

XVII Международная онлайн-конференция CADFEM/Ansys

Роль численного моделирования и продвинутых цифровых технологий в развитии различных отраслей промышленности

© 2021 CADFEM CIS

В ходе XVII Международной онлайн-конференции CADFEM/Ansys, которую организовала компания «КАДФЕМ Си-Ай-Эс» (КАДФЕМ), элитный партнер компании Ansys, участники обсудили главные аспекты и тенденции применения численного моделирования в различных отраслях промышленности, таких как авиакосмическая отрасль, двигателестроение, топливно-энергетический комплекс, транспортное машиностроение, судостроение, электроника, фармацевтическая и пищевая промышленность, аграрно-промышленный комплекс. Специалисты поделились своим опытом использования решений Ansys и сопутствующих программных продуктов, а также рассказали о ключевых задачах своих отраслей, которые сегодня можно решить с помощью продвинутых средств инженерного анализа.

Авиакосмическая отрасль и двигателестроение

Одна из секций конференции была посвящена применению технологий Ansys для решения задач авиакосмической отрасли. Эксперты КАДФЕМ отметили ряд новых тенденций в области городской воздушной мобильности и коммерческих беспилотных летательных аппаратов. Среди них – переход на новые композитные материалы, позволяющие улучшить аэродинамику и облегчить конструкцию, а также проектирование антенн и вопросы электромагнитной совместимости в сфере автономных и пилотируемых систем.

Еще один тренд – электрификация, которая приведет к переходу от гидравлических систем к электроприводам. В легкой авиации эта тенденция уже развивается. К примеру, компании Zuno Aero и Magnix применяют решения Ansys для анализа электромагнитного поведения двигателя и оптимизации его веса, а также обмена данными электромагнитного моделирования для проведения теплового и прочностного мультифизического расчета.

Доля электроники в двигателях и системах управления растет, и, следовательно, возникают вопросы по её надежности, обеспечению режимов работы, поведению датчиков и функциональной безопасности, а также передачи сигналов между беспилотным летательным аппаратом и пунктом управления. Другие актуальные тренды касаются авионики и управления полетом. Вопросы, связанные с проектированием авионики и сертификацией ПО, позволяет решить Ansys SCADE. Так, SCADE Display и SCADE Suite использовались

CADFEM®

в программе Sukhoi SuperJet 100 для разработки многофункциональных индикаторов кабины пилотов. При этом была реализована технология WYSIWYG (What You See Is What You Get), обеспечивающий полное соответствие отображения кадров при разработке и на реальном индикаторе.

Говоря об авиационном двигателестроении, эксперты отметили растущее влияние цифровизации на эту область и возникновение новой тенденции – переход на обслуживание по фактическому состоянию. Например, цифровые двойники, созданные на основе ROM-моделей Ansys TwinBuilder, могут использовать предиктивную аналитику для оценки текущего состояния оборудования и оптимизации ТОиР, повышать ресурс, а также увеличивать надежность и снизить стоимость эксплуатации.

Сегодня в двигателестроении растет роль аддитивного производства, а это тесно связано с задачами топологической оптимизации, позволяющей создавать более легкие конструкции. Однако эксперты КАДФЕМ подчеркивают, что недостаточно просто получить оптимизированную 3D-модель конструкции и отправить её на печать – необходимо предварительно смоделировать процесс. Такой подход помогает выявить проблемы (например, ошибки при 3D-печати и остаточные напряжения в напечатанных деталях), сократить продолжительность и стоимость производства за счет правильной печати с первого раза, уменьшать отходы.

Кроме того, прозвучали доклады, посвященные аэродинамическому проектированию с помощью систем Ansys CFX и Fluent, моделированию процесса горения и вредных выбросов в



Ansys Fluent и *Ansys Chemkin*, расчету прочности и надежности в *Ansys Mechanical* и *LS-DYNA*, моделированию шума и вибрации в *Ansys Mechanical*, *Ansys Fluent*, *Ansys LS-DYNA*, *Ansys VRX*.

Атомная промышленность

Перед компаниями в энергетической отрасли сегодня стоят задачи совершенствования существующих технологий производства электроэнергии, повышения энергоемкости, снижения энергопотребления и разработки новых решений. Для этого многие предприятия используют решения *Ansys*, сертифицированные в соответствии с требованиями международных стандартов и Ростехнадзора России. Они помогают проектировать ядерный реактор, моделировать аварийные ситуации, процессы хранения и утилизации ядерного топлива, разрабатывать контейнеры для транспортировки отработанного топлива, проводить верификацию.

