

Оригинал статьи “*Democratizing Simulation Insights*” на английском языке опубликован на сайте журнала “*Digital Engineering*” (www.digitalengineering247.com).

Демократизация инженерного анализа

Новые способы отображения результатов расчетов облегчают их понимание

Beth Stackpole, пишущий редактор

©2021 Digital Engineering, Peerless Media, LLC



Фокусировка внимания САЕ-вендоров на после-расчетной обработке и удобном для пользователей отображении результатов численного моделирования, вкупе с творческим привлечением для этого передовых технологий (например, виртуальной реальности), делают инженерный анализ более демократичным и расширяют возможность понимания результатов расчетов для неспециалистов.

При разработке продукта – например, такого как высокотехнологичные лыжи – нередко оказывается, что именно пользователи-энтузиасты и другие далекие от инженерных сфер члены группы имеют наиболее точное представление о том, какие усовершенствования могут изменить характеристики продукта.

В компании *Rossignol* (французский производитель лыж разного назначения, сноубордов, экипировки и спортивной одежды) визуализированные результаты численного моделирования становятся “языком межнационального общения” для обсуждения и принятия проектных решений практически в реальном масштабе времени. Расширенная команда инженеров использует систему *Ansys Discovery*, чтобы собирать и обобщать идеи, возникающие в ходе симуляции на раннем этапе проектирования, делая результаты доступными для неспециалистов из числа руководства.

Кроме того, численное моделирование играет важную роль в получении отзывов клиентов для их оценки и внесения изменений в конструкцию. В результате моделирование стало “общим языком” для изучения характеристик продукта в компании *Rossignol* и значительно ускорило процесс реализации идей – в виде прототипов, а затем и выпускаемых серийно самых популярных лыж сезона.

“Мы сразу можем увидеть, как стороны собираются отреагировать [на предлагаемые изменения], и нам не нужно ждать неделю, чтобы сделать прототип”, – говорит **Pierre Vauge**, руководитель проектов исследований и разработок в *Rossignol*. – “В течение часа мы можем рассмотреть пять или шесть разных деталей и принять решение. С обычным программным обеспечением это не получится”.

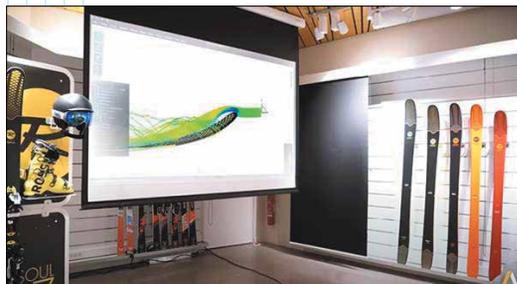
Он добавляет, что глубокое понимание, получаемое при визуализации результатов в *Ansys Discovery*, позволяет наглядно продемонстрировать преимущества разработок *Rossignol* тем, кто не изучал инженерный анализ и не имеет какого-то опыта интерпретации моделей, основанных на физических явлениях.

Сегодня компании стали обращаться к численному моделированию гораздо чаще и на более ранних стадиях, поскольку они пытаются решать проблемы в виртуальном мире, где внести изменения в конструкцию гораздо легче и стоит это гораздо дешевле, чем при создании физических прототипов.

Упрощение развертывания САЕ-инструментов стало одним из отличительных признаков демократизации инженерного анализа, цель



Simcenter STAR-CCM+ использует возможности виртуальной реальности, чтобы обеспечить неспециалистам более глубокое понимание движения потоков воздуха. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией Siemens Digital Industries Software)



Ansys Discovery предоставляет инженерам, дизайнерам и лыжникам общий язык, с помощью которого они могут исследовать характеристики изделий, придумывая и создавая будущие модели лыж. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией Ansys)

которой заключается в том, чтобы позволить заинтересованным лицам, не имеющим докторской степени и не владеющим расчетным инструментарием, использовать программное обеспечение без необходимости полагаться на экспертов и специалистов по численному моделированию.

Разработчики CAE-систем двигаются вперед и встраивают в свое программное обеспечение всевозможные новые функции постобработки, привлекая средства визуализации и творчески задействуя возможности виртуальной реальности и генерации звуков. Это призвано сделать результаты расчетов доступными более широкой аудитории, чтобы все заинтересованные лица могли их использовать для принятия более разумных решений, связанных с продуктом.

