

COMSOL выпускает версию 5.6 и представляет четыре новых модуля

©2020 COMSOL

В ноябре 2020 года компания COMSOL, ведущий поставщик программных решений для мультифизического численного моделирования, выпустила версию 5.6 пакета COMSOL Multiphysics (<https://comsol.ru>). Новая версия предлагает более быстрые и менее требовательные к ресурсам оперативной памяти решатели для многоядерных и кластерных вычислений, улучшенные операции импортирования сложных CAD-сборок и готовые шаблоны пользовательских интерфейсов приложений для моделирования. Ряд новых средств для работы с графикой – например, интерактивные сечения, текстуры материалов и выборочная прозрачность – повышают качество визуализации результатов моделирования.

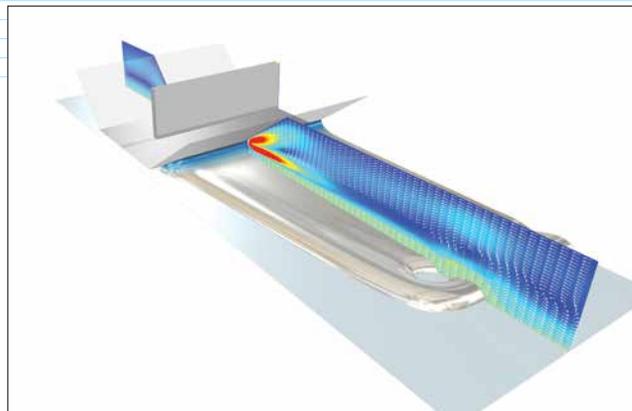
Четыре новых продукта расширяют возможности COMSOL Multiphysics в области моделирования топливных элементов и электролизеров, гидродинамики полимеров, систем управления и автоматизации, а также высокоточного моделирования жидкостей и газов. Эти модули получили названия:

- 1 Топливные элементы и электролизеры (*Fuel Cell & Electrolyzer Module*);
- 2 Гидродинамика полимеров (*Polymer Flow Module*);
- 3 Термодинамические свойства жидкостей и газов (*Liquid & Gas Properties Module*);
- 4 LiveLink for Simulink.

Быстрые и менее требовательные к ресурсам памяти решатели для широкого спектра приложений

Эффективность солвера в новой версии значительно повысилась, что позволяет пользователям COMSOL работать с большими моделями с миллионами степеней свободы.

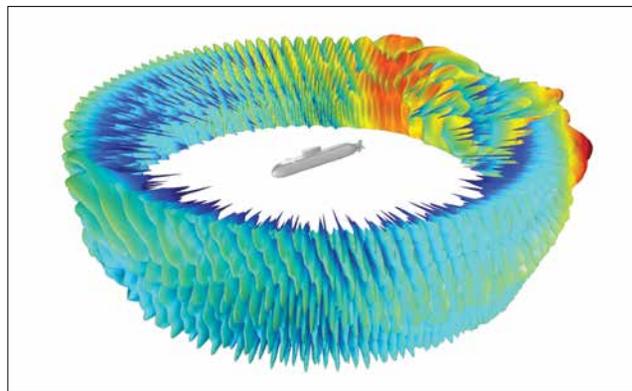
“В версии 5.6 мы улучшили алгоритмы как для алгебраического многосеточного решателя, так и для технологии декомпозиции области. Во всех моделях, где используются эти решатели, удалось повысить производительность на величину вплоть до 30%. Эти усовершенствования становятся еще более заметны на вычислительных кластерах, где задействованный объем памяти и процессорное время удается сократить на 20÷50%. Для решения задач вычислительной гидродинамики мы оптимизировали связанный преобуславливатель (*preconditioner*) для переменных “скорость-давление”, а также добавили совершенно новый преобуславливатель, в котором для расчета этих переменных используются отдельные алгоритмы. Благодаря всем этим усовершенствованиям процессорное время в нестационарных



Моделирование нанесения покрытия методом завесы с помощью модуля “Гидродинамика полимеров”. В целом, в COMSOL Multiphysics 5.6 заметно повысилась эффективность решения гидродинамических задач, подобных этой

гидродинамических задачах может уменьшиться на 50% и даже более”, – говорит Джейкоб Йнстром (Jacob Ystrom), технический менеджер COMSOL по направлению численного анализа.

