

A detailed 3D CFD simulation of a turbine engine. The engine components, including the compressor, turbine, and casing, are rendered in a semi-transparent purple and pink color. The surrounding flow field is visualized with a fine grid and color-coded streamlines, ranging from blue (low velocity/pressure) to red and yellow (high velocity/pressure), indicating the complex aerodynamic flow patterns around the engine.

SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Семь лучших советов о том, как повысить продуктивность проектирования, внедрив CFD-анализ на его ранней стадии

Краткий обзор

Мировая конкуренция в сфере производства растет и влияет на всех участников рынка — от ведущих автомобилестроительных компаний до производителей электронных устройств. Требования к срокам выпуска изделия ужесточаются: они постоянно должны сокращаться. В этих тяжелых условиях все игроки рынка вынуждены повышать производительность. Либо вы выпускаете изделие за более короткий срок и уменьшаете затраты без ущерба для качества, либо вас обгоняют конкуренты.

Введение

Как повысить продуктивность? Вы действуете по одной и той же схеме, ничего не меняя, и ожидаете другого результата? Или вы тщательно изучаете каждый этап рабочего процесса, чтобы удостовериться, что он оптимальный и что ваша команда может работать продуктивно?

Исследования, проводимые различными аналитиками и CAE-субподрядчиками, подтверждают, что в наиболее успешных компаниях принято оценивать характеристики конструкции на ранних стадиях разработки и стимулировать обмен информацией между расчетчиками и проектировщиками.

Проведение испытаний уже на этапе создания физических прототипов приводит к серьезным расходам. Согласно отчету *Lifecycle Insights*¹, позднее выявление ошибок в конструкции приводит к срыву сроков выполнения основных этапов проекта, дополнительным испытаниям и переработкам сотрудников.



Источник: *Lifecycle Insights*¹

Используйте инженерный анализ раньше и чаще

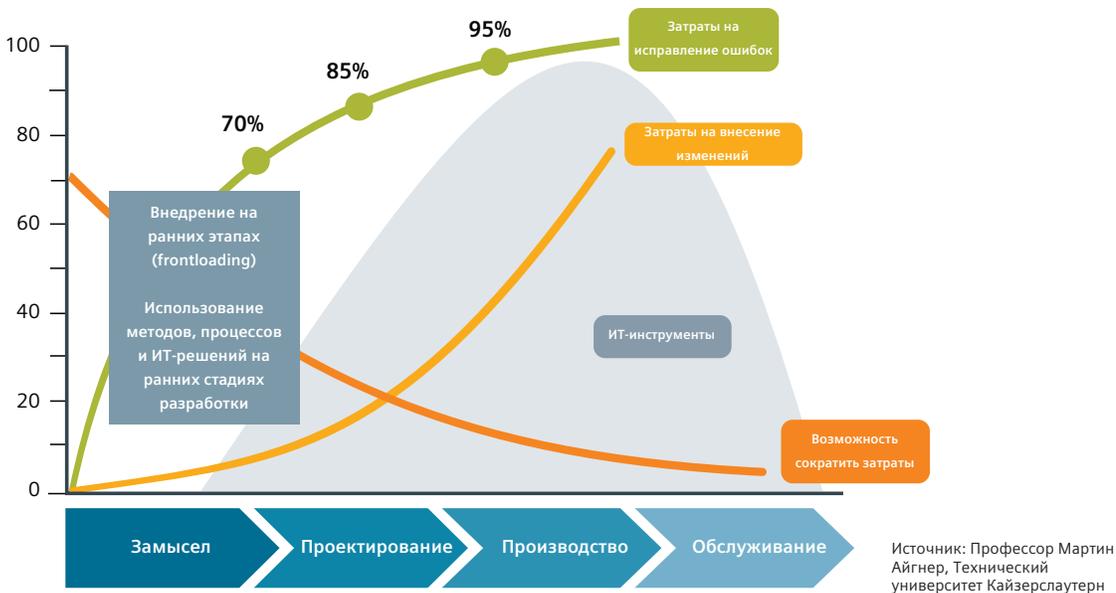
Преимущества инженерного анализа на ранних стадиях проектирования были подтверждены документально. Стоимость внесения изменений повышается с каждым этапом проекта, от создания концепции до производства. Согласно данным министерства обороны США (а именно Университета по оборонным закупкам), только 20 процентов фактической стоимости жизненного цикла оборонных проектов США добавляется со временем, в то время как 80 процентов определяется на стадии тестирования². Другими словами, стоимость изделий определяется решениями, принятыми на стадии разработки концепции, когда о конструкции мало что известно. Кроме того, стоимость исправления дефектов растет с каждой стадией проекта.

