

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. ОКЮ

_____ Ю.М.. Осипов
«___» _____ 2014 г.

**ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ**

Методические указания к выполнению практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Твердотельное конечно-элементное моделирование компонентов электромехатронных систем движения» для магистрантов по направлению: 221000.68 «Мехатроника и робототехника» по магистерской программе «Компьютерное моделирование электромехатронных систем движения»

УДК 621.396.6.671.7

Твердотельное конечно-элементное моделирование компонентов электромехатронных систем движения: Методические указания к проведению практических и самостоятельных занятий по дисциплине "Твердотельное конечно-элементное моделирование компонентов электромехатронных систем движения" по магистерской программе «Компьютерное моделирование электромехатронных систем движения». - Томск: Изд-во ТУ СУР, 2014. - 10 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром отделения кафедры ЮНЕСКО «31» августа 2014 г.

Составитель к.т.н. доц.

Щербинин С.В.

Рецензент доктор технических наук, профессор кафедры ЕНО ЮТИ ТПУ

Градобоев А.В.

1. Цель и задачи

Цель – изучение методов автоматизации расчетов работоспособности электромехатронных систем движения при различных нагрузках.

Задачи – использование теоретических основ метода конечных элементов и специализированных программ для анализа напряжений и частотного отклика механических конструкций.

2. Методические указания

2.1. Использование инструментов анализа напряжений

Программа анализа напряжения Autodesk Inventor содержит инструменты для определения характеристик структуры проекта непосредственно в модели Autodesk Inventor. Программа анализа напряжения Autodesk Inventor содержит инструменты для размещения нагрузок и зависимостей на детали и расчета получаемого напряжения, деформации, запаса прочности и режимов резонансных частот.

Войдите в среду анализа напряжений в Autodesk Inventor, используя активную деталь.

С помощью инструментов анализа напряжения можно:

- Выполнить анализ напряжения или частот для детали.
- Приложить силу, давление, рабочую нагрузку, момент или нагрузку на корпус к вершинам, граням или ребрам детали или сообщить нагрузку движения непосредственно детали.
- Добавить фиксированные зависимости или ненулевое смещение в модель.
- Оценить влияние многопараметрических изменений проекта.
- Просмотреть результаты анализа с точки зрения эквивалентного напряжения, минимального и максимального главных напряжений, деформации, запаса прочности или режимов резонансных частот.
- Добавить или подавить такие элементы, как угловые соединения, сопряжения или ребра, повторная оценка проекта, а также обновление решения.
- Создать анимацию различных стадий деформации детали, с различными коэффициентами запаса прочности и частотами.
- Создать полный автоматический отчет по техническому проектированию, который можно сохранить в формате HTML.

2.2. Значение анализа напряжений

Выполнение анализа механической детали на этапе проектирования может помочь выпустить на рынок лучший продукт и быстрее. Модуль "Анализ напряжения" Autodesk Inventor помогает:

- Определить, достаточно ли прочная деталь, чтобы выдержать предполагаемые нагрузки или колебания, без разрушения или нежелательной деформации.
- Получить важные сведения на раннем этапе, когда стоимость повторного проектирования еще не так велика.
- Определить, можно ли изменить конструкцию детали без больших затрат или она по-прежнему удовлетворяет своему назначению.

Анализ напряжения – здесь подразумевается инструмент, который позволяет понять, как конструкция будет себя вести при определенных обстоятельствах. Чтобы получить точный ответ, близкий к реальности, высококлассному специалисту может потребоваться большое количество времени. То, что часто очень помогает предсказать и улучшить конструкцию, - это данные о тенденциях и поведении, которые можно получить в ходе базового или фундаментального анализа. Выполнение этого базового анализа на раннем этапе проектирования может существенно улучшить весь процесс инженерной разработки.

Далее приведен пример использования анализа напряжений. При проектировании кронштейнов или единой сварки деформация детали может существенно влиять на выравнивание важных

компонентов и приводить к появлению сил, вызывающих повышенный износ. При оценке воздействия колебаний важную роль в определении резонансной частоты детали играет ее геометрия. Предотвращение возникновения или в некоторых случаях намеренное получение критических резонансных частот позволяет предотвратить повреждение детали и обеспечить ее необходимую работу.

Для любого анализа, как подробного, так и фундаментального, очень важно учитывать природу приближений, изучить результаты и проверить окончательный проект. Правильное использование анализа напряжений позволяет существенно уменьшить количество необходимых физических тестов. Можно поэкспериментировать с различными параметрами проектирования, чтобы улучшить конечный продукт.