“Внутри расчетных моделей скрывается огромное количество знаний и идей. В прошлом возможность получить глубокое понимание была доступна только узким специалистам, способным интерпретировать результаты расчетов и дать рекомендации другим”, – говорит **Ravi Shankar**, директор **Siemens Digital Industries Software** по маркетингу продуктов **Simcenter**. – “Императив цифровизации и настоятельная необходимость для компаний действовать быстрее порождают потребность в распространении возможности понимания результатов численного моделирования по всему предприятию, чтобы другие сотрудники тоже могли этим воспользоваться”.

Эффект полного погружения

Один из способов сделать результаты симуляции более доступными для понимания заключается в том, чтобы создать пользователям эффект полного погружения. Для обеспечения иммерсивности привлекаются новые технологии – такие, как виртуальная реальность (*Virtual Reality, VR*).

✓ **Siemens Digital Industries Software**

Компания **Siemens** реализовала эту стратегию во многих приложениях. Сюда можно отнести и возможность коллективной работы в среде виртуальной реальности, предоставляемую системой **Simcenter STAR-CCM+**. Благодаря этому, пользователь с небольшим опытом численного моделирования и использования виртуальной реальности может подключиться к кому-то более знающему и одновременно с ним перемещаться в виртуальном пространстве, изучая результаты симуляции.

Совместно используя VR-среду, все члены команды могут убедиться, что правильные узлы и детали находятся на своих местах – до того, как построят полную сетку (*Mesh*). Они могут вместе пересматривать и уточнять стратегии построения сетки, чтобы сэкономить время; могут ходить по большой конструкции (такой, как судно), чтобы понять, как возмущения восходящего воздушного потока повлияют на ощущения пассажиров на палубах.

“Когда один человек ведет, а другой следует за ним – это отличный способ изучать результаты численного моделирования. Понимание будет намного более глубоким, чем если бы вы просто смотрели на графики”, – объясняет г-н **Shankar**.

Опция **Simcenter STAR-CCM+** под названием **Screen Play** предоставляет расширенные возможности анимации, чтобы помочь пользователям преобразовать понимание результатов численного моделирования в убедительный рассказ – например, для демонстрации процесса разделения частиц в центрифуге или для передачи информации о потоках воздуха из кондиционеров, что необходимо для оптимизации температуры в помещениях.

Новая возможность постобработки в **Simcenter 3D 3.0** позволяет инженерам изучать результаты акустического моделирования, используя реальные звуки, а не графические частотные характеристики, чтобы они могли лучше оценить влияние изменений конструкции.

“Думайте об этом как о переориентации с инженерно-центричного восприятия на такое представление информации, которое будет доступно любому, поскольку соответствует личному опыту”, – говорит **Ravi Shankar**.

✓ **MSC Software (Hexagon)**

Сделать численное моделирование доступным для каждого, в любом месте и на любом устройстве – одна из ключевых задач **MSC Software**. Теперь, став подразделением **Hexagon AB**, компания связывает свое программное обеспечение для симуляции со своим же инженерным ПО для производства и обеспечения качества; это происходит в рамках более широкой стратегии, призванной сделать производство более интеллектуальным.

К примеру, компания встроила в свои инструменты моделирования процессов аддитивного производства модель оценки затрат. Инженеры могут



*Предназначенная для акустического моделирования система **Astran** от **Hexagon** может создавать аудиофайлы как форму представления результатов расчетов. Это дает возможность тем, кто не является специалистами по анализу, услышать и оценить звуки и шумы, издаваемые их продуктами, и принять соответствующие решения. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией **MSC Software**)*

искать способы, как оптимизировать расположение деталей в рабочей зоне 3D-принтера и стратегию их построения, чтобы минимизировать деформации и повысить качество изделий, в то время как менеджер может опираться на те же результаты симуляции для того, чтобы понять, какой именно 3D-принтер лучше использовать и какие материалы способствуют снижению стоимости продукции.

“Знание того, какая комбинация принтера и материала приведет к снижению затрат, может быть получено посредством численного моделирования; в этих возможностях заинтересованы не только инженеры, печатающие детали, но и те сотрудники, которые составляют сметы”, – говорит **Roger Assaker**, генеральный директор *MSC Software*. – “Фактически это та же симуляция, но постобработка будет совсем другой. Вы переводите результаты в форму актуальных данных, имеющих практическую ценность, на основе которых можно принимать решения”.

