

Значение Mathcad® в авиационно-космической и оборонной промышленности

Борис Седакка, редактор журналов Electrical Products и Panel Building, Industrial Media Limited, Великобритания

В авиационно-космической и оборонной промышленности разрабатываются очень сложные программы с точно заданными требованиями, тщательной проверкой систем и государственной аттестацией. Здесь очень важно, чтобы частота выявления ошибок проектирования стремилась к нулю, а снижение стоимости не оказывало негативного влияния на пригодность к эксплуатации, безопасность и эффективность. Эти критерии должны применяться ко всей продукции авиационно-космической и оборонной промышленности, от военных самолетов до коммерческих спутников. Инженерам необходимо оптимизировать процессы разработки продукции, чтобы ускорить внедрение технических новшеств и сократить время вывода продукции на рынок, не увеличивая при этом степень риска.

Изделия авиационно-космической и оборонной промышленности традиционно проходят самый долгий цикл разработки; иногда на создание космических кораблей и другой космической техники уходит до 10 лет. Из-за столь долгого жизненного цикла и высокой сложности изделий создаваемая инженерами интеллектуальная собственность постепенно утрачивается или теряет свое значение. Необходим последовательный, документально подтвержденный метод, позволяющий накапливать проектные знания инженеров, сохраняя тем самым результаты интеллектуальной деятельности, которыми затем смогут воспользоваться другие сотрудники организации.

Это позволит избежать перерасхода средств и существенно сократить циклы разработки изделий. Кроме того, существует большое количество критически важных проектных данных, которые требуется оформлять документально, форматировать, распространять и обновлять в соответствии с требованиями стандартов и нормами техники безопасности. Чтобы понимать, что же происходит в процессе разработки изделия, необходимо отслеживать и контролировать каждый шаг этого процесса.

Расчеты — сердце инженерного проектирования в авиационно-космической и оборонной промышленности. Они определяют характеристики изделия, влияют на его качество. На них основаны ключевые компетенции организации. Расчеты служат первоисточником, когда что-то идет не так. Важнейшие инженерные расчеты, отвечающие за первостепенные задачи, сочетают интерполяцию исходных данных, учет требований к изделию, соблюдение математических законов и научных принципов с технологическими допущениями и практическим «ноу-хау». Однако процесс проектирования — это не просто выполнение расчетов и получение результатов. Чтобы обеспечить соответствие требованиям ряда корпоративных и отраслевых стандартов качества, в том числе Six Sigma и ISO 9000, необходимы стандартизированные и подтвержденные документально процессы проведения инженерных расчетов. Благодаря стандартизированным расчетам работа над проектом становится более продуктивной и реже приходится действовать наугад, методом проб и ошибок. Результат — изделие высшего качества с исключительными характеристиками.

Инженерам авиационно-космической и оборонной отрасли необходимо оптимизировать процессы разработки изделий, чтобы сократить жизненные циклы разработки, уменьшить степень риска и повысить производительность.

В этом техническом описании рассказывается о том, как проектные организации авиационно-космической и оборонной промышленности осваивают пакет Mathcad взамен электронных таблиц и традиционных языков программирования, и как уникальные возможности Mathcad помогают организациям решать ключевые вопросы, а техническим специалистам — повысить эффективность работы.

Mathcad в авиационно-космической и оборонной промышленности

Инженерные расчеты являются важной частью процесса разработки изделия, и их следует сохранять и совместно использовать как объекты интеллектуальной собственности. Mathcad сохраняет интеллектуальную собственность и представляет сущность расчетов проектным организациям.

Полное документирование процесса ведения расчетов позволяет проектным организациям:

- уменьшить степень риска благодаря сохранению и стандартизации важных расчетов;
- избежать ошибок в проектировании изделия и перерасхода проектных средств;
- свести к минимуму необходимость в проверке и перепроверке данных;
- увеличить производительность и повысить качество;
- рационализировать техпроцессы и избавиться от их лишних повторений;
- сохранить результат интеллектуальной деятельности инженеров;
- обеспечить возможность многократного использования важной информации;
- выявить оптимальные методы;
- обмениваться достоверными знаниями с коллегами внутри организации и вне ее;
- уменьшить количество ошибок и неточностей;
- защитить подлинность и целостность инженерно-конструкторских расчетов.

Mathcad помогает в осуществлении инженерно-технических работ, связанных с проектированием, тестированием, оценкой программ и изделий авиационно-космической и оборонной промышленности. Mathcad упрощает процесс обмена информацией между инженерами, позволяет учесть результаты и финансовые последствия проектной деятельности специалистов из разных групп, уменьшая тем самым необходимость в последующей технической доработке. Таким образом Mathcad помогает организовать совместную работу и обеспечить соответствие стандартам, поддерживая непрерывное совершенствование результатов интеллектуальной деятельности и максимально способствуя их использованию в эволюционных проектах.

В проектно-конструкторских организациях из всех отраслей промышленности, которые стремятся сохранить свои расчеты при проектировании изделий, претворяются в жизнь основные принципы Mathcad: стандартизация конструкторских инструментальных средств (позволяющая, в свою очередь, стандартизировать способ оформления расчетов и их документального подтверждения), активное использование шаблонов, предоставление глобального доступа к результатам через Интернет и т. д. Это позволяет компаниям уменьшить риск появления ошибок и не тратить время

на доработку, которая стоит больших денег, приводит к потере эффективности и может лишить организацию потенциальных клиентов.