Чтобы узнать о возможностях программы анализа напряжений Autodesk Inventor, просмотрите интерактивные демонстрации и учебные пособия. Сведения о том, как выполнить анализ для сборок в Autodesk Inventor, можно найти на веб-узле <http://www.ansys.com/autodesk>.

2.3. Принцип работы программы анализа напряжений

Анализ напряжений выполняется с помощью математического представления физической системы, которая состоит из следующих компонентов:

- Деталь (модель).
- Свойства материала.
- Соответствующие граничные условия и нагрузки, которые считаются предварительной обработкой.
- Решение данного математического представления.

Чтобы найти решение, деталь делится на несколько мелких элементов. Программа складывает поведения каждого из элементов и на основе этого предсказывает поведение всей физической системы.

- Изучение результатов этого решения называется последующей обработкой.

2.4. Допущения при анализе

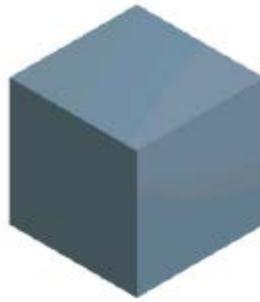
Анализ напряжений в Autodesk Inventor подходит только для линейных свойств материала, когда напряжение прямо пропорционально механической нагрузке на материал (при отсутствии постоянной текучести материала). Линейность наблюдается, когда характеристика зависимости напряжения от нагрузки в области упругой деформации (который измеряется как модуль упругости) постоянна.

Суммарная деформация считается небольшой по сравнению с толщиной детали. Например, при изучении прогиба балки расчетное смещение должно быть существенно меньше минимального поперечного сечения балки.

Результаты независят от температуры. Предполагается, что температура не влияет на свойства материала.

Представление САПР физической модели разбивается на мелкие части (это можно представить, как трехмерный пазл). Этот процесс называется созданием сетки. Чем выше качество сетки (набора элементов), тем лучше математическое представление физической модели. Объединив поведения каждого элемента с помощью системы уравнений, можно предсказывать поведение фигур, которое в противном случае не удалось бы выяснить, используя базовую закрытую форму вычислений, приведенную в обычных инженерных справочниках.

Далее показан блок (элемент) с хорошо определенным механическим и модальным поведением.



В этом примере простой детали трудно предсказать поведение структуры, решая уравнения вручную.



Здесь та же деталь разбивается на небольшие блоки (объединяемые в элементы), каждый с хорошо определенным поведением с возможностью суммирования (решения) и легко интерпретируемые (во время последующей обработки). Для листового металла используется специальный тип элементов. Предполагается, что в одном направлении модель тонкая относительно других размеров. Модель имеет идентичную топологию сверху и снизу и только одну топологию по толщине модели.



2.5. Интерпретация результатов анализа напряжения

На результат математического решения обычно очень большое влияние оказывает количество исходных данных. Это количество исходных данных обычно трудно и утомительно интерпретировать без сортировки данных и графического представления, которое традиционно называется последующей обработкой. Последующая обработка используется для создания графиков распределения напряжений, деформаций и других аспектов модели. Интерпретация этих результатов последующей обработки является очень важной для определения:

- областей, которые потенциально являются слабыми в модели;

- областей с избыточным материалом, например областей, которые слабо нагружены или совсем не подвержены нагрузке;
- важной информации о других характеристиках модели, например колебаний, которые в противном случае были бы неизвестны до создания и тестирования физической модели (прототипа).

Результатом этапа интерпретации является определение наиболее критических мест. Необходимо сравнить полученные результаты (например числа и цветовые контуры, перемещения) с ожидаемыми. Пользователь самостоятельно определяет, имеют ли результаты смысл, а также объясняет их с точки зрения инженерных принципов. Если результаты отличаются от ожидаемых, необходимо оценить условия анализа и определить, в чем заключается причина расхождений.

2.6. Эквивалентное напряжение

Трехмерные напряжения и нагрузки образуются в нескольких направлениях. Обычно эти многонаправленные напряжения суммируются для получения эквивалентного напряжения, которое также называется напряжением Мизеса. Трехмерное твердое тело имеет шесть компонентов напряжения. Если свойства материала определяются экспериментально или путем одноосевого нагрузочного испытания, то реальная система нагрузки получается путем объединения этих шести компонентов напряжения в одно эквивалентное напряжение.

