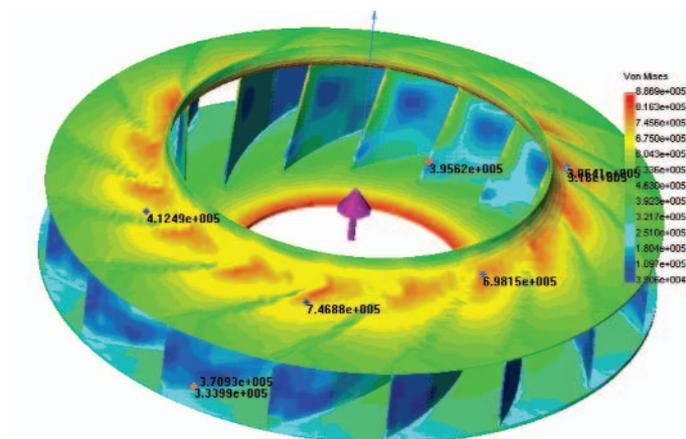


Программы семейства

COSMOS —универсальный инструмент
конечно-элементного анализа

В совсем недалеком прошлом жизнь различного рода НИИ определяли следующие обстоятельства:

- Учитывая, что материя первична, а сознание вторично, подразделения НИИ вели беспощадную борьбу за хоздоговоры, — точнее, за денежные ресурсы, на которые можно было рассчитывать при их заключении.
- Превыше всех почитались и ценились те, кто имел рычаги, позволявшие эти хоздоговоры застолбить и, соответственно, получить под них приличные деньги.
- Узкой специализации не было — действовал принцип "главное связаться в драку, а там посмотрим".
- Поскольку хоздоговор заключался на годы (традиционно самым популярным сроком была пятилетка), была высока вероятность найти решение, которое в той или иной степени удовлетворит заказчика. А сам заказчик был достаточно снисходителен: государственные деньги на научные исследования выделялись целе-

вым образом и не могли быть потрачены как-то иначе.

- Все программные наработки засекречивались от сидящего за перегородкой конкурента из другого отдела.
- Как результат, квалификация расчетчиков была высокой, а качество ПО — достаточно низким.

Времена изменились. Отношения между заказчиком и подрядчиком перешли на коммерческую основу. Безусловно, остались отдельные отрасли, пребывающие на дотации государства, но деньги научились считать и здесь. Чтобы выжить в новых условиях, где движущей силой является конкуренция, предприятиям, занятым реальным производством, необходимо свести к минимуму сроки изыскательских работ и повысить их отдачу. Есть альтернатива: либо проводить теоретические изыскания своими силами, либо довериться смежнику — узкому специалисту, который решит задачу быстро и каче-

ственно, но, разумеется, не бесплатно. Когда речь идет о каком-нибудь ноу-хау, требующем нестандартных подходов, лучше, наверное, раскошелиться на специалиста. Но зачастую проблема относится к категории задач, алгоритм решения которых достаточно прозрачен, а необходимый инструмент доступен. Если так, то в плане экономии времени и финансов гораздо эффективнее всегда иметь этот инструмент (читай — специализированную или универсальную программу) под рукой. Программа приобретается один раз, но остается бесценным помощником на долгие годы.

К таким инструментам, бесспорно, относятся программы серии COSMOS, которые давно и эффективно используются расчетчиками в разных отраслях машиностроения. А разработчик, американская компания Structural Research & Analysis Corporation, постоянно совершенствует серию.

Structural Research & Analysis Corporation вышла на рынок про-

Справка.

Structural Research & Analysis Corporation появилась в 1982 году. Ее основателем и идейным вдохновителем стал доктор Виктор Вейнгартен (Victor I. Weingarten) — специалист в области численного анализа методом конечных элементов, многие годы посвятивший конструкторской и исследовательской деятельности. Три десятилетия он возглавлял факультет гражданского строительства в университете Южной Калифорнии, является разработчиком программных продуктов для решения практических задач во многих областях техники. Признанный специалист в области устойчивости и вибрации тонкостенных оболочечных структур, автор более пятидесяти научных работ.

TIPS & TRICKS

AutoCAD. Как запомнить последний рабочий каталог?

Если установить переменную REMEMBERFOLDERS в значение 1, AutoCAD будет запоминать каталог, к которому обращались последним, и использовать его по умолчанию при следующем запуске программы. Если переменная REMEMBERFOLDERS имеет значение 0, AutoCAD использует каталог, указанный в ярлыке приложения (как правило, корневой каталог AutoCAD).

AutoCAD 2002. Для чего нужен файл licpath.lic

Этот файл создается в корневом каталоге AutoCAD и содержит имя сервера лицензий. При запуске AutoCAD считывает содержимое файла и обращается к указанному серверу за свободной лицензией.

Ниже приводится примерное содержание файла licpath.lic:
SERVER SERVERNAME1 a0c987654321
USE_SERVER

AutoCAD. Не работает удаление объектов клавишей "Del"

Если удаление объектов с помощью клавиши "Delete" не работает, проверьте значение системной переменной PICKFIRST. Оно должно равняться 1. Если значение переменной — 0, то объекты выбираются только после запуска команды, что не позволяет команде ERASE срабатывать по горячей клавише "Delete".