Mathcad помогает в осуществлении инженерно-технических работ, связанных с проектированием, тестированием, оценкой программ и изделий авиационно-космической и оборонной промышленности.

Когда проблемы конструирования объединяют несколько дисциплин, инженерам необходимы решения, способные учитывать механические, электрические и тепловые характеристики. Это особенно справедливо для таких обширных областей, как авиационно-космическая и оборонная промышленность. Идеальным стало бы решение, способное поддерживать весь цикл — от разработки концепции и проектирования до тестирования и производства.

Mathcad играет важнейшую роль в авиационно-космической и оборонной промышленности, поскольку с годами эволюционировал в самое исчерпывающее решение для конструкторских расчетов. Предлагая массу возможностей для выполнения расчетов и решения задач проектирования, Mathcad в то же время предоставляет возможность обширного взаимодействия с другими инженерными и бизнес-приложениями. Прежде всего большинство людей при знакомстве с пакетом Mathcad отмечают его уникальный формат визуального представления информации, который позволяет использовать стандартные математические нотации и совмещать в одном документе формулы, графики, иллюстрации и текст. Этот формат отображает каждый шаг работы пользователя и обеспечивает документирование технической работы в форме, оптимальной для накопления знаний и обмена информацией между разными командами и проектными группами.

Огромным преимуществом является также интерактивность пакета Mathcad. Используя патентованные естественно-математические методы, Mathcad при каждом изменении переменной автоматически пересчитывает уравнения, заново вычерчивает графики и обновляет результаты расчетов, что позволяет ускорить и упростить итеративные проектные разработки. Mathcad автоматически преобразует единицы измерения, что избавляет пользователя от кропотливой работы, отнимающей массу времени, и устраняет этот типичный для технических проектов источник ошибок.

Mathcad представляет собой идеальный центральный элемент рабочего стола инженера: он легко интегрируется со множеством настольных приложений, которыми ежедневно пользуются технические специалисты, в том числе Pro/ENGINEER®, Microsoft Office Excel, MATLAB® от MathWorks, National Instruments LabVIEW®, SolidWorks®, ANSYS®, Bentley Microstation®. С помощью Mathcad пользователи могут объединять в одном документе данные, графические элементы и расчеты из разных приложений.

Используя патентованные естественно-математические методы, Mathcad при каждом изменении переменной автоматически пересчитывает уравнения, заново вычерчивает графики и обновляет результаты расчетов, что ускоряет и упрощает итеративные проектные разработки. Пользователи Mathcad могут быть уверены в точности своих расчетов. Такая уверенность в результатах позво-

ляет свести к минимуму необходимость проверки и перепроверки данных и усиленного оперативного контроля. В авиационно-космической и оборонной отрасли Mathcad упрощает расчетные работы при конструировании, разработке, производстве и тестировании авиационной, космической, ракетной техники, авиационного оборудования и радиоэлектронных подсистем. Mathcad облегчает решение проблем и процессы разработки в таких областях, как структурное проектирование, системы контроля и дистанционного управления, навигация, контрольно-измерительная аппаратура и средства передачи информации, производственные технологии.

Некоторым авиационно-космическим и оборонным компаниям, использующим Mathcad, требовался усовершенствованный метод сбора и надежного хранения инженерных расчетов для оптимизации процессов разработки продукции. С помощью Mathcad проектировщики могут вносить изменения в конструкцию и технологический процесс на раннем этапе цикла разработки, когда это обходится значительно дешевле.

Далее на примере конкретных случаев подробно описывается, как организации применяют Mathcad в авиационно-космических и оборонных проектах. В качестве примера рассматриваются такие компании авиационно-космической и оборонной отрасли, как BAE SYSTEMS (Великобритания), Asco Industries (Бельгия), Lockheed Martin (США), Claverham Group (Великобритания), Alenia Spazio (Италия) и Space Contact (Испания).

Практические примеры применения

BAE SYSTEMS (Великобритания)

BAE SYSTEMS — крупнейшая британская компания, которая выступает на международных рынках в качестве главного подрядчика и специалиста по системной интеграции в таких рыночных секторах, как воздушная, наземная, морская, космическая техника и системы оперативного управления. BAE SYSTEMS занимается проектированием, производством и обслуживанием военных летательных аппаратов, надводных кораблей, подводных лодок, космических систем, радиолокаторов, авиационного оборудования, средств связи, электронного оборудования, управляемых ракетных комплексов и прочей оборонной техники.

Группа структурных расчетов, входящая в состав отдела проектирования летательных аппаратов компании BAE SYSTEMS, отвечает за снабжение инженеров-проектировщиков летательных аппаратов программными средствами для выполнения расчетов. Эти утилиты позволяют наглядно показать клиенту, что конструкция летательного аппарата соответствует квалификационным характеристикам, и, в конечном счете, помогают получить разрешение на эксплуатацию летательного аппарата.

Mathcad уже стал стандартом для создания, передачи и повторного использования инженерных расчетов во многих авиационно-космических и оборонных компаниях.

Чтобы подтвердить соответствие квалификационным характеристикам, инженерам-проектировщикам необходимо проанализировать множество аспектов статической и усталостной прочности

конструкции летательного аппарата. При этом выполняется множество расчетов на прочность, для создания которых традиционно использовалась комбинация вычислений вручную, существующих программных средств и письменных отчетов.

