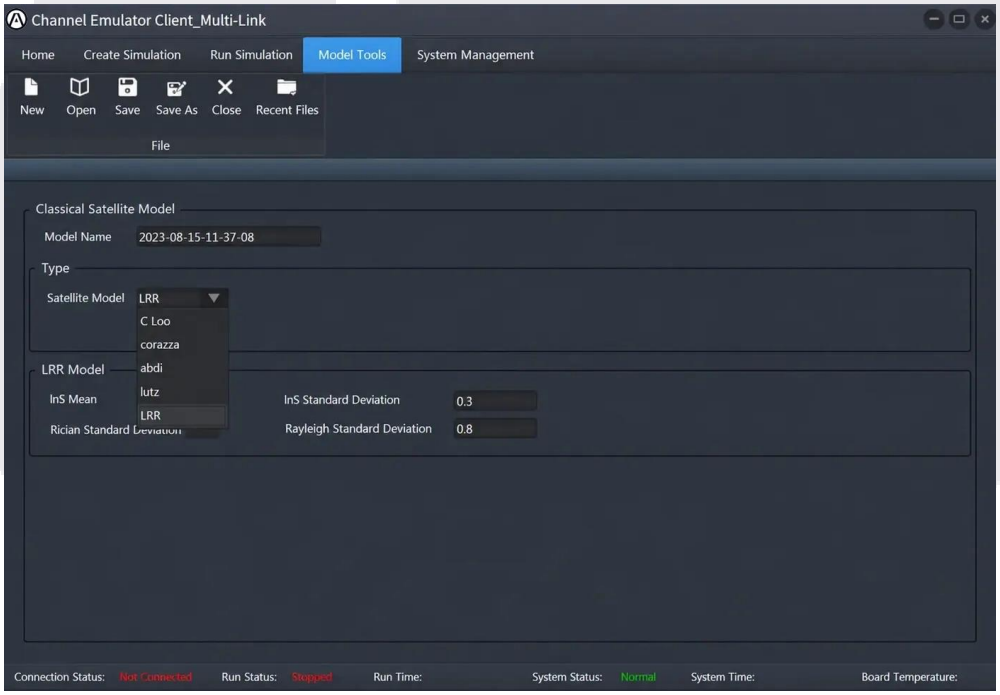


Рис. 36. Классификация классических спутниковых моделей

Настройка параметров включает **тип модели** и параметры **модели LRR**.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Модель крупномасштабных замираний COST 207 (.lar)