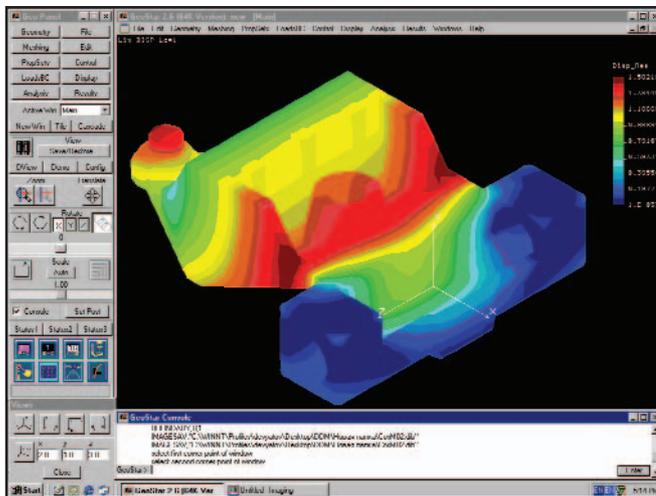
AutoCAD. Программа для рисования мультитилинии заданной ширины

Ниже приводится текст небольшой программы, которая позволяет быстро нарисовать мультитилинию необходимой ширины, автоматически выставляя выравнивание и стиль.
(DEFUN C:mml ()
(COMMAND "_mline" "_J" "_Z" "_s"))

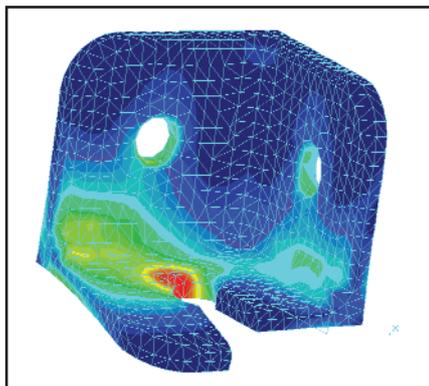
AutoCAD. Как создать разноцветную линию?

Можно воспользоваться командой MLINE (Мультитилиния). Для этого надо настроить стиль мультитилинии (MLSTYLE) следующим образом:

1. Создать новый стиль мультитилинии.
2. Для каждой из линий-элементов (по умолчанию их две) определить свойства (element properties), задав смещение 0, требуемые цвета линии и различные типы линий.
3. Использование комбинаций различных линий (например, DASHED и DASHED2) позволяет создавать линии с чередованием цветов. Новые типы линий можно создать в файлах acad.lin или acadiso.lin и подгружать их по мере необходимости.



Интерфейс программы COSMOS/M с результатами расчета: распределение перемещений, вызванных нагрузкой, воздействующей на переднюю часть прицепа



Распределение эквивалентных напряжений в уголке (COSMOS/M)

граммного обеспечения, когда там господствовали такие монстры численного анализа, как ANSYS, ABAQUS и NASTRAN. Тем значительнее успех компании, не побоявшейся конкуренции с признанными авторитетами. Нашлась и свободная ниша: новая фирма создавала продукт, который отвечал бы почти всем потребностям разработчика и конструктора, но продавался по приемлемой цене...

Большинство экспертов сходятся во мнении, что программы группы COSMOS имеют наилучшее соотношение возможностей и стоимости. При этом у потенциальных пользователей может возникнуть вопрос о точности получаемых результатов. А точность (вернее, степень приближения к тому, что имеется в реальности) в большой мере зависит от адекватности модели, описывающей исследуемое явление. Тем, кто на практике знаком с численным

анализом, хорошо известно, что слишком сложные модели зачастую приводят к менее точным результатам, чем простые и проверенные. Это объясняется и неопределенностью самих исходных данных, которые необходимы для исчерпывающего описания модели, и невозможностью получить их в достаточном объеме. Так, может быть, вообще

отказаться от мало-мальски сложных моделей и сводить задачу к простейшим схемам, позволяющим получить решение в аналитическом виде? Едва ли. Необходим разумный компромисс — и программы группы COSMOS позволяют его найти.

Оценки независимых экспертов

Август 1999 года

Национальная лаборатория США (Sandia National Laboratories) представляет компании Structural Research & Analysis Corporation статус стратегического партнера.

Декабрь 1999 года

Журнал "Design News" называет программу COSMOS/Works в числе лучших новых продуктов декабря 1999 года.

Июнь 2000 года

Национальная лаборатория США (Sandia National Laboratories) удостоивает компанию Structural Research & Analysis Corporation своей высшей награды — Исключительной партнерской премии.

Декабрь 2000 года

Журнал "Design News" объявляет три программы серии COSMOS (COSMOS/Works 6.0, COSMOS/DesignSTAR for Solid Edge и COSMOS/Flow) финалистами конкурса на лучшие программные продукты 2000 года.