Задача группы структурных расчетов — заменить традиционные средства такой электронной средой, которая бы позволяла создавать пользовательские расчеты, легко интегрировалась с программными средствами специалистов и обеспечивала создание отчетов.

Для инженеров-проектировщиков отправной точкой обычно служит целостная математическая модель летательного аппарата. Этот процесс предполагает создание довольно грубой конечно-элементной модели с помощью подходящего пакета программных средств в среде сверхпроизводительных вычислений. К модели применяется аэродинамическая и инерционная нагрузка, и для решения задачи используется конечно-элементный решатель, например Nastran. При таком решении обеспечивается распределенная нагрузка на отдельные элементы конструкции: крылья, фюзеляж и т. д. вплоть до уровня субкомпонентов изделия. Затем полученные результаты используются в качестве входных данных для более подробных расчетов, которые выполняются с учетом характерных особенностей конструкции. Этот подробный анализ может проводиться в форме уточненной конечно-элементной модели или вышеупомянутых традиционных вычислений вручную.

В поисках решения для электронной проверки деталей на прочность компания BAE SYSTEMS проанализировала несколько готовых продуктов. Большинство из этих продуктов либо были излишне ориентированы на аспекты проектирования, либо не обеспечивали нужной гибкости в расчетах. Компания достаточно быстро убедилась, что Mathcad соответствует большинству требований. Ключевыми факторами, повлиявшими на выбор BAE SYSTEMS, стали такие возможности Mathcad, как поддержка произвольного формата, воспроизводимость, накопление знаний в предметной области, аудит протокола и создание отчетов.

Чтобы выполнить остальные требования, специалисты компании BAE SYSTEMS разработали дополнительное приложение — Computer Integrated Technical Standards (CITS). Это приложение может работать как независимая программа или как компонент в составе Mathcad. Его основная функция — предоставить интерфейс для более сложных расчетов и обращения к внешним данным, которые при использовании одного только пакета Mathcad выполнялись бы слишком медленно или могли оказаться слишком громоздкими. Многие из этих расчетов и форматов внешних данных характерны для авиационно-космической и оборонной промышленности и в некоторых случаях являются секретными.

CITS — это прикладная среда, в которой можно разместить неограниченное число дополнительных методов расчета. Для каждого размещенного метода доступны общие службы: интеграция OLE, хранение файлов, общий доступ к данным и интеграция внешних данных с использованием стандартной COM-технологии Microsoft. Каждый метод, наследуя общие возможности среды, содержит также собственный графический пользовательский интерфейс, модель хранения данных и методы расчета. Для создания методов

используется решение MS Visual C++, и они могут динамически регистрироваться в среде. Каждому методу доступны многократно используемые компоненты, предоставляемые как часть среды.

В поисках решения для электронной проверки деталей на прочность компания BAE SYSTEMS проанализировала несколько готовых продуктов. Большинство из этих продуктов либо были излишне ориентированы на аспекты проектирования, либо не обеспечивали нужной гибкости в расчетах. Компания достаточно быстро убедилась, что Mathcad удовлетворяет большинству требований.

Текущая серийная версия CITS включает методы, которые позволяют:

- обращаться к внешней базе данных свойств материалов по металлическим и композитным материалам;
- рассчитывать упругие свойства композитных слоев;
- анализировать напряжение или деформацию металлических или композитных пластин;
- рассчитать геометрические свойства детали для любой формы балки, в том числе с помощью импорта внешних данных из решений Dassault Systemes или IBM CATIA;
- анализировать двумерные модели болтовых соединений, используя методы нагрузки при сдвиге, нагрузки в опоре и жесткости стыка;
- анализировать стабильность металлических или композитных панелей.

С помощью пакета разработчика Mathcad Software Development Kit был создан вспомогательный компонент CITS, обеспечивающий обмен данными с Mathcad. Это позволяет упростить интеграцию между переменными данными в Mathcad и данными, хранящимися во встроенном приложении CITS. В настоящее время эта возможность ограничена — можно только извлекать данные из CITS; однако в следующей серийной версии (2.1) можно будет также помещать данные (сочетание нагрузок, геометрию и т. д.) в CITS.

Отображение данных между встроенными объектами CITS и Mathcad осуществляется по типу приложения Excel, которое поставляется как стандартный компонент вместе с Mathcad. Принципиальное отличие состоит в том, что в процессе отображения используется наглядный принцип «навести и щелкнуть», и пользователю не нужно выполнять ввод в адресах ячеек.

Компонент CITS поддерживает в интерфейсе взаимозависимости единиц, благодаря чему можно с помощью Mathcad осуществлять размерный контроль сложного расчета. Был также разработан механизм переноса пользовательских данных, что позволило улучшить характеристики обмена данными при использовании больших наборов данных.

Математическая природа методов, разработанных для CITS, во многих случаях позволяет инженерам создавать их прототипы в Mathcad, прежде чем вводить в код. Возможность интеграции компонентов также позволяет инженерам взять Mathcad за основу при тестировании и документировании контроля качества изделий; при

этом можно использовать теорию прототипов и конечный код в одном документе Mathcad, чтобы иметь возможность сравнить их.

Благодаря такому подходу — дополнению возможностей Mathcad полностью интегрируемым приложением собственной разработки — пользователи получили инструмент, который легко может заменить любые менее масштабные программные средства, при этом обеспечивая дополнительную возможность интеграции с помощью среды CITS.