Это данные оборонной промышленности, но в коммерческом секторе те же трудности. Больше использовать инженерный анализ на ранних этапах проектирования особенно важно в случае с электромеханическими конструкциями. Чтобы получать информацию для оценки как можно раньше, нужны инструменты должны быть доступны вовремя. Этот подход называется «внедрение на ранних этапах» (англ. frontloading).

Суммарная стоимость жизненного цикла в процентах ко времени



Фиксированные расходы на жизненный цикл по данным Университета по оборонным закупкам министерства обороны США. Стрелка показывает, что исправление ошибок обходится дешевле, если они обнаружены на ранних этапах жизненного цикла.



Экономический потенциал внедрения на ранних стадиях (Айгнер, 2010).

Проектировщики могут использовать многие инструменты инженерного анализа на ранних этапах проектирования. Впервые инструменты инженерного анализа, а именно анализа напряжений, стали использовать на ранних стадиях проектирования 20 лет назад. Такая практика быстро стала неотъемлемой частью процесса разработки. Сейчас инженерный анализ напряжений на этапе проектирования входит в портфолио всех основных MCAD-субподрядчиков. Использование инженерного анализа напряжений на ранних стадиях проектирования не означает, что производители перестали применять его на этапе валидации. Он стал способом изучить варианты конструкции и сразу отсеять менее удачные. Однако в отличие от этапа верификации, при проектировании больше всего ценится скорость. Инженеры должны проводить численное моделирование не только как можно раньше, но и чаще, чтобы учитывать все внесенные в конструкцию изменения. Благодаря такому подходу можно быстро отказаться от неудачных идей и продолжить работать с удачными. Как только инженеры полностью оценивают вариант конструкции и признают его перспективным, они могут переходить к этапу верификации.

СОВЕТ 1
Оценивайте характеристики изделия как можно раньше и укрепляйте сотрудничество и обмен информацией в процессе проектирования между расчетчиками и проектировщиками, чтобы увеличить эффективность и продуктивность.



Проектирование на основе CAE — ранее внедрение CAE (Сабер, 2015).

Этот алгоритм работы распространился и на другие сферы, включая вычислительную гидрогазодинамику (CFD), которая раньше выполнялась отдельными специалистами на этапе валидации. CFD-анализ, ориентированный на проектирование, удобно использовать на этапах стадиях разработки. Раньше применялся метод, который называли «заблаговременным» CFD-анализом, но сейчас речь идет о том, чтобы встроить функционал CFD в CAD-среду. Это дает ряд преимуществ в процессе производства. Результаты анализа рынка, включая анализ *Lifecycle Insights*¹, показали, что главные цели инженерного анализа текущей среды заключаются в следующем:

- Достижение соответствия требованиям (например: меньший вес, большая скорость, сложные модели поведения и так далее)
- Сокращение последующих задержек и расходов (например: сократить испытания и создание прототипов, уменьшить количество изменений и так далее)
- Контроль соблюдения контрактных обязательств и соответствия нормативным требованиям
- Сокращение стоимости жизненного цикла
- Снижение производственных издержек

Таким образом, инженеры-проектировщики могут снизить количество прототипов и стоимость изделия (с помощью использования лучших материалов и повышения качества), увеличить эффективность и маржинальность компании.



Источник: *Lifecycle Insights*¹

СОВЕТ 2

Увеличьте эффективность и маржинальность компании путем снижения количества прототипов и оптимизации стоимости (путем использования лучших материалов и повышения качества).

Успешное внедрение CFD как ключ к успеху

Использование CFD-анализа на ранних стадиях проектирования имеет ряд преимуществ, но как его внедрить?

Для этого нужно изучить четыре основных слагаемых проектирования и разработки изделия:

- Само проектируемое изделие
- Процесс, который используется для проектирования
- Инженер-проектировщик
- Конечный пользователь готового изделия

Все это может стать потенциальным источником трудностей и требовать оптимизации. Ситуацию с процессом и инженером-проектировщиком можно исправить и сразу же увеличить продуктивность. И это автоматически улучшит само изделие (конечный пользователь с этой статье не рассматривается).

