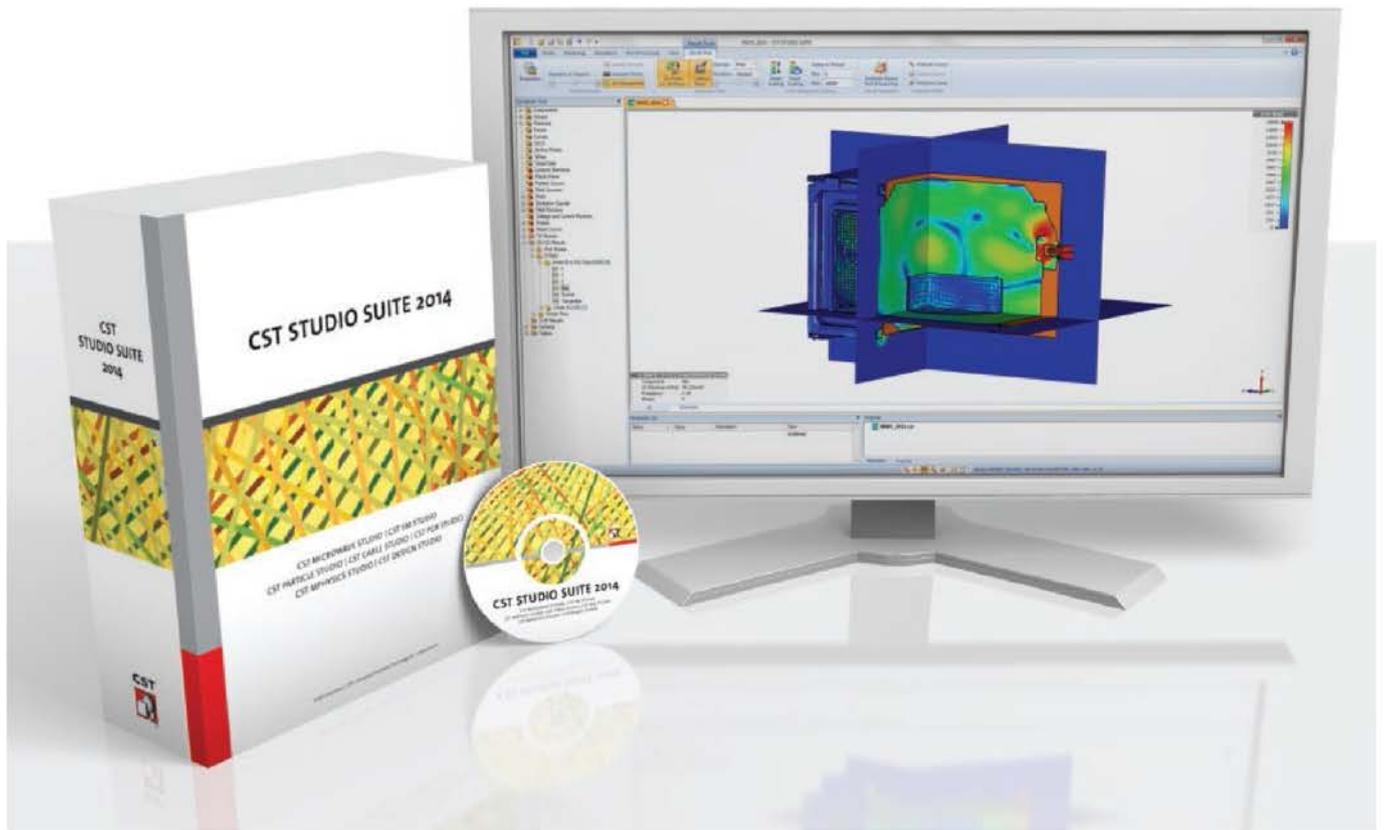


# CST STUDIO SUITE 2014



CST MICROWAVE STUDIO | CST EM STUDIO  
CST PARTICLE STUDIO | CST CABLE STUDIO | CST PCB STUDIO  
CST MPHYSICS STUDIO | CST DESIGN STUDIO



Пример работы графического интерфейса CST STUDIO SUITE для прикладных задач: 3D EM моделирование работы микроволновой печи. На сечениях в трех плоскостях показаны абсолютные значения электрического поля внутри рабочей камеры.

## ПОЧЕМУ СЛЕДУЕТ ВЫБРАТЬ CST STUDIO SUITE?

Пакет CST STUDIO SUITE представляет собой набор инструментов для проектирования, моделирования и оптимизации трехмерных электромагнитных систем, использующийся самыми передовыми технологическими и инженеринговыми компаниями во всем мире. Три краеугольных камня лежат в основе продуктов CST: точность, скорость и практичность.

### ТОЧНОСТЬ

В основе каждого модуля пакета CST STUDIO SUITE лежит тщательно проверенный алгоритм, который представляет собой обобщенный результат многолетних исследований и разработок в области эффективного и точного численного моделирования трехмерных электромагнитных структур. Отдельное внимание фирма CST уделяет совершенствованию технологий построения моделей и пространства дискретизации на них.

*Подробнее читайте на стр. 5.*

### СКОРОСТЬ

Скорость и точность всегда идут рука об руку. Неважно, является ли структура электрически большой или маленькой, узкополосной или широкополосной, широкий набор вычислителей пакета CST STUDIO SUITE обеспечивает эффективное моделирование задач любой сложности. Функции высокопроизводительных вычислений (HPC) и оптимизации дополнительно расширяют возможности вычислителей.

*Подробнее читайте на стр. 9.*

### ПРАКТИЧНОСТЬ

Фирма CST уделяет большое внимание инструментам, призванным повысить квалификацию пользователей. К таким инструментам относятся графический интерфейс на основе динамически обновляемых панелей, который позволяет группировать функции и разделы меню в зависимости от их места в процессе моделирования, а также технология моделирования составных проектов (SAM), упрощающая моделирование сложных проектов через разбиение их на несколько частей, анализ которых может быть выполнен разными методами.

*Подробнее читайте на стр. 13.*

Благодаря такой концепции продукт CST STUDIO SUITE получил широкое распространение среди инженеров и разработчиков, работающих в самых различных областях: ВЧ, СВЧ и оптической электронике, электромагнитной совместимости, динамике заряженных частиц, низкочастотной технике.

*Чтобы узнать больше о приложениях, для моделирования которых используется CST STUDIO SUITE, обратитесь к странице 16.*

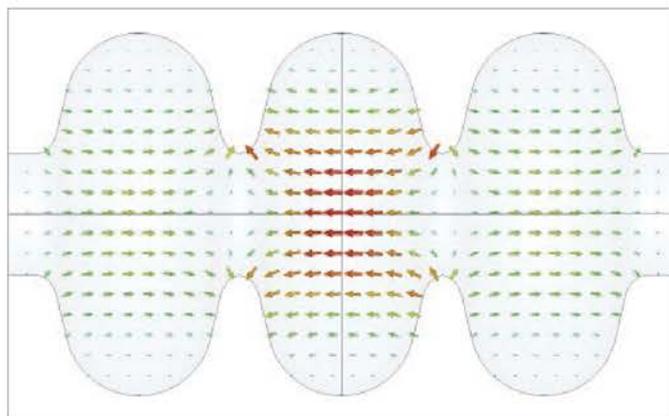
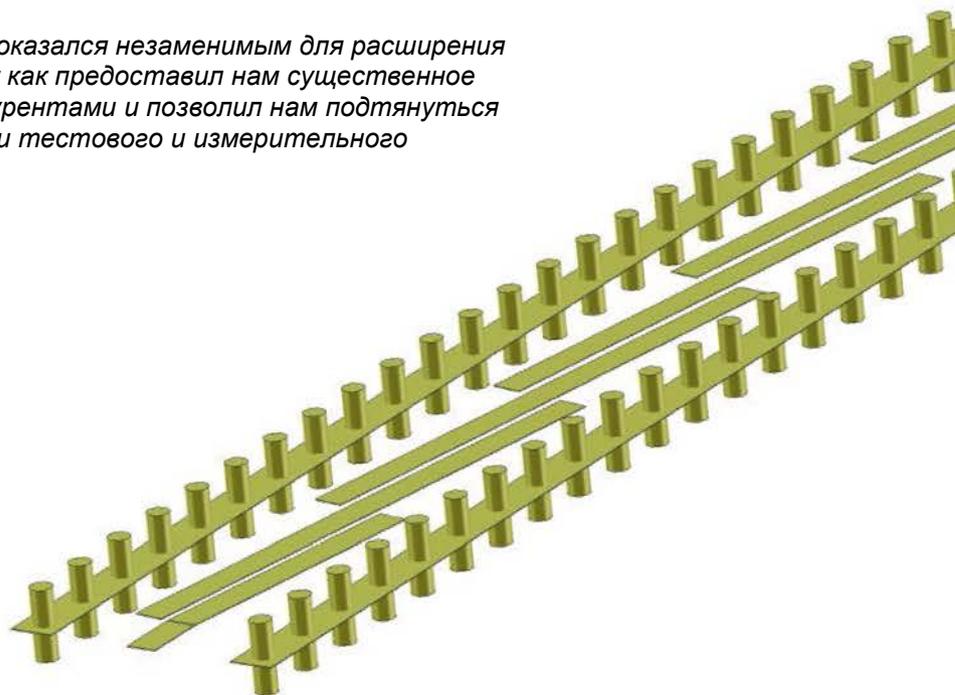
# ТОЧНОСТЬ



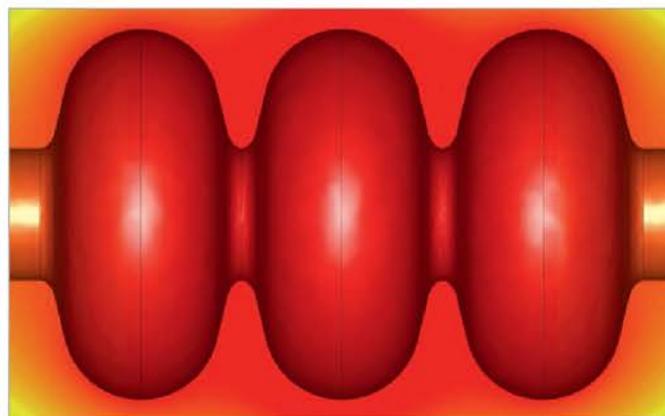
Подробнее об истории успеха компании Test Equipment Plus можно прочесть по адресу: <http://www.cst.com/TEP>

*Продукт CST MICROWAVE STUDIO оказался незаменимым для расширения возможностей нашей компании, так как предоставил нам существенное преимущество по сравнению с конкурентами и позволил нам подтянуться до уровня крупных игроков в области тестового и измерительного оборудования.*

Morgan Roddy, Test Equipment Plus, Inc.

