

Мультифизика: Продвижение инноваций в процессе разработки изделий

Технический обзор

Мультифизический анализ позволяет провести анализ поведения изделий в условиях, близких к реальным, в которых одни физические дисциплины сочетаются с другими. Это позволяет разработчикам изделий разобраться со сложной логикой работы, которая влияет на конструкцию изделий. Понимание работы конструкции в реальных условиях, а также знание о сильных и слабых сторонах различных вариантов конструкции, позволяет реализовывать инновационный подход в процессе разработки изделий. Это способствует выпуску лучших изделий, которые полностью соответствуют функциональным требованиям и позволяют заказчикам получить безопасный, продолжительный и приятный опыт в ходе работы с ними.

Содержание

Краткий обзор	3
Современная среда CAE, реализующая мультифизический анализ	4
Ускорение выполнения мультифизического анализа	6
Заключение	9

Краткий обзор

Что представляет собой мультифизический анализ?

В ходе работы изделия в реальных условиях на него постоянно оказывают воздействие различные физические дисциплины. Данное состояние учитывается в ходе мультифизического или мультидисциплинарного анализа. Простыми словами, это попытка воспроизвести реальные условия работы изделия. Рассмотрим полет воздушного змея на ветру. Его движение зависит от его формы и скорости ветра. Порывы ветра сопровождают полет воздушного змея. Форма змея деформируется под воздействием силы ветра. Данная деформация влияет на реакцию змея на ветер. Для того, чтобы корректно рассчитать траекторию полета змея, необходимо учесть, как динамику потока, так и структурную деформацию. Несколько физических эффектов работают в сочетании, один с другим, в ходе воздействия на работу воздушного змея. Термин мультифизика описывает все вышеуказанные процессы.

Значение мультифизического анализа

Мультифизический анализ позволяет разработчикам оценить комплексные условия, оказывающие влияние на проектируемые изделия. Понимание работы проектируемого изделия в реальных условиях, а также знание об относительных преимуществах и слабых сторонах различных вариантов конструкции, позволяет реализовывать инновационный подход в процессе разработки изделий. Это способствует выпуску лучших изделий, которые полностью соответствуют функциональным требованиям и позволяют заказчикам получить безопасный, продолжительный и приятный опыт в ходе работы с ними. Возможность выполнения точного мультифизического моделирования также сокращает необходимость проведения дорогостоящих испытаний, что приводит к сокращению издержек при выпуске изделий на рынок и более высокой рентабельности. Аналогичным образом, мультифизический анализ позволяет оценить проектируемые изделия до их изготовления и сократить затраты на гарантийный ремонт, вызванные непредвиденными отказами.

Современная CAE среда для мультифизического анализа

В ходе размышлений об идеальной современной среде конечно-элементного анализа (CAE), на ум приходит аналогия с крупным супермаркетом спортивных товаров. Подобные магазины доподлинно готовы предложить вам любой возможный инвентарь для занятий спортом, упражнений и проведения досуга на свежем воздухе. Они покрывают все дисциплины, начиная от гольфа, тенниса, бега, лыж, туризма и т.д. Современная среда CAE также должна быть единым центром для широкого набора физических дисциплин: анализ жидкостей и газов, структурный и тепловой анализ, кинематика, акустика и т.п.

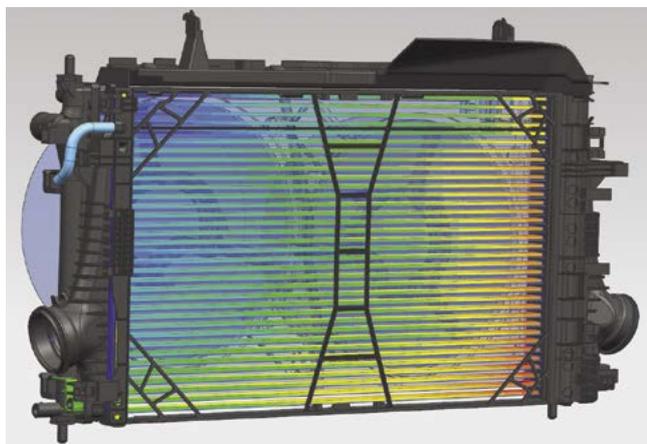
Во-вторых, современная CAE среда должна предоставлять инженеру комплексные и эффективные возможности по работе с геометрией, сохраняя при этом удобство использования. Вы должны быть в состоянии управлять исходной геометрией, вносить изменения напрямую и оценивать их эффект на рабочие характеристики, не имея при этом специальных знаний, а также не тратя время на месяцы предварительной подготовки.