Для обеспечения более глубокого понимания результатов расчетов компания *MSC Software* интегрировала рабочие процессы так, чтобы эти результаты можно было использовать в тех программных инструментах, которыми владеют инженеры-технологи и менеджеры. Подобная интеграция была осуществлена для *Simufact* (средство для моделирования производственных процессов) и *eMMA* (система, позволяющая обрабатывать метрологические данные на протяжении всего жизненного цикла продукта и получившее признание в автомобилестроении, особенно для таких задач, как штамповка деталей и сборка кузовов).

Интеграция позволяет инженерам, отвечающим за обеспечение качества, использовать то, что им удобно – в данном случае систему *eMMA* для проверки допусков; однако данные при этом поступают не от физического измерительного устройства, а от системы численного моделирования.

Как поясняет **Roger Assaker**, это позволяет осуществлять анализ методом проб и ошибок на этапе симуляции, а не тогда, когда уже изготовлен первый прототип.

По его словам, *MSC Software* работает над интеграцией возможностей дополненной реальности, чтобы сделать отображение результатов расчетов более реалистичным и интерактивным, а также намеревается предоставлять их через *app*, чтобы доступ к ним можно было получить с мобильного устройства в любом месте.

✓ **ANSYS, Inc.**

В компании *Ansys* демократизация в отношении улучшения понимания результатов расчетов опирается на предоставление инженерам возможности работать с полученными данными в привычном для них, а не только

в ориентированном на специалистов-расчетчиков виде, а также возможности визуально представлять и обрабатывать трехмерные данные по запросу.

Программное обеспечение *Ansys Discovery* обеспечивает удобную интерпретацию ключевых проектных показателей (таких, как запас прочности или вероятность разрушения определенного материала) с помощью бегущей строки, подобно тому, как это делается на бирже; значения обновляются при каждом изменении конструкции.

“Мы называем это инженерными результатами”, – говорит **Mark Hindsbo**, генеральный менеджер и вице-президент *Ansys*, отвечающий за решения для проектирования. – “Вы уходите от специализированного языка... и повышаете уровень абстракции до привычных технических характеристик, с которыми знаком каждый в данной области”.

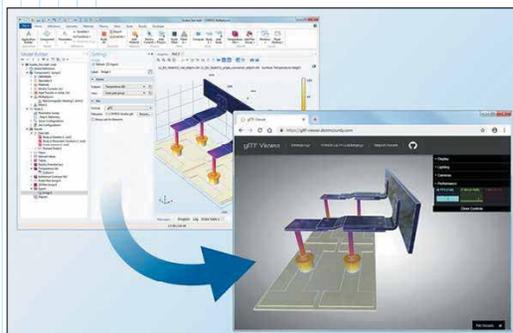
✓ **COMSOL Inc.**

Стратегия компании *COMSOL* по улучшению/восприятию результатов симуляции концентрируется на *Application Builder*, *COMSOL Server* и *COMSOL Compiler*. Эта платформа позволяет специалистам-расчетчикам донести информацию до специалистов в предметной области и пользователей, далеких от сферы *CAE*, на знакомом им языке.

К примеру, специалист в области производства аккумуляторов точно понимает, что важно знать о регулировании тепловых режимов, а тот, кто занимается производством оптических изделий – о

допусках и взаимном расположении деталей. При этом они не знают, как создавать и улучшать расчетные модели, выполнять расчеты и конфигурировать сложное программное обеспечение для численного моделирования, чтобы получить желаемое глубокое понимание.

COMSOL App Builder позволяет специалистам по инженерному анализу создавать для своей организации глубоко кастомизированные приложения (*apps*) для численного моделирования, которые специалисты в предметной области могут запускать самостоятельно. Это упрощает рабочий процесс, обеспечивает обратную связь с партнерами, у которых нет лицензии *COMSOL Multiphysics*, и всестороннее понимание



COMSOL Multiphysics позволяет экспортировать 3D-графику в виде gITF-файлов для совместного использования в различных веб-программах просмотра графики, включая публикации в Facebook. (Иллюстрация любезно предоставлена компанией COMSOL)

результатов расчетов на протяжении всего процесса проектирования, не требуя от всех сотрудников понимания аппарата численного моделирования.

COMSOL Compiler – это инструмент для компиляции автономного приложения, которое затем может быть отправлено (и даже продано) клиенту; его также могут использовать студенты или другие контактные лица. Лицензия *COMSOL* получателю не нужна.

