

Приложения COSMOS 2006 для SolidWorks – первое знакомство

Алямовский Андрей Александрович
Технический специалист CAD/CAM/CAE
компании SolidWorks Russia,
кандидат технических наук

Приложения семейства COSMOS: COSMOSWorks, COSMOSFloWorks, COSMOSMotion хорошо известны среди пользователей SolidWorks. Они позволяют выполнять наиболее распространенные виды инженерного анализа: структурный, кинематический/динамический, тепловой, аэрогидродинамический. Производители программ стараются сочетать функциональность, позволяющую решать широкий круг прикладных задач, и эргономичный интерфейс. В версиях 2006 года эта тенденция получила дальнейшее развитие. С одной стороны, расширен спектр физических сущностей, моделируемых программами. С другой стороны, в методике моделирования процессов и явлений сохранена установка на обеспечение доступности новых процедур для квалифицированных специалистов, которым необходимо решать задачи инженерного анализа в ходе проектирования изделий.

Такой подход существенно усложняет процесс разработки программ, поскольку система должна сочетать продуманный интерфейс с эффективными вычислительными алгоритмами, позволяющими получать результаты в режиме близком к «реальному» времени. Кроме того, присутствующие в программах «виртуальные» конструктивные элементы, например: болтовые соединения, соединения точечной сваркой, нагрузки на удалении – в COSMOSWorks; имитаторы теплообменников и вентиляторов, контактное тепловое соединение – в COSMOSFloWorks; «податливые» демпфирующие втулки, шарниры, и контактные пары – в COSMOSMotion при внешней их простоте требуют сложного математического и методического обеспечения.

Помимо наращивания функциональности, активно развивается интеграция с базовой системой SolidWorks, а также происходит внедрение в нее усеченных вариантов расчетных модулей. В версиях 2006 года продолжена работа по созданию интегрированной базы данных по материалам. Возможность «воспринимать» свойства из SolidWorks приобрел COSMOSFloWorks. Исходные данные, назначаемые пользователем для встроенной в SolidWorks функции «Физическое моделирование», могут также использоваться для расширенного динамического анализа в COSMOSMotion. Сами же результаты кинематической симуляции в среде SolidWorks могут быть автоматически конвертированы в граничные условия для COSMOSXPress – процедуры SolidWorks, предназначенной для экспресс-анализа прочности.

Для иллюстрации некоторых возможностей программ анализа, появившихся в версии 2006 года (улучшения, характерные для релизов 2005 года, подробно описаны в [1]), рассмотрим задачу расчета на прочность рекламного щита под действием ветровой нагрузки и собственного веса. Геометрическая модель конструкции показана на рис. 1.

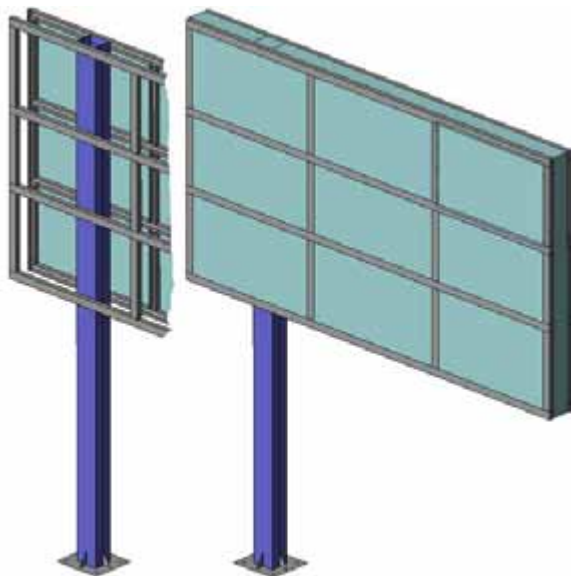


Рис. 1. Геометрическая модель рекламного щита.