2.7. Максимальное и минимальное значения главного напряжения

Согласно теории упругости, бесконечно малый объем материала в произвольной точке на поверхности или внутри твердого тела можно повернуть таким образом, что сохранятся только нормальные напряжения, а все значения напряжения среза будут равны нулю. Когда вектор нормали к поверхности и вектор напряжения, действующего на поверхность, коллинеарны, направление вектора нормали называется направлением главного напряжения. Величина вектора напряжения на поверхности называется величиной главного напряжения.

2.8. Деформация

Деформация - это величина растяжения, которое претерпевает объект вследствие нагрузки. Результаты деформации используются для определения, в каком месте и насколько прогнется деталь, а также какая сила потребуется для того, чтобы она изогнулась на определенное расстояние.

2.9. Запас прочности

Все объекты обладают предельным значением перегрузки, который зависит от материала и называется пределом текучести материала. Если сталь имеет предел текучести 40 000 фунтов на квадратный дюйм, то любые нагрузки свыше этого предела приведут к появлению какой-либо остаточной деформации. Если проектируемая деталь не должна сохранять остаточную деформацию вследствие нагружения сверх предела текучести (в большинстве случаев), то максимально допустимая нагрузка в данном случае будет составлять 40000 фунтов на квадратный дюйм.

Коэффициент запаса прочности можно рассчитать как отношение максимально допустимой нагрузки к эквивалентной нагрузке (напряжение Мизеса). Чтобы конструкция была допустимой, этот коэффициент должен быть больше 1. (Величина коэффициента меньше 1 означает возникновение остаточной деформации.)

После определения коэффициента запаса прочности сразу же показываются области возможной текучести, где результаты эквивалентной нагрузки в области наибольшего напряжения всегда отображаются красным цветом, независимо от того, насколько велико или мало значение. По-

сколько запас прочности равен 1 означает, что материал практически находится на грани текучести, большинство конструкторов стараются добиваться величины коэффициента запаса прочности от 2 до 4 в зависимости от характера ожидаемой максимальной нагрузки. Если только максимальная ожидаемая нагрузка не будет часто повторяться, тот факт, что некоторые области конструкции подвергаются нагрузке, равной пределу текучести, необязательно означает, что конструкция деталь неправильная. Повторяющаяся высокая нагрузка может привести к усталостному разрушению, которое нельзя смоделировать с помощью программы анализа напряжения Autodesk Inventor. Для оценки ситуации всегда следует руководствоваться инженерными принципами.

2.10. Режимы частоты

Анализ колебаний используется для проверки модели и определения:

- ее собственных резонансных частот (например, глушителя в состоянии покоя или других сбоев)
- Случайные колебания
- Сотрясение
- Удар

Каждое из этих воздействий может влиять на собственную частоту модели, которая в свою очередь может привести к резонансному или последующему разрушению. Форма колебаний - это форма смещения, которую принимает модель при воздействии на нее резонансной частотой.

3. Анализ моделей

3.1. Работа в среде анализа напряжения

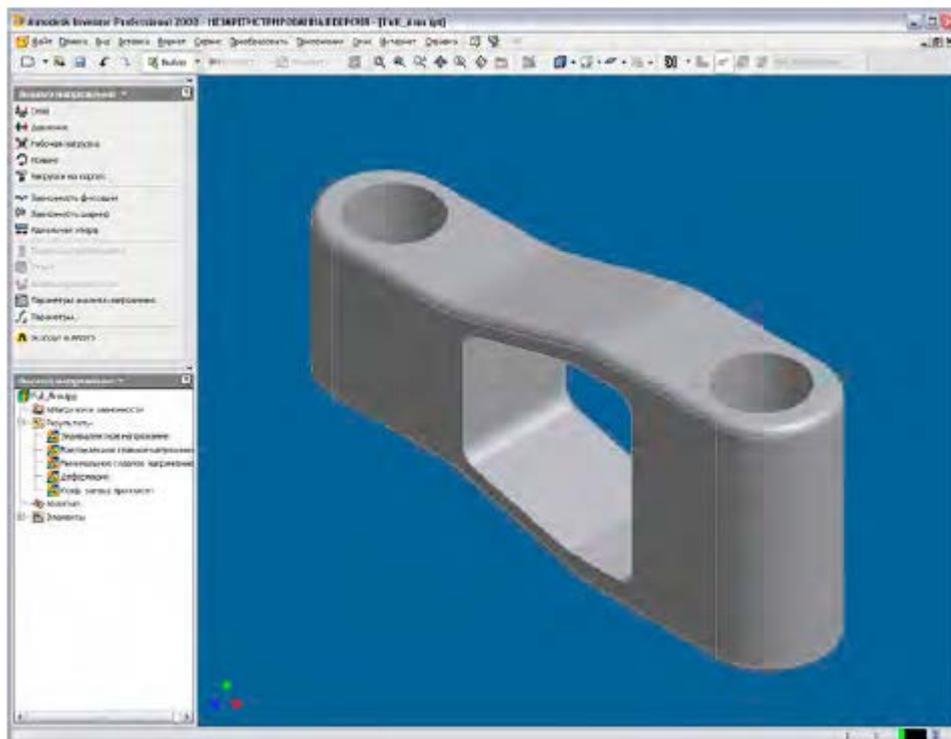
Используйте среду анализа напряжения для анализа конструктивных особенностей детали и быстрой оценки различных параметров. Можно выполнять анализ модели детали при различных условиях с использованием различных материалов, нагрузок и зависимостей (или граничных условий), а затем просматривать результаты. Можно выполнить анализ напряжения или анализ резонансной частоты с использованием соответствующих форм колебаний. Просмотрев и оценив результаты, можно внести изменения в модель и повторно запустить анализ, чтобы проверить эффект внесенных изменений.

