

Решение задач машиностроителей с помощью интеллектуальной инженерии

Rahul Garg, вице-президент Siemens Digital Industries Software по решениям для машиностроения и малого и среднего бизнеса



Rahul Garg — вице-президент *Siemens Digital Industries Software* по решениям для машиностроения и малого и среднего бизнеса, ответственный за определение и реализацию ключевых стратегических инициатив и решений, а также за глобальное развитие бизнеса. Он и его команда работают в тесном контакте с ведущими клиентами отрасли, обеспечивая интеллектуальное лидерство в поиске ответов на актуальные вызовы, с которыми сталкивается машиностроительная промышленность.

Опыт и понимание г-на *Garg* сформировались за его 25-летнюю карьеру в области поставки программных средств для разработки изделий и создания производственных инноваций, необходимых глобальной производственной отрасли. Его профессиональное развитие шло по таким направлениям, как исследования и разработки, управление программами, продажами, а также прибылями и убытками (*P&L*). Начиная с 2007 года, г-н *Garg* фокусируется на отрасли тяжелого машиностроения и промышленного оборудования.

Бесчисленное количество факторов, воздействующих на машиностроителей, побуждает их рассматривать и внедрять новые методы проектирования, численного моделирования и проведения испытаний.

Цифровая трансформация позволяет машиностроительным предприятиям удовлетворять растущие требования клиентов к продукции, которая всё в большей степени ориентируется на индивидуальные запросы конечного пользователя. Машины и оборудование постоянно усложняются, поскольку они становятся более интеллектуальными и кастомизированными, а их вес уменьшается. Чтобы эффективно отвечать на эти вызовы и преуспевать в конкурентной глобальной среде, компании, производящие промышленное оборудование, осваивают и внедряют передовые практики проектирования и численного моделирования (симуляции), в чём им помогает подход,

который компания *Siemens Digital Industries Software* называет *Intelligent Performance Engineering (IPE)*.

Фактор сложности в машиностроении

Как уже было сказано, машиностроители находятся под прессом огромного количества проблем, что побуждает их изучать и осваивать новые методы проектирования, симуляции и испытаний. Заказчики хотят, чтобы машины были построены в соответствии с их конкретными индивидуальными требованиями. Более того, глобальная конкуренция в сфере производства промышленного оборудования и машин требует от производителей, чтобы их продукция отличалась от аналогов, а обслуживание клиентов должно быть более быстрым и экономичным в сравнении с конкурентами.

Достижения в области технологий подпитывают этот процесс, побуждая производственные компании задуматься и оценить, как лучше удовлетворить потребности клиентов, изучить, каким образом этому может способствовать цифровизация.

С учетом всего вышеизложенного, неудивительно, что сложность увеличивается – и это раздвигает границы устоявшегося в машиностроении процесса проектирования. Необходимость удовлетворять растущие требования в отношении гибкости и сложности порождает необходимость [в компьютерных средствах для] быстрой оценки поведения и характеристик выпускаемых машин, а также в направлении этой информации обратно – в модель машины и процесс разработки.



В течение многих лет инженеры полагались на численное моделирование на этапе концептуального и эскизного проектирования, чтобы обеспечить базовую оценку конструкции. Но такие базовые расчеты не всегда отражают взаимозависимость электромагнитных помех, механических нагрузок, температуры и вибраций. Это становится всё более серьезной проблемой по мере того, как оборудование “умнеет”, что влечет за собой рост сложности электропроводки, электроники и встроенного программного обеспечения. Разработчик может провести базовый анализ, чтобы доказать надежность конструкции, но не может исследовать различные инженерные компромиссы, влияющие на все эксплуатационные характеристики. В результате конструкторы, как правило, проявляют чрезмерную осторожность, что приводит к увеличению веса, стоимости или снижению производительности для обеспечения соответствия требованиям безопасности.

Вот почему для проведения более сложных расчетов требуется передавать проект специалистам по инженерному анализу. Но эти эксперты не знакомы с целями и критериями проекта и часто не могут выявить проблемы на детальном уровне. Задержки, возникающие при передаче информации между разными командами, могут привести к тому, что анализируется уже неактуальные конструкции.

Но даже в тех случаях, когда проводится расширенный анализ, группа разработчиков всё равно должна дожидаться фазы тестирования физического прототипа, чтобы по-настоящему изучить и валидировать работу машины во всех аспектах с учетом вовлечения многих дисциплин. Обнаружение и устранение проблем на стадии испытания физического прототипа требует больших затрат времени и средств и нередко приводит к росту себестоимости и срыву графика.

Новый подход: *Intelligent Performance Engineering*

Поскольку предприятия стремятся ускорить все циклы и укладывать в плотные графики поставок оборудования, команды разработчиков испытывают давление руководства и вынуждены выполнять дальнейшие расчеты до того, как расчетные модели будут подтверждены тестированием физического прототипа. К счастью, появился подход, который легко внедрить, который облегчает цифровую трансформацию и может удовлетворить растущую потребность в более высокой производительности в машиностроении – это интеллектуальный подход *IPE*, предлагаемый компанией *Siemens*.