Как видно, щит является конструкцией, которая состоит из сварной рамы и приваренных к ней листов. Будем решать задачу с позиции проектирования, то есть предполагать, что сначала определяются базовые параметры, обеспечивающие работоспособность, а затем выполняется конструкторская документация. В данной ситуации это важно, поскольку корректная конечно-элементная модель подобных объектов должна включать оболочечные конечные элементы. Они в системе SolidWorks/COSMOSWorks строятся как на базе твердотельной информации, так и с использованием поверхностного представления объектов. Первый подход предпочтителен, когда нужно осуществить поверочный расчет конструкции, или же когда можно эффективно организовать ассоциативную связь твердое тело \leftrightarrow поверхность \rightarrow конечно-элементная модель. В данном случае задача осложняется тем, что требуется рассчитать ветровые нагрузки посредством COSMOSFloWorks, который (за некоторым исключением) использует твердотельную информацию. Поэтому последовательность действий будет следующей: проектирование в режиме поверхностного представления \rightarrow создание ассоциативной твердотельной модели для аэродинамического расчета \rightarrow определение ветровых нагрузок \rightarrow расчет МКЭ по оболочечной модели \rightarrow внесение изменений в проект и повторный анализ \rightarrow уточнение расчета для элементов конструкции, находящихся в объемном напряженном состоянии. На рисунке показана именно поверхностная модель. На ее базе создается твердое тело, с выделением граней, с которых будут сниматься нагрузки.

Расчетная модель COSMOSFloWorks показана на рис. 2. Решается внешняя задача аэродинамики. Граничным условием является скорость воздушного потока 20 м/сек, направленного вдоль оси Z, то есть перпендикулярно щиту. Размеры расчетной области подобраны так, чтобы минимизировать размерность при достоверной аппроксимации зоны возмущений. Как видно, в версии 2006 года сохранена идеология метода конечных объемов. При этом улучшены возможности управления плотностью сетки в заданных областях, на границе среда/тело, а также усовершенствованы функции создания контрольных плоскостей. Модель выполнена так, чтобы не выполнять расчет течения внутри щита – полость внутри него замкнута. Этот факт можно проверить в COSMOSFloWorks, а также описать соответствующими граничными условиями. Кстати говоря, новая версия программы поддерживает наличие в модели нескольких несообщающихся объемов, заполненных различными жидкостями и/или газами. Это весьма актуально для расчета теплообменников.