Январь 2001 года

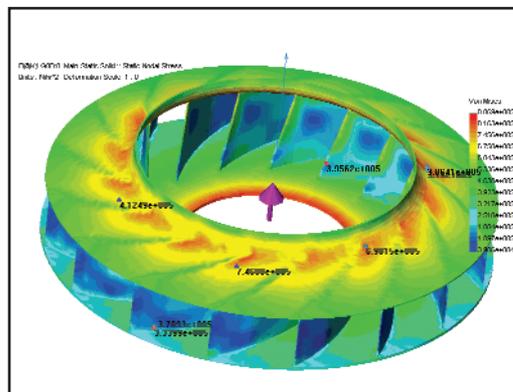
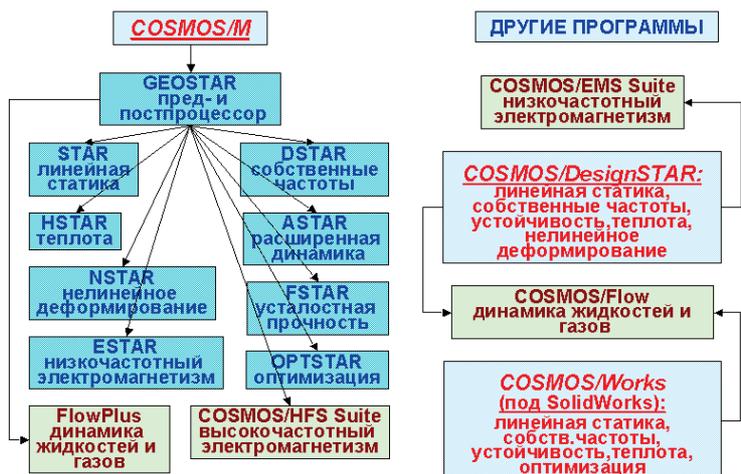
"Los Angeles Business Journal" второй год подряд объявляет Structural Research & Analysis Corporation одной из пятнадцати ведущих компаний Лос-Анджелеса.

Ну а теперь о том, что представляет собой ПО COSMOS.

Упрощенно структуру программных продуктов серии можно представить в виде двух деревьев.

механики деформирования твердого тела — статика, динамика и устойчивость элементов конструкции, в линейной и нелинейной

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COSMOS



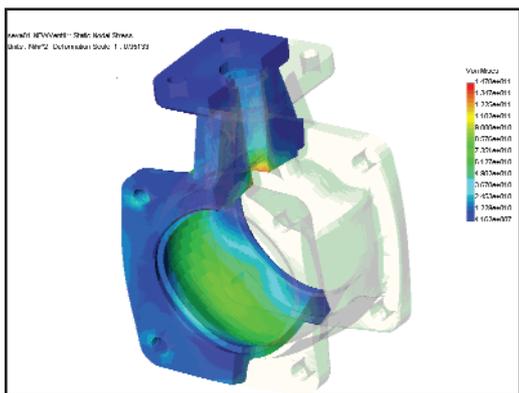
↑ Распределение эквивалентных напряжений в крыльчатке дымососа. Напряжения вызваны центробежными силами (COSMOS/Works)

Первое дерево представляет собой совокупность модулей, определяющих функциональность программы COSMOS/M. Эта программа появилась раньше других пакетов своей серии и первой среди программ этого уровня могла использоваться на компьютерах настольного исполнения (учитывая достаточно ограниченные ресурсы первых персональных компьютеров, отдадим должное экономичности и эффективности программного кода). Универсальность пакета определяется единой методологией получения решений для широчайшего спектра задач математической физики. В компетенции COSMOS/M задачи

постановках, с учетом временного фактора, усталостная прочность; тепловые процессы — стационарные и нестационарные, с разнообразными краевыми условиями; задачи низкочастотного и высокочастотного электромагнетизма, газовой динамики, сопряженные задачи и, наконец, многокритериальная оптимизация конструкции. В основе всех алгоритмов лежит метод конечных элементов (МКЭ).

Центральным модулем пакета COSMOS/M является GEOSTAR. Это своеобразный центр управления, включающий в себя:

- трехмерный графический CAD-подобный построитель;
- препроцессор, позволяющий
 - создать конечно-элементную сетку для модели;
 - оформить расчетную схему;
 - определить параметры вычислительного процесса;
 - запустить соответствующий вычислительный модуль.
- постпроцессор, позволяющий представить результаты расчета в удобном для анализа виде.



↑ Распределение эквивалентных напряжений в корпусе вентиля, находящегося под действием внутреннего давления (COSMOS/DesignSTAR)

Справка.

Хотя в формулировках метода конечных элементов существует большое разнообразие, процедура решения задачи этим методом достаточно универсальна и включает следующие этапы:

1. Физическая область задачи делится на подобласти или конечные элементы.
2. Зависимая переменная (одна или несколько) аппроксимируется функцией специального вида на каждом конечном элементе и, следовательно, во всей области. Параметры этих аппроксимаций впоследствии становятся неизвестными параметрами задачи.
3. Подстановка аппроксимаций в определяющие уравнения (или эквивалентные им) дает систему уравнений с неизвестными параметрами. Решая уравнения, можно определить значения этих параметров и, следовательно, получить приближенное решение задачи.

Вместо определяющих уравнений часто используют классический вариационный подход. Несколько позднее появились другие варианты МКЭ на основе метода Галеркина, метода наименьших квадратов и др. Особое преимущество метода конечных элементов заключено в удобстве формирования уравнений и возможности представления совершенно нерегулярных и сложных конструкций и условий нагружения.