Решение некоторых задач анализа деформации вязкоупругих материалов ускорилось более чем в 10 раз. Новая формулировка метода граничных элементов позволяет анализировать модели акустических систем, содержащих на порядок больше степеней свободы, чем допускалось в предыдущих версиях. Такие задачи актуальны при исследовании и разработке устройств для автомобильной промышленности и для гидролокации.



Визуализация силы цели подводной лодки, рассчитанной с помощью новой формулировки метода граничных элементов, подходящей для масштабных моделей. Показан уровень звукового давления рассеянного поля на расстоянии 100 метров от подводной лодки для частоты 1.5 kHz

Интерактивные сечения, улучшенный импорт CAD-сборок и шаблоны пользовательских интерфейсов приложений для моделирования

Интерактивные сечения значительно упрощают выбор и выделение границ и доменов в сложных геометрических моделях. Из других обновлений инструментов работы с графикой следует отметить выборочную настройку прозрачности и добавление на графики произвольных растровых изображений. Рендеринг текстур материалов (например, металлических поверхностей) можно совместить с визуализацией полевых переменных – при этом удается получить реалистичный эффект отражения окружающих объектов.

Улучшена работа с крупными геометрическими сборками – это достигнуто за счет использования более надежных геометрических операций и улучшенного поиска зазоров и пересечений деталей в сборках. Шаблоны приложений в “Среде разработки приложений” предоставляют простой и интуитивно понятный способ создания структурированных пользовательских интерфейсов для приложений.

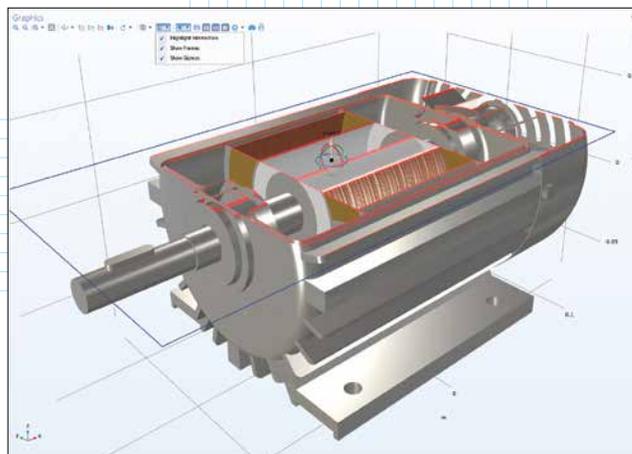
Новые продукты для моделирования топливных элементов и электролизеров, полимерных материалов, систем управления и для расчета термодинамических свойств

Четыре новых модуля расширяют возможности пакета *COMSOL Multiphysics* в таких областях, как моделирование топливных элементов и электролизеров, гидродинамика полимеров, работа систем управления, расчет термодинамических свойств реальных жидкостей и газов.

Модуль “Топливные элементы и электролизеры” предлагает инженерам, работающим в сфере водородных технологий, новые функции для анализа систем преобразования и хранения электрической энергии.

“Мы видим, что водородная экономика – это важный развивающийся рынок, однако актуальными остаются и задачи, связанные с исследованиями и оптимизацией существующих технологических процессов электролиза. С помощью нового модуля мы обеспечиваем пользователей, работающих в области автомобильной и электрохимической промышленности, водородных технологий и возобновляемой энергетики, наиболее передовыми инструментами моделирования и анализа”, – говорит **Хенрик Экстрём (Henrik Ekstrom)**, менеджер по электрохимическому направлению компании *COMSOL*.