В среде анализа напряжения можно перейти из среды работы с деталями или деталями из листового металла.

Войдите в среду анализа напряжения

- 1 Активизируйте среду работы с деталями или деталями из листового металла.
- 2 Выберите «Приложения» > «Анализ напряжения».

Отобразится инструментальная палитра «Анализ напряжения».



Нагрузки и зависимости отобразятся в браузере в разделе «Нагрузки и зависимости». Если с помощью правой кнопки мыши в браузере выбрать нагрузку или зависимость, можно выполнить следующее:

- Редактировать элемент. Откроется диалоговое окно соответствующего элемента, в котором можно выполнить изменения.
- Удалить элемент.

Чтобы переименовать элемент в браузере, выберите его, введите новое имя и нажмите клавишу ENTER.

3.2. Запуск анализа напряжения

После создания или загрузки детали можно запустить анализ, чтобы оценить, соответствует ли деталь замыслу проекта. Можно выполнить анализ напряжения или анализ резонансной частоты детали при определенных условиях. Для каждого анализа используйте одни и те же этапы рабочего процесса.

Ниже перечислены основные этапы выполнения анализа напряжения или анализа резонансной частоты для детали.

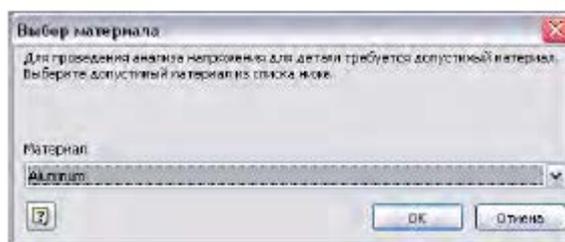
Процедура: Выполнение стандартного анализа

- 1 Войдите в среду анализа напряжения.
- 2 Проверьте, подходит ли материал для детали, или выберите материал.
- 3 На инструментальной палитре «Анализ напряжения» выберите тип нагрузки для применения. Возможны следующие варианты: «Сила», «Давление», «Рабочая нагрузка», «Момент», «Нагрузка на корпус», «Кинематическая нагрузка» (для детали, экспортируемой из среды динамического моделирования) или «Зависимость фиксации».
- 4 Выберите на модели грани, ребра или вершины, к которым требуется применить нагрузку.
- 5 Введите параметры нагрузки (например, в диалоговом окне «Сила» введите значение величины и направления). Числовые параметры можно вводить в виде чисел или формул, в которые, в свою очередь, могут входить параметры, определяемые пользователем.

- 6 Повторите шаги 3-5 для каждой нагрузки, применяемой к детали.
- 7 Добавьте зависимости в модель.
- 8 Внесите необходимые изменения в параметры среды анализа напряжения.
- 9 Измените или добавьте необходимые параметры.
- 10 Начните анализ.
- 11 Просмотрите результаты.
- 12 Вносите изменения в модель и повторяйте выполнение анализа до тех пор, пока не будет смоделировано нужное поведение модели.

3.3. Проверка материала

Первым шагом является проверка материала модели на соответствие для проведения анализа напряжения. При выборе среды анализа напряжения программа Autodesk Inventor® проверяет материал, определенный для детали. Если материал приемлем, он отображается в списке в браузере анализа напряжения. В противном случае отобразится диалоговое окно, в котором можно выбрать другой материал.



