

Новые технологии компании *MSC Software*

М.Н. Коледов (ООО "Эм-Эс-Си Софтвэр РУС")



Корпорация *MSC Software* (Санта-Ана, Калифорния, США), с 1963 года работающая в области создания компьютерных технологий, предлагает широкий спектр интегрированных систем инженерного анализа и виртуального моделирования. Такие технологии обеспечивают самый современный, принципиально новый уровень инженерных расчетов и способствуют повышению качества и надежности изделий при значительном сокращении сроков проектирования и производства.

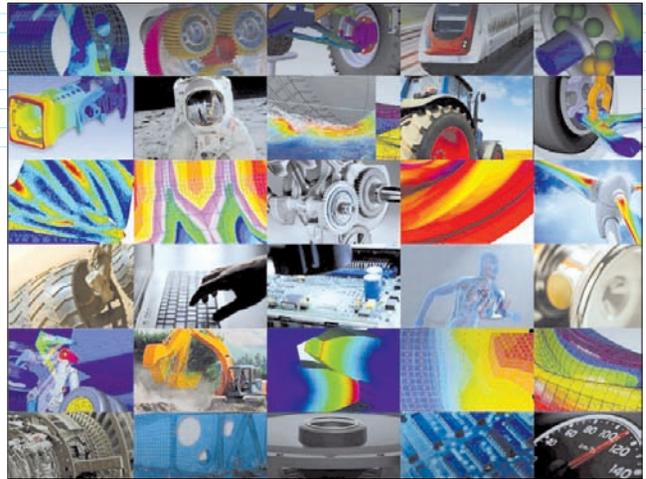
Программное обеспечение *MSC Software* успешно применяется в самых различных отраслях промышленности. В настоящее время пользователями решений от *MSC Software* являются свыше 20 000 компаний по всему миру, включая более 300 предприятий и вузов в России, Беларуси, Украине, Казахстане и странах Балтии.

Каждый день сотни тысяч специалистов в самых разных уголках мира обращаются к программным продуктам *MSC Software Corporation* (табл. 1). Среди них не только сотрудники авиационных и ракетно-космических предприятий, где решения от *MSC Software* фактически являются мировым стандартом, но и специалисты из машиностроительной, оборонной, автомобильной, судостроительной, железнодорожной, двигателестроительной, приборостроительной и ряда других отраслей промышленности.

Потребности промышленности и разработчиков новой техники ставят перед корпорацией

Табл. 1. Продукты компании *MSC Software*

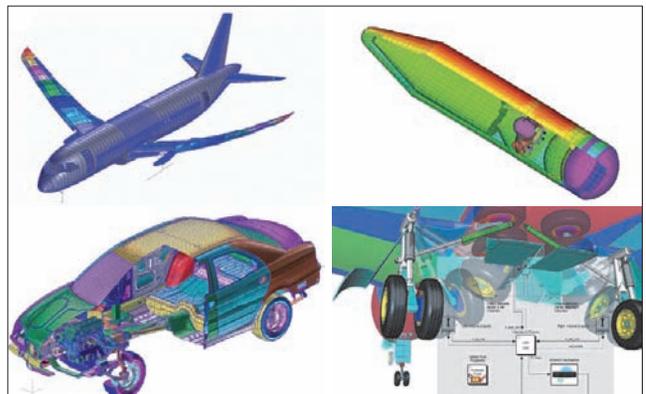
N <i>MSC Nastran</i>	D <i>Dytran</i>
P <i>Patran</i>	S <i>Sinda</i>
M <i>Marc&Mentat</i>	M <i>Mvision</i>
A <i>Adams</i>	F <i>MSC Fatigue</i>
E5 <i>Easy5</i>	FL <i>FlightLoads and Dynamics</i>
MK <i>MasterKey Plus</i>	FEA <i>FEA</i>
SX <i>SimXpert</i>	AFEA <i>AFEA</i>
SD <i>SimDesigner</i>	TFEA <i>TFEA</i>
SM <i>SimManager</i>	ND <i>MSC Nastran Desktop</i>



MSC Software новые задачи, решение которых требует новых инструментов, расширяющих и дополняющих возможности существующей линейки программных комплексов. Создание таких инструментов требует нестандартного взгляда на проблему и обобщения всего накопленного за полувековую историю компании опыта.