Процесс

Следуя концепции внедрения инженерного анализа на ранних стадиях проектирования, многие ведущие производители отказались от старой схемы последовательного проектирования, в которой различные функции выполняются по цепочке. Вместо этого они стали использовать междисциплинарный подход к проектированию изделий, который требует объединения нескольких систем и процессов разработки. Например, в последнее время количество электронных компонентов в автомобилях сильно выросло. На них приходится от 35 до 40 процентов всей стоимости изделия. Автомобиль Mercedes-Benz класса S содержит более 100 электронных блоков управления, это почти столько же, сколько в самолете Airbus A380 (не считая бортовую систему организации досуга в полете)⁴. Поэтому проектировщикам необходим доступ к различным инструментам проектирования механических и электронных компонентов для своевременного выпуска изделий, соответствующих спецификациям заказчика.

Чтобы функционировать эффективно, такая сложная среда требует согласованности между инструментами. Несмотря на все трудности, компаниям, которые внедрили CFD-анализ на ранних стадиях проектирования, не нужно было переосмысливать или изменять устоявшийся процесс проектирования, чтобы воспользоваться открывшимися преимуществами. Многие руководители команд по проектированию изначально думали, что будет удобнее использовать существующие инструменты, но они быстро поняли, что тем самым заставляют своих сотрудников



Основные слагаемые проектирования.

использовать неправильные инструменты. Секрет успеха в том, чтобы выбрать решение с правильным сочетанием функций, призванных решать конкретные задачи, которое при этом вписывалось бы в привычные процессы проектирования и не стало бы причиной сбоев.

Однако не все CFD-инструменты можно внедрить на ранних этапах проектирования. Программное обеспечение для CFD, которое используется на этапе верификации, на ранних стадиях разработки использовать неудобно. Это можно понять, детально рассмотрев традиционный, не встроенный в CAD-среду CFD-процесс, где геометрия импортируется в CFD-инструмент из отдельной CAD-системы.

СОВЕТ 3

Успешное внедрение — это ключ к получению преимуществ от использования CFD на ранних стадиях проектирования.

Любой CFD-анализ требует использования CAD-моделей и подготовки геометрии, включая очистку и восстановление, генерацию сетки, решение, постпроцессинг и создание отчетов. Но в каждом типе программного обеспечения это происходит по-разному. Традиционный процесс требует попеременной работы то в CAD-системе, то в инструментах для CFD-анализа, с постоянным риском передачи в CFD аппроксимированной геометрии. Так как проектирование представляет собой итеративный процесс, при каждом изменении геометрии процесс нужно повторять снова. Для сравнения, если CFD-анализ встроен в CAD-среду и выполняется в одном и том же программном обеспечении, то все изменения геометрии происходят в одном месте.

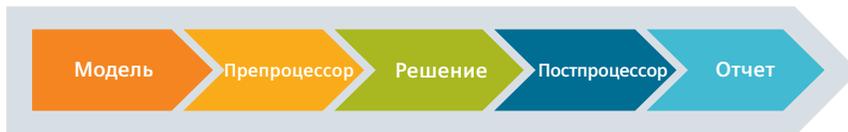
Многие традиционные CFD-инструменты состоят из нескольких интерфейсов: один для препроцессинга, один для решения и еще один для постпроцессинга. Традиционные программы для CFD также имеют свои собственные интерфейсы, не интегрированные в CAD. Каждый раз, когда нужно проанализировать модель, данные нужно подготовить, экспортировать из CAD и импортировать в CFD-инструмент, где модель можно адаптировать для дальнейшей работы.

СОВЕТ 4

Выбирайте решение, которое впишется в ваши привычные процессы проектирования и не станет причиной сбоев.

«Встроенный в CAD CFD-инструмент позволяет получить результаты инженерного анализа почти так же быстро, как и изменить конструкцию. В результате мы смогли увеличить скорость потока через наш новый клапан для пропуска углекислого газа на 15 процентов и сократить время вывода на рынок на четыре месяца. При этом у нас отпала необходимость в создании 50 прототипов».