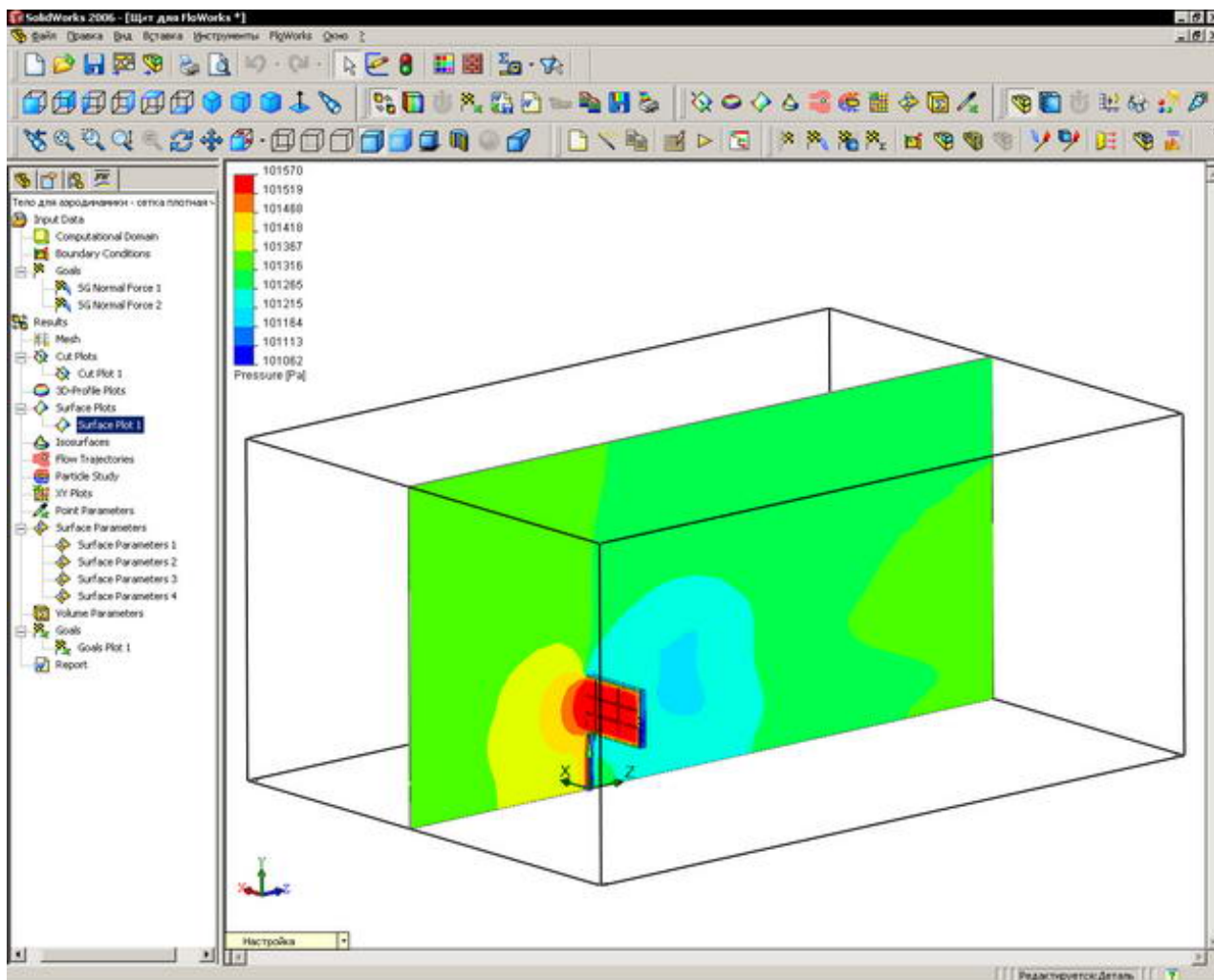


Рис. 2. Аэродинамический расчет – распределение давления

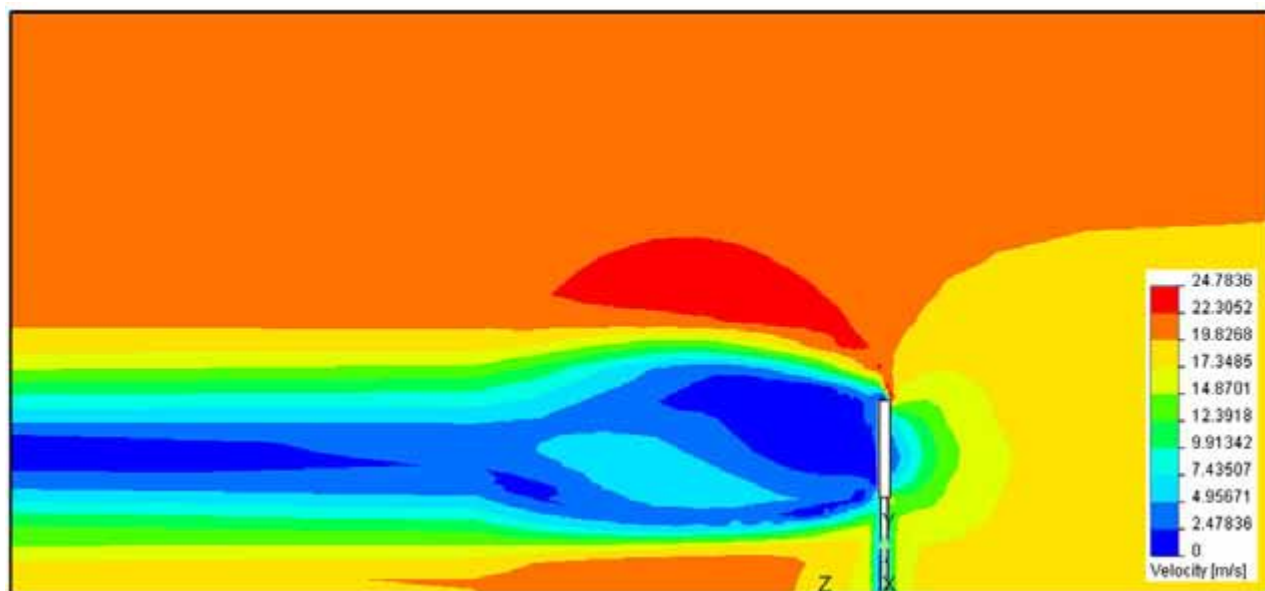


Рис. 3. Сечение поля скоростей

Также на рис. 2 приведено распределение давления на поверхности щита и в вертикальном сечении. Как видно, перед щитом существует зона повышенного давления, а сзади – зона разрежения. Поле скоростей в сечении вертикальной плоскостью, проходящей через опору, показано на рис. 3. Присутствуют две зоны замедления потока: перед щитом и после него. В

результате на щит действует как сила, обусловленная давлением – 1647 Н – со стороны набегающего потока, так и сила, порожденная разрежением – 796 Н. Величина последней не позволяет пренебрегать ею при оценке силовых факторов, действующих на конструкцию.

Прямая трансляция нагрузок, являющихся результатом решения задачи аэродинамики, в программу структурного анализа возможна только для объектов, имеющих твердотельное представление. Однако в нашей ситуации приходится прибегать к переносу сил через вычисление нагрузок на отдельных элементах в COSMOSFloWorks с последующим их заданием в COSMOSWorks. Первая из программ позволяет идентифицировать интегральные параметры в пределах произвольной грани (мы используем для этого каждый из листов обшивки, раму к которой они крепятся, а также грани опор). Вторая содержит инструменты для назначения широкой номенклатуры граничных условий. Можно, однако, осуществить проверку интерфейса, используя для этого твердотельную модель щита. В качестве критерия может служить сила реакции, величина и компоненты которой, вычисленные в COSMOSWorks должны быть равны интегральным величинам, взятым из COSMOSFloWorks. Эти эксперименты показывают, что при достаточной плотности сеток (конечных объемов и конечных элементов