Можно закрыть это диалоговое окно и продолжить выбор параметров анализа напряжения. Однако при попытке обновления анализа напряжения диалоговое окно отобразится снова, и в нем можно выбрать допустимый материал, прежде чем анализ будет запущен.

Если для предела текучести или плотности заданы нулевые значения, анализ выполнить невозможно.

Выбрав подходящий материал, нажмите ОК.

3.4. Применение нагрузок

Первым шагом подготовки модели к анализу является применение к модели одной или нескольких нагрузок.

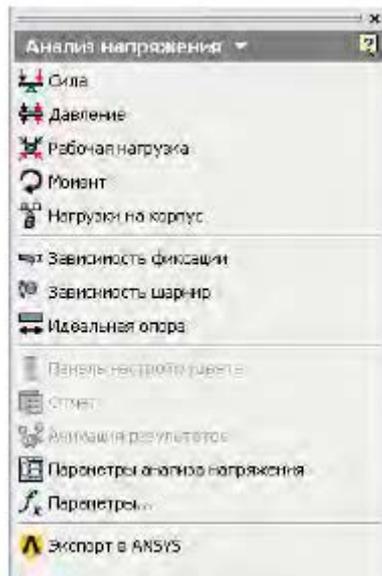
Процедура: Применение нагрузок для проведения анализа

- 1 Выберите тип нагрузки для применения.
- 2 Выберите геометрию модели, на которой будет применяться нагрузка.
- 3 Введите для нагрузки необходимую информацию.

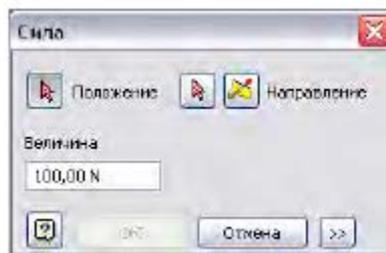
Можно применять любое количество нагрузок. По мере их применения нагрузки отображаются в браузере в разделе «Нагрузки и зависимости». Когда нагрузка определена, ее можно изменить, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав в меню «Редактировать».

Выбор и применение нагрузки

- 1 В среде анализа напряжения, на инструментальной палитре «Анализ напряжения» выберите «Сила».



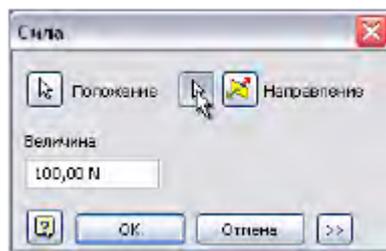
Выбрав пункт «Сила», определите тип силы в диалоговом окне «Сила».



2 Выберите грани, ребра или вершины детали с помощью щелчка левой кнопкой мыши. Для удаления элемента in набора выберите элемент, удерживая нажатой клавишу Ctrl.

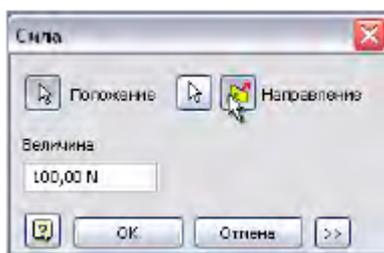
В случае выбора исходного элемента выбор будет ограничен элементами такого же типа, что и исходный элемент (только грани, только ребра или только вершины). Стрелка, определяющая местоположения, станет белой.

3 Щелкните стрелку направления, чтобы задать направление силы. Можно задать направление, перпендикулярное грани или рабочей плоскости, или задать направление вдоль ребра или рабочей оси.



Если сила направлена на одну грань, автоматически задается направление, перпендикулярное грани, а сила направлена от детали.

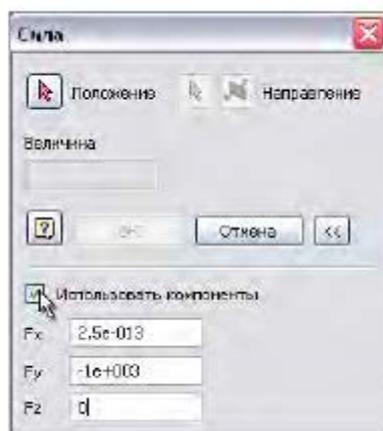
4 Нажмите кнопку «Сменить направление» для изменения направления силы на противоположное.



5 Введите величину силы.

6 Для указания компонентов силы нажмите кнопку «Дополнительно», чтобы развернуть диалоговое окно, и установите флажок «Использовать компоненты».