В версии 5.6 название модуля “Аккумуляторы и топливные элементы” (*Batteries & Fuel Cells Module*) было изменено на “Электрохимические аккумуляторы” (*Battery Design Module*), при этом все функциональные возможности сохранились. Пользователи с подпиской на обновления, лицензии которых включают модуль “Аккумуляторы и топливные элементы”, получают модуль



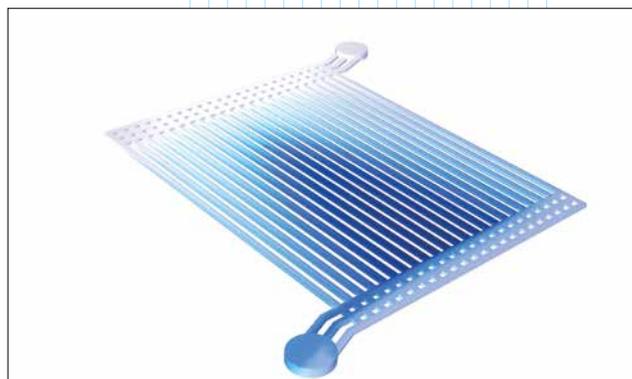
С помощью функционала интерактивных сечений, представленного в COMSOL Multiphysics версии 5.6, выбирать внутренние элементы геометрии для настройки материалов и нагрузок в модели электрического двигателя стало намного проще и удобнее

“Электрохимические аккумуляторы” в рамках обновления.

Модуль “Гидродинамика полимеров” предназначен для моделирования и оптимизации процессов с участием вязкоупругих, а в более общем случае – неньютоновских жидкостей. Подобные задачи возникают во многих отраслях: производство полимерных материалов, пищевая, фармацевтическая, косметическая, химическая отрасли. Помимо набора реологических моделей в модуль включены модели для расчета свободной поверхности в двухфазных потоках.

Модуль “Термодинамические свойства жидкостей и газов” содержит математические модели для расчета свойств газов, жидкостей и смесей, что позволяет существенно повысить точность решения задач акустики, гидродинамики и теплопередачи.

Модуль *LiveLink for Simulink* будет полезен инженерам, которые хотят включить



Распределение объемной доли газа в протонообменной мембране электролизера воды, предназначенного для получения водорода. Расчет выполнен с помощью нового модуля “Топливные элементы и электролизеры”

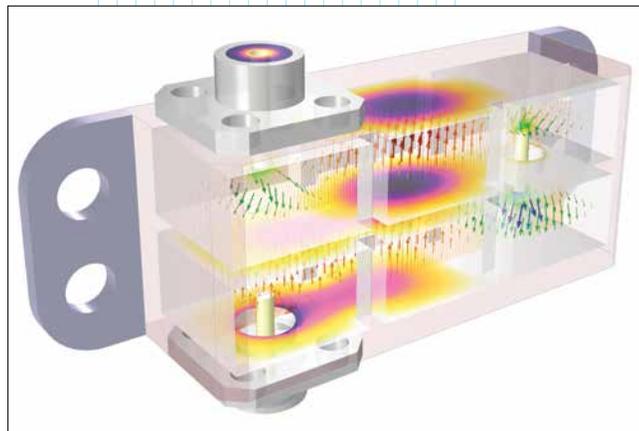
расчетные модели *COMSOL Multiphysics* в схемы систем управления *Simulink*. Программное обеспечение *Simulink* является разработкой компании *The MathWorks, Inc.*

Модели потерь в ламинированных сердечниках, расчет паразитной индуктивности, рассеивание оптических лучей

Библиотеку материалов модуля *AC/DC* дополнили 322 новых магнитных материала от компании *Bomatec*. Теперь она включает несколько типов постоянных магнитов (таких, как *NdFeB*, *SmCo* и *AlNiCo*) со свойствами, зависящими от температуры и электромагнитных полей. Новая версия модуля *AC/DC* предоставляет пользователям расширенные возможности инструментов для расчета паразитной индуктивности с вычислением *L*-матрицы, что актуально при разработке печатных плат. Новые нелинейные модели материалов будут полезны для определения потерь в ламинированных железных сердечниках электрических двигателей и трансформаторов.