Метод конечных элементов впервые был применен в инженерных приложениях для решения задач строительной механики, но затем было установлено, что сфера его возможного использования значительно шире. В дальнейшем метод развивался весьма интенсивно и сейчас широко применяется во многих научных и инженерных приложениях.

TIPS & TRICKS

Autodesk Inventor. Рекомендуемые системные требования (видеокарты, драйверы и т.д.)

Рекомендации по выбору аппаратного обеспечения для работы с Inventor можно найти на сайте Autodesk:

<http://www3.autodesk.com/adsk/index/0,,843893-123112,00.html>

Autodesk Inventor. Максимальное количество строк вариантов в таблице iPart

Максимальное количество строк вариантов в таблице iPart ограничено — можно использовать не более 1000 вариантов.

Inventor. Проблема с отображением трехмерной графики

Трехмерное изображение в предварительном просмотре и на экране "ломается" — отображается и визуализируется некорректно.

Эта проблема связана с ошибкой в реестре, которая появляется в результате инсталляции бета-версии Autodesk Inventor 5, или с ошибкой при инсталляции пакета.

Для решения этой проблемы необходимо выполнить следующие действия:

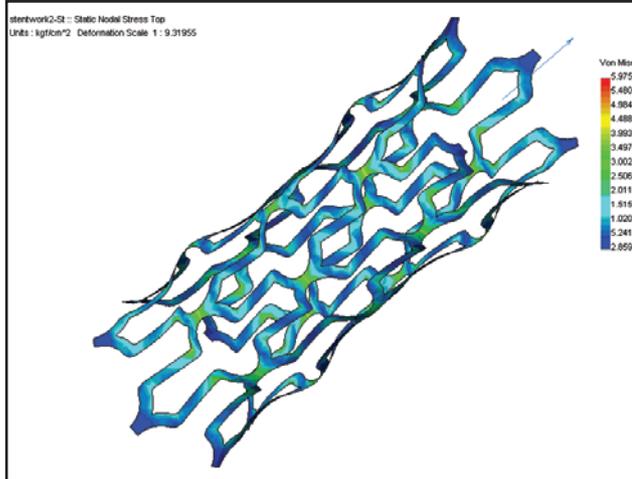
- Выйдите из Inventor.
- В меню Windows Start → Run (Пуск → Выполнить) введите Regedit и нажмите OK.
- В редакторе реестра в левой части перейдите в раздел HKEY_CURRENT_USER\Software\Autodesk.
- Найдите ключевое поле "Display" (горячая клавиша для поиска — F3).
- В правой части окна найдите значение для параметра "Min Gift Wrap Tolerance". Это значение должно быть равно 0.03.

Mechanical Desktop R6. Информационные утилиты

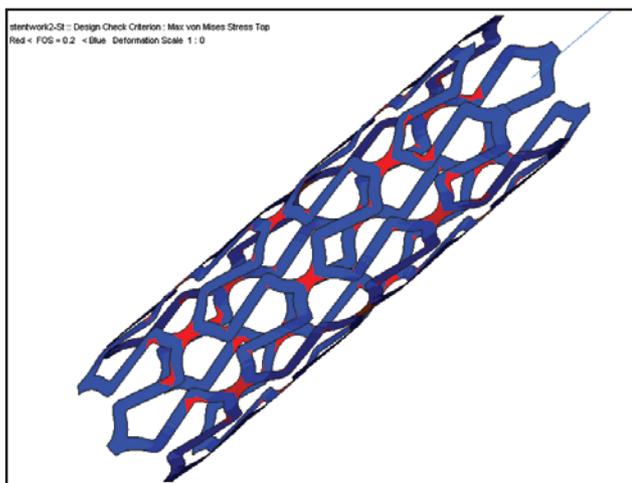
Ниже перечислены утилиты, которые помогают получить подробную информацию об установленных продуктах на базе AutoCAD. Все эти утилиты инсталлируются в директорию Support, расположенную в каталоге AutoCAD. Подробнее о запуске утилит можно прочитать в файле ProdIdUtil.txt, который находится в этой же директории.

Prodscan.exe — определяет наличие всех продуктов Autodesk, начиная с версии AutoCAD 2000i, и перечисляет основную информацию по этим продуктам (название, код продукта, версия, язык, тип инсталляции, дата инсталляции и др.).

Vercheck.arx — отображает аналогичную информацию о текущем продукте.



▲ Напряженно-деформированное состояние имплантанта под действием распирающего давления (COSMOS/Works)



▲ Зоны разрушения имплантанта (выделены красным цветом)

за короткое время появились две новых версии: 2.5 (сентябрь 1999 г.) и 2.6 (ноябрь 2000 г.). Реализуются более совершенные алгоритмы, повышающие устойчивость вычислительного процесса и улучшающие сходимость, используются новые решатели систем уравнений. При этом сохраняется преимущество интерфейса — он практически не меняется, и пользователи, имеющие определенный опыт работы с программой COSMOS/M, переходят на новую версию совершенно безболезненно. Правда, от новичка, который привык к графическому интерфейсу в стандартах Windows, начало работы в среде GEOSTAR потребует некоторых усилий.