7 Введите либо числовое значение силы, либо формулу, в которой используются определенные параметры. В системе единиц измерения, определенной для детали, значением по умолчанию является 100.



8 Нажмите кнопку ОК.

На модели отобразится стрелка, обозначающая направление и место применения силы.

Для каждого типа нагрузки используется одна и та же процедура.

В приведенной таблице представлена информация о каждом типе нагрузки.

Нагрузка	Информация о нагрузке
	<p>Сила</p> <p>Силу можно применить к набору граней, ребер или вершин. Если сила направлена на грань, автоматически задается направление, перпендикулярное грани, а сила направлена внутрь детали. Направление можно определить по плоским граням, прямым ребрам и осям.</p>
	<p>Давление</p> <p>Давление распределяется равномерно и действует перпендикулярно всем точкам поверхности. Давление применяется только к граням.</p>
	<p>Рабочая нагрузка</p> <p>Эту нагрузку можно применить только к цилиндрическим граням. По умолчанию примененная нагрузка направлена вдоль оси цилиндра и ее направление радиально.</p>
	<p>Момент</p> <p>Момент применяется только к граням. Направление можно определить по плоским граням, прямым ребрам, двум вершинам и осям.</p>

Нагрузка	Информация о нагрузке
 Нагрузки на корпус	Для применения силы тяжести необходимо выбрать направление в списке «Стандартная сила тяжести на Земле». Установите флажок «Включить» под параметром «Ускорение» или «Скорость вращения». Во время одного анализа можно применить только одну нагрузку на корпус.
 Ненулевое смещение	В качестве нагрузки можно использовать ненулевое смещение зависимости фиксации. Добавьте зависимость и установите флажок «Использовать компоненты».
 Кинематические нагрузки	Используя функцию «Кинематические нагрузки», можно импортировать нагрузки, созданные в среде динамического моделирования. Сначала необходимо выполнить экспорт нагрузок из среды динамического моделирования, чтобы затем можно было импортировать их в среду анализа напряжения.

3.5. Наложение зависимостей

Определив нагрузки, на выбранной геометрии детали необходимо указать зависимости. Можно применять любое количество зависимостей. Определенные зависимости отобразятся в браузере в разделе «Нагрузки и зависимости». Когда зависимость определена, ее можно изменить, щелкнув правой кнопкой мыши и выбрав в меню «Редактировать».

Выбор и применение зависимости

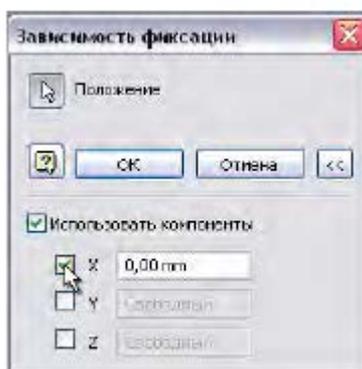
1 На инструментальной палитре «Анализ напряжения» нажмите кнопку «Зависимость фиксации», «Зависимость шарнир» или «Идеальная опора».

2 В графическом окне выберите набор граней, ребер или вершин, для которых будет применена зависимость.

Стрелка, определяющая местоположения, станет белой.

3 При необходимости нажмите кнопку «Дополнительно», чтобы указать для зависимости фиксированное смещение. Установите флажок «Использовать компоненты», а затем поставьте галочку рядом с меткой глобальной оси координат (X, Y или Z), вдоль которой выполняется смещение.

Можно использовать параметры и отрицательные значения. Выберите «Использовать компоненты», чтобы указать ненулевое смещение, которое можно использовать в качестве нагрузки.