Однако получившаяся в итоге система не может работать без участия инженера. Система помогает быстрее выполнять интеграцию и расчетные задачи, за счет чего повышается производительность труда.

Система CITS-Mathcad была разработана для инженеров компании BAE SYSTEMS. В компании работают более 300 инженеров, и почти все они прошли обучение работе с системой на двухдневных ролевых обучающих курсах. Курсы предназначены для целенаправленной подготовки к использованию Mathcad, CITS и интеграции между ними. Обучение завершается приближенными к практике расчетами на прочность для компонентов летательного аппарата.

Asco Industries (Бельгия)

Asco работает в коммерческом секторе авиационно-космической промышленности более 25 лет. Компания Asco Industries начала свою деятельность как частный субподрядчик в 1954 году. С момента основания и по сей день она находится в частном владении и управлении. Компания специализируется на совместной разработке, механообработке, изготовлении и аттестованной сборке сложных, высокопрочных компонентов летательных аппаратов, таких как механизмы закрылков и предкрылков, рамы крепления двигателя, детали шасси и тормозные барабаны. Одним из направлений деятельности являются металлические части для механизации крыла летательных аппаратов коммерческой гражданской авиации, в том числе направляющие отклоняемых предкрылков или задней кромки крыла.

«Мы используем Mathcad для решения двух различных задач, — говорит Рана Кадир из компании Asco. — Первая задача — решение статических дифференциальных уравнений равновесия, чтобы получить распределение нагрузки вдоль направляющей предкрылка. Затем, используя эти нагрузки, мы определяем предварительный размер направляющей на основании предельных значений прочности при растяжении и сжатии материала в соответствии с минимальным требуемым весом».

«Вес представляет собой большую проблему, и мы всегда пытаемся оптимизировать конструкцию, сделав ее части как можно легче в соответствии с требованиями к статической и усталостной прочности конструкции. В обычных файлах Mathcad задаем связь входных данных с электронными таблицами Excel, содержащими геометрические данные и данные нагрузок. После выполнения основной серии расчетов предварительные значения размера и веса выводятся в форме таблиц и графиков», — рассказывает Кадир.

Вторая задача — выполнение подробных расчетов на прочность, которые показывают целостность проектируемой конструкции при статических и усталостных нагрузках. Эти конечные отчеты

передаются на утверждение уполномоченной организации 1-го уровня по проекту, например CASA или Airbus UK (BAE SYSTEMS), а затем используются для сертификации летательного аппарата.

«С помощью Mathcad мы можем доходчиво представить свои идеи в виде согласованных уравнений, — поясняет Кадир. — Используя пакет конечно-элементного анализа Nastran, мы получаем точные данные по распределению нагрузок и напряжений и можем с помощью электронной таблицы Excel обрабатывать большие объемы данных из пакета Nastran. Но именно Mathcad дает нам возможность представить нашу работу в четком и понятном формате. Mathcad — это эффективный инструмент для инженеров, с помощью которого они могут представлять и наглядно демонстрировать свою работу друг другу».

Кадир и его коллеги работают с пакетом Mathcad более пяти лет. До этого им приходилось комбинировать документы, сделанные в приложениях Word и Excel, но помещать уравнения в документы Word было очень неудобно.

«Это происходило хаотично, и уравнения не были согласованными, — вспоминает Кадир. — Если что-то менялось, приходилось возвращаться и изменять все. С помощью Mathcad это значительно проще. Поэтому мы используем Mathcad для написания отчетов и оптимизации наших конструкций».

«С помощью Mathcad мы также вставляем рисунки из Nastran. Мы можем представить сертификационную документацию в удобном формате. Если нам прежде приходилось обновлять отчет, сделанный в приложении Word, это было чрезвычайно утомительно. Теперь, благодаря Mathcad, мы можем изменить несколько чисел, и изменения автоматически выполняются во всем документе».

Lockheed Martin (США)

Компания Lockheed Martin, крупнейший в мире подрядчик военного ведомства, занимается главным образом исследованием, проектированием, разработкой, производством и интеграцией усовершенствованных технологичных систем, изделий и услуг для правительственных и коммерческих клиентов. Основные направления деятельности — системная интеграция, авионика, космические системы и технологические услуги. В 2006 году объем продаж Lockheed Martin составил свыше 39 миллиардов долларов США, а численность сотрудников компании составляла приблизительно 140 000 человек.

Сотрудник компании Lockheed Martin Дэвид Рэйди пользуется пакетом Mathcad несколько лет, начиная с версии 2.1. До прихода в Lockheed он занимался проектированием электрических устройств, используя Mathcad для расчета быстрых преобразований Фурье (БФП), цифровой обработки сигналов (ЦОС), свертки, а также вычисления площади, охватываемой лучом радиолокатора.

«Иногда я использую Mathcad, в другой раз — электронную таблицу, карандаш и бумагу или пишу программы на языках C++, Fortran и Basic, — поясняет он. — С помощью Mathcad я выполняю координатные преобразования для перевода декартовых координат XYZ в цилиндрические полярные координаты, от наземных станций до

летательных аппаратов. Я разрабатываю алгоритм в Mathcad и тестирую его, чтобы убедиться, что он работает, перед тем как запрограммировать его на соответствующем компьютерном языке. Так я могу убедиться в том, что программирую правильно, поскольку математика представлена в Mathcad гораздо понятнее».