VENTREX



Традиционный CFD
Последовательный процесс



Использование CFD на ранних
этапах внутри CAD-среды



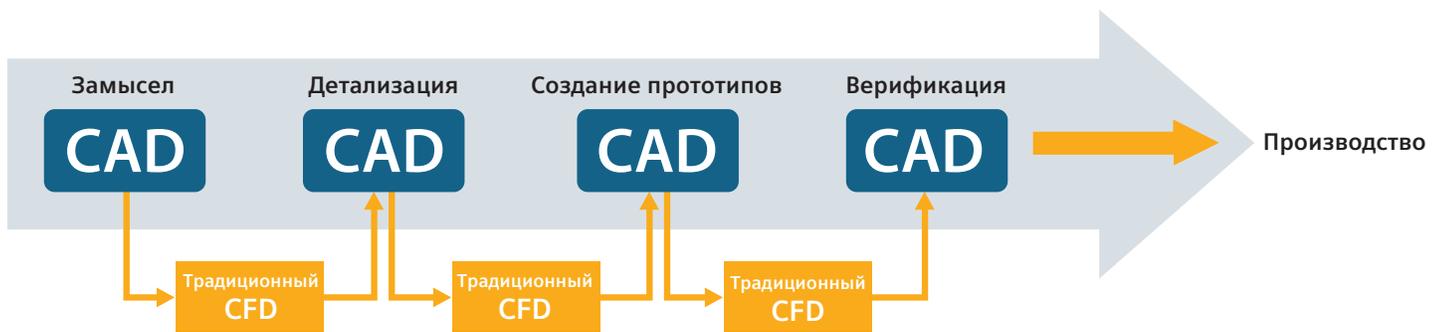
Инженерный анализ в CAE (Сабер, 2015).

Кроме того, эти программы настолько сложны, что их невозможно использовать без специальной подготовки, поэтому анализ обычно выполняют узкие специалисты. Например, большинство традиционных CFD-инструментов поддерживает разнообразные алгоритмы генерации сеток. Пользователь должен понимать, какой из них наилучшим образом подойдет для определенной задачи. Затем он должен работать над сеткой до тех пор, пока она не станет оптимальной для конкретной модели и задачи.

«В Simcenter FLOEFD можно создать несколько различных вариантов инженерного анализа, чтобы проектировщик мог принимать взвешенные решения об оптимизации... Simcenter FLOEFD помогает нам прогнозировать температуру поверхности систем IGBT/ShowerPower, прежде чем мы перейдем к созданию финального прототипа и его испытаниям».

Danfoss Drives

Традиционный CFD



Использование традиционных CFD-инструментов может отнимать много времени, а сам процесс анализа затянуться на более продолжительное время, чем закладывалось на стадии проектирования.

CAE на ранних стадиях проектирования



CFD на ранних стадиях проектирования



CFD на ранних стадиях проектирования экономит время

Однако решения по CFD-анализу, ориентированному на проектирование, включают встроенную интеллектуальную автоматизацию. Они были разработаны, чтобы стать еще одной функцией внутри CAD-системы, наряду с разными видами анализа КЭ-модели, например, анализом напряжений. Это делается для того, чтобы внедрять CFD на ранних стадиях проектирования.

Кроме того, CFD-решения, используемые на ранних этапах, значительно сокращают время анализа. Некоторые компании утверждают, что сократили время на 75 процентов. Как это стало возможным? CFD-решения, используемые на ранних этапах проектирования, содержат проверенные временем технологии, которые сокращают время подготовки и препроцессинга:

- Благодаря полной интеграции с CAD для анализа используется одна и та же геометрия. Больше не нужно экспортировать данные, чтобы подготовиться к анализу. Кроме того, решение полностью встраиваемое — обучаться работе с совершенно новым интерфейсом не нужно. CFD становится просто еще одной функцией внутри знакомого пакета CAD.
- При анализе потока жидкости и теплопередачи мы хотим понять, что происходит в пустом пространстве. Чтобы представить это пустое пространство, в традиционных CFD-инструментах нужно создавать дополнительную геометрию. CFD-решения, используемые на ранних этапах проектирования, рассматривают пустое пространство как область течения жидкости. В итоге время на создание геометрии тратить не нужно. Это совершенно лишний шаг.

«Решение Simcenter FLOEFD от Siemens Digital Industries Software помогает лучше понять конструкцию фар и оптимизировать ее. Даже очень сложные геометрии и условия тестирования можно изучить, прикладывая минимум усилий. Новые функции, такие как модель излучения Монте-Карло и светодиодный модуль, помогают ускорить разработку сложных изделий».

Automotive Lighting

- Прежде чем начать анализ, для модели нужно создать сетку. При использовании традиционных CFD-инструментов инженер должен определять сам, какая сетка наилучшим образом подойдет для представления потока. В CFD-решениях, используемых на ранних этапах проектирования, есть автоматический генератор сеток, который подбирает оптимальный вариант в зависимости от задачи. Программное обеспечение имеет встроенные интеллектуальные технологии, такие как SmartCells™. Эта функция позволяет использовать грубые сетки для ускорения анализа без ущерба для точности. Если вы хотите больше узнать об этой технологии, прочитайте статью «SmartCells — быстрый и точный CFD-анализ»

Национальный институт авиационных исследований проверил, сколько времени экономит использование анализа на ранних этапах проектирования в сравнении с традиционными методами.