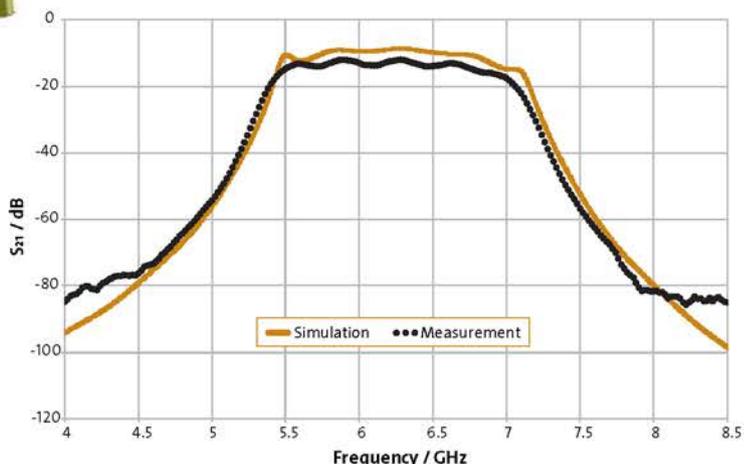
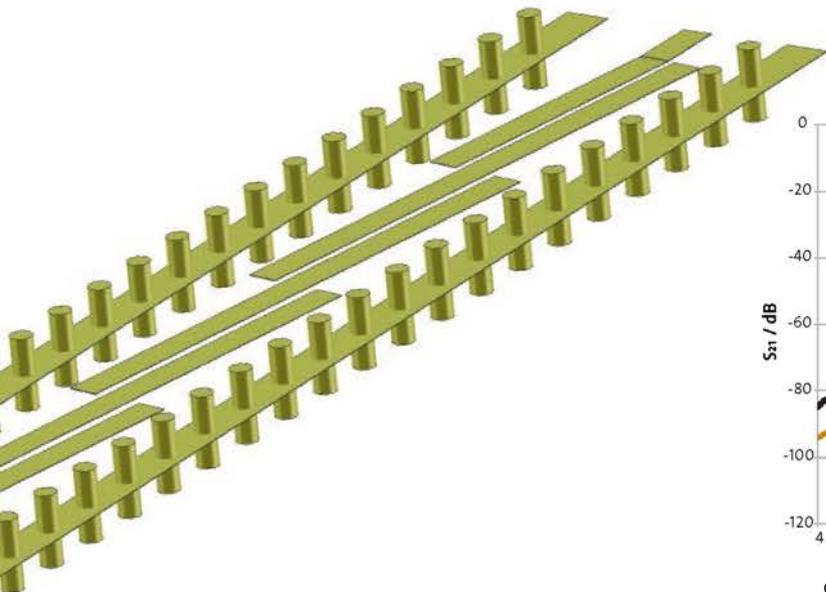


Распределение E-поля внутри ускоряющего резонатора: вычислитель собственных мод (E).



Распределение температуры в установившемся режиме: вычислитель стационарных тепловых процессов (ТН).

## ПОЛНЫЙ НАБОР РЕШЕНИЙ ДЛЯ 3D EM МОДЕЛИРОВАНИЯ



Сравнение результатов моделирования и измерений коэффициента передачи микрополоскового фильтра. Предоставлено Test Equipment Plus, Inc.

Высокий уровень технологий моделирования CST был достигнут путем постоянного совершенствования вычислительных модулей, обобщающих в себе опыт многолетних исследований в области точных и эффективных вычислительных методов. Высокая достоверность результатов работы пакета программ CST STUDIO SUITE позволяет пользователям создавать виртуальные прототипы, моделирующие поведение реальных устройств, сохраняя тем самым время и средства на этапе разработки.

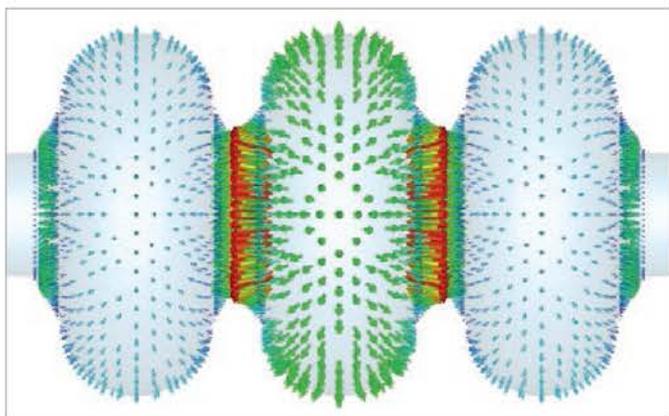
Современная версия пакета CST STUDIO SUITE включает следующие модули:

- вычислители общего назначения во временной и в частотной областях для моделирования низкочастотных и высокочастотных задач;
- полноволновый вычислитель с использованием интегральных уравнений;
- модуль для получения собственных мод и асимптотический вычислитель;

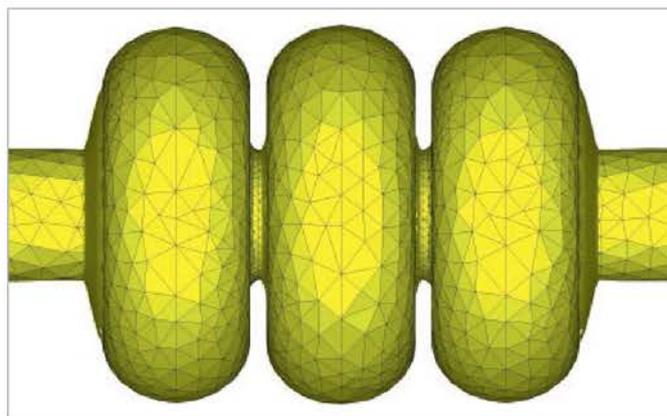
- самосогласованный Particle-In-Cell (PIC) алгоритм;
- статический и мультифизический вычислитель;
- множество дополнительных специализированных вычислительных модулей.

Комбинация перечисленных модулей обеспечивают точный и многогранный подход для решения широкого круга задач.

В ряде случаев решение одной задачи может быть реализовано с использованием разных вычислительных методов. Универсальный подход CST позволяет выполнять верификацию полученных данных путем сравнения результатов моделирования, полученных с использованием различных вычислителей в единой рабочей среде. Подобная перекрестная проверка повышает достоверность полученных результатов и помогает инженерам выявить ошибки в описании проекта или в процессе измерений.

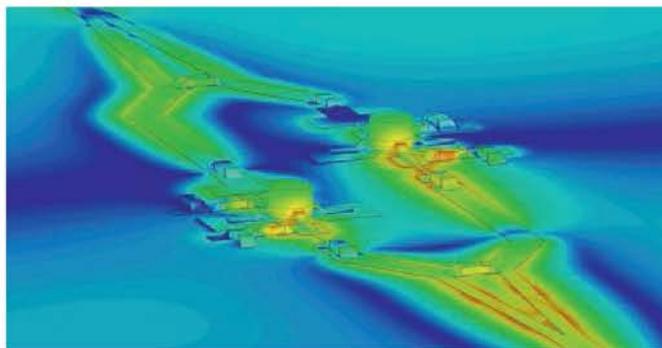
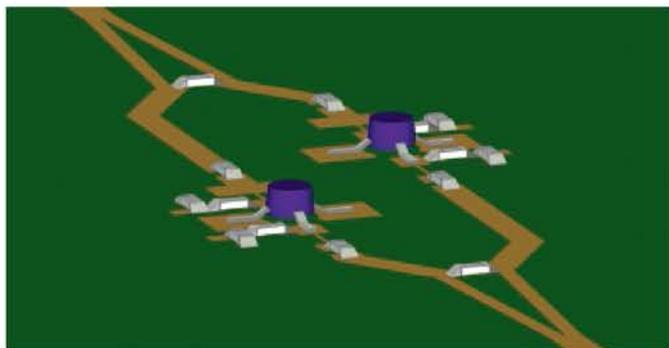


Расчет силы Лоренца: этап постобработки.



Деформация резонатора: механический вычислитель (масштабированный вид).

## МОЩНАЯ СРЕДА ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКТОВ



Широкополосный балансный усилитель мощности, промоделированный во временной области как нелинейная схема с EM структурами.

Для качественного моделирования требуется проект с правильно описанной структурой. Это означает, что модель должна описывать реальные объекты и учитывать широкий набор воздействующих на них электромагнитных эффектов. Пакет CST STUDIO SUITE включает мощные средства построения и импорта моделей из CAD систем, помогающие пользователю построить правильный проект анализируемого устройства.

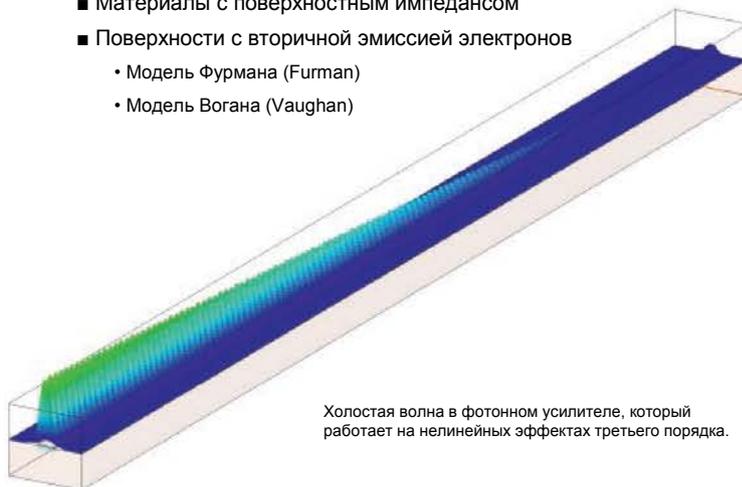
Имеется ряд дисциплин, например, магнетизм или фотоника, где характеристики электромагнитных эффектов являются только результатом взаимодействия с используемыми в устройстве нелинейными материалами. Пакет CST STUDIO SUITE предлагает широкий набор типов материалов, позволяющий моделировать самые разнообразные физические феномены, например, плазмонный и фотонный эффект, ферромагнетизм, вторичную электронную эмиссию, прогрев биологических тканей.

Смешанный анализ электрических схем и EM структур во временной области позволяет рассчитывать электромагнитные поля, возникающие в результате взаимодействия с нелинейными элементами схемы, например, диодами или транзисторами. Широкополосная природа анализа во временной области дает возможность учесть при анализе несколько гармонических составляющих сигнала.

Измеренные данные, например, характеристики поля в ближней зоне или S-параметры полупроводниковых устройств тоже могут быть импортированы в пакет CST STUDIO SUITE. Это позволяет интегрировать эти данные в проект и улучшить описание физической системы.

### Типы материалов, используемых в CST STUDIO SUITE:

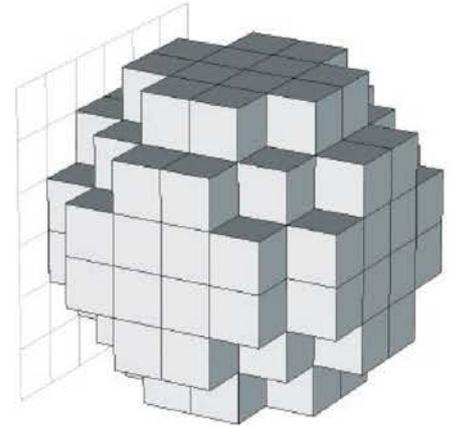
- Диэлектрики
- Металлы с потерями
- Анизотропические материалы
- Материалы с временной зависимостью
- Материалы с температурной зависимостью
- Дисперсионные материалы
  - Модель Друда (Drude)
  - Модель Дебби (Debye)
  - Модель Лоренца (Lorentz)
  - Электро- и магнито- гироскопические материалы
- Нелинейные материалы
  - Нелинейные модели второго и третьего порядка
  - Модель Керра (Kerr)
  - Модель Рамана (Raman)
  - Нелинейные магнитные материалы
- Материалы с покрытием
- Материалы из тонких плоских слоев
- Материалы с нелинейными температурными свойствами
- Материалы с поверхностным импедансом
- Поверхности с вторичной эмиссией электронов
  - Модель Фурмана (Furman)
  - Модель Вогана (Vaughan)



Холодная волна в фотонном усилителе, который работает на нелинейных эффектах третьего порядка.