«Я делал то же самое на прежней работе, когда программировал встроенные системы для обработки сигналов. Нам приходилось программировать на языке C специальные платы для цифровой обработки сигналов, содержащие ЦП со встроенными алгоритмами быстрых преобразований Фурье и свертки», — говорит Рэйди.

Теперь Рэйди мог бы записать алгоритм в Mathcad, затем запрограммировать его на соответствующем языке, чтобы перед загрузкой во встроенные процессоры убедиться, что ответы на выходе совпадают. Все это позволило бы ему выполнить задачу быстрее, без излишнего использования ввода-вывода.

«В Lockheed у нас имеется много приложений для вычерчивания графиков, особенно это касается вращений, — рассказывает Рэйди. — Для начала я попробовал загрузить их в Mathcad, чтобы посмотреть, как это будет выглядеть. Некоторые мои коллеги предпочитают использовать пакет MATLAB, но мне кажется, что это больше похоже на программирование. Если мне надо написать программу, я предпочитаю использовать язык Ada или C++».

«Я могу проверять математические расчеты в Mathcad, а затем вырезать и вставлять их в документ Word, чтобы создавать спецификации, планы и аналитические отчеты. А иногда я использую его как текстовый редактор, поскольку в нем с уравнениями работать гораздо проще, чем в редакторе уравнений Word».

Кроме того, с помощью Mathcad Рэйди проверяет, выполняет ли программа то, для чего предназначена. Получить ответ на этот вопрос в Mathcad гораздо быстрее, чем если с той же целью дать кому-либо перечитать строки кода.

«Можно сразу же увидеть матрицы и уравнения вращения, вместо того чтобы построчно просматривать блоки кода на языке C++», — говорит Рэйди. «В Mathcad я могу легко закомментировать уравнения, чтобы опробовать альтернативные сценарии. Mathcad помогает проектировщикам эффективнее обмениваться информацией при обсуждении математических расчетов, — говорит он. — В Mathcad четко отображены все математические выкладки, и это позволяет удостовериться в том, что речь идет об одних и тех же расчетах».

«Более того, когда требуется наглядно продемонстрировать какой-либо процесс, можно воспользоваться возможностями Mathcad по созданию графических изображений, в том числе анимационными средствами Mathcad. Это позволяет прекрасно понимать друг друга при достижении общей цели».

На прежней работе Рэйди использовал анимационные средства для обработки сигналов, где большая часть поступающих данных представляла собой шум. Когда проходил сигнал, членам группы хотелось знать, можно ли его увидеть. Рэйди сумел сохранить те кадры, на которых появлялись сигналы, а затем соединить их в анимации.

«Mathcad помогает проектировщикам эффективно обмениваться информацией, когда они пытаются обсуждать математику. Как только данные записаны, их можно читать из файлов данных и выполнять с ними операции, а затем преобразовать в файл формата AVI. После этого я могу показать людям видеоролик с появлением и исчезновением сигнала. Mathcad — замечательное приложение, и я был бы рад, если бы мне удалось убедить других использовать его. Он поможет сэкономить массу времени и усилий, которые тратятся на объяснения».

Claverham Group (Великобритания)

Claverham Group специализируется на системах приводов и сопутствующих услугах для авиационно-космической, оборонной отрасли и производства. Компания Claverham была создана в январе 1998 года после приобретения у Fairey Group компании Fairey Hydraulics Limited (FHL), признанного мирового лидера в области технологии приводов. FHL является предпочтительным поставщиком для компаний McDonnell Douglas/Boeing и British Aerospace Military Aircraft Division, а также имеет целый ряд положительных отзывов от других заказчиков. В декабре 2000 года Claverham была приобретена компанией Hamilton Sundstrand, ведущим поставщиком высокотехнологичного авиационно-космического оборудования и систем. После приобретения Claverham компания Hamilton Sundstrand стала поставлять наряду с приводами к вспомогательным системам управления полетом также и приводы к основным системам управления полетом летательного аппарата. Помимо основных систем управления полетом летательного аппарата продукция Claverham используется в приводах для наведения реактивных снарядов — области, в которой компания Hamilton Sundstrand ранее практически не работала. В настоящее время Claverham по-прежнему специализируется на производстве приводов, в том числе:

- исполнительных механизмов основной системы управления полетом боевого самолета;
- исполнительных механизмов основной системы управления полетом вертолета;
- систем приводов управляемых крылатых ракет;
- гидравлических систем специального назначения;
- исполнительных механизмов специального назначения, например зацепов для вертолетной посадочной площадки;
- усовершенствованных гидравлических деталей, например безредукторных приводов запорной арматуры;
- шасси;
- приводов и систем рулевого управления подводной лодки.

Редж Рейвел, главный специалист по системам управления в Claverham, проработал в компании 28 лет — сначала в Fairey Aviation (первые исследователи треугольных крыльев), затем в Fairey Hydraulics вплоть до ее приобретения компанией Claverham в 1998 году.

«Теперь мы являемся частью компании Hamilton Sundstrand, которая специализируется на системах охлаждения и вспомогательных

системах управления для множества летательных аппаратов, — говорит Рейвел. — Они приобрели нас из-за нашего опыта в создании приводов основных систем управления полетом, которые управляют основными поверхностями — элеронами, хвостовыми стабилизаторами и рулями направления, придающими летательному аппарату маневренность и повышающими его стабильность».