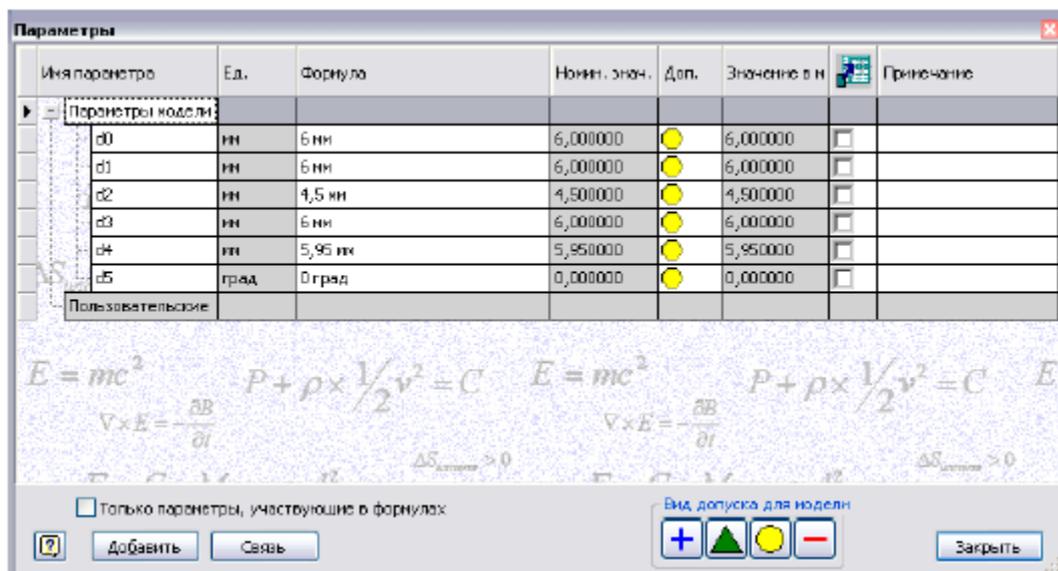


4 Нажмите кнопку ОК.

3.6. Настройка параметров

Во время определения нагрузок и зависимостей для детали вводимые значения (величины, векторные компоненты и т.д.) сохраняются в Autodesk Inventor как параметры. Создание имен параметров в Autodesk Inventor выполняется автоматически. Например, параметры нагрузки обозначаются «dn», где «d0» - первая созданная нагрузка, «d1» - вторая нагрузка и т.д.

При определении значений размера нагрузки и смещения зависимости можно ввести их в виде формул. Или, определив нагрузки и зависимости, выберите на инструментальной палитре анализа напряжения «Параметры», а затем в диалоговом окне «Параметры» введите формулы для параметров любой нагрузки или зависимости.



Можно определять и редактировать параметры в любое время: в процессе моделирования детали, при выполнении настроек анализа или при последующей обработке. Если параметры, связанные с нагрузкой или зависимостью, изменены после получения решения, активизируется команда «Обновить», позволяющая запустить новое решение.

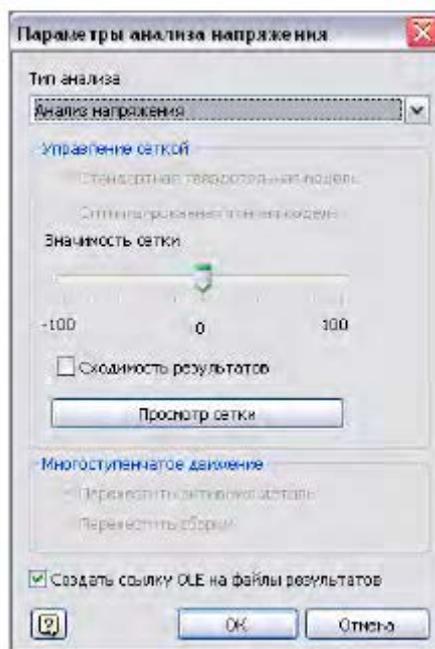
Невозможно удалить системные параметры, однако при удалении связанных с ними нагрузок или зависимостей они удаляются автоматически. Невозможно также удалить параметры, которые в настоящий момент используются в системном параметре.

3.7. Отслеживание подавления элементов

При проведении аналитических исследований для достижения наиболее точных результатов может потребоваться корректировка фрагментов модели. Речь идет об удалении мелких геометрических объектов, которые только усложняют процесс создания сетки, без ущерба для конечного результата.

3.8. Установка параметров решения

Перед запуском решения можно задать тип анализа и значимость сетки для анализа, а затем указать, следует ли создавать новый файл анализа. Выберите «Параметры анализа напряжения» на инструментальной палитре анализа напряжения, чтобы открыть соответствующее диалоговое окно. Настроив параметры, нажмите ОК для их подтверждения.



3.9. Установка типов анализа

Перед запуском решения в диалоговом окне «Параметры» в разделе «Тип анализа» выберите «Анализ напряжения», «Модальный анализ» (для выполнения анализа резонансной частоты) или «Оба» (для выполнения анализа напряжения и модального анализа с предварительным напряжением).