# ТОЧНАЯ ДИСКРЕТИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ

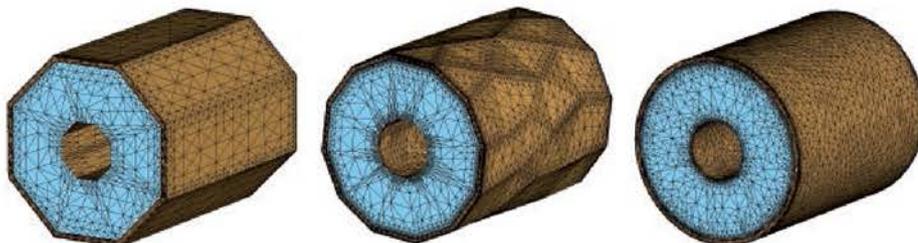
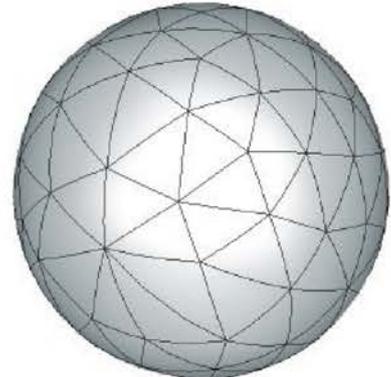
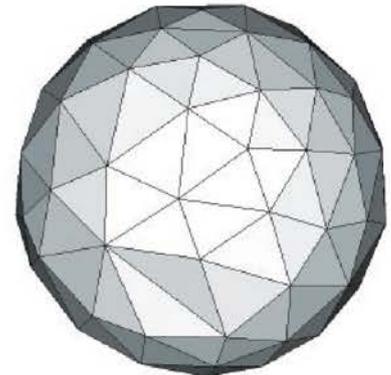
Для моделирования этой сферы могут использоваться различные методы дискретизации пространства: классические для прямоугольных и тетраэдральных (линейных и криволинейных) ячеек, а также оригинальная технология CST аппроксимации для идеальных граничных условий (Perfect Boundary Approximation, PBA).



Для применения к структуре численного моделирования требуется построение на ней пространства дискретизации. Добавление дополнительных ячеек увеличивает требования к вычислительным ресурсам. Это означает, что наиболее полезным будет алгоритм, максимально точно описывающим форму объектов с применением минимального количества ячеек. Пакет CST STUDIO SUITE включает средства построения прямоугольных, тетраэдральных и поверхностных сеток, которые по-разному подходят для моделирования различных ситуаций.

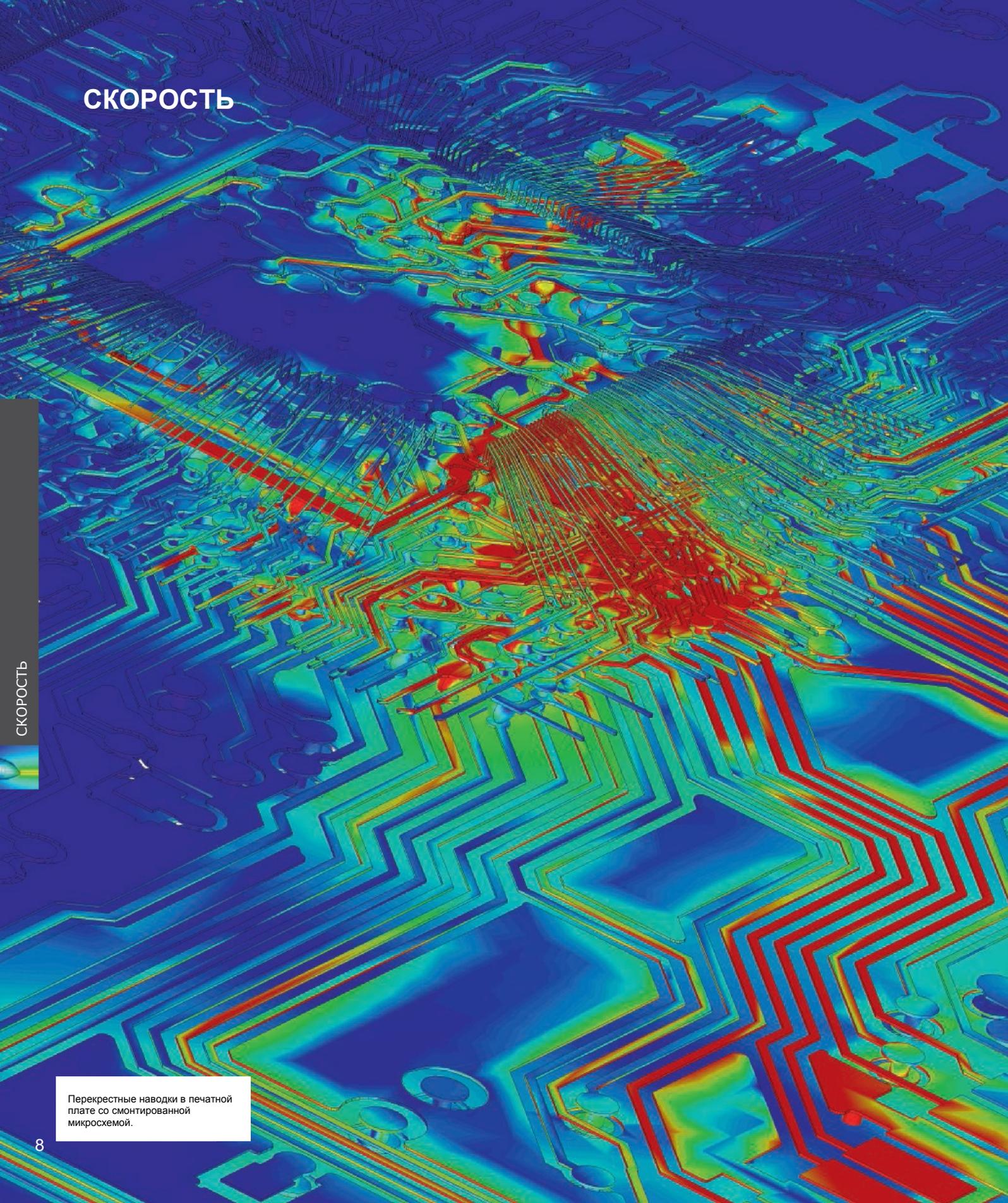
Для повышения точности прямоугольного разбиения без резкого увеличения требований к вычислительным ресурсам пакет CST STUDIO SUITE использует в своем вычислителе во временной области оригинальную технологию аппроксимации для идеальных граничных условий (Perfect Boundary Approximation, PBA) применительно к достаточно общему методу конечных интегралов (FIT). Технология PBA сохраняет скорость вычислений на уровне привычного всем прямоугольного разбиения, но для криволинейных объектов позволяет избежать излишнего измельчения сетки для более точного описания формы.

При тетраэдральном разбиении дополнительные преимущества при моделировании низкочастотных и высокочастотных структур могут быть получены благодаря использованию криволинейных ячеек. Кроме того, в вычислителе в частотной области реализован оригинальный алгоритм оптимизации сетки, получивший название True Geometry Adaptation. Он проектирует "очищенную" сетку обратно на оригинальную модель, сглаживая исходную сетку с гранями, чем обеспечивает более высокую точность моделирования.



Различные способы построения сетки разбиения для коаксиального волновода: традиционный (слева и в середине) и адаптивный (справа).

# СКОРОСТЬ



СКОРОСТЬ

Перекрестные наводки в печатной  
плате со смонтированной  
микросхемой.

*"Продукт CST MICROWAVE STUDIO является нашей рабочей лошадкой, выполняющей быстрое и точное EM моделирование пассивных СВЧ компонентов. Он обеспечивает нас прочным фундаментом, с позиций которого наша компания распространяет передовые СВЧ технологии по всему миру."*

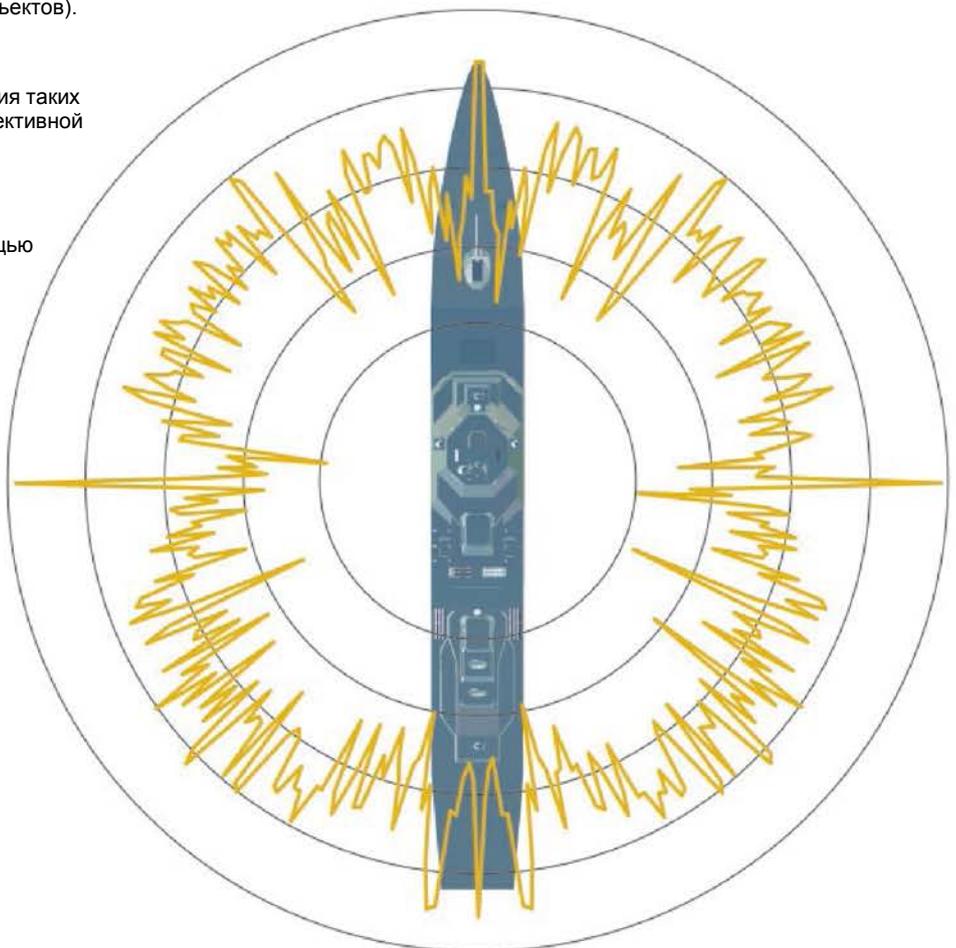
Dr. Martin Lorenz, Spinner GmbH

Качество результатов и скорость моделирования существенно зависит от выбора вычислительного модуля. Вычислитель, который хорошо работает с одним типом моделей, может показывать плохие результаты на других моделях. Это одна из причин, почему пакет CST STUDIO SUITE включает в себя широкий набор разных вычислителей. Благодаря этому всегда может быть найден инструмент наилучшим образом подходящий для приложений очень широкого частотного диапазона (от постоянных полей для оптического диапазона) и сильно отличающихся размеров (от наночастиц до электрически больших объектов).