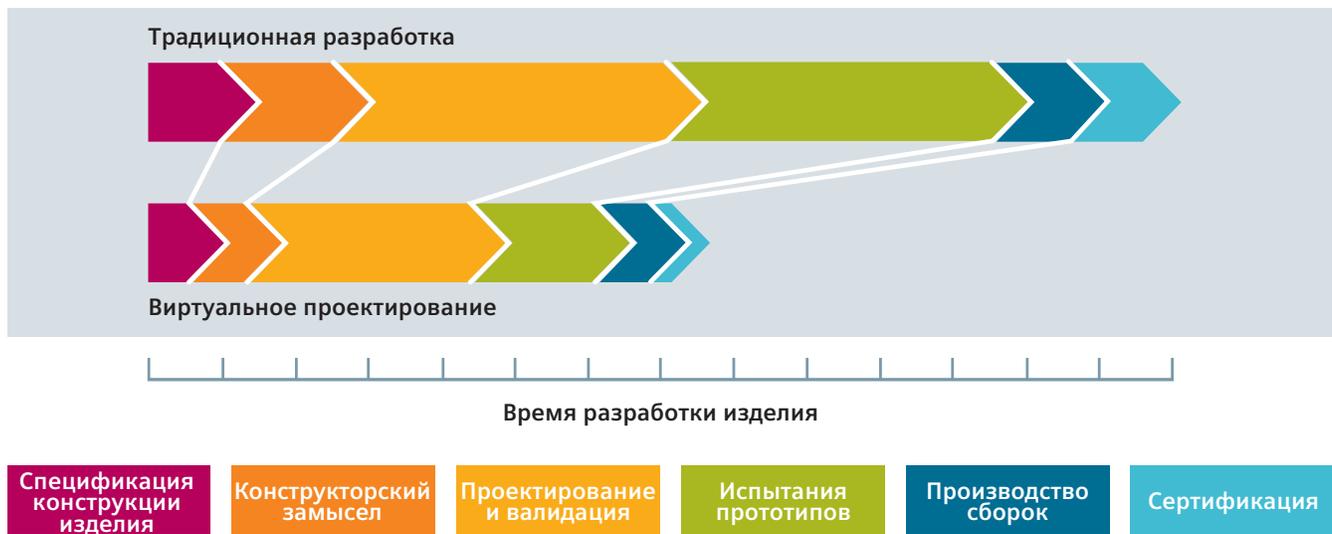
Вывод: используя правильный инструмент для CFD на ранних стадиях, вы сможете значительно сократить время, затрачиваемое на инженерный анализ, и оптимизировать процесс проектирования в целом.

«Мы можем показать финальный вариант конструкции заказчику, продемонстрировать, как он выглядит и работает, уже через день. А это три недели и тысячи евро экономии для каждой модели».

JAZO

СОВЕТ 5

Выбирайте правильный инструмент, чтобы использовать CFD на ранних этапах проекта, значительно сократить время, затрачиваемое на инженерный анализ, и оптимизировать процесс проектирования.

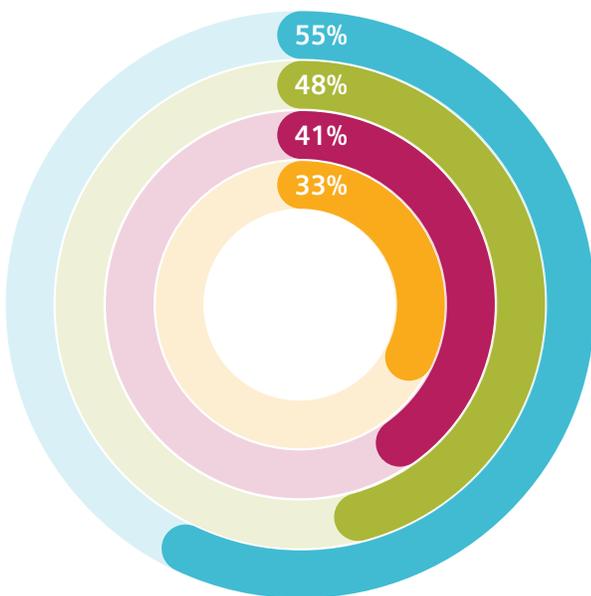


Simcenter FLOEFD и внедрение CFD на ранних этапах проектирования могут сократить цикл разработки (Национальный институт авиационных исследований).