И наконец, современная CAE среда должна позволять реализовывать непрерывный обмен информацией между физическими дисциплинами без передачи данных вручную, что снижает производительность и повышает вероятность ошибок. В заключение, современные CAE среды представляют собой единый центр физических расчетов, имеющий комплексный и интуитивно понятный механизм по работе с геометрией, реализованный в контексте единой

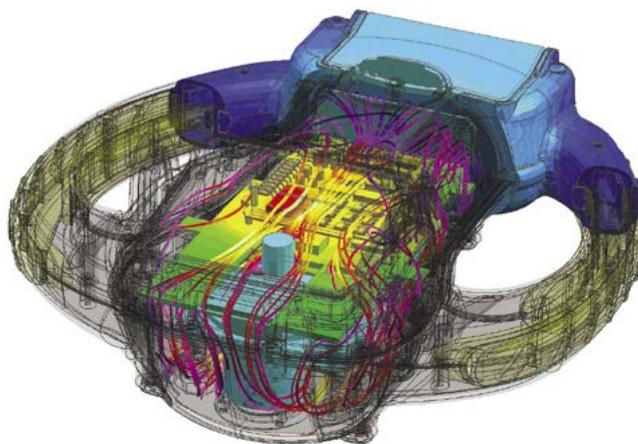
пользовательской парадигмы. Подобные среды являются отличными платформами для выполнения эффективного и продуктивного мультифизического анализа.

Примеры мультифизического анализа

Давайте уделим минуту стандартным примерам мультифизического анализа. Рассмотрим усталостный расчет головки цилиндра в автомобильном двигателе. Обычно данный анализ начинается с моделирования системы охлаждения, работающей на весь блок двигателя и головки цилиндра. Это соответствует расчету несжимаемого потока жидкости, сопряженного с теплообменом. Данный расчет соответствует мультифизическому анализу, поскольку сочетает в себе взаимосвязанные гидравлические и тепловые эффекты. В результате данного расчета строятся схемы пространственного распределения температур. На основе данных схем, инженеры могут выявить проблемные участки, на которых подводится недостаточное количество охлаждающей жидкости, учитывая при этом участки с потерей давления или недостаточной динамикой потока. Поверхностное распределение температур на головке цилиндра далее прикладывается к модели структурного анализа в виде схемы. Сетка, используемая для расчета динамики жидкостей и газов (CFD), и обычная сетка, используемая для структурного анализа, существенно различаются, поэтому отсутствует прямое распределение температур между конечными элементами, которые напрямую бы связывали результаты гидравлического и структурного расчета.



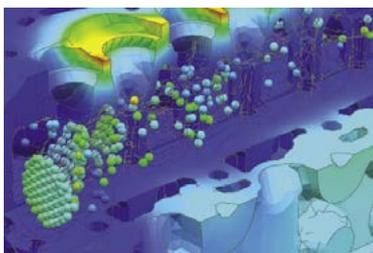
Расчет теплообмена для системы охлаждения двигателя.



Выполнение мультифизического моделирования, объединяющего тепловые и гидравлические явления, для обеспечения эффективной работоспособности электронных систем.

Методы интерполяции используются для передачи температуры от одной модели на другую, минимизируя при этом потери в точности. Далее выполняется расчет усталостной долговечности для оценки последовательного воздействия нагрузок, вызванных силовыми факторами и усталостными напряжениями, как из-за тепловых, так и механических воздействий применительно к головке цилиндра.

Применительно к автомобильному бензобаку, колебание жидкости внутри бака вызывает гидродинамические воздействия, которые деформируют бак. Конструкторам, проектирующим бензобак, необходимо понимать, каким образом он будет реагировать на различные режимы вождения и различный объем заполнения. Данный расчет начинается с анализа гидродинамических переходных процессов для нахождения скоростей и давлений в жидкости, которые возникают в результате перемещения автомобиля. Давление и скорость затем прикладываются к модели структурного анализа, которая создается для определения напряженно-деформированного состояния изделия. В данном примере, не следует учитывать тепловые эффекты, поскольку их воздействие сравнительно мало относительно возникающих гидродинамических факторов. Аналогично, поскольку деформация топливного бака сравнительно мала по сравнению с силой реакции на биеение жидкости, отсутствует необходимость расчета передачи физического воздействия от гидродинамической модели, т.е. совместный, однонаправленный расчет позволяет добиться достаточной точности при решении данной задачи.



Для расчета охлаждения двигателя требуется мультифизическое моделирование.