В модулях “Радиочастоты” (*RF*) и “Волновая оптика” (*Wave Optics*) реализован новый вариант последовательного переключения портов для более быстрых расчетов полной матрицы рассеяния (*S*-параметров) или матрицы коэффициентов прохождения и отражения. Новые настройки при построении графиков поляризации значительно облегчают оценку и визуализацию преломленных и отраженных волн в периодических структурах метаматериалов или плазмонных решетках.

Модуль “Геометрическая оптика” (*Ray Optics Module*) предлагает более быструю трассировку лучей и специализированные инструменты для задач рассеяния на поверхности с учетом шероховатости и в объеме на частицах (рассеяние Рэлея и Ми).



Мультифизическая модель каскадного резонатора, работающего в миллиметровом 5G-диапазоне. Отображаются электромагнитные поля, градиенты температуры и механические термические напряжения. Иллюстрация демонстрирует использование выборочной прозрачности



Моделирование динамического контактного взаимодействия при ударе металлической клюшкой по мячу для гольфа

Моделирование динамического контактного взаимодействия, износа и трещин

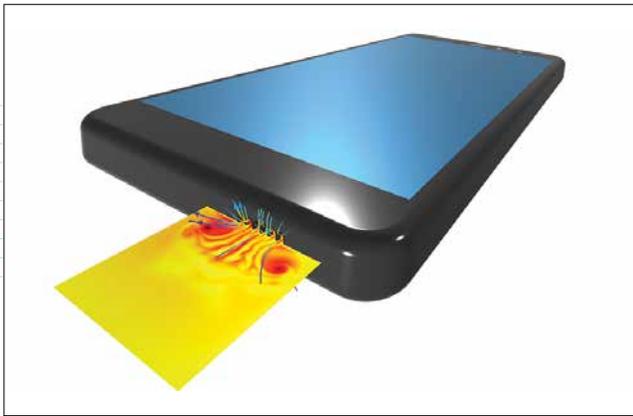
Динамическое воздействие в задачах прочностного анализа теперь можно моделировать с помощью функционала расчета контактного взаимодействия в модулях “Механика конструкций” (*Structural Mechanics*) и *MEMS*. Пользователям модуля “Механика конструкций” при решении контактных задач предлагаются инструменты для анализа механического износа динамическим уносом материала. Помимо этого, модуль содержит инструментариум для моделирования возникновения и распространения трещин на основе расчета *J*-интеграла, коэффициента интенсивности напряжения и с помощью метода фазового поля. Элементы пониженной размерности теперь можно поместить внутрь твердых объектов. Таким образом, становится возможным моделирование армирующих элементов анкеров, арматуры и проволоочной сетки.

Функционал модуля “Композитные материалы” (*Composite Materials*) дополнен инструментами анализа пороупругих эффектов в композитных тонкостенных оболочках. Такие инструменты необходимы при моделировании многослойных грунтов, картона, армированного пластика, многослойных пластин и панелей.

Набор мультифизических нелинейных моделей материалов модуля *MEMS* пополнился моделью ферроэлектрической упругости, позволяющей учесть нелинейные эффекты в пьезоэлектриках, – например, гистерезис и поляризационное насыщение. Эта функциональность доступна и при совместном использовании модуля *AC/DC* с модулями “Механика конструкций” или “Акустика”.