Claverham Group специализируется на системах приводов и сопутствующих услугах для авиационно-космической, оборонной отрасли и производства. «На протяжении последних 12 лет я отвечаю за проектирование всей структуры систем управления и связанной с ней схемы контура управления. Прежде я использовал компьютерные языки программирования Fortran и Basic. Всякий раз при проектировании систем управления я начинаю работу с самого начала, поскольку не существует двух одинаковых систем управления — каждая из них уникальна. Поэтому приходится проделывать работу заново, чтобы вывести все уравнения состояния. После этого необходимо разобраться в уравнениях состояния и придать им управляемость».

Первый шаг — расчет вручную с использованием калькулятора, чтобы аналитически наметить асимптоты системы. По ходу этого процесса Рейвел может начинать присваивать данные переменным после обсуждения с коллегами, проектирующими корпус летательного аппарата.

«Мы учитываем такие моменты, как инерция крыла и поверхности, жесткость и т. д. Я называю это аналитическим этапом проектирования, который предшествует применению компьютеров. На этом этапе можно разработать элементарную программу для аналитической обработки. Прежде я написал бы на языке Basic код для выполнения этих расчетов».

После того как Рейвел и его коллеги определили приблизительную структуру системы, им необходимо провести более точный анализ, чтобы тщательно рассмотреть все детали и полностью определить систему. Этот процесс включает множество расчетов, а также логико-временное моделирование системы — для этого Рейвел использовал программирование на языке Fortran 77. Ему пришлось разработать несколько алгоритмов и методов численного интегрирования, взяв за основу стандартные источники, например метод Рунге-Кутты второго порядка и метод Рунге-Кутты четвертого порядка.

В середине 1980-х годов Рейвел получил первый экземпляр пакета Mathcad версии 1. «Когда появилась версия 2, я начал осознавать все потенциальные возможности Mathcad, — вспоминает Рейвел. — К моменту перехода на версию 6 я уже всю использовал этот пакет для оценки исходного проектного решения. В конце концов, с помощью Mathcad я выполняю всесторонний анализ систем управления для создания сложных моделей систем, оценочных сценариев типа «что, если...» и анализа чувствительности систем. Этот процесс включает выполнение математических вычислений для определения уравнений состояния. Я нахожу Mathcad чрезвычайно полезным, поскольку мне не приходится затем переходить в другую среду кодирования».

«Если я хочу выполнить интегрирование, я просто ввожу дифференциальные уравнения в Mathcad с использованием стандартного математического символа для вычисления интеграла, вместо того

чтобы использовать команду типа INT, синтаксис которой включает сложные для понимания скобки, запятые и условия. Я считаю этот метод действительно полезным, поскольку он позволяет мне работать с математическими вычислениями, оставляя задачу кодирования пакету Mathcad».

«Я также нахожу полезной возможность выполнения символьных операций. Когда я вывожу уравнения состояния, взаимосвязи между системами управления могут быть очень сложными. В результате получаются сложные и запутанные математические выражения. Можно потратить много времени и усилий, пытаясь упростить эти уравнения путем разложения на множители».

«Важно то, что я получаю фактические данные от реальных устройств и импортирую их в Mathcad, где хранится теоретическая имитация системы, после чего я могу сравнивать их, чтобы проверить систему. В конце дня я с помощью Mathcad выполняю всесторонний анализ систем управления для создания сложных моделей систем, оценочных сценариев типа «что, если...» и анализа чувствительности систем». Нет необходимости упрощать выражения — это сделает Mathcad. Процесс для меня сводится к символьному или аналитическому решению, так как мне не нужно назначать числовые переменные».

«Если я хочу представить выражение в развернутом виде, Mathcad также делает это для меня численным методом. Я предпочитаю решать уравнения итерационно с помощью метода Ньютона-Рафсона. Если обе части уравнения содержат неизвестные, я могу просто воспользоваться процедурой решения в Mathcad, указав приближенное решение. Еще одна полезная возможность Mathcad — импорт данных. Я всегда стараюсь не отрываться от реальности и следить за своей системой управления сервоприводом, после того как она установлена на летательный аппарат».

Прежде приходилось проводить много экспериментов на стендах для динамических испытаний, имитирующих среду летательного аппарата. Рейвел внедряет системы управления в такую среду и проводит различные измерения в режиме реального времени, используя цифровые массивы данных Tektronix: как правило, 12-разрядные данные при частоте выборки 2-5 кГц.

Прежде эти данные приходилось распечатывать и оценивать с помощью пары циркулей и линейки, чтобы проверить, ведут ли себя системы управления соответственно ожиданиям. Теперь Рейвел может сохранить данные Tektronix на диске и импортировать их в Mathcad.

«Если они в точности совпадают или находятся в пределах погрешности эксперимента или аппаратуры, я могу сделать вывод, что модель точна и применима в определенных границах. Я могу также импортировать данные в стандартную среду Microsoft Office, например в приложение Word или Excel, а затем передать результаты анализа коллегам по сети передачи данных. Сейчас Mathcad активно используется в нашей организации. Он установлен на персональных компьютерах всех инженеров — всего около 50 человек», — поясняет Рейвел.