соответственно) величины весьма близки. Отметим, что разработчики модулей постоянно совершенствуют интерфейс. Весьма полезной является возможность передачи температурных полей, определенных в COSMOSFloWorks, в модуль структурного анализа с последующим расчетом тепловых деформаций и напряжений. Дело в том, что функциональность процедур теплового анализа COSMOSWorks не предусматривает движения среды – ее параметры являются константами. Кстати говоря, COSMOSFloWorks может использоваться для оценки коэффициентов теплоотдачи, характерных для определенных классов задач, с последующим использованием этих констант в процедурах теплового анализа COSMOSWorks.

Базовым усовершенствованием COSMOSWorks версии 2006 является поддержка нескольких тел при работе в режиме детали. Отметим, что COSMOSFloWorks и COSMOSMotion обладали этой способностью и в предыдущей версии. Все функции, доступные при работе в сборке, могут быть использованы при расчете деталей, состоящих из нескольких тел. Также функциональность программы существенно расширилась за счет возможности создавать гибридные сетки из конечных элементов твердых тел и оболочек. В данной задаче применять ее для анализа состояния узла крепления к фундаменту. Соединение, в котором присутствуют шпильки и гайки, аппроксимируем объемными конечными элементами (при этом его геометрическая модель должна быть твердотельной), а раму щита и листы обшивки – оболочечными (рис. 4). В программе существенно расширена номенклатура контактных граничных условий. Для гибридных сеток предусмотрены условия сопряжения тел и оболочек, предающие как силы, так и моменты. Математический аппарат программы позволяет получать корректные результаты не только по перемещениям, но и по напряжениям, однако для этого нужно тщательно подбирать плотность сетки.