Другие представители семейства COSMOS: COS-

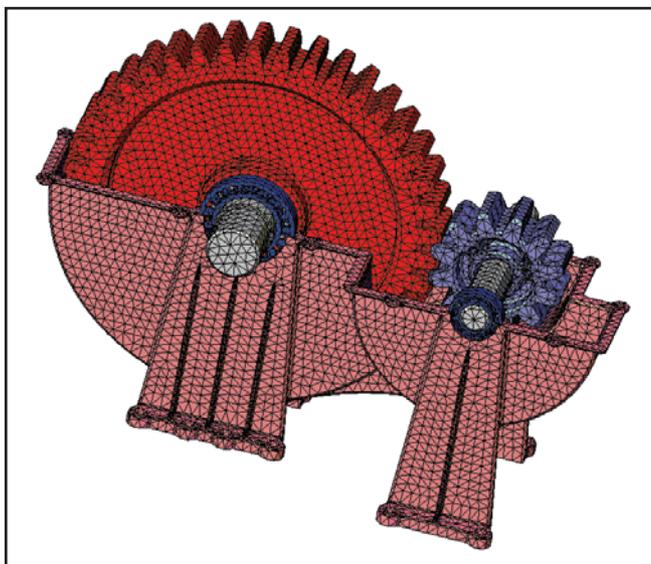
Предлагаемые пользователю готовые связки модулей, как правило, полностью отвечают его потребностям — если же это не так, пользователь может сформировать пакет модулей самостоятельно. Единственный модуль, который будет входить в состав любой связки, — GEOSTAR.

С точки зрения функциональности COSMOS/M представляет собой замкнутую систему. Исключительно средствами COSMOS/M пользователь реализует всю ведущую к решению поставленной задачи технологическую цепочку: создает геометрическую модель, разбивает ее на конечные элементы, определяет все параметры модели, проводит требуемый анализ и получает в необходимом виде результаты.

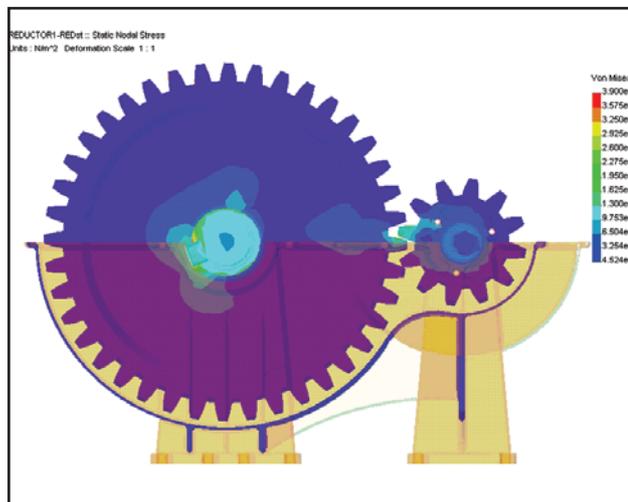
COSMOS/M продолжает активно развиваться и совершенствоваться:

MOS/DesignSTAR и COSMOS/Works (см. второе дерево) — программы нового поколения с постоянно расширяющейся функциональностью. Одна из существенных особенностей этих пакетов — современный интуитивно понятный интерфейс (во многом сходный) и стандартная последовательность действий для всех видов анализа. Контекстно-зависимые меню и возможность работать в любой (в том числе смешанной) системе единиц еще больше упрощают взаимодействие пользователя с программой.

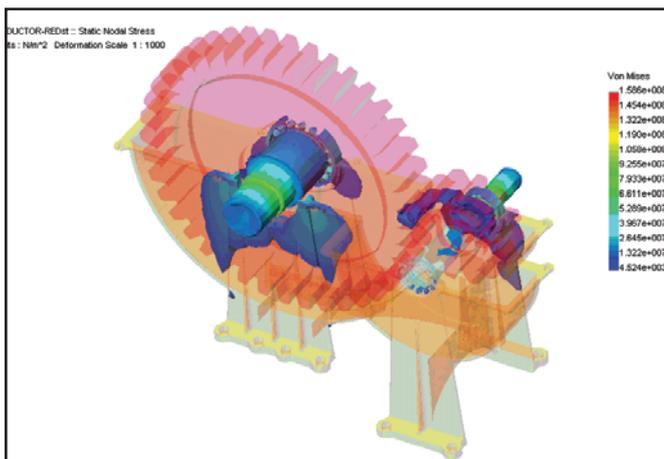
В отличие от COSMOS/M, здесь нет собственного CAD-построителя: разработчики предпочли интеграцию с другими фирмами — производителями CAD-систем, чьи программы существенно превосходят по возможностям функционал графического построителя GEOSTAR.