Этот подход включает в себя использование передовых инструментов цифровой симуляции и анализа,

помогающих машиностроителям проанализировать влияние конкретного конструкторского решения на эксплуатационные характеристики и выявить возможные виды отказов компонента, узла и всего агрегата в целом. Функционал *IPE* обеспечивает повышение надежности и снижение рисков, позволяя создавать набор высокоточных моделей, которые помогают прогнозировать поведение продукта на всех этапах жизненного цикла. Основная задача *IPE* – поддерживать непрерывный цифровой поток для совместного использования информации проектными, расчетными и производственными подразделениями, что позволяет машиностроителям оценивать возможности и ограничения своих сложных изделий уже на ранних фазах проектирования.

Выделим три характерные особенности *IPE*.

✓ **Мультифизическое моделирование и тестирование**

Такой подход, объединяющий под одним зонтом широкий спектр дисциплин и физических явлений, позволяет сбалансировать множество свойств модели, чтобы прийти к оптимальному конструкторскому решению.

✓ **Интеграция проектирования и численного моделирования**

Интеграция позволяет конструкторам и расчетчикам использовать одни и те же модели в одной системе, обеспечивая синхронизацию расчетных данных с конструкторскими и максимизируя их повторное использование. В результате машиностроители могут производить узнаваемые, персонализированные изделия, которые будут надежными, рентабельными и хорошо функционирующими.

✓ **Валидация с замкнутой петлей обратной связи**

Обратная связь позволяет подтвердить результаты виртуального моделирования, используя физические прототипы и реальные эксплуатационные



данные; осуществляется это посредством фиксации и проверки взаимосвязей исходных требований, проекта и функционирующего изделия.

Описанные ключевые особенности позволяют машиностроителям создавать всеобъемлющие цифровые двойники, помогающие командам специалистов наиболее эффективно оценивать возможности и ограничения изделия и его вариаций по всем характеристикам. Внедрение методов *Intelligent Performance Engineering* обеспечивает максимальную связь и взаимодействие проектировщиков и инженеров-аналитиков, предоставляя им актуальные эксплуатационные данные для улучшения характеристик оборудования.

Мультифизическое моделирование и тестирование: возможность сотрудничества

Мультифизический (многодисциплинарный) подход к моделированию объединяет широкий спектр физических процессов и дисциплин, позволяя отобразить множество характерных особенностей исследуемой модели и сделать их доступными для инженеров-проектировщиков. Такой подход улучшает взаимодействие между экспертами в разных дисциплинах, обеспечивая возможность рассматривать важнейшие взаимосвязи, тогда как традиционно все области рассматривались изолированно. Вместо того чтобы замкнуться каждый в своей предметной области, специалисты могут сотрудничать, работать вместе. В результате во время виртуального моделирования машина, как и в реальном мире, функционирует сразу во всех средах.

Например, для термического анализа и анализа напряженных состояний требуется задействовать разные возможности численного моделирования. На этапе проектирования необходимо как можно раньше учесть несколько факторов одновременно: гидравлические силы, термомеханические нагрузки и электромагнитное излучение. Инженеру-проектировщику надо изучить не только механические напряжения, но и тепловые эффекты, чтобы определить, может ли превышение температуры повлиять на надежность продукта. Эти типы взаимодействий могут повлиять на его производительность, безопасность и долговечность эксплуатации. Выделение и изолированное изучение этих сил не всегда позволяет точно предсказать поведение конечного продукта. Следовательно, при симуляции очень важно учитывать все нагрузки одновременно.

Кроме того, наличие мультифизических возможностей в

интегрированной среде проектирования и моделирования позволяет легко создать полную модель машины для системной симуляции – с возможностью перетаскивать (*drag and drop*) – с необходимыми компонентами из библиотеки ресурсов, чтобы можно было кастомизировать машину и оценить общее влияние этих изменений.

Такой подход гарантирует работоспособность кастомизированного изделия и не оказывает значительного влияния на график проектирования. Теперь становится возможным выполнять подробный анализ различных вариантов на этапе концептуального проектирования, чтобы быстро определить, приведет ли изменение конструкции к требуемому индивидуальному результату. Например, можно оценить влияние увеличения рабочей скорости оборудования на эффективность энергозатрат.

Кроме того, сопрягая, с помощью системного моделирования, оборудование с устройствами промышленной автоматизации, можно оценить в тестовой среде влияние новых стратегий управления, дополняя физические измерения данными с виртуальных датчиков.