Эксперты также продемонстрировали возможности решения нестандартных задач с помощью программных продуктов *Ansys*. В их числе – строительные расчеты (такие, как расчет прочности железобетонных конструкций по нормам *Eurocode* с помощью *CivilFEM*) и проектирование современных АЭС с учетом нагрузки удара самолета и возникновения чрезвычайных ситуаций. В отрасли также востребованы *Ansys Minerva* (решение, предназначенное для управления процессами и данными инженерных расчетов) и *BIM inside Ansys* – совместное решение *Ansys* и *CADFEM GmbH* для преобразования информационных моделей зданий в численные расчетные модели, пригодные для последующего инженерного анализа средствами *Ansys*. Такой подход в своей практике использовало АО “Атомпроект”. Специалисты этой компании извлекали геометрию из *BIM*-модели и отправляли полученный файл в *Ansys SpaceClaim*. Далее осуществлялось преобразование в твердотельную или оболочечную модель, которая передавалась в *Ansys Mechanical*.

Как отметил эксперт КАДФЕМ, нестандартные расчеты применяются в таких масштабных проектах, как международный экспериментальный термоядерный реактор *ITER* во Франции. Одна из задач, которая решалась с помощью ПО

Ansys – оценка климата в помещении с резисторами *ITER*. При рабочем режиме резисторов запаса вентиляции должно хватить на то, чтобы помещение охлаждалось в достаточной степени и люди могли в нем работать. Кроме того, оценивалась прочность верхних диагностических модулей и решалась задача, связанная со срывом плазменного шнура.

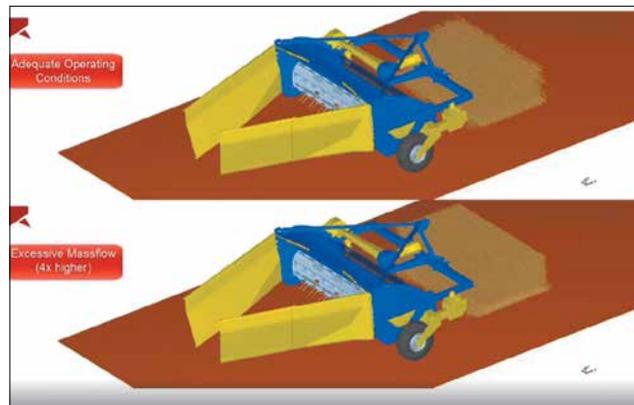
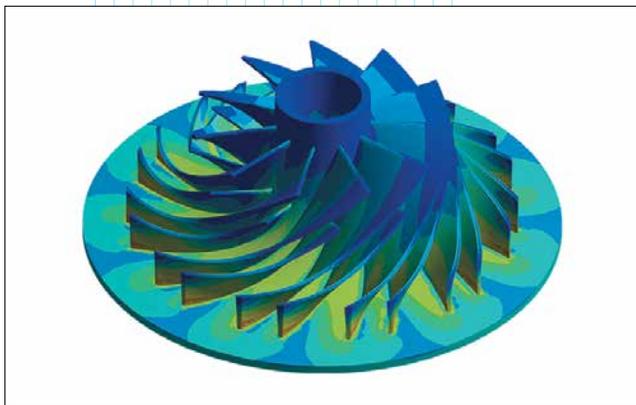
Агропромышленный комплекс

В рамках конференции эксперты КАДФЕМ отметили важную роль численного моделирования в агропромышленном комплексе (АПК), где оно помогает решать целый спектр важных задач: от проектирования нового оборудования и исследования сложного поведения транспортируемого и обрабатываемого материала до выявления “узких” мест работающего оборудования. При этом задачи АПК всегда носят уникальный характер, так как при их решении требуется учитывать сложный состав почвы, воздушную динамику, работу с гибкими волокнистыми частицами. Решить эти задачи помогают программные продукты *Ansys Mechanical*, *Ansys Fluent* и *Rocky DEM*.

Решатель *Rocky DEM* основан на методе дискретных элементов (*DEM*) и позволяет отслеживать движение всех частиц. Кроме того, он учитывает форму несферических частиц, в том числе волокна и гибкие оболочки, а также позволяет рассчитывать миллионы частиц благодаря возможности проведения расчета на графических процессорах (*GPU*). Решатель полностью интегрирован с решениями *Ansys* для прочностного анализа и гидрогазодинамики.

В числе характерных для АПК задач, которые может решать *Rocky DEM*:

- транспортировка материала – от оценки транспорта сыпучего материала (с изучением мертвых зон и зон залипания материала) до балансировки загрузки и пропускной способности для процесса переалки древесины;
- работа с волокнистыми частицами (например, для сеноукладчика можно сравнить различные условия эксплуатации и обеспечить правильное обращение с материалом);
- оценка работы комбайнов;



- обработка почвы – можно оценивать влияние движущегося элемента на почву, траектории движения частиц смоделированной почвы, эффективность перемешивания, а также влияние почвы на конструкцию.