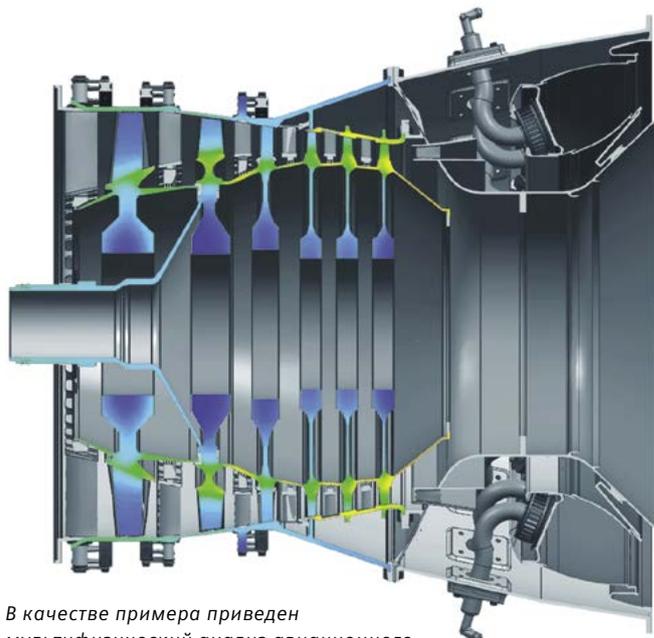
Виброакустический анализ зачастую используется для оценки шума, вибраций и жесткости (NVH) в салоне автомобиля. Расчет кузова автомобиля на воздействие вибраций, вызываемых в результате работы трансмиссии и двигателя, учитывается в ходе акустического расчета салона. Акустический анализ в свою очередь позволяет проанализировать возникающие шумы (частоту и уровень) в салоне. Далее инженеры могут настроить двигатель и трансмиссию таким образом, чтобы применить требуемые меры для достижения желаемого уровня комфорта пассажиров и его совершенствования.



Проектирование гибких компонентов в моделировании кинематики позволяет учитывать усталостную долговечность.

Ускорение выполнения мультифизического анализа

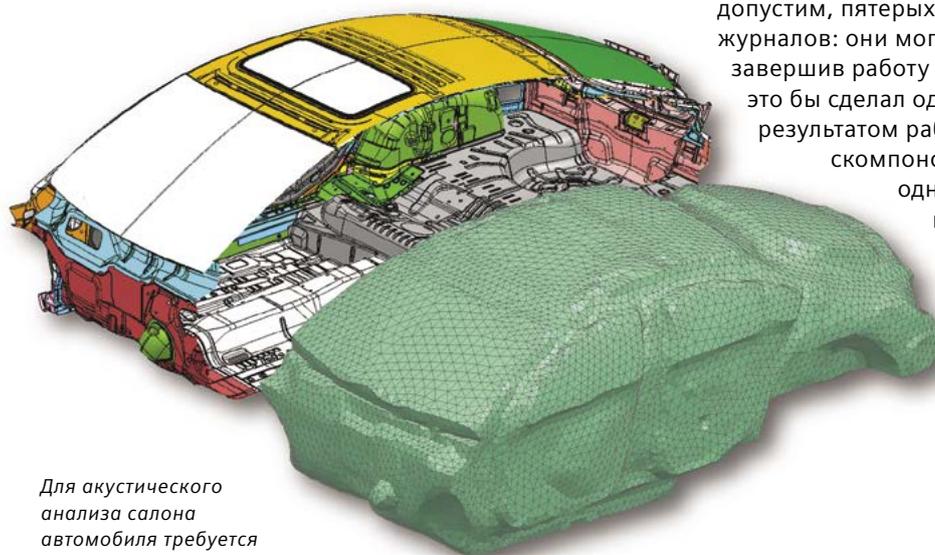
Одним из укоренившихся предрассудков касательно численного моделирования является довод, что его расчет занимает слишком много времени. Зачастую результаты численного моделирования могли быть получены после изготовления детали и не удавалось выполнить требуемые расчеты вовремя, чтобы учесть их результаты своевременно в ходе проектирования. Существенный прогресс в развитии вычислительных мощностей, а также усовершенствовании современных CAE сред повлиял на данную ситуацию. Численное моделирование, несомненно, является наиболее оптимальным и наименее затратным методом при анализе рабочих характеристик изделия. Фактически, численное моделирование настолько экономично по времени выполнения, что зачастую оно используется повторно на различных жизненных циклах разработки изделия. Несмотря на сдвиг парадигмы относительно значения численного моделирования в процессе разработки изделий во многих отраслях, фокус на скорости и эффективности расчетов не изменился. Модели продолжают становиться все более сложными в то время, как организации расширяют сферу применения численного моделирования, чтобы решать задачи на более ранних этапах проектирования изделий. Мультифизический анализ позволяет решить данную задачу, уделяя внимание наиболее затратным по времени и ответственным типам расчетов.