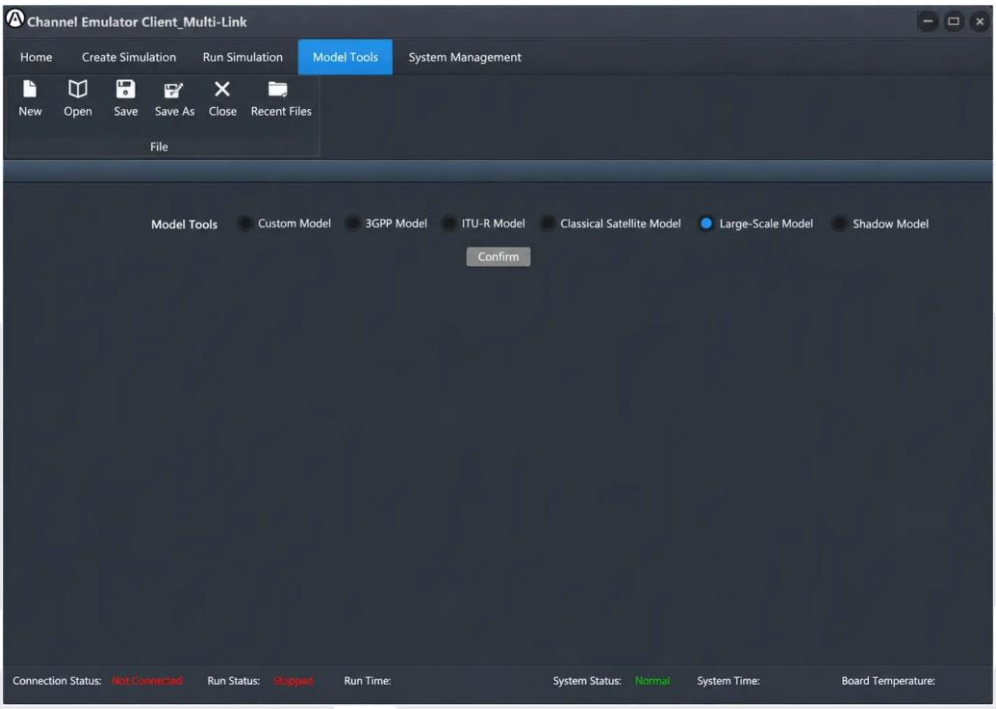


Рис. 37. Выбор модели крупномасштабных замираний COST 207

Настройка параметров классификации модели крупномасштабных замираний COST 207.

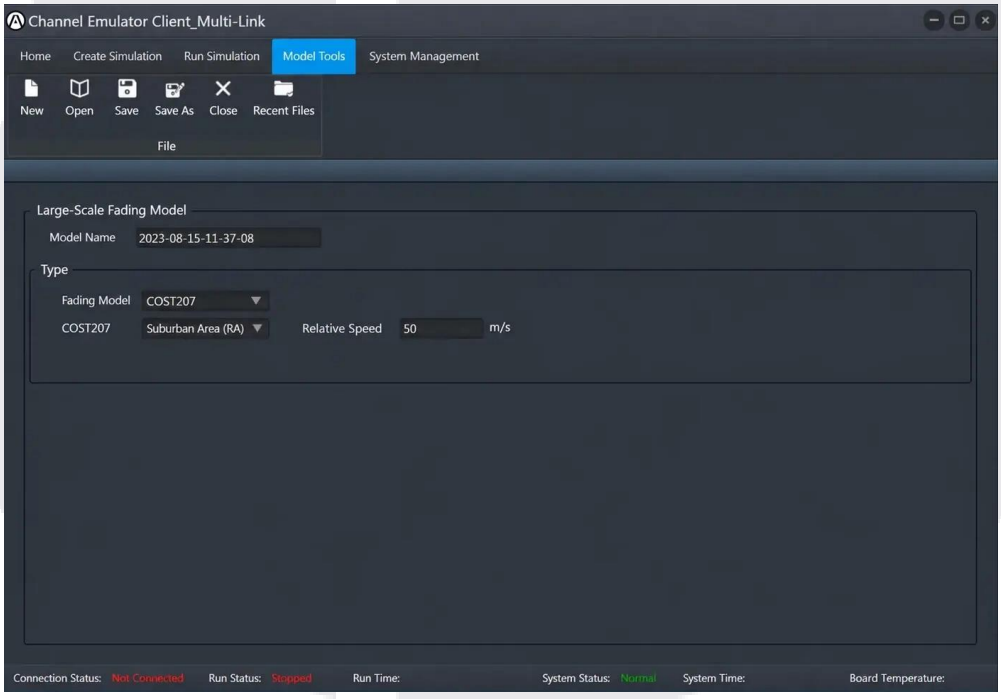


Рис. 38. Параметры модели крупномасштабных замираний COST 207

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

Траектория в реальном времени

Система может обрабатывать данные в реальном времени от стороннего программного обеспечения и передавать данные линии связи «спутник–земля», имитируя реальный радиочастотный канал между спутниками и наземными станциями.

Настройка программного обеспечения эмулятора каналов

Выберите «Real-time Trajectory» в области параметров линии связи, чтобы настроить частоту и мощность входных и выходных портов.