И многое другое.

Сегодня предприятия АПК уже активно используют возможности *Rocky DEM* и *Ansys*. К примеру, перед компанией *Marshall* стояла задача уменьшить неравномерность распределения удобрений, потери урожая и загрязнение окружающей среды. Для этого оценивался различный набор конструктивных элементов и использовались управляемые параметры для выполнения многовариантного виртуального прототипирования. В результате была разработана оптимальная схема распределения удобрений по полю.

Горно-металлургическая промышленность

Еще одна отрасль, в которой востребован решатель *Rocky DEM* – горно-металлургическая промышленность.

В своём выступлении эксперт КАДФЕМ выделил важность средств численного моделирования для операций рудоподготовки – дробления и измельчения. Сегодня затраты на создание оборудования для этих процессов составляют до 53% от общих капитальных затрат, а его стоимость составляет порядка 60% себестоимости получаемой продукции. Кроме того, они потребляют более половины всей электроэнергии. Таким образом, снижение общих расходов на рудоподготовку является важной задачей. Существующие сегодня программные инструменты инженерного анализа позволяют изучать технологические процессы внутри оборудования.

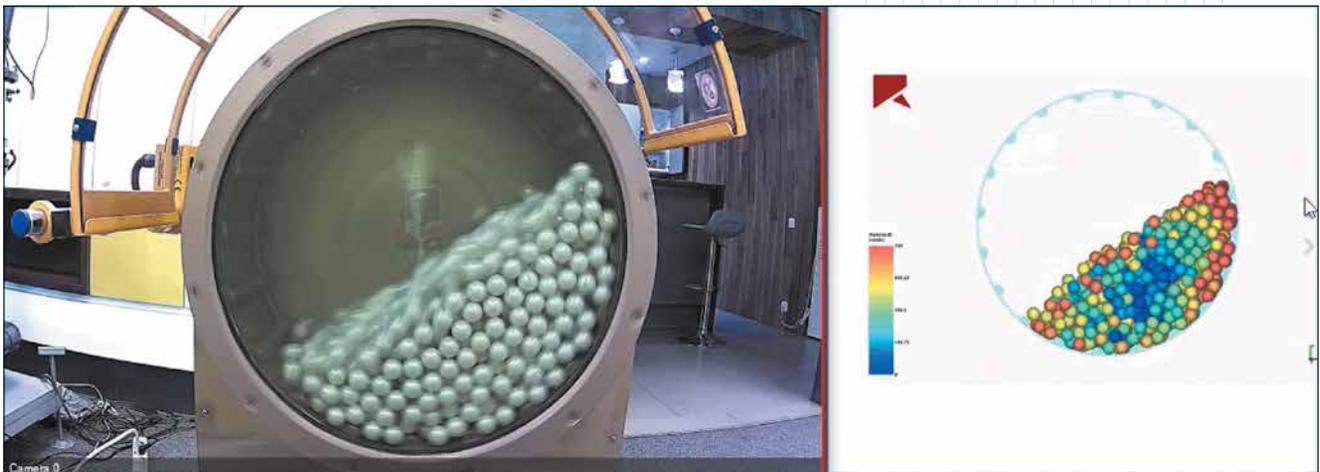
Моделировать эти процессы можно с помощью такого ПО, как *Rocky DEM* (динамика сыпучих сред), *Ansys Mechanical* (прочностной анализ), *Ansys Fluent* (гидродинамика и гидравлика), *Flownex SE* (системное моделирование), *Chemkin-CFD* (горение и химические реакции). Эти программные продукты позволяют решать ряд

ключевых задач при расчете мельницы измельчения, среди которых: определение параметров лифтов, оптимизация режимов измельчения, перемещение и моделирование загрузки, анализ прочности и многое другое.

В числе предприятий, которые сегодня уже применяют такие инструменты, – бразильская компания *Caltra*, выполнявшая проект по устранению “узких” мест пересыпных узлов. Необходимо было определить зоны забивания и провести минимальную модификацию оборудования для улучшения производительности и уменьшения времени простоя оборудования. С помощью *Rocky DEM* инженеры определили, что эти задачи можно решить, используя самовыравнивающиеся конвейерные ленты и снижая скорость подачи материала. Еще один пример – проект компании *Vale* по уменьшению времени простоя оборудования при очистке грохота. С помощью *Rocky DEM* и ПО *Ansys* была модифицирована работа валкового грохота. Полученный экономический эффект составил более 100 млн. долларов в течение трех месяцев; затраты времени на разработку уменьшились на 70%, а производительность увеличилась на 11.4%.