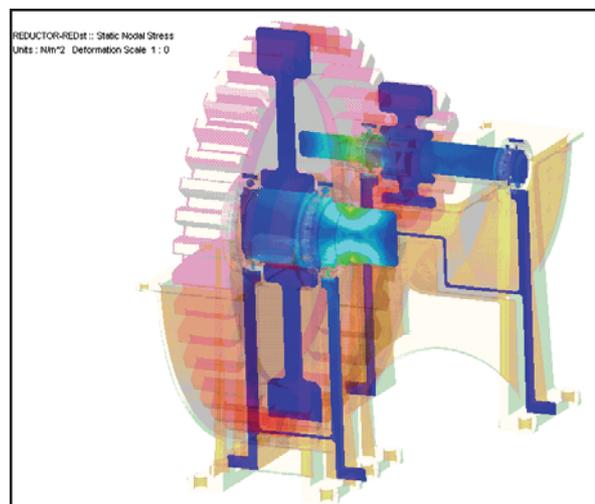
↑ Конечно-элементное представление редуктора, учитывающее наличие контактного взаимодействия его компонент (COSMOS/DesignSTAR)



↑ Поле эквивалентных напряжений в продольном сечении редуктора; в качестве нагрузки — момент, приложенный к оси ведущей шестерни



↑ Изоповерхности эквивалентных напряжений в редукторе



↑ Распределение эквивалентных напряжений в двух выделенных сечениях редуктора

COSMOS/DesignSTAR импортирует геометрию, подготовленную практически в любой CAD-системе, а также способен устанавливать прямой интерфейс с такими графическими системами, как Autodesk Inventor, Solid Edge и SolidWorks. COSMOS/Works интегрируется в среду SolidWorks. Ассоциативная связь очень удобна при многовариантном анализе, поскольку с изменением геометрии изделия автоматически обновляются установленные ограничения, нагрузки и ссылаящая геометрия. Достаточно перестроить сетку и снова запустить расчетный модуль.

Особо отметим инструменты генерации конечно-элементной сетки. Пользователь определяет параметры дискретизации — средний размер

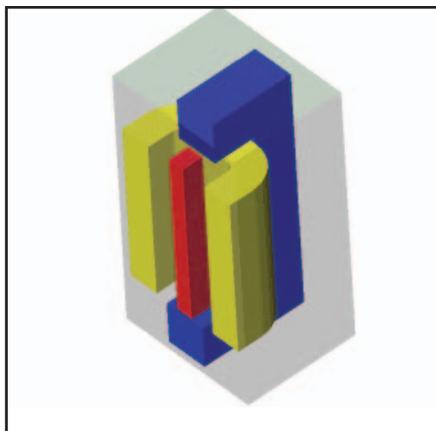
конечного элемента и, при необходимости, области с более мелкой сеткой. Кроме того, вы можете разрешить системе самостоятельно регулировать размеры ячеек в зонах с резким изменением геометрии.

Разнообразны возможности представления результатов анализа. Можно строить произвольно ориентированные сечения (плоские, цилиндрические, шаровые, а также изоповерхности), воспользоваться средствами анимации. Удобное средство — пробник — позволяет более точно определить значения рассчитанных величин в выбранных точках. Размерность решаемой задачи (количество узлов и конечных элементов) не ограничена: все определяется ресурсами вашей вычислительной системы.

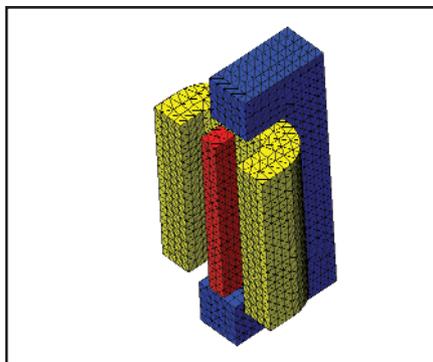
И наконец о самом главном: какие классы задач можно решать с помощью этих программ.

COSMOS/DesignSTAR и COSMOS/Works активно развиваются, причем лидер по функционалу постоянно меняется. На сегодня лидирует COSMOS/DesignSTAR 3.0, в перечень задач которого входят:

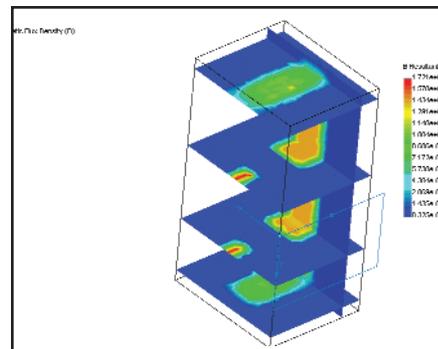
1. Линейная статика для отдельных деталей и сборок — трехмерных объемных тел и оболочек. Учет контактного взаимодействия с трением и без трения.
2. Определение резонансных частот и соответствующих форм колебаний.
3. Определение критических нагрузок и форм потери устойчивости.
4. Тепловые задачи — стационарные и нестационарные.



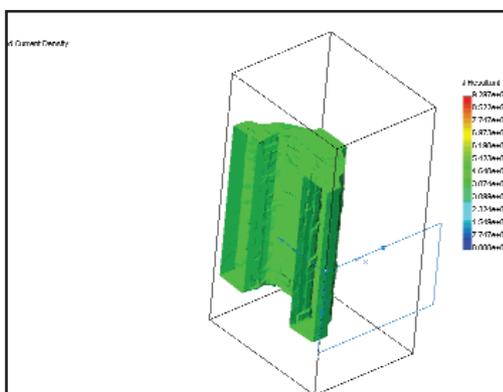
↑ Электромагнит (выделенная расчетная область)



↑ Конечно-элементное представление расчетной области электромагнита (COSMOS/DesignSTAR)



↑ Распределение плотности магнитного потока в отдельных сечениях расчетной области



↑ Изоповерхность, соответствующая определенному значению плотности тока возбуждения

5. Динамика жидкостей и газов.
6. Нелинейные задачи деформирования твердого тела (12 моделей — анизотропность, пластичность, ползучесть, гиперупругость).
7. Низкочастотные электромагнитные явления.