Инженер-проектировщик

В современном мире проектировщиками обычно становятся инженеры-механики. Большинство из них так или иначе изучили принципы CFD во время своего обучения. Но важнее всего то, что инженер, проектирующий изделие, полностью разбирается во всем, что с ним связано. Например, инженер-проектировщик, работающий над автомобильной системой освещения, получил эту работу, поскольку он имеет опыт проектирования электронных компонентов и знаком с основными свойствами и характеристиками автомобильных систем освещения. Он понимает, что электронные компоненты генерируют тепло, избыток которого влияет на характеристики изделия. Он знает, что тесное расположение электронных компонентов в корпусе создаст проблемы с теплом. Он понимает, что многие электронные компоненты, в том числе радиаторы, помогут убрать лишнее тепло. Даже разные материалы создают разные операционные среды, что может отразиться на теплообмене.

То есть инженеры-проектировщики на сто процентов способны оценить проблему, сравнить несколько вариантов конструкции, чтобы понять, какие из них являются наиболее перспективными, а затем протестировать их и создать надежную финальную конструкцию. Исследования показывают¹, что инженеры-проектировщики проводят инженерный анализ текущих сред очень часто:



- Единая группа экспертов-расчетчиков
- Проектировщики, распределенные по проектам
- Небольшие команды экспертов-расчетчиков, распределенные по проектам
- Эксперты-расчетчики из сторонних компаний (на субподряде)

Источник: Lifecycle Insights¹



«Программное обеспечение для вычислительной гидродинамики Simcenter FLOEFD дает возможность инженерам-проектировщикам, которые раньше не занимались анализом текучей среды, выполнять анализ теплообмена. В результате конструкция у нас получилась с первого раза, и нам нужно было сделать всего один прототип. Так мы избежали дорогостоящих изменений, необходимость в которых обычно возникает на поздних этапах разработки.»

Azonix

СОВЕТ 6

Используя правильные инструменты, проектировщики могут оценить проблему, проверить другие варианты конструкции и протестировать их.

Ниже описаны примеры успешного использования решения для CFD-анализа на ранних этапах проектирования Simcenter FLOEFD™ от Siemens Digital Industries Software.

«Самый важный критерий в выборе решения для анализа — это возможность его использования всеми членами команды, вне зависимости от их уровня подготовки...Сотрудники, у которых еще мало опыта в анализе, должны с легкостью применять его в работе... Поэтому очень важно, чтобы инструменты были интегрированы с Pro/ENGINEER. Мы не хотели создавать отдельную модель для анализа. А если CFD-инструмент встроен в CAD-среду, можно повторно проводить валидацию нескольких моделей для анализа. Также это позволяет избежать трудностей с переключением между процессами (от проектирования к анализу)».

Seiko Epson

«В нашей команде восемь проектировщиков, три из них используют Simcenter FLOEFD. Вы можете использовать это решение хоть один раз в три месяца и все равно не забудете, как работать с ним. Большой плюс Simcenter FLOEFD в его практичности».

Orbotech

«Нам нравится Simcenter FLOEFD, потому что это решение быстро производит расчеты в установившемся режиме. У нас нет специалистов по CFD, инженерным анализом у нас занимаются проектировщики. Simcenter FLOEFD — лучший инструмент для CFD-анализа благодаря функции упрощенной автоматической генерации сетки, доступной прямо внутри нашей CAD-среды — PTC Creo. Особенно полезна функция «Вырезать ячейку».

Mitsubishi Materials Corporation

Другими словами, все, что нужно проектировщикам, — это доступ к правильным инструментам на правильной стадии проектирования, чтобы увеличивать производительность на протяжении всего рабочего процесса.

Почему нужно выбирать Simcenter FLOEFD?

Технологию Simcenter FLOEFD впервые представили в 1991 году, и с тех пор ее использовали тысячи инженеров, чтобы выполнять CFD-анализ на ранних этапах проектирования.

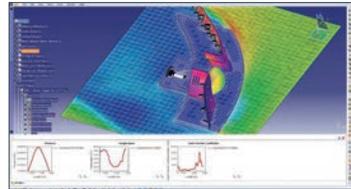
Решению Simcenter FLOEFD присудили несколько наград. Оно не нарушит вашего рабочего процесса и не потребует внесения изменений. Simcenter FLOEFD просто встраивается в ваш процесс проектирования и не создает сбоев. Это позволяет тестировать различные варианты конструкции за меньшее время, тогда как затраты на исследования и разработку снижаются и становятся гибкими. Это помогает команде проектировщиков быстро отказаться от бесперспективных идей, а команде расчетчиков — сконцентрироваться на решении более сложных проблемах анализа и быстрее проводить верификацию.