Транспортное машиностроение

В рамках секции, посвященной транспортному машиностроению, эксперт КАДФЕМ отметил растущую роль цифровой трансформации в этой отрасли, цифровизацию процессов проектирования и производства, а также внедрение продвинутых технологий (автономные системы, электрификация, 5G) и новых материалов. Кроме того, он подчеркнул роль численного моделирования в решении ключевых задач транспортной отрасли. К примеру, в компании *Lucid Motors* таким путем сократили цикл разработки на 40÷60%, а в *General Motors* смогли достичь основных цифр по новому продукту, удвоив показатели эффективности нового тягового двигателя. *KTM Technologies* в 16-недельный срок снизили вес конструкции на 1.6 кг за счет применения инструментов *Ansys* для моделирования композитов и практик робастного проектирования.





Ansys предлагает решения для всех систем автомобиля, критичных по безопасности, и предоставляет платформу, способную точно промоделировать все возможные сценарии для миллионов километров автономного вождения, а также выполнить физически точное моделирование сценариев вождения. Например, эффективным инструментом на стадии эскизной проработки является *Ansys Discovery*, позволяющий в реальном времени проводить гидродинамический анализ и прочностные расчеты с помощью *GPU*. *Ansys SPEOS* позволяет не только осуществить фотореалистичный рендеринг с учетом применяемых материалов и увидеть интерьер будущего транспортного средства, но и убедиться в точности систем помощи водителю (*ADAS*). При решении задач электрификации ПО *Ansys* уже на стадии разработки продукта дает возможность выполнить подробный анализ систем электропривода и трансмиссий на системном и компонентном уровне. На стадии технологической подготовки к производству можно исследовать вопросы аддитивного производства различных компонентов. Наконец, на стадии эксплуатации используется программный продукт *Ansys TwinBuilder*, предназначенный для прогностического мониторинга состояния.

Решения *Ansys* активно применяются для построения гибридных цифровых двойников и позволяют получить информацию о том, как поломки и нештатные ситуации выглядят с точки зрения их дальнейшей диагностики с помощью датчиков и различных систем диагностики. На стадии обслуживания программные продукты *Ansys* позволяют комплексно подойти к вопросам функциональной безопасности и кибербезопасности встроенного ПО и систем.

Кроме того, численное моделирование применяется для разработки практически всех узлов и агрегатов транспортного средства:

✓ Экстерьер

Расчеты прочности, внешней аэродинамики, аэроакустики, моделирование тепловых режимов, решение вопросов загрязнения.

✓ Интерьер

Климат-контроль, расчет акустики, пассивной безопасности, проверка эргономичности и человеко-машинных интерфейсов.

✓ Ходовая часть и несущая система

Расчеты прочности, пассивной безопасности, тормозных систем, систем поддрессирования и

рулевого управления, колес и шин, моделирование покраски.

✓ ДВС и трансмиссия

Расчеты для топливных систем, систем выпуска отработавших газов, электродвигателей.

✓ Электрика и электроника

Провода и соединения, *ADAS* и датчики, антенны, надежность электроники.

Другие вопросы

В рамках конференции были затронуты вопросы применения программного продукта *Flownex SE* для моделирования сложных гидравлических систем и бессеточного *CAE*-решателя *Particleworks* в атомной и горнодобывающей промышленности, в транспортном машиностроении.

Кроме того, обсуждалось использование решений *Ansys* и сопутствующих программных продуктов в ряде других отраслей:

✓ Электроника

Моделирование высокочастотной электроники, включая электромагнитный анализ на уровне компонентов (*SIwave, EMA 3D, HFSS, Savant, HFSS 3D, HFSS 3D Layout, Circuit, EMIT*), и расчеты низкочастотной силовой электроники (электрические машины, двигатель, трансформатор и т.д.) с помощью *Ansys Maxwell, Ansys Q3D, Ansys HFSS*.

✓ Угольная промышленность

Возможности решателя *Rocky DEM*, позволяющие решать задачи складирования материала с учетом конструктивных особенностей приемного бункера, нагрузки от частиц сыпучего материала и пр.

✓ Судостроение

Моделирование взаимодействия жидкости и твердого тела с помощью современных бессеточных инструментов *Particleworks*, проектирование магнитной защиты судна с помощью *Ansys Maxwell*, а также применение численного моделирования аэрогидродинамики при проектировании скоростных амфибийных судов.

✓ Фармацевтическая и пищевая промышленность

Применение *Rocky DEM* для решения ряда задач – от моделирования смешения и измельчения, уменьшения образования пыли до моделирования процессов теплопередачи и нанесения покрытия на таблетки, моделирования карты износа от контактного взаимодействия, моделирование упаковки готовой продукции. Кроме того, обсуждались возможности использования программных продуктов *Rocky DEM* и *Ansys* при создании новых медицинских устройств – таких, как ингалятор с сухим порошком. 🍷

(Текст публикуется в оригинальной редакции.)