Alenia Spazio (Италия)

Компания Alenia Spazio, входящая в группу Finmeccanica, получила известность как один из ведущих поставщиков космических систем

и оборудования. Она имеет богатый опыт в области разработки спутниковых систем для дальней связи, дистанционного зондирования, метеорологии и научных исследований, а также в области управляемых систем и космических комплексов, космических транспортных систем и систем обеспечения входа в атмосферу, центров управления, параллельных суперкомпьютеров и специализированного программного обеспечения космических аппаратов.

Alenia Spazio является генеральным подрядчиком во всех программах, которыми руководит Итальянское космическое агентство (ASI), и принимает участие в большинстве проектов, которые организует Европейское космическое агентство (ESA). Эта компания работает в программах Европейской комиссии по исследованию новейших систем дальней связи и дистанционного зондирования и является подрядчиком в двусторонних проектах с участием Итальянского космического агентства и Национального агентства США по аэронавтике и исследованию космического пространства.

На предприятии Alenia Spazio в городе Л'Акуила имеются объединенные мощности по производству антенн и конструктивных элементов, цифровой аппаратуры, низкочастотных и высокочастотных силовых установок, то есть мощности, часто требующие применения опыта и технологий из области микроэлектроники. К сфере деятельности компании относится также автоматическая контрольно-испытательная аппаратура, микроэлектроника и комбинированные системы, интегральные микросхемы, композитные материалы, цифровая аппаратура, радиочастотное оборудование, низкочастотное силовое оборудование, компоненты прикладных интегральных схем и контроль качества.

«С помощью Mathcad я имитирую радиочастотные и полосковые СВЧ линии для антенн, — говорит Лукка Солеччия, инженер-электронщик, работающий в технологическом отделе PCB. — Я пишу уравнения в Mathcad, чтобы определить ширину полосковой линии, и нахожу несколько моделей для ее имитации. Для каждого смоделированного материала подложки я создаю в Mathcad отдельный лист, в котором ввожу толщину диэлектрика, диэлектрическую постоянную, полное сопротивление, длину волны (лямбда) и другие значимые параметры».

«На этих листах вычисляются значения ширины полосковой линии для различных материалов подложки, которые могут использоваться. Частота зависит от программы, но прямо сейчас я работаю над полосковой антенной с частотой немодулированного сигнала 10 ГГц. Эта антенна предназначена для гражданских систем связи».

«Я переношу уравнения в таблицы данных от поставщиков материалов СВЧ подложек. Я ввожу параметры в индивидуальные листы Mathcad и получаю множество результатов из каждой группы уравнений. Это дает мне способы выбора материалов. Затем уравнения упрощаются и объединяются с прочей документацией».

Компания Alenia Spazio приобрела Mathcad в декабре 2000 года. «До получения пакета Mathcad я использовал MATLAB, — вспоминает Солеччия. — Но с Mathcad работать проще».

Space Contact (Испания)

Space Contact предоставляет инженерные решения для расчетов динамики механических частей, температур и жидкостей применительно к космической отрасли по всему миру. Механический отдел с помощью пакета Nastran выполняет расчет конечно-элементных моделей для спутников и пусковых систем. Space Contact принимает участие в расчете прочности конструкций для антенн, в том числе для спутника «Розетта» и антенн MGAX и MGAS. Она также участвует в расчете прочности конструкций для пусковых установок, в том числе ракеты-носителя «Ариан-5», в которой в качестве криогенного топлива используются водород и кислород.

Отделы анализа динамики температур и жидкостей выполняют расчеты для спутников, пусковых установок, рабочих отсеков, оборудования и других подсистем, а также для антенн различного типа, от спутниковых «тарелок» до внутренних микрополосковых антенн. В числе антенн с характерными геометрическими и термическими свойствами можно назвать антенну с выпуклой решеткой (CAA), антенны специальной формы с решетчатым отражателем и двойной поляризацией (SARA), демонстратор спутника ARABSAT и скаттерометр ASCAT для спутника METOP. Компания выполняет также анализ терморегулирования в силовых установках, среди которых наиболее весомым является метеоспутник Meteosat второго поколения (MSG).

«Эту задачу могут выполнять только инженеры, прошедшие специальную подготовку, — говорит авиационный инженер Адольфо Агуилар, руководитель компании Space Contact. — Мы используем Mathcad для анализа терморегулирования и прочности конструкций с использованием конечно-элементных методов. Прежде мы пользовались пакетом Mathematica, но перешли на Mathcad по требованию клиентов. Для конечно-элементного анализа используются очень сложные модели, и мы проверяем результаты с помощью Mathcad».

«Основное преимущество Mathcad в том, что с ним проще работать, чем с пакетом Mathematica, который больше похож на язык программирования. Матричные функции Mathcad особенно полезны для расчета тензора напряжений, с помощью которого определяется запас надежности деталей конструкции. Например, у нас имеются композитные материалы, состоящие из слоев углеродного волокна и других материалов. Запас надежности — это показатель, с помощью которого мы задаем предел, при превышении которого конструкция ломается, и используем для этого матричные вычисления от слоя к слою».

«С Mathcad удобно работать, в частности, печатать результаты промежуточных вычислений и импортировать в документы Microsoft Word. Мы пишем уравнения и задаем начальные условия, затем получаем результаты и сравниваем их с показателями из других пакетов программного обеспечения, например Nastran», — рассказывает Агуилар».