Подтвержденное повышение эффективности

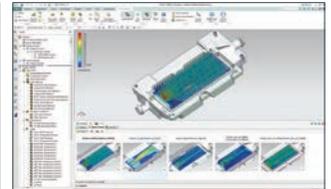
Проводить анализ с помощью Simcenter FLOEFD гораздо быстрее. Это результат использования технологии интеллектуальной автоматизации, возможности работать внутри CAD-среды и простоты в управлении. Решение Simcenter FLOEFD полностью встраивается в самые распространенные CAD-программы. Несмотря на то, что в каждой из этих программ интерфейс немного отличается, уровень удобства работы один и тот же. Многие проектировщики говорят о том, что освоили решение меньше, чем за восемь часов. Это гораздо быстрее, чем в случае с традиционными CFD-программами, для полноценного обучения которым требуется 12 месяцев.



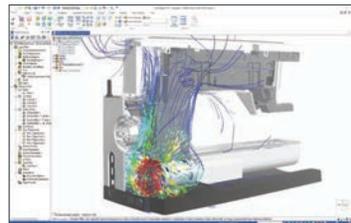
Решение Simcenter FLOEFD получило множество наград, в NMI выбрали его финалистом в двух категориях.



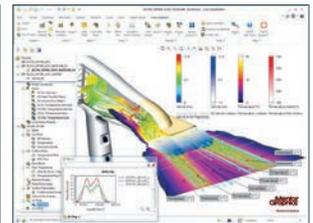
Simcenter FLOEFD для CATIA® V5.



Simcenter FLOEFD для Siemens NX™.



Simcenter FLOEFD для Siemens Solid Edge®.



Simcenter FLOEFD для PTC Creo®.

Так как проектировщик запускает Simcenter FLOEFD прямо внутри CAD-среды и использует родную геометрию, данные не нужно экспортировать из CAD и импортировать в Simcenter FLOEFD. К анализу модели можно приступать сразу, а это экономит время и силы. Мастер-процессы, понятный инженерам язык и обширные библиотеки оптимизируют использование и помогают инженеру быстро и без лишних усилий подготовить модели. Автоматический генератор сеток позволяет сгенерировать сетку для модели при минимальном вмешательстве проектировщика. Наконец, программа автоматически распознает область текучей среды.

Simcenter FLOEFD позволяет легко анализировать различные варианты конструкции. Проектировщик просто вносит изменения в модель внутри CAD, а Simcenter FLOEFD автоматически применяет информацию по предыдущему анализу, включая граничные условия и свойства материалов, к новому варианту. После повторного создания сетки модель снова можно анализировать.

Скорость очень важна, поскольку проектировщику нужно вовремя выполнить анализ и не отстать от быстро развивающихся конкурентов. Simcenter FLOEFD существенно экономит время.

Результаты недавнего сравнительного исследования показали, что проектировщики одной аэрокосмической компании в 10 раз увеличили продуктивность при анализе падения давления в канале сложной формы, используя

Simcenter FLOEFD вместо традиционного пакета для CFD-анализа. Мы не можем раскрыть детали, так как это конфиденциальная информация, поэтому приводим краткое изложение результатов:



Использование традиционного CFD-инструмента отнимало много времени на этапе препроцессинга, особенно это касалось подготовки модели, которая включала в себя экспорт модели из пакета CAD и ее настройку для использования в CFD-программе. Также требовалось больше времени на создание сетки. На этапе решения традиционный CFD-инструмент производил расчеты значительно дольше из-за размера сетки. Некоторые думают, что время решения проблемы можно сократить, запустив как можно больше процессоров. Но при прочих равных (при использовании одинакового аппаратного обеспечения), с помощью Simcenter FLOEFD проблема решилась намного быстрее. При детальном рассмотрении всего процесса выяснилось, что для выполнения одной и той же задачи с одинаковой точностью Simcenter FLOEFD потребовалось всего четыре часа, а традиционному CFD-инструменту — 40 часов. Нет необходимости говорить, что теперь команда проектировщиков использует Simcenter FLOEFD.

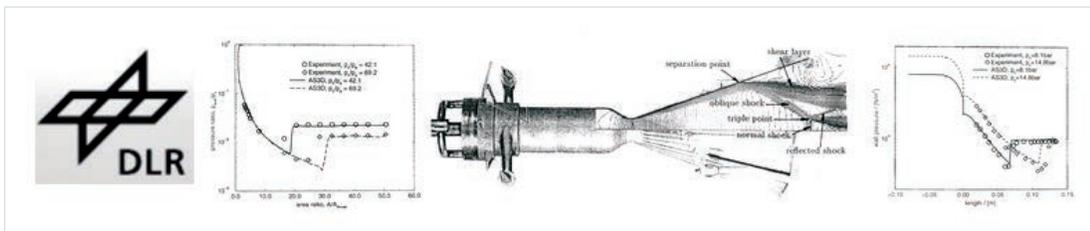
Доказанная точность

Скорость — это хорошо, а скорость и точность — еще лучше.