Например, вычислитель с использованием интегральных уравнений и асимптотический вычислитель идеально подходят для решения таких задач, как размещение антенн, оценки эффективной площади отражения объекта (RCS), где электрические размеры структуры могут насчитывать сотни или тысячи длин волн. Маленькие резонансные структуры могут моделироваться более эффективно с помощью вычислителя собственных мод или вычислителя в частотной области, которые разработаны специально анализа таких устройств, как фильтры или ускоряющие резонаторы.

Многие моделируемые конструкции могут состоять из отдельных компонентов, качественное моделирование которых может быть сделано только разными методами. Для таких случаев реализована технология моделирования составных проектов (System Assembly and Modeling, SAM), которая позволяет разбить большую структуру на мелкие объекты, промоделировать их наиболее подходящим вычислителем, а потом объединить полученные данные и получить полные характеристики всего устройства.

Результат моделирования RCS корабля на частоте 16.8 ГГц, полученный с помощью асимптотического вычислителя. На указанной частоте электрический размер корабля превышает 10000 длин волн.



# ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ И ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

*“Возможность графического ускорения позволила нам решить ряд сложных задач, невыполнимых ранее.”*

Matt Fuller, Selex ES

Подробнее об используемых в CST STUDIO SUITE методах высокопроизводительных вычислений можно прочесть по адресу: <http://www.cst.com/HPC>

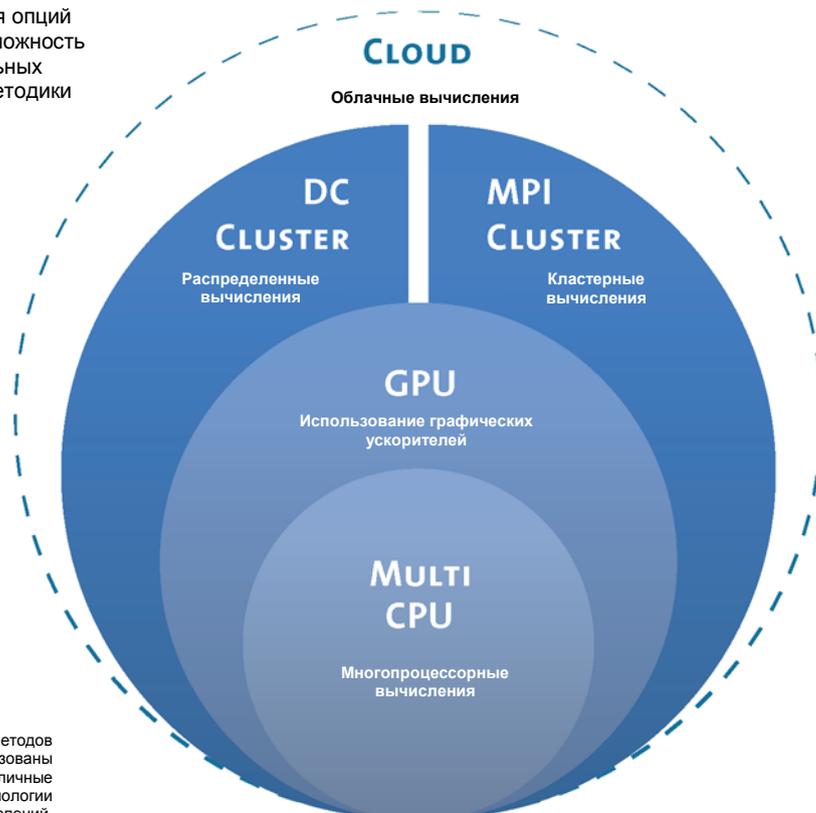


Компания CST предлагает пользователям различные методы ускорения вычислений: использование многопроцессорных платформ, поддержку графических ускорителей, кластерные и распределенные вычисления. Эти технологии позволяют повысить возможности рабочей станции или разделить моделируемую задачу среди узлов расчетного кластера. Использование методов высокопроизводительных вычислений доступно практически для каждого типа задач и любой конфигурации оборудования: от независимых рабочих станций до сложных промышленных кластеров.

Чтобы предоставить пользователям максимально простой и эффективный способ использования этих методов, компания CST разработала специальную схему лицензирования опций акселерации. С её помощью инженеры получили возможность комбинировать разные способы высокопроизводительных вычислений, совмещая и настраивая необходимые методики ускорения.

Для небольших компаний, но с потребностью в обработке крупных задач, пакет CST STUDIO SUITE предлагает использование удаленной технологии вычисления. С её помощью модель передается по защищенному протоколу провайдеру высокопроизводительного сервера и вычисления выполняются на его аппаратном комплексе. Это означает, что пользователи, периодически сталкивающиеся с потребностью в обработке сложных задач, могут их выполнить без необходимости приобретения и обслуживания крупных вычислительных кластеров.

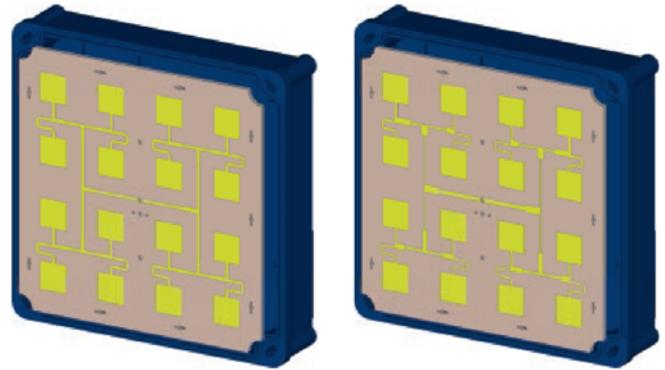
Поскольку построение высокопроизводительных аппаратных комплексов требует значительных материальных затрат, представителям заказчика, занимающимся закупками и обновлением вычислительных систем, рекомендуется связаться со специалистами фирмы CST для согласования конфигурации, наилучшим образом подходящей для решения клиентских задач. Также фирма CST ведет совместную работу с центрами тестирования аппаратного обеспечения, гарантируя тем самым, что подобранная конфигурация оборудования наиболее эффективно подойдет для работы пакета CST STUDIO SUITE.



Пакет CST STUDIO SUITE поддерживает комбинации методов высокопроизводительных вычислений. Все они могут быть реализованы как на локальной аппаратной платформе, так и в облаке. Различные вычислители поддерживают различные технологии высокопроизводительных вычислений.

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

Микрополосковая фазированная антенная решетка, настроенная в диапазоне частот WLAN: до оптимизации (слева), после оптимизации (справа).



На характеристики даже самого простого устройства может оказать влияние широкий диапазон параметров. Оптимизация автоматизирует процесс настройки необходимых переменных с целью получения значений, удовлетворяющих установленным требованиям. Встроенные оптимизаторы во всех модулях CST STUDIO SUITE применимы для настройки любого параметра, включая геометрические размеры модели, свойства материалов, а также форму сигнала возбуждения.

В пакете CST STUDIO SUITE доступны глобальные и локальные оптимизаторы. Локальные техники выполняют поиск решений в окрестности начального значения параметра, поэтому их рекомендуется применять для моделей, близких к оптимальным. Глобальные методики работают в полном диапазоне параметров, ввиду чего они окажутся гораздо практичнее локальных оптимизаторов в случае грубо настроенных моделей или сложных структур.

Предварительный анализ чувствительности (sensitivity analysis) позволит заметно улучшить работу Trust Region Framework оптимизатора CST. Указанная техника выполняет быструю оценку влияния на рабочие характеристики небольших изменений параметров модели, предоставляя важные начальные условия для работы оптимизатора. Анализ чувствительности также позволит оценить всего за один вычислительный цикл влияние допусков изготовления на изменение рабочих характеристик структуры.

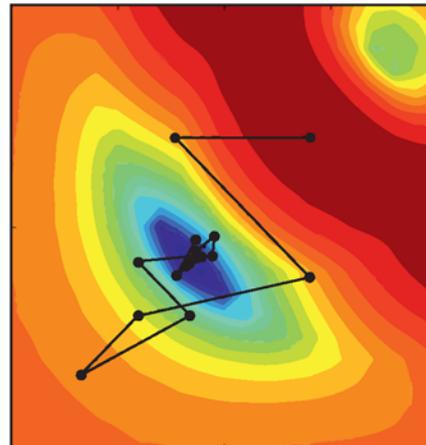
## Оптимизаторы, доступные в CST STUDIO SUITE:

### Локальные

- Метод доверительных областей (Trust Region Framework)
- Симплексный метод Нелдера-Мида (Nelder-Mead Simplex Algorithm)
- Интерполяционный квази-ньютоновский метод (Interpolated Quasi-Newton)
- Классический метод Пауэлла (Classic Powell)

### Глобальные

- Генетический алгоритм (Genetic Algorithm)
- Алгоритм роя частиц (Particle Swarm)
- Эволюционная стратегия с адаптацией матрицы ковариаций (CMA-ES)



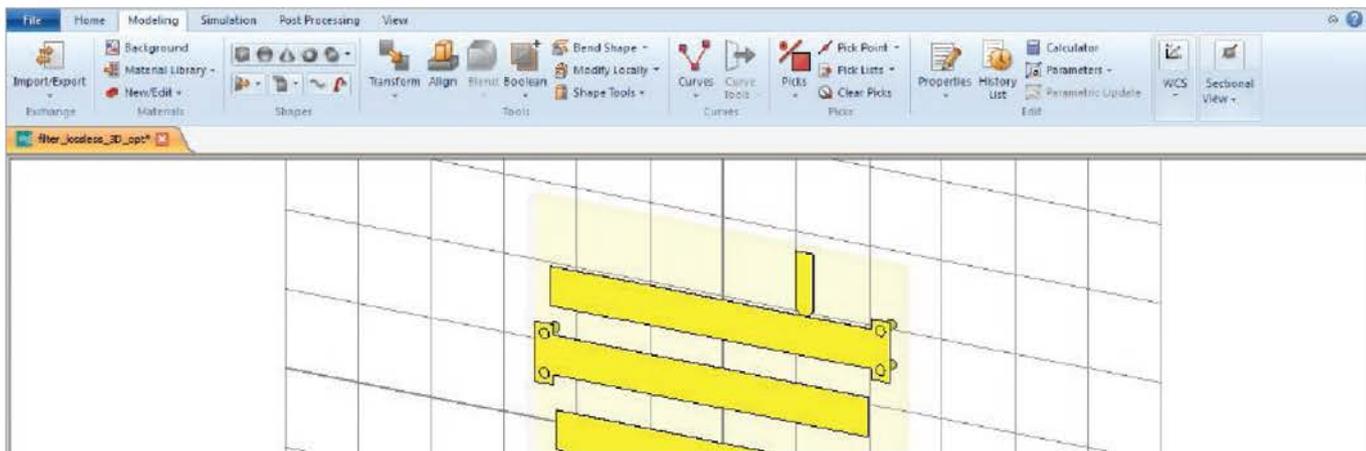
Пошаговое изменение параметра в случае локальной оптимизации. С каждым последующим шагом значение целевой функции перемещается из области максимальных значений (красная) в область минимальных (синяя).