“Принятый у нас язык отличается от языка тех, кто не знаком с системами *COMSOL*”, – поясняет **Bjorn Sjodin**, вице-президент *COMSOL* по управлению продуктами. – “Мы не можем дать им то, что они хотят, напрямую. Однако пользователи, работающие с нашими инструментами, могут получить приложения, которые будут выдавать результат в том виде, в каком они хотят, а не в абстрагированном представлении, которое создали бы мы”.

Кроме того, разработчики *COMSOL* постоянно добавляют новые возможности, упрощающие совместное использование результатов симуляции. Программное обеспечение *Multiphysics* позволяет пользователям экспортировать 3D-графику в виде файлов *glTF* (компактный формат для хранения 3D-сцен и моделей), что обеспечивает их совместное использование в различных веб-программах для просмотра графики (включая публикации в *Facebook*) и подготовку отчетов в *PowerPoint*, способствуя независимости и широкому распространению идей.

✓ **Dassault Systèmes**

Поддержка облака и платформы *3DEXPERIENCE* имеет решающее значение для стратегии *Dassault Systèmes*, призванной сделать численное моделирование обычной частью всех рабочих процессов, связанных с созданием продуктов.

По словам **Christian Whiting**, старшего директора по исследованиям и разработкам для прочностного анализа, платформа *3DEXPERIENCE* делает результаты расчетов легкодоступными для всех участников, в то время как облако обеспечивает совместную работу. Предлагаемые инструменты помогают целому ряду пользователей понять результаты, предоставляя им ключевые показатели эффективности (*KPI*), относящиеся к их конкретной роли.

Среди других предложений, которые упрощают клиентам *Dassault* применение численного моделирования, можно назвать инструмент сравнения результатов, который позволяет легко проводить сопоставление различных вариантов конструкции, и возможность поиска компромисса по характеристикам продукта в *3DEXPERIENCE*, которая помогает пользователям сравнивать множество результатов симуляций с помощью веб-браузера, в отличие от преднастроенного набора *KPI*.

“Это позволяет командам разработчиков делиться результатами сопоставления характеристик с клиентами и партнерами и использовать симуляцию для углубления понимания, что необходимо для принятия бизнес-решений”, – объясняет **Delphine Genouvrier**, менеджер в группе исследований и разработок подразделения *SIMULIA*.

Искусственный интеллект и предстоящий путь

Помимо ключевых показателей эффективности, информационных панелей и возможностей пост-обработки с эффектом полного погружения, искусственный интеллект (**ИИ**) тоже сыграет роль в демократизации применения средств численного моделирования и в улучшении понимания результатов. С одной стороны, методы ИИ позволят изменить парадигму, при которой *CAE*-инструментарий используется для планирования экспериментов (*DOE*), и помогут создавать модели, которые ускорят выполнение расчетов и обеспечат получение продуктов с оптимальными свойствами.

Методы ИИ позволяют генерировать синтетические данные с характеристиками, аналогичными физическим данным из исходного набора, когда имеется слишком мало доступных данных. И наоборот – они могут служить для разработки моделей пониженного порядка, чтобы можно было вести расчеты методом конечных элементов, когда данных слишком много.

Кроме того, ИИ-инструменты можно использовать для генерации автоматических рекомендаций по настройке *CAE*-системы, включая выбор оптимальной модели.

“Большинство инженеров имеют представление о турбулентности потоков, но они не знают, какая численная модель даст наилучшие ответы”, – говорит **Mark Hindsbo** из *Ansys*. – “С помощью средств искусственного интеллекта можно управлять программным обеспечением, чтобы настроить его наилучшим образом и способствовать как получению более точных результатов, так и их пониманию”.

Тем не менее, несмотря на важность усилий, направленных на то, чтобы упростить понимание результатов численного моделирования, эксперты предупреждают, что эти усилия должны иметь определенные ограничения.

“Если вы отвечаете за отдел, который должен разработать самолет или двигатель, вы не позволите принимать проектные решения тому, кто не понимает физику, лежащую в их основе”, – подводит черту **Charles Hirsch**, президент *NUMECA*. – “Не следует думать о концепции улучшения доступности *CAE* как о чём-то таком, что позволит кому-либо без знания физики заниматься проектированием двигателя. Это абсолютно невозможно”. 🤖