В качестве примера приведен мультифизический анализ авиационного двигателя, который включает в себя структурный, тепловой и аэродинамический расчет.

Ниже приведены некоторые подходы в ускорении выполнения мультифизического анализа. Параллельная обработка представляет собой процесс разделения задачи на дискретные пакеты, которые можно решить параллельно, используя ядра единого процессора. Это аналогично совместной работе, допустим, пятерых сотрудников над файлами журналов: они могут работать совместно параллельно, завершив работу при этом существенно быстрее, чем это бы сделал один. В любом случае конечным результатом работы является аккуратно скомпонованный пакет файлов журналов, однако он будет поставлен в течение меньшего временного интервала при серийном подходе.

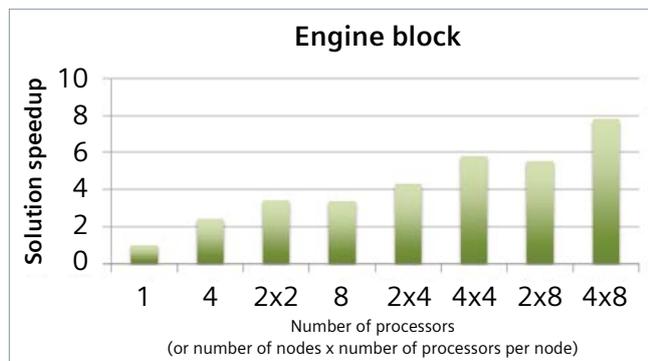
Параллельная обработка представляет собой революцию в мире CAE, поскольку она существенно превышает



Для акустического анализа салона автомобиля требуется конечно-элементное разбиение как структурной модели, так и модели жидкости.

возможности, предоставленные для численного моделирования ранее. Поставщики решений CAE продолжают совершенствовать подход в параллельных вычислениях, который является ключом к мультифизическому анализу. Современные решатели CAE используются для оптимизации параллельных вычислений различным образом. Самый простой и труднодостижимый подход строится на основе распараллеливания кода решателя, когда решение подразделяется на отдельные задачи, которые можно рассчитывать на отдельных ядрах. Другим способом является разбиение областей применения, при котором расчетная область разбивается на несколько подобластей, которые обрабатываются различными решателями, каждый из которых запускается на отдельном ядре.

Многопоточность представляет собой упрощенный вариант параллельной обработки, при которой выборочно выполняются отдельные задачи решения и сохраняется стандартная, серийная суть подхода. С другой стороны, можно воспользоваться графическим ускорителем (GPU) для интенсивной загрузки и решения повторяющихся расчетных задач с его помощью. Зачастую эту возможность не используют, несмотря на существенные вычислительные мощности графического процессора. В ходе измерения эффективности параллельной обработки данных аналитики часто обращаются к масштабируемости решения, которая представляет собой корреляцию между числом ядер и повышением производительности.



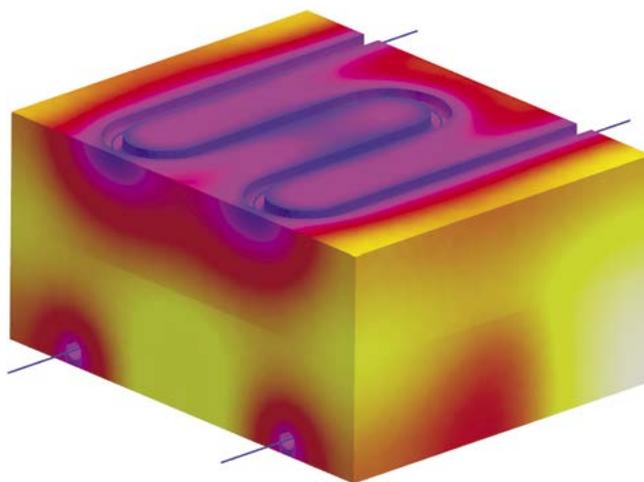
Параллельная обработка данных может повышать производительность решения мультифизических задач для больших моделей.

О точности моделей: где проходит предельная граница?