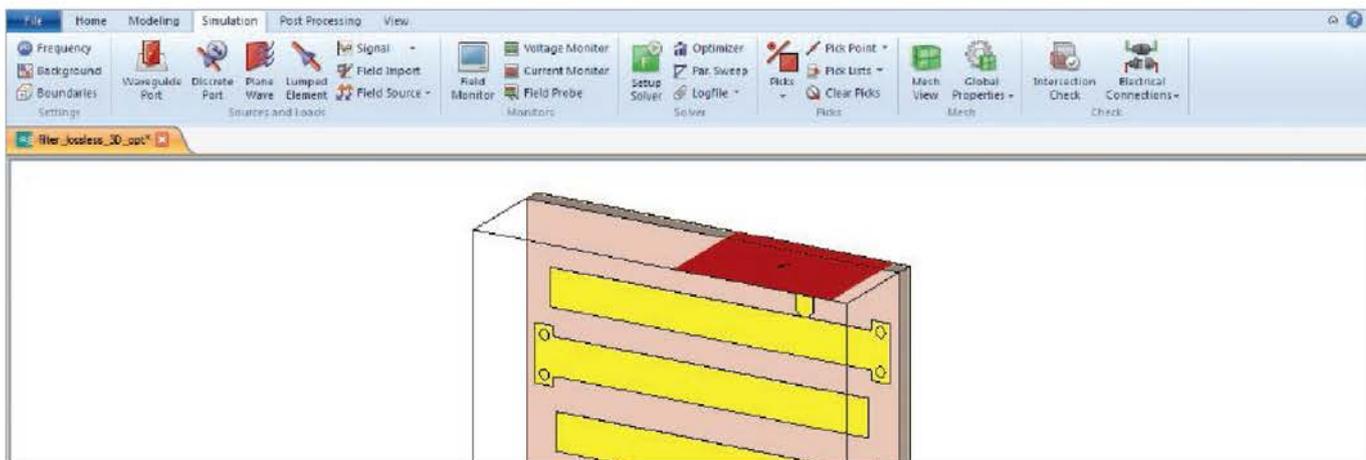
Подробнее об используемых в CST STUDIO SUITE методах оптимизации можно прочесть по адресу: <http://www.cst.com/optimization>

# ПРАКТИЧНОСТЬ

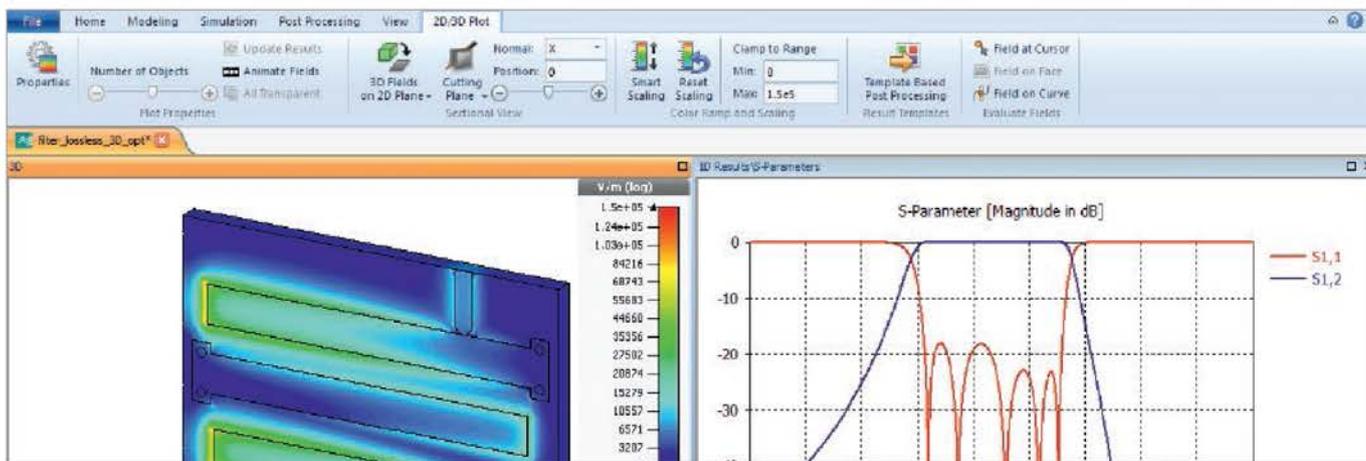
Динамически обновляемые панели инструментов направляют действия пользователя на всех этапах проектирования



Инструменты построения, импорта и настройки структуры сгруппированы на панели инструментов Modeling.



Инструменты настройки и запуска процесса моделирования, а также построения сетки разбиения расположены на панели Simulation.



Инструменты отображения полученных результатов сгруппированы на панели 2D/3D Plot.

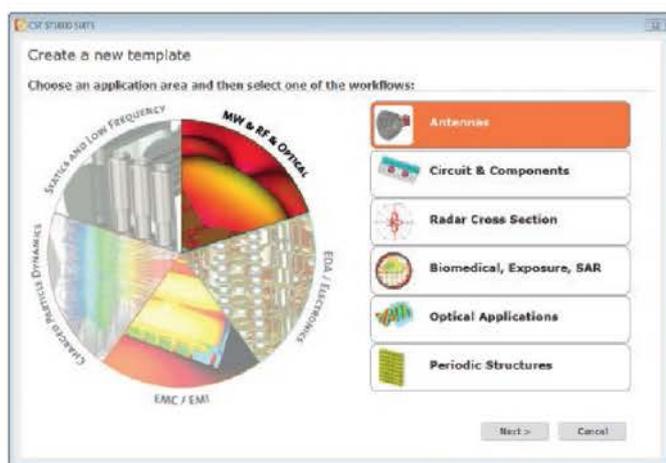
# ДРУЖЕСТВЕННЫЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС

При таком обширном наборе инструментов, который сейчас доступен в пакете CST STUDIO SUITE, очень важно, чтобы нужный инструмент был под рукой в нужный момент. Для облегчения работы пользователя в пакете реализован механизм настройки среды проектирования под конкретные нужды на определенном этапе работы, будь то построение структуры, моделирование или обработка результатов

Графический интерфейс на основе динамически обновляемых панелей позволяет группировать функции и разделы меню в зависимости от их места в процессе моделирования. Это дает возможность предлагать пользователю только те действия, которые доступны для данной части проекта на определенном этапе работы. Дополнительные контекстные панели появляются при выполнении специфических задач, например, при настройке сетки разбиения или просмотре результатов анализа.

Стандартный подход к организации цикла проектирования предполагает, что инженер сам выбирает нужные модули программного обеспечения и выполняет в них необходимые настройки. В пакете CST STUDIO SUITE реализован специальный помощник создания проекта, призванный существенно упростить настройку и конфигурацию моделирования.

Помощник позволяет легко настроить систему единиц, граничные условия и автоматически выбрать наиболее подходящий для решения конкретной задачи вычислительный модуль. Опытный пользователь может сохранить однажды сделанные настройки внутри помощника для повторного использования при решении подобного рода задач.



Помощник создания проекта позволяет выполнить все настройки моделирования.

# ИНТЕГРАЦИЯ ПОТОКОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

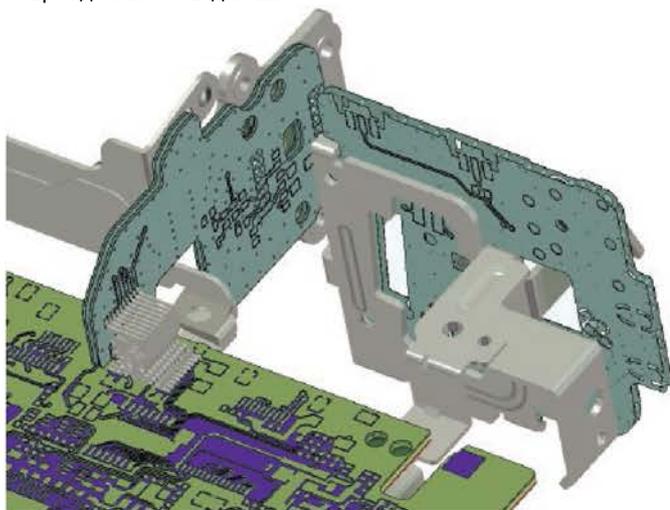
Компания CST строго следует правилу предлагать своим клиентам только лучшие решения. Вместо того чтобы предлагать пользователям универсальные программы решения самых разнообразных задач, компания сфокусировалась на разработке специализированного пакета для 3D EM моделирования и обеспечила простой и понятный механизм связи с лучшими в своем классе программами других производителей, специализированными каждый в своей области.

Пакет CST STUDIO SUITE легко интегрируется в любой существующий поток проектирования. Широкий набор модулей импорта и экспорта позволяет обмениваться геометрическими данными с большинством популярных CAD систем. Кроме того, все структуры после импорта могут быть отредактированы или параметризованы, что делает возможным выполнение их оптимизации и параметрического анализа.

Специальные интерфейсы обмена данными с другими EDA системами предназначены для решения задач анализа целостности сигналов, смешанного EM и схемотехнического моделирования. Специальный язык макрокоманд на базе технологий VBA и OLE позволяет напрямую обмениваться данными между различными программами, например, MATLAB® или MS Excel®.

В ряде случаев пользователю могут потребоваться специализированные продукты, например, Antenna Magus® для синтеза антенн, Optenni Lab™ для оптимизации цепей согласования, EMIT для оценки взаимного влияния антенн, Savant для оценки параметров антенн, расположенных на электрически больших объектах. Все эти продукты имеют прямой интерфейс с пакетом CST STUDIO SUITE и распространяются через дистрибьюторов CST.

Возможность импорта и экспорта структурированной информации является фундаментальной основой взаимодействия потоков проектирования. Импорт топологий из EDA систем, в силу особенностей представления данных в них, приводит к появлению в структуре множества граней и зазоров малого размера, сильно усложняющих задачу моделирования. Пакет CST STUDIO SUITE включает сложную интеллектуальную процедуру чистки и автоматического восстановления импортируемой структуры, которая в комбинации с мощной системой построения сетки разбиения обеспечивает эффективное моделирование даже при изначально поврежденных CAD данных.



Импортированная трехмерная конструкция видеокамеры была целиком промоделирована и последовательно модифицирована с целью обеспечения соответствия требованиям FCC Class-B.

## Поддерживаемые форматы:

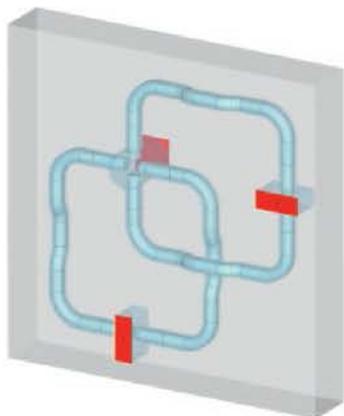
### CAD

- ACIS SAT
- STEP
- STL
- OBJ
- NASTRAN
- IGES
- Pro/ENGINEER®
- Autodesk Inventor®
- CATIA® v4 and v5
- SolidWorks and Solid Edge
- Parasolid
- Siemens NX™
- Biological voxel data

### EDA

- ODB++
- Zuken CR-5000/8000
- GDSII
- SPICE
- Touchstone
- Single and multi-layer Gerber
- Mentor Graphics® Expedition™
- Mentor Graphics PADS®
- Mentor Graphics HyperLynx®
- Cadence® Allegro®
- Agilent ADS®
- AWR Microwave Office®
- Synopsis® Saber
- Sonnet®

## ТЕХНОЛОГИЯ SAM — МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ПРОЕКТОВ



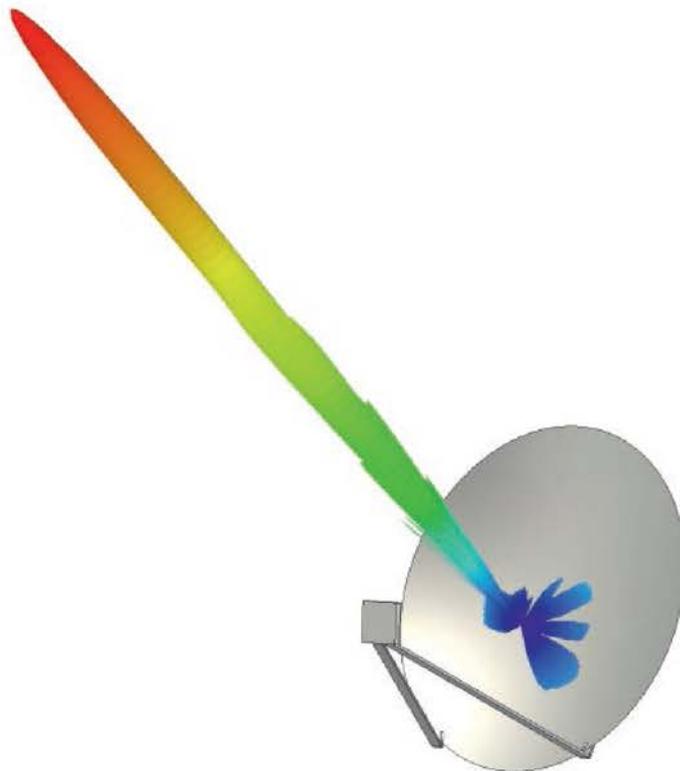
Технология моделирования составных проектов (System Assembly and Modeling, SAM) упрощает моделирование сложных проектов в пакете CST STUDIO SUITE.