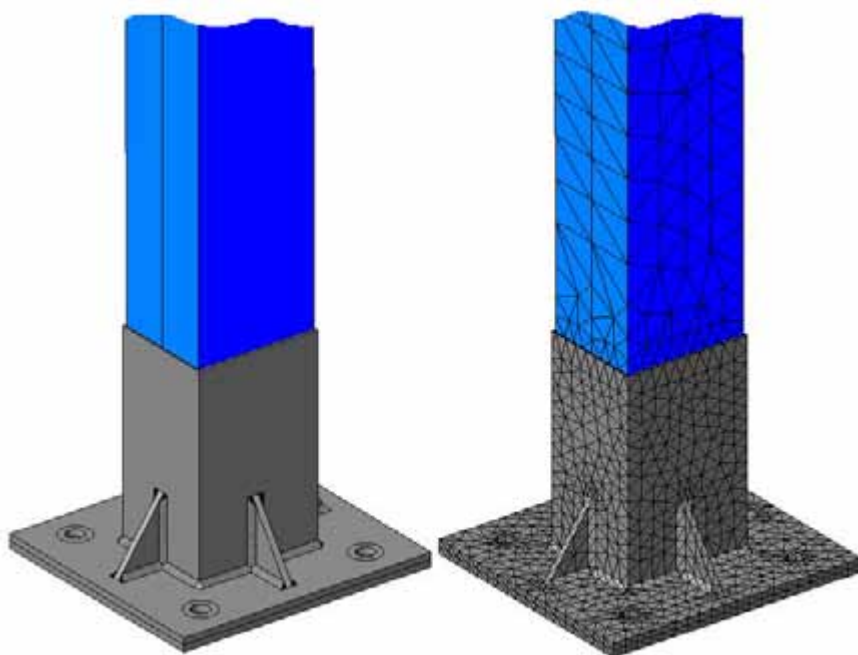


Рис. 4. Геометрическая модель опоры и конечно-элементная аппроксимация

Немало времени при подготовке расчетных моделей занимает конечно-элементная аппроксимация мест контакта тел (деталей), а также достижение сшивки сеток на общих кромках оболочек и в месте их примыкания в Т-образных стыках. В твердотельных моделях могут возникать проблемы при создании сеток на соприкасающихся гранях, способных смещаться относительно друг друга или, даже, на жестко связанных. В последней версии программы пользователь может создавать контактные граничные условия, не требующие наличия пар совпадающих узлов. Более того, можно назначать совместное деформирование для пар граней, имеющих зазор, при сохранении податливости этих граней. Для оболочек допускается условие совместного деформирования (равенство перемещений и углов поворота) как при контакте по кромке, так и для стыков. Кроме того, введено контактное граничное условие типа «точечная сварка». Этот тип связи может накладываться на соприкасающиеся участки оболочек или твердых тел. Вид фрагмента сетки в месте наложения листа и элементов рамы показан на рис. 5. Там же приведен фрагмент поля напряжений на фоне деформированного вида модели (перемещения масштабированы).