Упомянутое сотрудничество выходит за рамки выпуска готового изделия. Мультифизическое моделирование может помочь производителям оборудования и их более широкой сети поставщиков оценить полный спектр эксплуатационных характеристик при изменении компонентов в контексте общих технических спецификаций машины. Впоследствии создается всеобъемлющий цифровой двойник, который полностью валидируется с помощью тестов, основанных на реальном поведении машины и анализе характеристик от уровня мелких компонентов до всей машины в целом.

В будущем мы увидим, что эти системные модели будут служить и в качестве “исполняемого” цифрового двойника, который может помочь как



мониторить, так и управлять поведением машины при её использовании в производстве.

Интеграция проектирования и численного моделирования: упрощение кастомизации

Отвечая на растущий спрос на более гибкое и индивидуальное оборудование, машиностроители сталкиваются со многими проблемами. Интеграция процессов проектирования и численного моделирования обеспечивает жизненно важные для производителей возможности конфигурирования оборудования под заказ – с гарантией, что модификация и замена компонентов дадут на выходе безопасный, рентабельный и правильно функционирующий агрегат.

Интеграция процессов проектирования и моделирования позволяет рассчитывать технические характеристики оборудования на всём протяжении – от этапа предварительного проектирования до процесса ввода в эксплуатацию, обеспечивая согласованность проектных и расчетных моделей и синхронизацию всех данных. Следовательно, каждый вариант конструкции можно быстро проверить с помощью мультифизического моделирования и тестирования перед доставкой оборудования заказчику.

Поскольку потребности в индивидуализации изделий продолжают расти, создание физического прототипа для каждого варианта машины становится всё менее оправданным. Следовательно, очень важно протестировать эти варианты в среде симуляции. Интегрированный подход позволяет резко сократить количество физических прототипов, предоставляя инженерам-проектировщикам и инженерам-аналитикам возможность работать с основной моделью с помощью необходимых им инструментов и обеспечивая синхронизацию CAE- и CAD-данных.

Кроме того, можно использовать созданные ранее библиотеки компонентов для облегчения моделирования различных сценариев на ранней стадии проектирования, создания корпоративной базы знаний и максимального повторного использования.

Валидация с замкнутой петлей обратной связи: синхронизация виртуального моделирования и функционирования в реальной среде

Крайне важно убедиться, что результаты компьютерного моделирования машины соответствуют её реальному функционированию. Валидация с замкнутой петлей обратной связи расширяет возможности тестирования, выводя его за рамки испытательного стенда и стадии тестирования прототипа, так как при таком подходе процесс распространяется на стадию использования машины заказчиком, что соединяет реальную эксплуатацию со средой симуляции. С появлением интернета вещей этот замкнутый процесс с обратной

связью действительно стал обеспечивать высочайший уровень обслуживания клиентов и непрерывное появление инноваций.

Когда данные о работе машины/оборудования у заказчика становятся доступными, они поступают обратно в среду симуляции для верификации результатов анализа. Валидация с обратной связью обеспечивает синхронизацию эксплуатационных данных, данных физического тестирования и предварительного численного моделирования, конструкторских данных. Так подтверждается, что виртуальная модель машины точно воспроизводит её реальное поведение.

После того как процесс валидации с замкнутой петлей обратной связи будет запущен, команда разработчиков может уверенно исследовать поведение машины в виртуальной среде. Например, количественно измерять результаты воздействия операторов оборудования, когда они, желая повысить производительность, превышают рекомендованные значения параметров. Можно также оценить и различные условия эксплуатации – такие, как влияние чрезмерной концентрации твердых частиц в цехе или различных уровней влажности на характеристики станка. Не менее важно, что эти реальные данные могут применяться при разработке решений следующего поколения.

Разобраться со сложностью с помощью IPE

Ведущие предприятия отрасли тяжелого машиностроения и промышленного оборудования всё чаще сталкиваются с необходимостью сочетать производительность с точностью, надежностью и эффективностью. Цифровая трансформация может способствовать внедрению инноваций для удовлетворения меняющихся запросов клиентов, что позволяет опережать глобальных конкурентов. Предлагаемый компанией *Siemens* интеллектуальный подход *Intelligent Performance Engineering* высвобождает возможность глубокого понимания функционирования машин, что стимулирует инновации при одновременном ускорении цикла создания оборудования и соблюдении напряженных графиков поставки.

Подход *IPE* обеспечивает эти возможности за счет поддержки многодисциплинарного численного моделирования. Интеграция процессов проектирования и инженерного анализа позволяет обеспечить конфигурирование машин под заказ и валидацию с обратной связью. Реальные эксплуатационные данные подтверждают и обогащают результаты виртуального моделирования. Всё это стало возможным благодаря непрерывному цифровому потоку, замыкающемуся через промышленный интернет, что позволяет автоматизировать обмен информацией между проектными группами, аналитиками, группами производственных испытаний и инженерами по сервисному обслуживанию. 🤖