За последний год такими продуктами для *MSC Software* стали:

- **Digmat** – уникальный программный комплекс для нелинейного многоуровневого моделирования и расчета актуальных характеристик композиционных материалов;
- **Actran** – программный комплекс для анализа возникновения, распространения и поглощения шума в замкнутых полостях и в открытом пространстве, вызываемого механическими колебаниями конструкций или наличием турбулентного течения газа;
- **Adams/Machinery** – комплекс для создания расчетных моделей механизмов и машин с использованием специальных параметрических моделей подшипников, зубчатых, цепных и ременных передач.



Программный комплекс *Digmat*



Разработчиком *Digmat* является бельгийская компания **e-Xstream engineering**, которая была основана в 2003 г. Своей целью специалисты *e-Xstream engineering* видели создание передовых методов моделирования современных композитных материалов и конструкций, которые помогут поставщикам материалов и конечным пользователям в разработке и производстве оптимальных композитных изделий. Результатом работы в этой области стал программный комплекс *Digmat*.

В 2012 году *e-Xstream engineering* вошла в состав корпорации *MSC Software*, что вывело этот программный комплекс на новый международный уровень.

Сегодня *Digmat* – это виртуальная лаборатория для моделирования композиционных материалов и изделий из них. Технология моделирования композитов в *Digmat* опирается на микромеханические

подходы для точного предсказания поведения сложных многокомпонентных материалов, и преодолевает разрыв между производственным процессом, разработкой материала и конечно-элементным (КЭ) расчетом. *Digmat* дает возможность получить актуальные, достоверные характеристики композита. КЭ-решение для композита становится предсказуемым и точным, что позволяет с уверенностью оптимизировать композитную конструкцию.

Digmat обеспечивает получение тепловых, электрических, прочностных и теплопрочностных характеристик многофазных материалов. Кроме этого, возможно получение необходимых характеристик для проведения расчетов на разрушение, ползучесть и усталость. *Digmat* позволяет моделировать термопластики, термореактивные пластмассы и композиты с различной матрицей (полимерной, металлической, резиновой). Полученные характеристики материалов в дальнейшем могут передаваться для выполнения расчетов в КЭ-системах. Возможен учет неоднородности характеристик материалов, связанный с технологическими процессами изготовления композитов: литья под давлением, выкладки, прессовки.

Программный комплекс *Digmat* – это набор инновационных, оптимизированных и эффективных инструментов для нелинейного многоуровневого моделирования материалов и конструкций. Представление о модулях, входящих в состав комплекса *Digmat*, дает табл. 2.

Задачи, решаемые средствами *Digmat*:

1) Разработка и производство инновационных композитных продуктов:

- эффективно по времени и затратам;
- легче, экологически чище, дешевле и более высокого качества.

2) Расчет материалов, усиленных непрерывным и рубленым волокном:

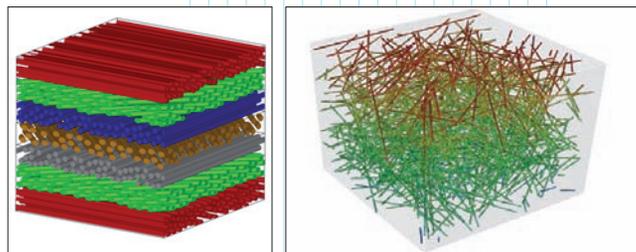
- прогноз нелинейных, зависимых от скорости деформации и анизотропных свойств материала;
- учет технологического процесса; местной ориентации волокна, температуры и остаточных напряжений.

3) Нелинейное многоуровневое моделирование образцов композиционных материалов:

- различные типы расчетов – температурно-механические воздействия, вибрации, ударные нагрузки, ползучесть, разрушение, ресурс;
- различные типы материалов – рубленое волокно, непрерывное волокно, резина, металл, нанотехнологии.