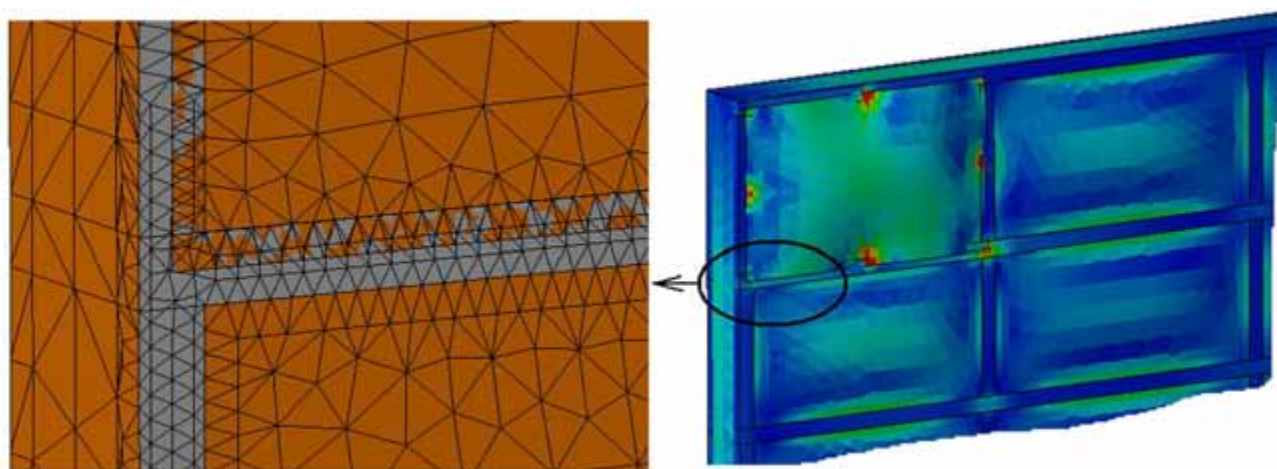


Рис. 5. Фрагмент сетки и деформированной модели в зоне точечной сварки

Расчет конструкций, содержащих резьбовые соединения, как правило, порождает определенные методические затруднения. Вопросы связаны с тем, как моделировать предварительный натяг, создаваемый крутящим моментом, податливость болта, наличие

трения, другие факторы. Последние релизы COSMOSWorks содержат ряд инструментов для упрощенной имитации штифтовых, болтовых, шпилечных соединений. Версия 2006 года обогатилась возможностью создавать виртуальные упругие шпильки, прикрепленные к податливому или жесткому основанию. При этом присоединяемая деталь может смещаться относительно основания (трение учитываться) или выходить из контакта. Как и при использовании других подобных объектов, после расчета можно идентифицировать все действующие на него силовые факторы. Эти результаты могут быть затем интерпретированы с использованием методик «Деталей машин». Фрагмент диаграммы эквивалентных напряжений на фоне деформированного вида показан на рис. 6.

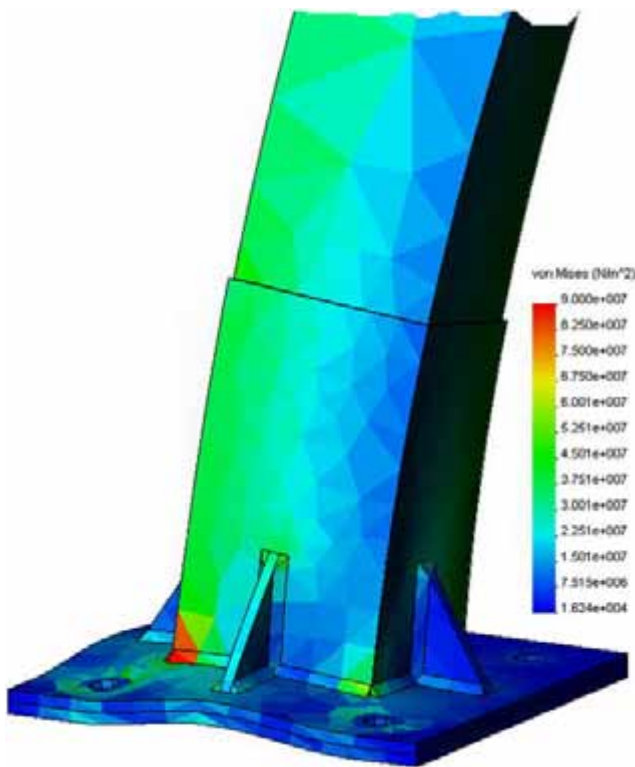


Рис. 6. Фрагмент диаграммы напряжений в месте крепления опоры виртуальными шпильками

Распределение напряжений на поверхности щита показано на рис. 7. В расчетную модель вошли многие из описанных расчетных элементов. Она может быть использована для подбора параметров конструкции: размеров профилей и их толщин, толщин листов, характеристик соединения, и т.д. Эффективность математического аппарата COSMOSWorks позволяет строить комплексные вычислительные модели, имитирующие достаточно сложные конструкции. Эти конструкции могут, в частности, содержать подвижные детали, которые связаны пружинами, стержнями, другими механическими абстракциями, не требующими «реальных» моделей.