Один мыслитель высказался о проектировании, как об «искусстве избегать сложные задачи». Это выражение может быть неверно истолковано, как способ уходить от решения проблем из-за закономерных и очевидных сложностей. На самом деле имеется в виду, что инженеры должны проектировать решения, способные справиться с более масштабными задачами, чем прогнозируемые на начальном этапе. Это может быть сведено к решению сложных задач исключительно ради решения, как например нарезка яблока с помощью станка с числовым программным управлением (ЧПУ) или создание очков для чтения из пуленепробиваемого стекла.

Аналогичным образом, избыточная точность модели может быть разрушительной для выполнения мультифизического анализа. В стандартных ситуациях следует закладывать только те эффекты, которые существенно влияют на результаты симуляции. Например, для изделия, подвергаемого тяжелым механическим нагрузкам, необязательно следует выполнять тепловой расчет, если он существенным образом не влияет на деформацию в результате приложенных силовых факторов. Вопрос точности также возникает в контексте близости совмещения различных физических дисциплин или областей, когда результаты, полученные в ходе одного численного моделирования используются в качестве исходных условий для последующего. Здравый смысл должен преобладать над возможным поиском наиболее точного решения без учета затрачиваемых ресурсов. Применительно к решению задач мирового масштаба с частичным исключением простая передача результатов из одного физического решения в другое является приемлемой.

Инженерам часто приходится не просто создавать работающие решения, но и находить наиболее оптимальные. Учитывая данный факт, можно поспорить на предмет того, что абсолютная точность результатов численного моделирования менее важна, чем приблизительная разница оценки результатов конструктивных вариантов дизайна изделия. Иными словами, если конструкция Б работает лучше, чем вариант А, то абсолютная точность рабочих характеристик не влияет на работу инженера в поиске лучшего решения. Несомненно, при этом критически важно иметь модель, которая удовлетворяет всем физическим условиям в контексте задачи, а также решается с подходящими и реалистичными граничными условиями.



Мультифизическая симуляция для анализа охлаждения пресс-форм.

Заключение

Мультифизический анализ позволяет провести анализ поведения изделий в условиях, близких к реальным, в которых одни физические дисциплины сочетаются с другими. Данный подход позволяет инженерам оценить и оптимизировать свои изделия для поиска оптимального качества и производительности. Мультифизическая модель должна соответствовать требованиям по точности в контексте применения изделия. Лучшее решение зачастую связано напрямую с точностью конструкции. Для современных CAE сред характерно наличие комплексных и функциональных физических инструментов, улучшенных возможностей по работе с геометрией, а также единый пользовательский интерфейс. Современные решатели CAE едины в своем стремлении к балансу между сложностью мультифизических решений и временем, затрачиваемым на их реализацию через процесс параллельной обработки данных, реализуемый различными способами.

Мультифизический анализ является «произведением искусства» на сегодняшний день, которое продолжает эволюционировать со скоростью света. Будущее развитие при этом является стабильным и многообещающим, поскольку инженеры продолжают шаг за шагом реализовывать все новый и новый функционал.

Siemens PLM Software

Штаб-квартира

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Офисы Siemens PLM Software в России

Москва

115184 г. Москва
Ул. Большая Татарская, 9
Тел.: +7 (495) 223 36 46
Факс: +7 (495) 223 36 47

Санкт-Петербург

191186 г. Санкт Петербург
Наб. реки Мойки, 36, 6-й этаж
Тел./факс: +7 (812) 336-70-15

Екатеринбург

620075, г. Екатеринбург
Ул. К.Либкнехта, д.4, офис 311
Тел.: +7 (343) 356-55-27
Факс: +7 (343) 356-55-28

О компании Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, бизнес-подразделение департамента Digital Factory концерна Siemens — ведущего мирового поставщика программных средств, систем и услуг для управления жизненным циклом изделия (PLM) и производством (МОМ). Компания имеет свыше 9 млн. инсталлированных лицензий у более чем 77 000 заказчиков по всему миру. Штаб-квартира находится в г. Плано, шт. Техас. Siemens PLM Software предоставляет своим заказчикам отраслевые программные решения, которые помогают предприятиям добиваться устойчивых конкурентных преимуществ и воплощать инновации. Дополнительную информацию об изделиях и услугах компании Siemens PLM Software можно получить по адресу www.siemens.com/plm.

www.siemens.com/plm

© 2015 г. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens и Siemens являются зарегистрированными товарными знаками компании Siemens AG. D-Cubed, Femap, Fibersim, Geolus, GO PLM, I-deas, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Syncrofit, Teamcenter и Tecnomatix являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками корпорации Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или ее филиалов в США и других странах. Все прочие упомянутые логотипы и товарные знаки являются собственностью их владельцев.

48930-Y6 10/15 o2e