Реализация шестого из перечисленных пунктов автоматически рас-

ширяет возможности остальных. Дело в том, что решение нелинейных задач сопряжено с необходимостью формирования кривых нескольких видов: временно-зависимых, температурно-зависимых, зависимостей напряжение-деформация, напор-давление и некоторых других. Эти кривые используются для определения свойств материала, истории нагружения конструкции, но с тем же успехом применимы при решении задач с условиями на границах и внутри расчетной области, зависящими от времени.

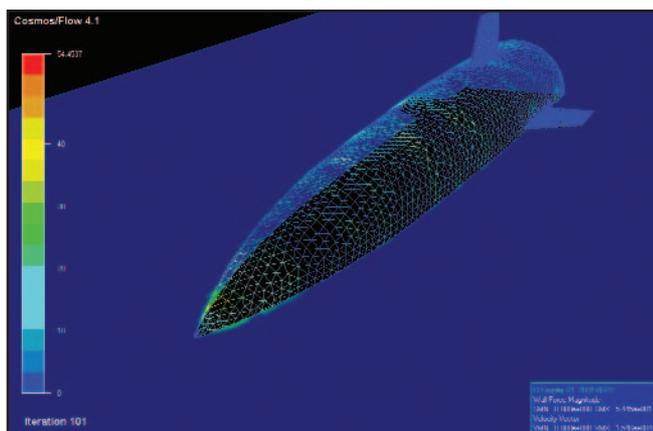
Например, теперь можно проводить анализ нестационарных тепловых процессов с изменяющимися во времени параметрами нагружения и краевыми условиями, в качестве которых могут выступать тепловые потоки, объемное тепловыделение, профиль температуры и некоторые другие величины.

COSMOS/Works 6.0, работающий совместно с CAD-системой SolidWorks, по своему функционалу сейчас уступает COSMOS/DesignSTAR 3.0: в число его задач не входят нелинейные задачи деформирования твердых тел. Но есть и немалые плюсы.

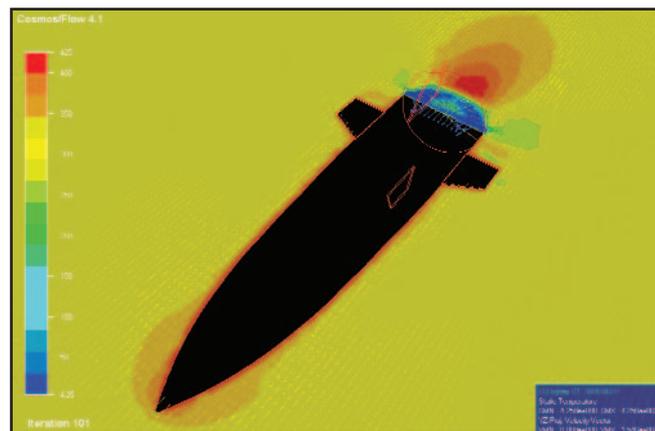
Во-первых, изящно реализованный алгоритм оптимизации конструкции. В результате оптимизации можно сэкономить на материале, минимизируя объем или вес конструкции, обеспечить максимальный запас по устойчивости и добиться того, чтобы резонансная частота лежала вне опасного диапазона. В качестве ограничений могут выступать уровни допустимых напряжений и деформаций, температура, запас по устойчивости и др.

Второй плюс — выборочный адаптивный Р-метод для автоматического уточнения решения задач линейной статике.

Пользователи, имеющие опыт работы с пакетами конечно-эле-



↑ Конечно-элементное представление корпуса снаряда и распределение сил давления на его поверхности при обтекании потоком (COSMOS/DesignSTAR)



↑ Распределение скоростей набегающего потока и температуры вокруг корпуса снаряда

ментного анализа от разных производителей, при оценке программ COSMOS/DesignSTAR и COSMOS/Works практически единодушны: это лучшее средство экспресс-анализа при проектировании изделий.

Для российского пользователя критерием выбора программного продукта нередко является наличие или отсутствие русскоязычного интерфейса. Применительно к программам COSMOS/DesignSTAR и COSMOS/Works это обстоятельство не играет существенной роли. Интуитивно понятный интерфейс и тщательно продуманная серия примеров, сопровождающихся подробнейшей пошаговой инструкцией и соответствующими картинками, позволяет освоить программы в самый короткий срок.