Табл. 2. Модули в составе *Digmat*

	Digmat-MF – предназначен для прогнозирования нелинейного поведения многофазных материалов
	Digmat-FE – предназначен для генерации реалистичного представительного объема материала для детального конечно-элементного анализа
	Digmat-MX – предназначен для проведения обратного инжиниринга, хранения, поиска и безопасного обмена моделями материалов <i>Digmat</i> между поставщиками и потребителями
	Digmat-CAE – объединяет в единую цепочку конечно-элементные программные комплексы для моделирования литья под давлением и прочностного анализа
	Digmat-MAP – служит для передачи данных об ориентации волокон, остаточных напряжений, температур и линий спая, полученных при моделировании инъекционного литья, в различные системы конечно-элементного анализа
	Micros – предназначен для простого и эффективного конструирования сотовых сэндвич-панелей на базе передовых технологий моделирования микромеханических свойств материала



Примеры моделирования композиционных материалов в *Digmat*

Программный комплекс *Actran* для акустического анализа



Система *Actran* разработана компанией **Free Field Technologies (FFT)**, основанной в 1992 году. Головной офис компании расположен в городе Лёвен (*Lowain-la-Neuve*), в 30 км от Брюсселя (Бельгия). С 2011 года *FFT* является подразделением корпорации *MSC Software*.

В настоящее время, когда по многим существенным параметрам (скорость, грузоподъемность, производительность и т.п.) машины, механизмы и транспортные системы приближаются к своим оптимальным и/или предельным значениям, на первый план выдвигаются эргономические характеристики изделий. В числе первых из них по значимости идут акустические свойства. Компьютерное моделирование акустических процессов отличается повышенной сложностью; в то же время, хорошие акустические характеристики уже сами по себе являются свидетельством высокого качества изделия.

Actran – программный комплекс для моделирования процессов возникновения, распространения и поглощения шума в замкнутых полостях и в открытом пространстве, возникновения шума при механических колебаниях конструкций, в потоке газа, а также при взаимодействии конструкций с окружающей средой. Комплекс предлагает обширную библиотеку высокоэффективных численных методов для анализа акустики в жидкостях и газах с учетом упругих колебаний конструкций. Инструментарий включает специальные конечные и бесконечные элементы, адаптированные модели материалов, специальные виды нагрузок и граничных условий, средства вывода и преобразования результатов счета к удобному для анализа виду, и др.

Комплекс включает в себя следующие модули:

- ***Actran Acoustics*** – базовый универсальный решатель для “внутренней” и “внешней” акустики, основа для работы остальных модулей;
- ***Actran Vibro-Acoustics*** – модуль для связанного анализа акустики и упругих колебаний конструкций;
- ***Actran Aero-Acoustics*** – моделирование шума, возникающего в возмущенном потоке газа или жидкости;
- ***Actran TM*** (ТурбоМашины) – специализированное решение для

анализа шума турбомашин, вентиляторов, и других устройств;

- ***Actran DGM*** (*Discontinuous Galerkin Method*) – решатель на базе метода Галёркина для задач аэроакустики в сложных течениях с высокими градиентами температур.

Кроме того, в состав *Actran* входит собственный специализированный пре- и постпроцессор ***Actran VI*** с современным графическим интерфейсом пользователя, который легко освоить.

Комплекс *Actran* хорошо интегрируется с *MSC Nastran* и другими распространенными КЭ-решателями. В частности, можно использовать входные файлы *MSC Nastran* при формировании расчетных моделей, запрашивать в качестве исходных данных результаты в формате *OP2*, который поддерживается в *MSC Nastran*, брать суперэлементы *MSC Nastran* и формировать суперэлементы для последующего включения в расчетные модели *MSC Nastran*.

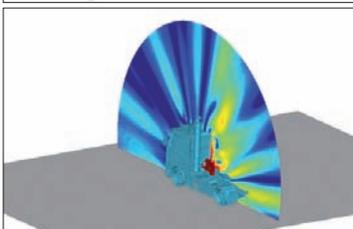
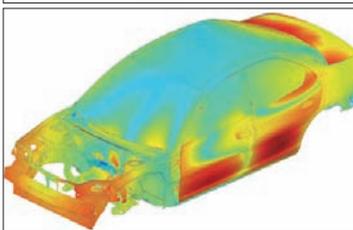
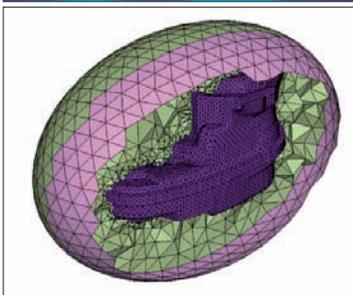
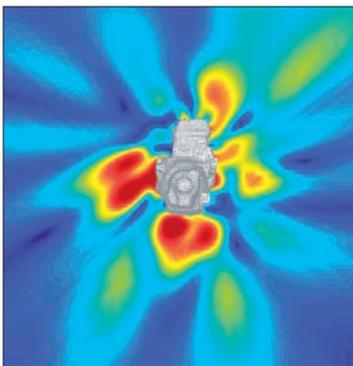
Тесная интеграция *MSC Nastran* и *Actran* позволяет эффективно использовать сильные стороны каждого из продуктов: анализ колебаний