Разрабатываемое устройство может состоять из нескольких частей, качественное моделирование которых может быть сделано только разными методами. Так как конечные характеристики таких сложных устройств обеспечиваются взаимодействием отдельных его частей, то оптимизации каждой из части по-отдельности может быть недостаточно. Требуется оптимизация всего устройства в сборе, и технология SAM предоставляет такую возможность.

При использовании технологии SAM устройство представляется в виде некоторой схемы, состоящей из отдельных элементов. В самом простейшем случае устройство может состоять из одной единственной параметризованной 3D модели. Пользователь определяет моделирование этой модели посредством описания задач анализа. SAM технология позволяет сравнить результаты, полученные с помощью разных вычислительных модулей или для разных вариаций модели в рамках одного проекта. Например, пользователь может задавать связанные последовательности запусков различных вычислителей: первичный электромагнитный анализ фильтра, затем его тепловое моделирование, затем анализ его механических деформаций и конечный электромагнитный анализ фильтра с целью оценки его расстройки. Таким образом, технология SAM дает возможность относительно просто определить и выполнить полный мультифизический анализ устройства.

Добавляя в схему другие 3D модели, можно построить сложную трехмерную конструкцию. Инструменты технологии SAM дают возможность выравнивать и сопрягать отдельные части проекта. Моделирование может быть определено для одной или нескольких частей, для каждой из частей могут быть выбраны определенные методы анализа с собственными настройками акселерации вычислений. Части устройства могут быть описаны или их S-параметрами, или как эквивалентные источники поля для моделирования всей системы. Комбинация всех этих способов моделирования на различном уровне позволяет получить качественный результат и снизить требования к вычислительным ресурсам. Разумеется, технология SAM позволяет определить и выполнить электромагнитное моделирование всего устройства целиком.

Различные элементы рефлекторной антенны могут быть наилучшим образом промоделированы разными методами: селектор поляризации в частотной области, рупорный облучатель во временной области, а рефлектор с использованием интегральных уравнений.



При использовании технологии SAM все эти элементы объединяются в одном проекте и моделируются совместно.

# ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Постоянные и  
низкочастотные  
электромагнитные  
поля

STATICS / LOW FREQUENCY

ВЧ и СВЧ  
электромагнитные  
поля

MICROWAVES & RF / OPTICAL

PARTICLE DYNAMICS

Динамика  
элементарных  
частиц

EDA / ELECTRONICS

Проектирование  
электроники

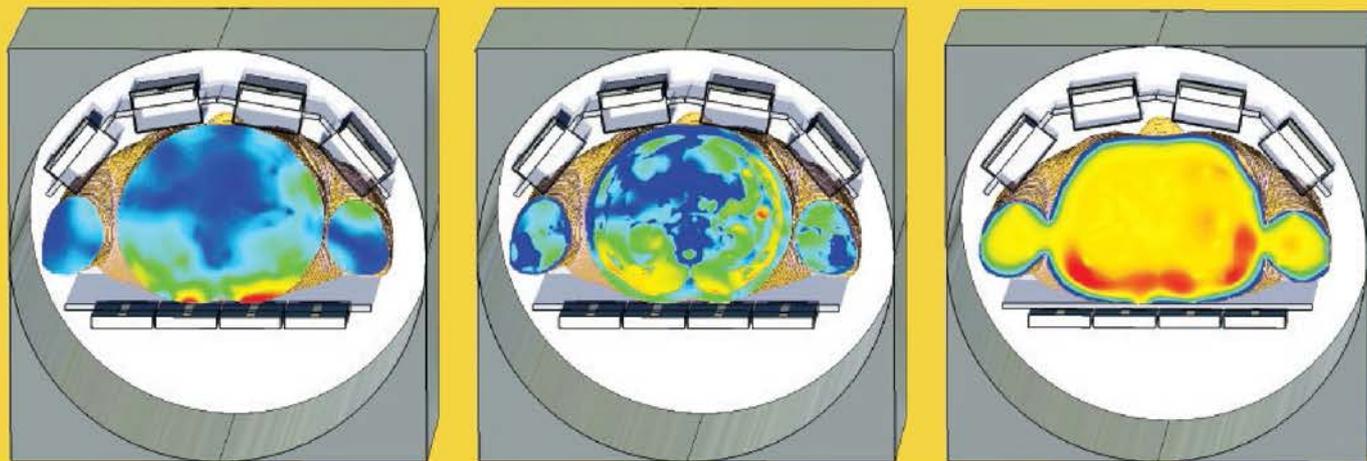
EMC / EMI

Электромагнитная совместимость



<http://www.cst.com/MWRF>

## ВЧ и СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

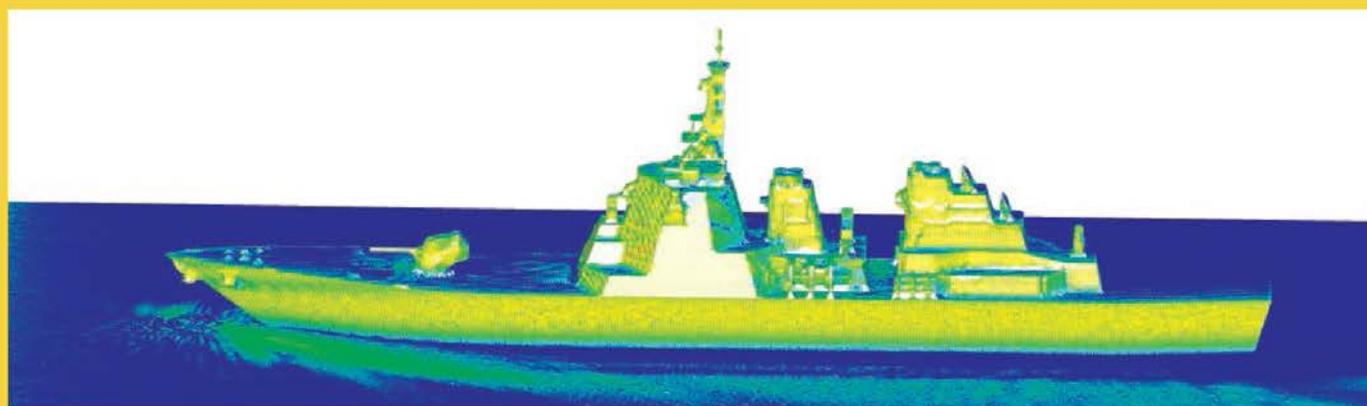


Проект магнитно-резонансного томографа 7 Tesla MRI, включающего 8 меандровых микрополосковых элементов. При моделировании использовались градиентные катушки и подробная воксельная модель тела человека. Пример предоставлен институтом Erwin L. Hahn Institute for MRI, Эссен, Германия.

Моделирование высокочастотных электромагнитных полей является основным направлением деятельности фирмы CST. Пакет CST STUDIO SUITE позволяет проектировать широкий набор ВЧ, СВЧ и оптических устройств: антенны, фильтры, соединители, делители мощности, микроволновые печи, медицинское оборудование, метаматериалы, оптические компоненты и фотонные кристаллы.

Промоделированы могут быть СВЧ поля вокруг электрически больших объектов, таких как, корабли, самолеты и здания, а также поля внутри очень сложных структур, например, внутри человеческого тела. Пакет CST STUDIO SUITE позволяет получать и анализировать комплексные характеристики, например, эффективную площадь отражения объекта (RCS) или удельный коэффициент поглощения (SAR), а также оптимизировать расположение антенн, настраивать фильтры и излучающие катушки.

Пакет CST STUDIO SUITE включает несколько универсальных полноволновых 3D вычислителей: в частотной и временной областях, а также на основе интегральных уравнений. Наличие асимптотического вычислителя, а также возможность моделировать тепловые и механические эффекты (например, прогрев биологических тканей или тепловую расстройку пакетов фильтров) существенно расширяет список приложений пакета CST STUDIO SUITE.



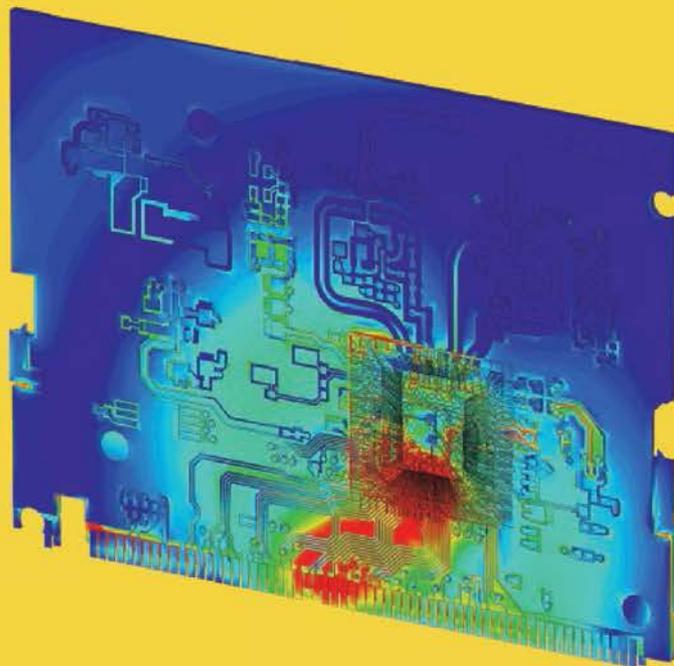
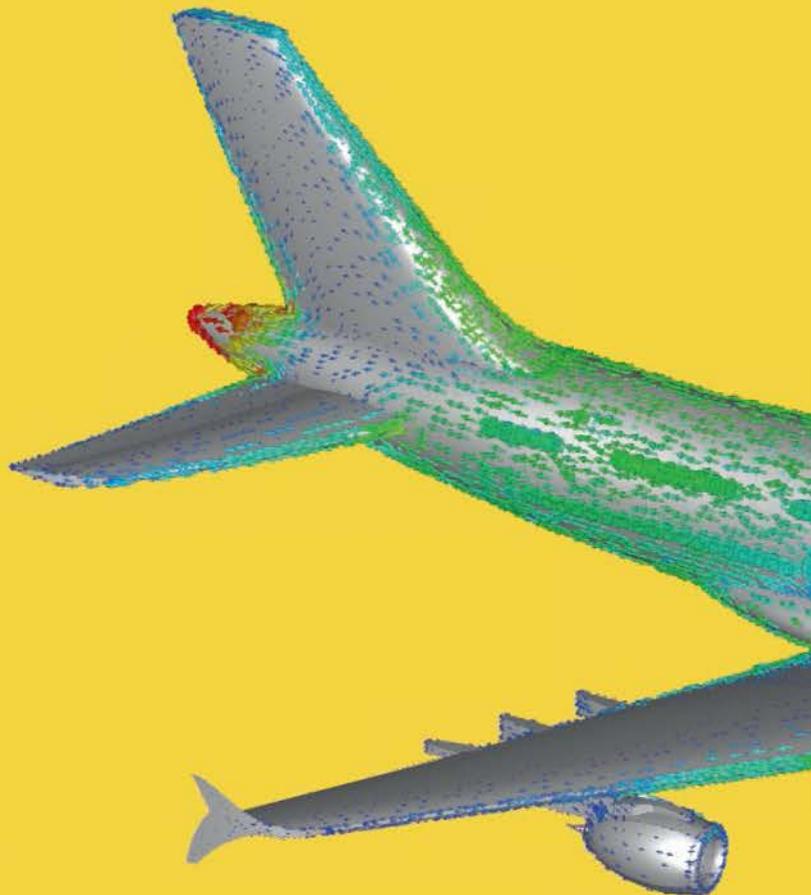
Распределение токов на металлической поверхности корабля длиной 155 метров и облучаемого плоской волной сигнала с частотой 400 МГц. При моделировании учитывалась относительная диэлектрическая проницаемость соленой воды (81) и ее удельная проводимость (0.01 См/м)