Технология Simcenter FLOEFD уходит корнями в российскую аэрокосмическую отрасль и используется с 1991 года. Ее первую валидацию выполнили совместно с Германским центром авиации и космонавтики. Специалисты проанализировали процесс разделения в сопле ракеты, сравнили данные численного моделирования и физических испытаний и сделали вывод, что технология дает точные результаты.

«Весь цикл проектирования, анализа и физических испытаний занял у нас ровно половину того времени, которое мы затрачивали при использовании традиционных процессов проектирования».

Marenco AG



Процесс разделения в сопле ракеты: Первую валидацию выполнили совместно с Германским центром авиации и космонавтики.

С пор технология Simcenter FLOEFD прошла тщательный контроль со стороны ведущих аэрокосмических и автомобилестроительных организаций. Совсем недавно Общество инженеров автомобильной промышленности Японии (JSAE) провело слепое тестирование семи передовых коммерческих CFD-инструментов, чтобы продемонстрировать, насколько точны результаты каждого из них по сравнению с испытаниями в аэродинамической трубе. Решение Simcenter FLOEFD вновь доказало свою эффективность в этом независимом сравнительном тестировании.

Точное и быстрое, Simcenter FLOEFD — это передовое решение для использования CFD на ранних стадиях проектирования.

CFD-анализ стал неотъемлемой частью процесса проектирования. Он перестал быть роскошью, теперь это необходимость. Компании, которые понимают это, лидируют в своей отрасли. А те, которые не понимают, тратят свои ресурсы впустую. Можете ли вы позволить себе быть во второй группе? Свяжитесь с нами, чтобы получить бесплатную консультацию о том, как увеличить продуктивность вашей команды и общую прибыль компании.

СОВЕТ 7

Свяжитесь со специалистами Siemens, чтобы получить бесплатную консультацию о том, как увеличить продуктивность вашей команды.

«Самое большое преимущество в использовании Simcenter FLOEFD — это то, что решение встроено в CAD-среду, а для анализа используются параметрические CAD-модели. Это облегчило изменение любой геометрии и анализ нескольких вариантов...Результаты анализа в Simcenter FLOEFD всегда были точными... Решение Simcenter FLOEFD помогло мне работать с проектами, где нужно было создавать сложную геометрию, например, поддерживающую систему лобовых частей обмоток статора. Без Simcenter FLOEFD я бы не справился.»

E-Cooling GmbH

«Когда я использую традиционный подход к CFD для аэродинамического анализа, получение результатов занимает несколько недель. А теперь я могу получить их через несколько часов. В новых проектах мы используем новый, итеративный подход...Simcenter FLOEFD позволяет быстро проанализировать все идеи и предварительно оценить их еще до более детального изучения на следующих этапах проекта. Это чрезвычайно эффективный способ работы в условиях сжатых временных рамок.»

Bromley Technologies Ltd.

Ссылки

1. 2013, "Driving Design Decisions with Simulation," *Lifecycle Insights*
<http://go.mentor.com/55ngt>
2. 2006, *Systems Engineering Handbook*.
3. 2009, Charette, Robert N., "This car runs on code," *IEEE Spectrum*
4. 2006, "SmartCells – Enabling Fast & Accurate CFD," Mentor Graphics 2016.
<http://go.mentor.com/55ngt>

Siemens Digital Industries Software

Штаб-квартира

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

Северная и Южная Америка

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Европа

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Азиатско-Тихоокеанский регион

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

О компании Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software помогает создать цифровое предприятие и шагнуть в будущее разработки, производства и проектирования электронных систем. Наши решения помогают компаниям самого разного размера создавать цифровые двойники, которые открывают новые возможности, позволяют получать ценные знания, переходить на новые уровни автоматизации и успешно внедрять инновации. Дополнительную информацию о продуктах и услугах компании Siemens Digital Industries Software можно узнать на сайте [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software), а также подписавшись на наши профили в [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) and [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software — Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© Siemens 2019. Список товарных знаков Siemens можно найти [здесь](#).
Все остальные торговые марки принадлежат их владельцам.

76928-81169-C6-RU 12/19 LOC