Прослеживаемость действий и XML

В Mathcad можно также создать контрольный протокол или журнал вычислений и числовых значений (то есть формул, допущений, методов и требований к изделию) и обеспечить проверку и подтверждение правильности определенных технических расчетов и данных. Эта возможность прослеживания действий опирается на функции аннотирования индивидуального вычисления (откуда взялось уравнение, почему оно использовалось и т. д.) и создания специализированной информации (записи об авторе документа, даты последнего изменения формулы и т. д.). Благодаря этому не только используется правильная информация, но и становится понятно, почему она используется, тем самым обеспечивается согласованность ввода данных инженерами.

Прослеживаемость действий тесно связана с языком XML — общепризнанным стандартом для обмена данными, который позволяет легко обмениваться данными через интрасеть, экстрасеть или Интернет, какую-либо другую сеть или несетевую платформу в организации или вне ее, особенно с клиентами и партнерами. В Mathcad пользователи могут указать источник константы проектного вычисления или уравнения либо в текстовой области, либо в XML-аннотации. Если вычисление из одного документа используется в другом документе, Mathcad автоматически указывает в XML-аннотации, откуда взялось вычисление. В Mathcad можно создать контрольный протокол или журнал вычислений и числовых значений (то есть формул, допущений, методов и требований к изделию) и обеспечить проверку и подтверждение правильности определенных технических расчетов и данных.

XML предоставляет следующие дополнительные возможности:

- Удобное преобразование форматов файлов: преобразование XML-документов в стандартные форматы деловых документов, например файлы Microsoft Word и Adobe FrameMaker, что позволяет экономить время и ресурсы на изменении формата документации.
- Обширные возможности поиска: поиск текста и вычислений, включая результаты, что позволяет инженерам максимально быстро находить все важные данные.
- Сжатие: уменьшение размера файла документа, включая все объекты с большим количеством данных (такие как таблицы и изображения), что помогает свести к минимуму объем памяти, используемой для хранения данных.

Сводка

Проектные расчеты — это стержень процесса проектирования изделия. С их помощью вычисляются критически важные параметры изделия, анализируются данные тестирования и прогнозируются характеристики изделия. На каждом этапе процесса разработки изделия каждое проектное решение виртуально принимает форму числовых расчетов. До сих пор эти расчеты не сохранялись так тщательно, как геометрия конструкции в моделях CAD. Утилиты систем автоматизированного проектирования (CAD), средства управления данными об изделии и решения по управлению жизненным циклом изделия сохраняют и контролируют геометрию конструкции и результаты расчетов, но не сохраняют полной картины, включая уравнения и базовые допущения.

Не имея возможности решать и документировать расчеты с помощью стандартизированных средств проектирования и оптимальных методов, организациям авиационно-космической и оборонной отрасли приходится прибегать к непродуктивному повторному проектированию, совершая дорого обходящиеся ошибки и расстраивая интеллектуальную собственность. Mathcad — это стандарт для создания, передачи и повторного применения проектных расчетов во множестве компаний авиационно-космической отрасли. Стандартизация с помощью Mathcad позволяет компаниям сохранять интеллектуальную собственность проектных расчетов, сберегать ценные корпоративные активы и повышать продуктивность людей и технологических процессов.

Пользователи Mathcad в авиационно-космической и оборонной промышленности

- Aerostructures (Австралия)
- Alenia Spazio (Италия)
- Asco Industries (Бельгия)
- BAE SYSTEMS (Великобритания)
- BOC Edwards (Великобритания)
- Boeing (США)
- Bofors Defence (Швеция)
- Управление гражданской авиации (Великобритания)
- Claverham Group (Великобритания)
- Датский институт космических исследований (Дания)
- DERA (Великобритания)
- DLR (Германия)
- Dornier Satellitensysteme (Германия)
- DSTO (Австралия)
- Enator Moveo (Швеция)

- Технический центр Европейского космического агентства (ESA/ESTEC) (Нидерланды)
- ESO (Германия)
- Европейское космическое агентство (Бельгия)
- General Dynamics (США)
- GKN Westland Helicopters (Великобритания)
- Gulfstream Aerospace (США)
- Honeywell (США)
- ITT Aerospace/Communication (США)
- Korea Airlines (Южная Корея)
- Lockheed Martin (США)
- Loral Space & Communications (США)
- MAN Technologie (Германия)
- Matra Marconi Space (Франция)
- Центр спутниковой метеорологии (Япония)
- Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) (США)
- Northrop Grumman (США)
- Orbital Sciences (США)
- Raytheon (США)
- Robert Bosch GmbH (Германия)
- SAAB Dynamics (Швеция)
- Singapore Technologies Aerospace
- SNECMA
- Societa Italiana Avionica (Италия)
- Space Contact (Испания)
- Swedish Space Corporation (Швеция)
- Textron (США)
- Thales Air Defence (Великобритания)
- TRW Aeronautical (Великобритания)
- Turbine Air Systems
- United Technologies (США)
- Volvo Aero Corporation (Швеция)

© Parametric Technology Corporation (PTC), 2007 г. Все права защищены законами об авторском праве в США и других странах. Источником приведенной здесь информации послужил практический опыт отдельных пользователей. Она предоставляется исключительно в информационных целях, может быть изменена без предварительного уведомления и не подразумевает никаких гарантий или обязательств со стороны PTC. PTC, логотип PTC, Mathcad, а также названия и логотипы всех изделий PTC являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками компании PTC и/или ее дочерних компаний в США и других странах. Все остальные названия компаний и изделий являются собственностью их владельцев.