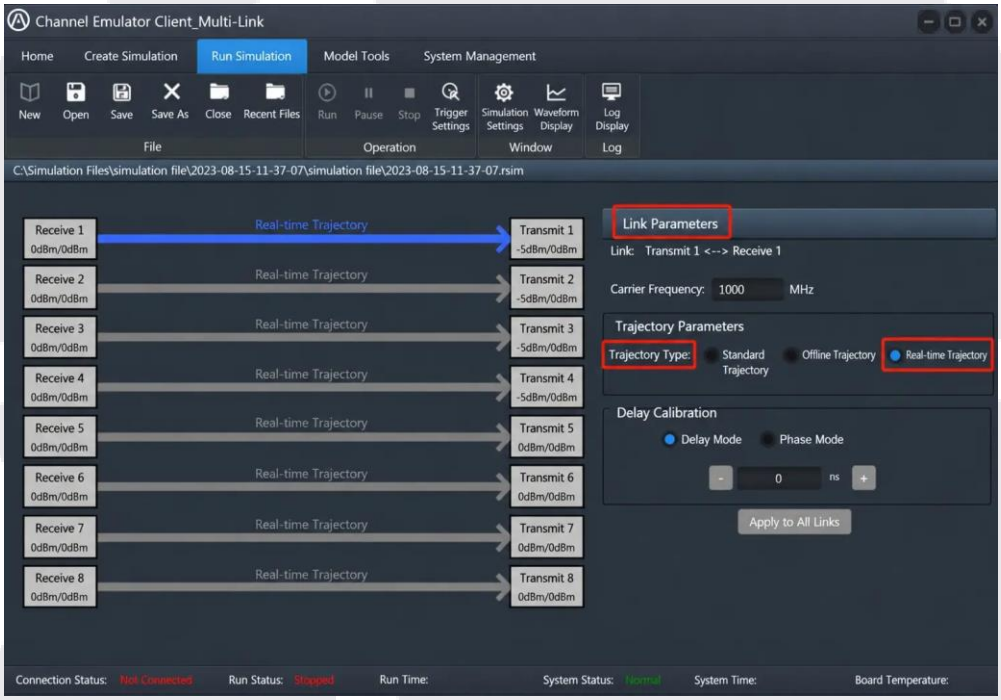


Рис. 39. Страница настроек траектории в реальном времени

Настройка стороннего программного обеспечения

Создайте сцену и добавьте спутники, наземные станции, пользовательские терминалы, антенны и линии связи. Количество добавленных линий связи и центральная частота должны соответствовать настройкам в программном обеспечении эмулятора каналов.

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.

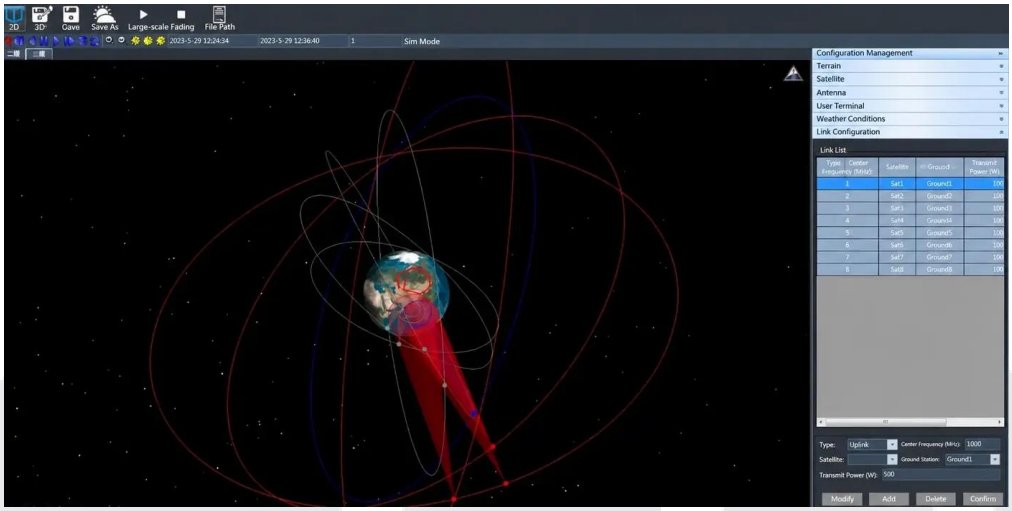


Рис. 40. Страница настройки стороннего программного обеспечения

Тел: +7 (495) 252-00-96

Email: info-site@akmetron.ru

Адрес: Москва, ул. Рабочая, д.93 стр.2, под. 2.