конструкции проводить с помощью *MSC Nastran* (точность и скорость выполнения такого расчета общепризнанны), а моделирование распространения звука в среде – средствами *Actran* (этот продукт специально оптимизирован для решения именно таких задач). За интеграцию *Actran* с *MSC Nastran* отвечает отдельный модуль – ***Actran for Nastran***.

Программный комплекс *Adams/Machinery*

Adams/Machinery – это набор высокопроизводительных эффективных модулей, связанных в единый пакет, которые служат для моделирования и анализа механических систем и приводов. Применение этих специализированных инструментов повышает производительность, сокращает затраты времени на подготовку сложных моделей и качественно расширяет возможности моделирования и анализа механических систем и приводов различных типов. С помощью нового программного решения компании смогут снизить затраты на создание виртуальных прототипов проектируемых изделий и длительность цикла проектирования, а также достичь более высокого уровня соответствия изделия заявленным требованиям.

Комплекс *Adams/Machinery* полностью интегрирован в среду *Adams/View*. В его составе – обширный набор высокопроизводительных инструментов для моделирования и обработки результатов анализа



компонентов зубчатых передач, подшипников, тросовых систем, цепных и ременных передач. Кроме того, *Adams/Machinery* обладает удобным, доступным начинающему пользователю интерфейсом со встроенной системой помощи и полезной информацией по всем компонентам и их связям. Пошаговые сценарии помогут быстро построить модель, задать все необходимые параметры и выполнить расчет механической системы. Всё это в совокупности позволит сократить финансовые и временные затраты на проектирование конкурентоспособного изделия

Преимущества

Использование *Adams/Machinery* обеспечивает компаниям следующие преимущества:

- ✓ Повышение производительности инженеров за счет того, что им предоставляется возможность прямого, высокоточного моделирования типовых механических узлов – таких, как подшипники и зубчатые, ременные и цепные передачи. При этом существенно снижаются требования по знаниям в области программирования для *Adams*, что позволяет заниматься решением задач такого класса специалистам с меньшей квалификацией.

- ✓ Ускорение выхода на рынок конкурентоспособного изделия за счет быстрого получения более качественных результатов.

- ✓ Сокращение производственных затрат, что обеспечивается способностью более точно определить параметры создаваемой системы на ранних стадиях проектирования и получить оптимальную конструкцию, рассматривая большее количество проектных вариантов.

- ✓ Снижение гарантийных затрат за счет предсказания функциональных характеристик системного уровня и выхода на системы анализа долговечности.

Состав комплекса *Adams/Machinery*

В состав комплекса *Adams/Machinery* входят следующие модули:

1 **Gear** – модуль зубчатых передач. Предназначен для инженеров, которые исследуют влияние на характеристики механической системы параметров шестеренчатых передач, таких как передаточные

числа, люфт, угол наклона косозубых шестерен и т.д. Методы расчетов зубчатых систем в *Adams/Machinery* позволяют учитывать контактное взаимодействие в соединении, включая трение. Поддерживается широкий ассортимент типов шестеренчатых передач – прямозубые, косозубые, конические и т.д.