С ростом скоростей передачи данных, уменьшением габаритов и усложнением топологий современных печатных плат и интегральных устройств обеспечение электромагнитной совместимости (EMC), целостности сигналов (SI) и целостности цепей питания (PI) становится достаточно сложной задачей. Пакет CST STUDIO SUITE имеет специальный набор инструментов, призванный помочь инженерам проектировать, анализировать и улучшать характеристики топологий печатных плат.

Эти инструменты позволяют очень быстро оценить характеристики топологии и получить такие параметры, как падение напряжения и импеданс цепи распределения питания, искажения формы сигналов в сигнальных цепях, а также автоматически оптимизировать размещение развязывающих конденсаторов. Пакет CST STUDIO SUITE также включает программу CST BOARDCHECK™, которая работает на уровне DRC и позволяет автоматически выявить вероятные SI/PI и EMC проблемы.

Топология может быть импортирована и конвертирована в сложную трехмерную структуру для полноволнового моделирования или представлена в виде эквивалентной схемы замещения для моделирования на уровне схемы. Это позволяет делать привычные лабораторные измерения, например, S-параметры, глазковые диаграммы, рефлектометрию во временной области (TDR) на базе виртуальных прототипов разрабатываемых устройств, чем существенно снизить стоимость и сроки проектирования.

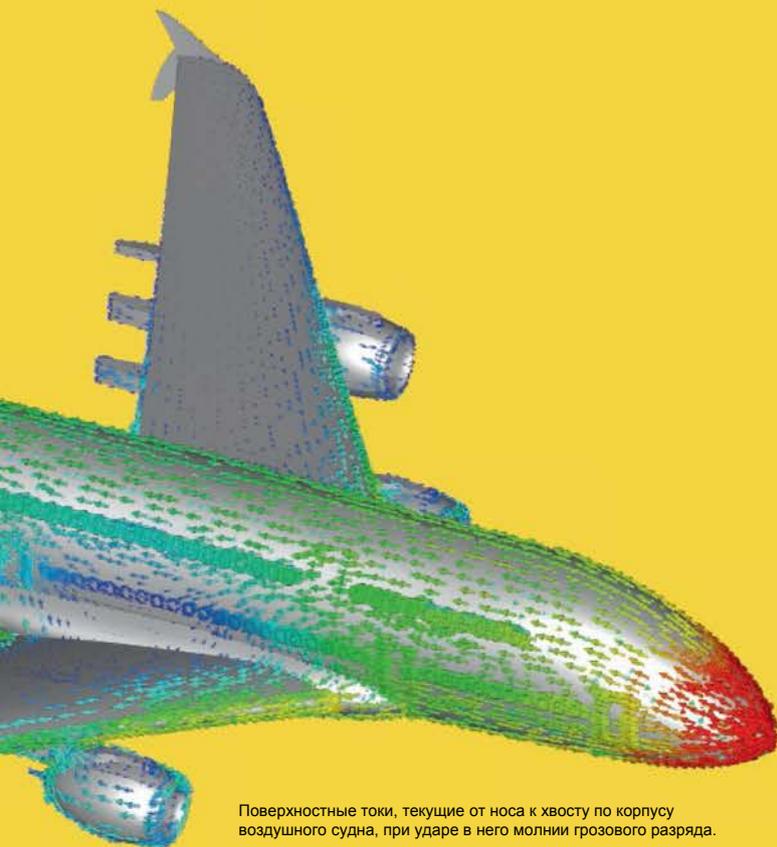


Совместное моделирование печатной платы с размещенным на ней корпусом микросхемы позволяет оценить качество межсоединений и паразитные связи.

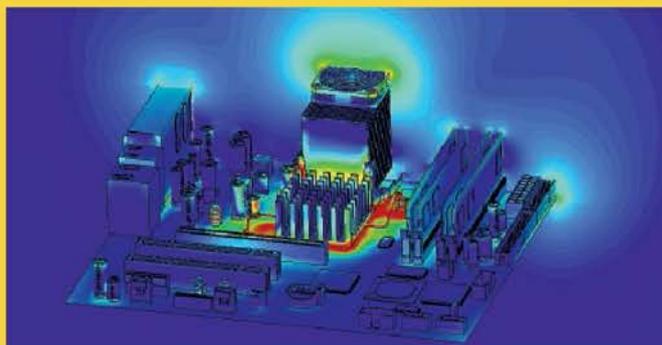


<http://www.cst.com/EMC>

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ



Поверхностные токи, текущие от носа к хвосту по корпусу воздушного судна, при ударе в него молнии грозового разряда.



Электрическое поле вокруг размещенного на плате радиатора.

Электромагнитная совместимость (EMC) и стойкость к электромагнитным помехам (EMI) являются тесно связанными дисциплинами. Для удовлетворения требованиям EMC тестируемое устройство не должно генерировать излучаемые или кондуктивные помехи, которые могут негативно воздействовать на соседние устройства. С другой стороны оно должно быть достаточно стойким к воздействию внешних помех (EMI) независимо от их природы, будь это естественные электромагнитные явления (например, удар молнии) или искусственное вредное воздействие (например, мощный электромагнитный импульс).

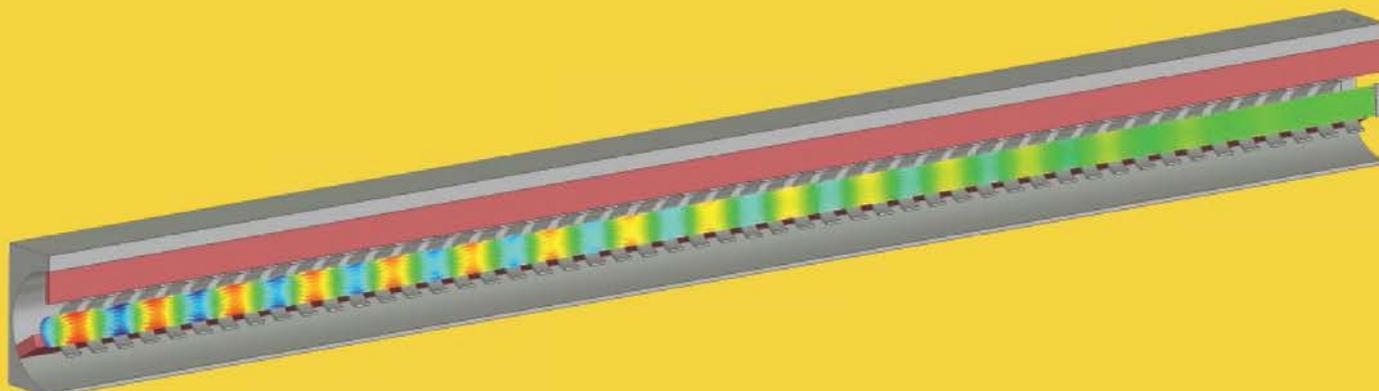
Моделирование электронных устройств с помощью полноволнового вычислителя может быть дополнено анализом на уровне схемы в программе CST DESIGN STUDIO™, которая присутствует в любой конфигурации пакета CST STUDIO SUITE. Смешанный анализ электрических схем и EM структур допускает такие способы описания элементов, как SPICE и IBIS модели. Топологии печатных плат могут быть проверены на уровне DRC с помощью программы CST BOARDCHECK.

EMC/EMI проблемы могут возникнуть из-за, казалось бы, незначительных деталей конструкции: кабельных вводов, конструктивных отверстий и стыков. Для анализа таких задач наилучшим образом подходит TLM вычислитель, поддерживающий компактные модели, позволяющие моделировать сложные структуры весьма эффективно.

Кабели могут получать помехи, излученные в одной части структуры, доставить их в другую часть структуры, переизлучить их там и стать причиной новых EMI проблем. Вычислитель во временной области может быть дополнен возможностями гибридного временного моделирования кабелей, использующего аналитические модели отдельных кабелей или жгутов.

*Использование CST MICROWAVE STUDIO для анализа EMC и EMI дало нам конкурентные преимущества и повысило уровень доверия пользователей к нашим продуктам.*

Ralf Kakerow, Continental Automotive GmbH

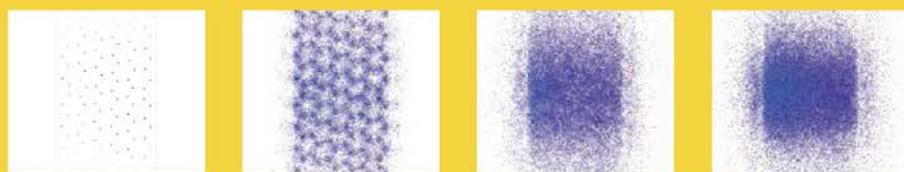
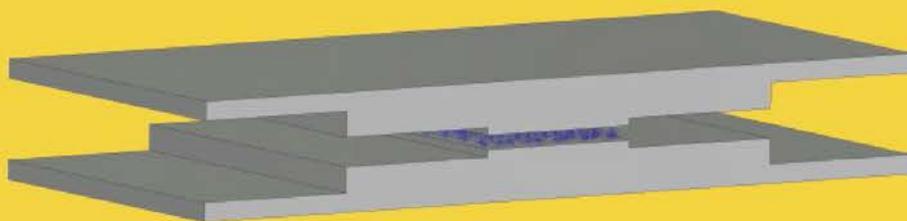


Траектория заряженных частиц в лампе бегущей волны (ЛБВ). Модуляция скорости электронов изображена различными цветами.

Использование программного обеспечения CST для решения задач в области ускорительной техники началось на ранних этапах его развития. Сейчас пакет CST STUDIO SUITE содержит в себе набор специальных инструментов для моделирования взаимодействия заряженных частиц с электромагнитными полями, начиная с разработки СВЧ устройств (например, магнетронов или электронных ламп) и заканчивая проектированием узлов ускорителей ультрарелятивистских пучков.