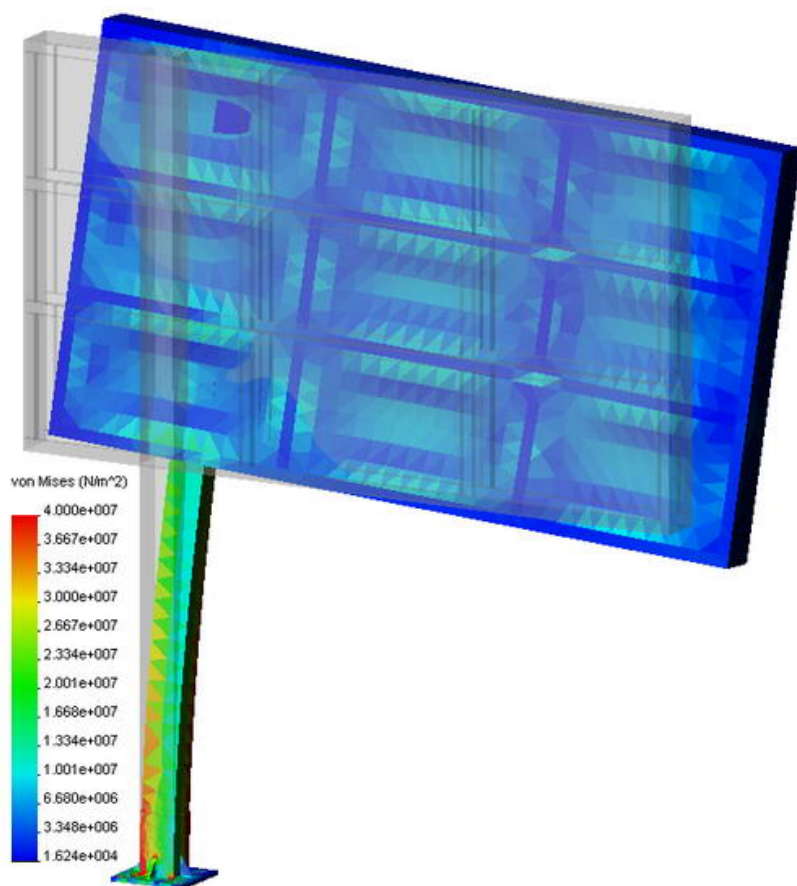


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений на фоне деформированного вида и исходного состояния

В завершение темы перечислим основные усовершенствования приложений семейства COSMOS версий 2006 года:

COSMOSWorks:

- Помощник анализа, библиотека типовых расчетных случаев, имитация точечной сварки, виртуальные стенки, имитация болтового соединения с бесконечной средой, виртуальная жесткая связь между объектами, гибридные сетки из твердотельных и поверхностных элементов; игнорирование зазоров в сборках; поддержка многотельного представления деталей; h-адаптивные сетки; индикация полноты данных; контактные граничные условия в сборках, аппроксимированных элементами оболочек; моделирование падения сборок с учетом контактных условий; учет податливости основания при анализе падения; расчет скоростей и ускорений при анализе падения; расчет сборок на усталость с учетом различия характеристик деталей; множественные усталостные события расчет на усталость с учетом отличия амплитуд; расчет на усталость с оценкой ресурса по методу диаграмм “дождя”; расчет констант гиперупругих и вязкоупругих материалов на основе экспериментальных диаграмм; расчет изделий, изготовленных из материалов с эффектом памяти формы; расширенный набор валидационных примеров.

COSMOSMotion:

- Учет сопряжений типа конус-плоскость, зубчатых зацеплений; импорт информации о механизме из модели SolidWorks «физическая динамика»; использование точек эскизов SolidWorks для локализации примитивов COSMOSMotion; дублирование элементов «петля» для расчета распределения усилий; нелинейные пружины и демпферы;

создание пространственных эскизов SolidWorks на базе траекторий движения точек; одновременное отображение результатов двух расчетов.

COSMOSFloWorks:

- Множественные вращающиеся объекты; вращающиеся объекты в сочетании с несимметричным статором; одновременное перемещение и поворот наружных стенок; одновременное движение жидкости и газа в непересекающихся объемах; моделирование парообразной среды; граничное условие типа «внешняя среда» с неизвестным направлением движения; упрощенное моделирование нагревателей; тепловое контактное сопротивление; использование материалов SolidWorks; прогноз времени расчета; удаленные вычисления, в частности, на 64-битном процессоре; расширенные возможности управления сеткой.

Литература

1. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.