Некоторые возможности модуля *Gear*:

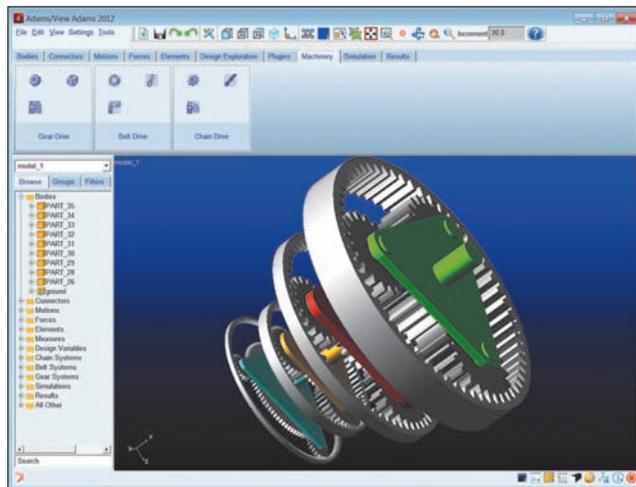
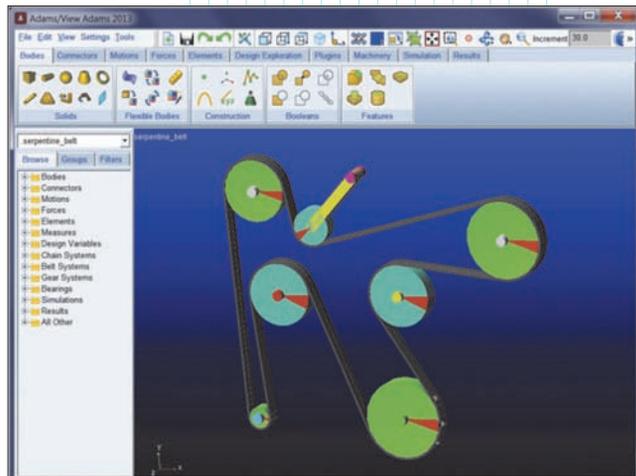
- Положение и геометрические параметры шестерен задаются настройками геометрической модели.

- Пошаговый сценарий для создания планетарного редуктора.

- Генерация специфичных для зубчатых соединений результатов в постпроцессоре *Adams/Post*.

- Использование автоматизированной параметризации модели для выполнения исследований большого числа вариантов механизма.

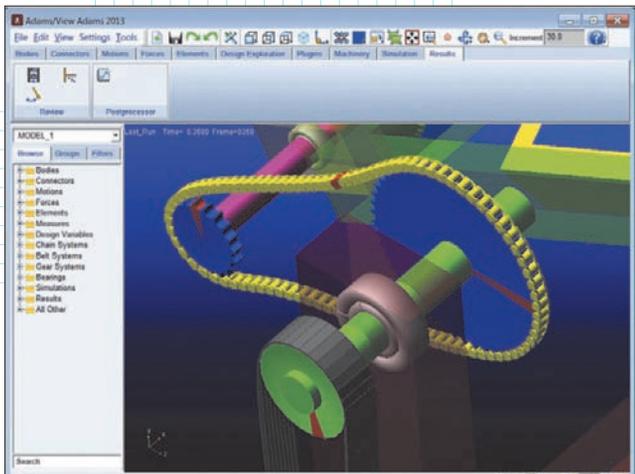
2 **Belt** – модуль ременных передач. Предназначен для инженеров, которые моделируют поведение систем “шкив-ремень” и изучают такие характеристики, как передаточные отношения, натяжение и оценка нагружения деталей системы, податливость и общая динамика ременных передач. Можно исследовать поведение плоских (2D) систем “шкив-ремень” для целого набора различных типов ремней, включая гладкие, поликлиновые – регулируемые, трапециевидные – зубчатые и т.д.



Имеется возможность добавлять в систему натяжители различных типов. Пошаговый сценарий позволяет легко приложить нагрузку в виде силы или движения к любому шкиву.

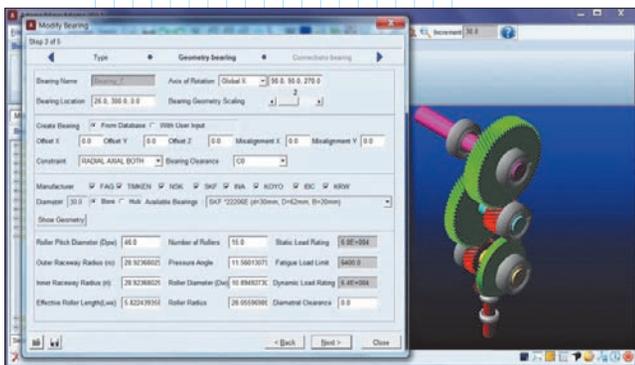
3 **Chain** – модуль цепных передач ориентирован на инженеров, которые исследуют параметры систем с цепными передачами, учитывая передаточное отношение, натяжение цепи, контактную силу и общую динамику системы “цепь-шестерни (звездочки)”. Поддерживаются роликовые и зубчатые (т.н. “бесшумные”) типы цепей.