Моделирование траекторий заряженных частиц в статических полях с учетом собственного заряда пучка реализуется средствами вычислителя трекинга частиц (TRK), необходимого для проектирования электронных пушек. Возможности PIC вычислителя позволяют выполнить моделирование пролета пучка с учетом его собственных полей, что делает данный инструмент незаменимым как для анализа магнетронов, клистронов и ламп бегущей волны, так и для изучения мультипакторного разряда. PIC вычислитель поддерживает технологию графического ускорения, позволяющую повысить его вычислительные возможности.

Вычислитель кильватерных полей (WAK) рассчитывает электромагнитные поля, создаваемые сгустками заряженных частиц внутри участков ускорительного тракта. Наведенные поля могут возникнуть при пролете пучка через коллиматоры или детекторы, повышая тем самым вероятность разрушения дальнейших сгустков. Для анализа высокооборотных структур, таких как резонаторов ускорителей, вычислитель собственных мод позволяет выполнить поиск рабочих видов колебаний исследуемой структуры, необходимых для дальнейшего анализа PIC вычислителем.



Каскад электронов, возникающий внутри волноводного разрядника. Наблюдаемый мультипакторный разряд может привести к разрушению устройства.



<http://www.cst.com/LF>

## ПОСТОЯННЫЕ И НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПОЛЯ

*Пакет CST EM STUDIO сейчас является неотъемлемой частью процесса разработки различных трансформаторов мощности в компании Siemens (подразделение Energy). Это результат удачной комбинации интуитивного пользовательского интерфейса и набора доступных вычислителей.*

Ronny Fritsche, Siemens AG Sector Energy T TR PN

Задачи, связанные с моделированием низкочастотных полей существенно отличаются от высокочастотных проблем, поэтому в пакете CST STUDIO SUITE имеется специальный вычислительный модуль, ориентированный исключительно на анализ статических, квазистатических и низкочастотных полей.

Из-за используемых в энергетике высоких напряжений и токов применяемые здесь устройства линий передачи (например, трансформаторы или изоляторы) должны быть разработаны таким образом, чтобы обеспечить требуемый уровень надежности и безопасности. Имеющийся в пакете CST STUDIO SUITE низкочастотный вычислитель позволяет рассчитывать поля и токи в подобных устройствах с учетом различных специфических эффектов, например, вихревых токов. Полученные результаты могут быть использованы в мультифизическом анализе для расчета прогрева устройства протекающими через него токами и оценки возможных деформаций структуры за счет теплового расширения материалов.

Низкочастотный вычислитель может быть использован при разработке таких электромагнитных устройств, как катушки или магниты, причем в расчет принимаются и нелинейные свойства ферромагнитных материалов. Помимо полей в устройствах пакет CST STUDIO SUITE позволяет рассчитывать силы и вращающие моменты, воздействующие на отдельные компоненты анализируемых структур. Это дает возможность проектировать такие устройства, как двигатели, генераторы, актуаторы и электромеханические датчики.

Электрическое поле на трехфазном коммутаторе нагрузки.  
Пример предоставлен ABB, Baden-Dätwil, Швейцария.





## CST STUDIO SUITE

Интегрированная среда проектирования, предоставляющая пользователю доступ к широкому набору вычислительных технологий и объединяющая средства анализа схем и мультифизических эффектов.



**CST MICROWAVE STUDIO (CST MWS)** — инструмент для быстрого и точного численного моделирования высокочастотных устройств (антенн, фильтров, ответвителей мощности, планарных и многослойных структур), а также анализа проблем целостности сигналов и электромагнитной совместимости.



**CST EM STUDIO (CST EMS)** — пакет для моделирования статических и низкочастотных электромагнитных полей в таких устройствах, как датчики, актуаторы, трансформаторы, электромеханические измерительные головки, экранирующие конструкции. Здесь имеется возможность анализа электро- и магнитостатических полей, вихревых и поверхностных токов.



**CST PARTICLE STUDIO (CST PS)** — специализированный пакет для анализа поведения заряженных частиц в электромагнитных полях и моделирования таких устройств, как электронные пушки, катодные лучевые трубки, магнетроны.



**CST CABLE STUDIO (CST CS)** — специализированный пакет для моделирования EM эффектов в кабелях, позволяющий оптимизировать вес и размер одиночных проводов, витых пар, а также сложных жгутов с неограниченным числом проводников. Программа позволяет оценивать напряжения в разных точках кабелей, токи через определенные проводники, S-параметры, импедансы, а также взаимные наводки проводников друг на друга.



**CST PCB STUDIO (CST PCBS)** — специализированный пакет, позволяющий выполнять анализ целостности сигналов и перекрестных искажений на высокоскоростных цифровых, смешанных аналого-цифровых платах, а также в источниках питания.



**CST BOARDCHECK (CST BC)** — специализированный пакет, позволяющий выполнять импорт проектов печатных плат, выполненных в различных системах проектирования, и выявлять в них возможные проблемы электромагнитной совместимости по набору заданных ограничений.



**CST MPHYSICS STUDIO (CST MPS)** — специализированный пакет для анализа тепловых и механических нагрузок.



**CST DESIGN STUDIO** — инструмент, позволяющий разбить сложное устройство на отдельные части, промоделировать их по отдельности и затем интегрировать полученные данные в единое целое. Кроме того, здесь имеется возможность одновременного моделирования электрических схем и 3D EM структур.

CST, CST STUDIO SUITE, CST MICROWAVE STUDIO, CST EM STUDIO, CST PARTICLE STUDIO, CST CABLE STUDIO, CST PCB STUDIO, CST MPHYSICS STUDIO, CST MICROSTRIPES, CST DESIGN STUDIO, CST BOARDCHECK, PERFECT BOUNDARY APPROXIMATION (PBA) являются зарегистрированными торговыми марками компании CST. Другие упомянутые имена компаний и продуктов являются зарегистрированными торговыми марками их владельцев.

# CST — Computer Simulation Technology



**Основанная в 1992 году компания CST в настоящее время предлагает на рынок широкий набор программного обеспечения для моделирования электромагнитных полей.**

Оригинальные технологические разработки вывели компанию CST на позиции общепризнанного лидера в области 3D EM моделирования.

В числе клиентов компании — представители самых разнообразных отраслей промышленности, занимающиеся разработкой телекоммуникационного, автомобильного, электронного, медицинского оборудования, а также ведущих компаний IBM, Intel, Mitsubishi, Samsung и Siemens.

Слаженный коллектив компании CST за столь короткое время сумел завоевать свыше 30% рынка высокочастотного 3D EM моделирования.

## Основа успеха компании CST

Успех компании CST базируется на использовании самых современных вычислительных технологий и дружелюбном пользовательском интерфейсе.

С момента выхода в 1998 году первой версии пакет CST MICROWAVE STUDIO претерпел ряд значительных изменений, направленных на совершенствование его возможностей моделирования и графического интерфейса, и является ярким примером, как можно сделать трехмерное электромагнитное моделирование легким и эффективным. Залогом успеха стала оригинальная технология CST аппроксимации для идеальных граничных условий, важность использования которой хорошо демонстрируют финансовые достижения компании.

Развивая данный успех, компания сфокусировалась на дальнейшем совершенствовании своего продукта и расширении набора входящих в него вычислительных модулей. В итоге пользователь получил в свои руки инструмент, объединяющий в себе самые различные технологии моделирования, позволяющий легко переключаться между различными методами моделирования и тем самым оперативно выполнять проверку ранее полученных данных.

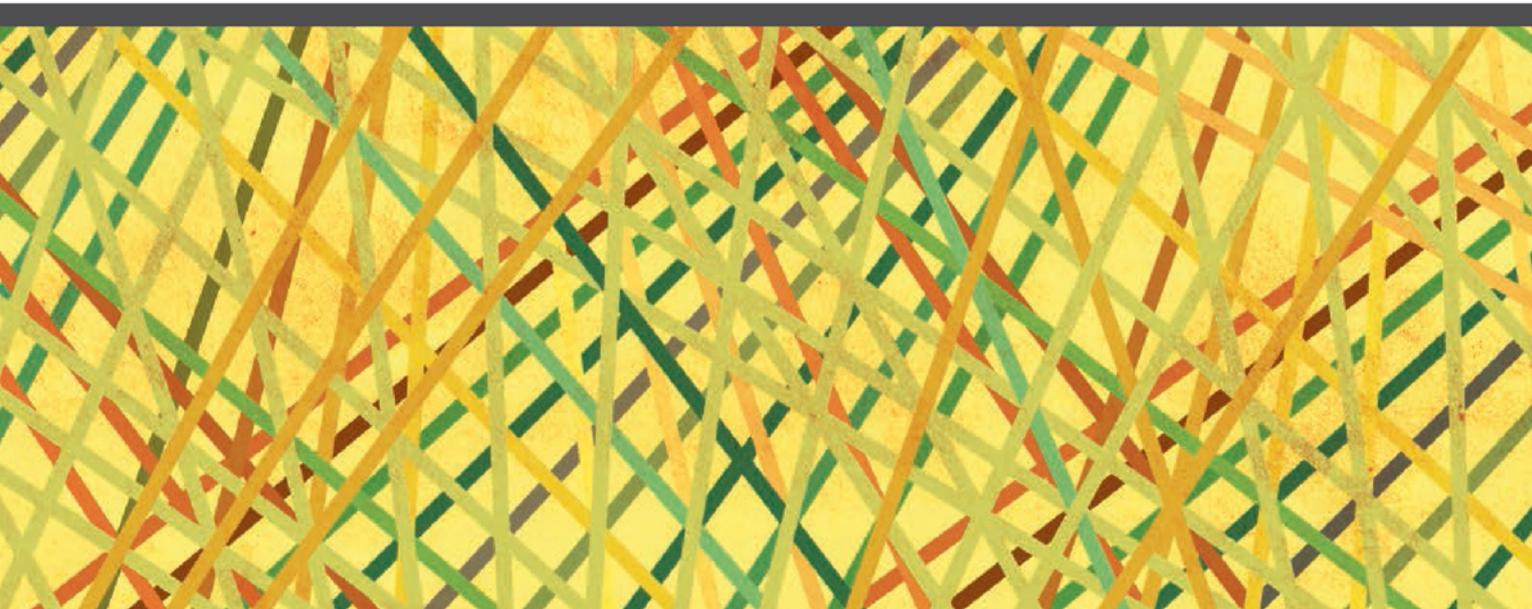
Сейчас свыше нескольких сотен сотрудников компании, а также развитая сеть дистрибуторов, вовлечены в разработку, продажи, техническую поддержку EM продуктов компании в более чем 30 странах мира.

**Распространение и поддержка в России:**

**ООО "Евроинтех"**  
140011, Россия, Московская обл.,  
г. Люберцы, ул. Юбилейная, д. 26  
Телефон/факс: +7-(495)-749-45-78  
E-mail: [sales@eurointech.ru](mailto:sales@eurointech.ru)  
<http://www.eurointech.ru/cst>



<http://www.cst.com/2014>



© CST 2014 | CST – Computer Simulation Technology | [info@cst.com](mailto:info@cst.com) | [www.cst.com](http://www.cst.com)

**Распространение и поддержка в России:**

**ООО "Евроинтех"**  
140011, Россия, Московская обл.,  
г. Люберцы, ул. Юбилейная, д. 26  
Телефон/факс: +7-(495)-749-45-78  
E-mail: [sales@eurointech.ru](mailto:sales@eurointech.ru)  
<http://www.eurointech.ru/cst>