Нелинейная акустика, порты для вибрационного анализа и расширение возможностей расчета акустики помещений

Пользователи модуля “Акустика” (*Acoustics Module*) теперь могут моделировать распространение



Визуализация акустической колебательной скорости и возмущений температуры, иллюстрирующая вихревой поток – взаимодействие волны давления большой амплитуды с решеткой из узких щелей. Учет таких нелинейных термовязкостных акустических эффектов важен при высокоточных расчетах громкоговорителей мобильных устройств

ультразвука высокой интенсивности (*HIFU*), а также искажения звука в громкоговорителях мобильных устройств с учетом нелинейных термовязкостных эффектов. Новые условия для описания механических портов, представленные в модулях “Механика конструкций”, “Акустика” и *MEMS*, упростят вибрационный анализ и расчет откликов в задачах на распространение ультразвуковых упругих волн – например, в ультразвуковых датчиках и системах неразрушающего контроля. Звукоинженеры по достоинству оценят новые акустические метрики (например, время реверберации и чистота звука), рассчитываемые с помощью метода трассировки, которые могут найти применение для повышения качества звука в помещениях и концертных залах.

Неизотермические многофазные течения, уравнения мелкой воды и излучательные свойства поверхности в задачах теплообмена излучением

В модулях “Вычислительная гидродинамика” (*CFD*) и “Теплопередача” (*Heat Transfer*) представлены новые эффективные инструменты для моделирования многофазных потоков на основе совместного использования дисперсных и раздельных моделей течения, в том числе с учетом сжимаемости в дисперсном потоке. Инженеры и ученые теперь смогут с легкостью моделировать течение дисперсного потока со свободной поверхностью. Новый интерфейс для неизотермического течения многофазного потока на основе модели многофазной смеси позволяет моделировать явления фазовых переходов – например, кипение.

Модули “Течения в пористых средах” (*Porous Media Flow*) и “Теплопередача” предлагают новый

интерфейс для расчета процессов переноса в пористых средах, который позволяет моделировать двухфазный массоперенос пароводяной смеси с учетом конвекции и диффузии пара и конвекции и капиллярного течения жидкости в порах. С помощью новых функций модуля “Трассировка частиц” можно моделировать испарение капель, что крайне важно для понимания распространения инфекционных заболеваний, а также для некоторых промышленных процессов.

Исследователи и инженеры, работающие в области гидрологии, оценят новый инструмент модуля “Вычислительная гидродинамика”, предназначенный для моделирования течений на основе уравнений мелкой воды. Такие уравнения часто используются в исследованиях океанических и атмосферных явлений для прогнозирования последствий цунами, зон распространения загрязнения, береговой эрозии, таяния полярных ледников и многих других эффектов.

Новый функционал моделирования теплообмена излучением в модуле “Теплопередача” позволяет задавать излучательные свойства поверхностей в зависимости от направления излучения, что актуально, например, для расчета пассивного охлаждения солнечных панелей. Для моделирования внешних стеклянных поверхностей в задачах переноса излучения в активных средах реализована новая функция задания полупрозрачных поверхностей, с помощью которой можно указать интенсивность внешнего излучения и определить долю входящего потока, которая диффузно или зеркально переносится через поверхность.

Библиотека свойств материалов для моделирования коррозии и автоматической балансировки реакций

Модуль “Коррозия” (*Corrosion Module*) теперь включает в себя библиотеку материалов, содержащую более 270 примеров поляризационных кривых. В модуле “Химические реакции” (*Chemical Reaction Engineering Module*) появился новый инструмент моделирования автоматической балансировки реакций с вычислением стехиометрических коэффициентов, а также три термодинамические системы с заданными свойствами: для сухого воздуха, влажного воздуха и пароводяной смеси. Кроме того, добавлен новый интерфейс для каталитических реакторов с пористым наполнителем. Этот интерфейс позволяет строить многоуровневые модели реакторов с неподвижным слоем катализатора с бимодальным распределением пор.

Операционная среда

Программное обеспечение *COMSOL Multiphysics*, *COMSOL Server* и *COMSOL Compiler* функционирует под управлением операционных систем *Windows*, *Linux* и *macOS*; работа “Среды разработки приложений” обеспечивается под *Windows*. 🖱️