Можно учесть податливость элементов цепи – для роликовой цепи доступны режимы: линейный, нелинейный и расширенный. Для бесшумной цепи в текущей версии поддерживается только линейный вариант.



Кроме того, поддерживаются различные варианты направляющих: осевая, поступательно-подвижная, фиксированная.

4 Bearing – модуль для включения в 3D-модель параметризованных подшипников предоставляет доступ к библиотеке реальных типовых подшипников ведущих мировых производителей. Предназначен для инженеров, которые исследуют влияние конструкции и параметров подшипников на общие характеристики системы, включая точное представление жесткости подшипника, чувствительной к размерам, отступам, несоосностям и зазорам.



С помощью этого модуля инженеры могут выполнить базовую оценку долговечности и срока эксплуатации подшипника в системе на основе стандартов, которые учитывают нагружение подшипника, смазку и скорость. Обширная библиотека подшипников включает более 24 000 наименований изделий от ведущих мировых производителей подшипников. Кроме этого, можно напрямую вводить пользовательские параметры подшипников.

Использование инструмента моделирования подшипников предоставляет пользователю расширенные возможности:

- расчет сил реакций в подшипниках;
- определение нелинейного жесткого отклика (что стало возможно благодаря технологии компании *KISS Soft*, партнера *MSC Software*);
- выбор из списка более чем 120-ти смазочных материалов и их характеристик;

- оценка долговечности и срока эксплуатации подшипников с учетом промышленных стандартов чувствительности изделия к нагружению, смазке, скорости и геометрии.

Заключение

Компьютерные технологии *MSC Software* сегодня не только обеспечивают самый широкий спектр наукоемких инженерных расчетов (прочности, динамики, кинематики, теплопередачи, акустики, аэроупругости, долговечности, ресурса и т.д.), но и позволяют виртуально моделировать технологические процессы изготовления, сборки изделий, их работу в условиях реальной эксплуатации. Такие технологии делают возможным создание подробных компьютерных моделей сложных машин и механизмов, а также тщательный анализ их работы в различных условиях. Еще на ранних стадиях проектирования создаются высокоточные компьютерные модели, применение которых значительно сокращает сроки проектирования и изготовления изделий при значительном повышении их качества. Этим обеспечивается быстрый выход на рынок с новой продукцией и получение высокой отдачи от вложенных инвестиций. При этом число натуральных экспериментов значительно уменьшится за счет замены их на быстрое, эффективное и точное компьютерное моделирование на основе создаваемых виртуальных моделей сложных машин и механизмов.

Компьютерные модели не только помогают создавать изделия в самые сжатые сроки, но и сопровождают их на протяжении всего их жизненного цикла, позволяя решать различные эксплуатационные задачи, включая моделирование аварийных ситуаций. Эти модели позволяют оперативно вносить изменения в конструкцию, обеспечивая постоянный высокий уровень эксплуатационных характеристик, большой ресурс, безопасность, надежность и качество изделий.

Что бы ни выпускала ваша фирма – авиационную или автомобильную технику, электронное оборудование, медицинские приборы или, к примеру, высококачественный спортивный инвентарь – и какие бы расчетные или исследовательские задачи вы и ваши коллеги ни решали, можете быть уверены: применение продуктов *MSC Software Corporation* даст ту надежность и функциональность, о которой вы всегда мечтали, обеспечит экономическую эффективность, без которой невозможен успех в современных условиях рыночной экономики.

Компании, применяющие технологии *MSC Software*, экономят сотни миллионов долларов на этапах исследований, проектирования, технологических разработок, производства и эксплуатации. Воспользовавшись решениями *MSC Software*, предприятия могут выйти на принципиально новый уровень разработки, производства и сопровождения конкурентоспособной продукции, который гарантирует высокую отдачу от вложенных средств. 