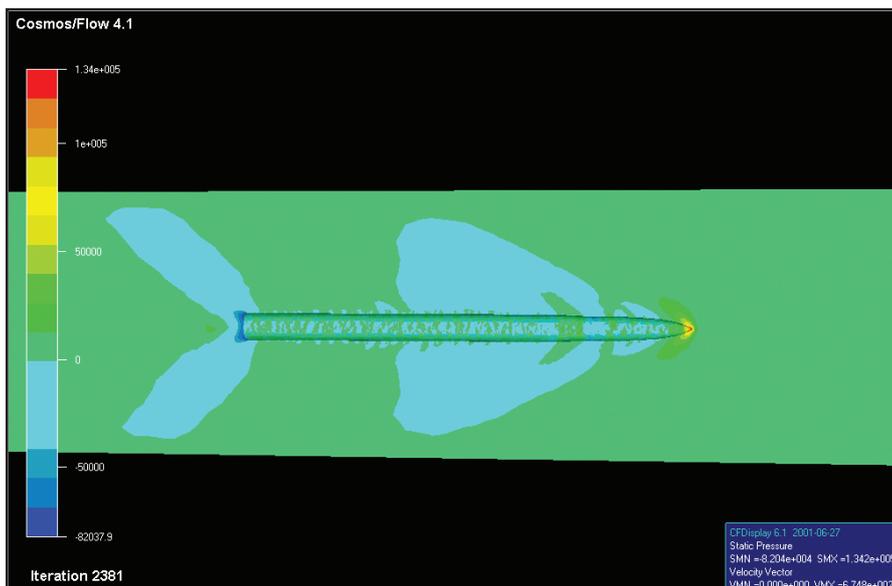
Более того, чтобы решение приобрести программу было вполне осознанным, а не основывалось на отрывочных впечатлениях, фирма-производитель предоставляет возможность познакомиться с пакетом в полнофункциональном варианте, но с ограниченной по времени лицензией.

В продолжение темы хотелось бы коснуться интеграции фирм — производителей программного обеспечения. Говоря о программах конечно-элементного анализа полезно упомянуть программу динамического анализа Dynamic Designer Motion (Mechanical Dynamics Ink.). При ин-

сталляции эта программа интегрируется в среду трехмерного параметрического построителя, с которым устанавливает полную ассоциативную связь (есть варианты, которые работают с Autodesk MDT, Solid Edge и SolidWorks). Сборку, созданную в CAD-системе, вы можете сразу же оценить с точки зрения динамики в реальных условиях эксплуатации. На выходе можно получить усилия, возникающие в шарнирных соединениях, силы реакций со стороны внешних опор, силы и моменты инерции. Эти данные можно сохранить в виде файлов и использовать при детальном конечно-элементном анализе. Таким образом, замыкается технологическая цепочка: CAD-система (создание сборки) — Dynamic Designer Motion (анализ динамики сборки) — COSMOS/DesignSTAR, COSMOS/Works (анализ напряженно-деформированного состояния компонентов).

В следующих номерах журнала мы подробно рассмотрим функционал и возможности программ семейства COSMOS. А пока сделаем первый вывод: COSMOS — это то, что достойно вашего благосклонного внимания.

Сергей Девятков
Consistent Software
 Тел.: (095) 913-2222
 E-mail: devyatov@csoft.ru



▲ Распределение относительного статического давления при обтекании снаряда сверхзвуковым потоком (COSMOS/DesignSTAR)

TIPS & TRICKS

Inventor 5. Как увеличить количество допускаемых шагов отката (undo)?

По умолчанию поддерживается 10 шагов отката. Это количество можно изменить, увеличив ключевое поле UndoLevels в реестре Windows в разделе HKEY_CURRENT_USER\Software\Autodesk\Inventor\RegistryVersionX.X\System\Preferences\Transactions

Одновременно может потребоваться и увеличение размера файла undo (что можно сделать в опциях Inventor).

Внимание! Неправильное редактирование реестра может привести к нарушению работы программного обеспечения.

Inventor 5. Как переименовать деталь?

Если вы выберете деталь в браузере объектов Inventor 5 и вызовете контекстное меню, то увидите, что там отсутствует команда *Rename (Переименовать)*. Чтобы выполнить переименование, существуют два других способа:

- дважды щелкнуть по названию детали и вписать новое имя;
- в диалоговом окне *Properties* перейти на закладку *Occurrence* и вписать новое название детали в поле *Name*.

Inventor. Опция *Adaptivity (Адаптивно)* недоступна

Вы хотите сделать деталь в сборке адаптивной, но опция *Adaptivity (Адаптивно)* в дереве проекта недоступна.

Решение

Опция *Adaptivity (Адаптивно)* недоступна, если деталь уже сделана адаптивной в другой сборке: деталь может быть адаптивной только в одной из сборок. Как только деталь становится адаптивной, в свойствах документа (*Document Settings*) на закладке *Modeling (Моделирование)* включается пометка о том, что деталь адаптивна в сборке. Если флажок включен, деталь не может быть адаптивной в другой сборке.

Inventor. Отключение сечения конкретной детали в чертежном виде сечения сборки

Для того чтобы отключить сечение конкретной детали в чертежном виде сечения сборки, необходимо выполнить следующее:

- создайте базовый вид;
- щелкните по нему в браузере правой кнопки мыши и выберите в контекстном меню пункт *Show Contents (Показать состав)*;
- разверните дерево сборки и найдите требуемую деталь. Щелкните по ней правой кнопкой мыши и снимите пометку *Section (Сечение)*;
- после этого можно создавать вид сечения сборки.