3.10. Настройка управления сеткой

Существует два типа модели сетки: стандартная твердотельная модель и оптимизированная тонкая модель. Для детали по умолчанию задается стандартная твердотельная модель. Можно создать для нее сетку в направлениях X, Y и Z. По умолчанию для детали из листового металла задается модель сетки, называемая оптимизированная тонкая модель. Предполагается, что в одном направлении модель тонкая относительно других размеров, имеет идентичную топологию сверху и снизу и только одну топологию по толщине модели. В диалоговом окне «Параметры» переместите регулятор значимости сетки, чтобы задать размер сетки. Нулевым значением по умолчанию является средняя сетка. Если установить регулятор на значение «100», задается самая высокая точность сетки и результат получается максимально точный, однако для получения решения требуется больше времени. Если установить регулятор на значение «-100», сетка получается грубая, решение выполняется быстро, однако в результатах могут присутствовать значительные неточности. Параметры «Значимость сетки» и «Сходимость результатов» доступны только для стандартной твердотельной модели. Сетку, которая получится при выборе определенного параметра, можно просмотреть, выбрав «Просмотр сетки».

Установите флажок «Сходимость результатов» для изменения точности сетки адаптивным способом в Autodesk Inventor.

Многоступенчатое Моделирование местоположения кинематической нагрузки, движение заданной для детали, с помощью динамического моделирования в сборке.

Переместить активную Перемещение активной детали и фиксирование остальных деталей неактивных деталей в разных временных шагах.

Переместить сборку Фиксирование активной детали и перемещение остальных неактивных деталей.

Создать ссылку OLE Сохранение связи между документом детали и другими на файлы результатов файлами анализа напряжения.

3.11. Получение решений

После выполнения всех необходимых шагов команда «Обновление анализа напряжения» на стандартной панели инструментов становится активной. Выберите ее для запуска решения.

В процессе получения решения отображается диалоговое окно «Статус решений». При разработке решения программа Autodesk Inventor недоступна. Когда решение получено, отображаются результаты в графическом виде.

Для получения сведений об изучении результатов решения см. Просмотр результатов (стр. 29).

3.12. Запуск модального анализа

Кроме анализа напряжения, можно выполнить анализ резонансной частоты (модальный анализ), в результате которого получают значения частот, при которых имеет место вибрация детали, а также формы колебаний при этих частотах. Аналогично анализу напряжения, модальный анализ доступен в среде анализа напряжения.

Анализ резонансной частоты можно выполнять независимо от анализа напряжения. Анализ частоты можно выполнять на конструкции с предварительным напряжением.

В этом случае можно определить нагрузки на деталь до анализа. Можно также получить значения резонансных частот для детали без зависимостей.

Начальные шаги при выполнении этого анализа должны быть такими же, как и при выполнении анализа напряжения. Инструкции по настройке нагрузок, зависимостей, параметров и параметров решения см. в разделе Запуск анализа напряжения (стр. 9).

Процедура: Запуск модального анализа

1 Войдите в среду анализа напряжения.

2 Проверьте, подходит ли материал для детали, или выберите материал.

3 Примените любые нагрузки (не обязательно).

4 Добавьте необходимые зависимости (не обязательно).

5 Перед запуском поиска решения в диалоговом окне «Параметры» в разделе «Тип анализа» выберите «Модальный анализ».

При выборе значения «Оба» для детали будет запущен как анализ напряжения, так и модальный анализ. При выборе модального анализа, во время которого применяется нагрузка, будет выполняться модальный анализ с предварительным напряжением.

6 Нажмите кнопку ОК.

Результаты первых шести режимов частоты будут отображены в браузере в папке «Режимы». Для детали без зависимостей первые шесть значений частот равны нулю.

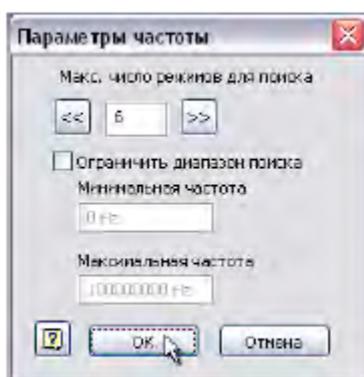
7 Чтобы изменить количество отображаемых частот или ограничить диапазон полученных частот, щелкните правой кнопкой мыши папку «Режимы» и выберите «Параметры».

Отобразится диалоговое окно «Параметры частоты». Введите максимальное количество режимов для поиска или диапазон частот, которым требуется ограничить результаты.

После выполнения всех необходимых шагов команда «Обновление анализа напряжения» на стандартной панели инструментов становится активной.

8 Выберите «Обновление анализа напряжения», чтобы запустить разработку решения.

В процессе получения решения отображается диалоговое окно «Статус решений». Когда решение получено, результаты доступны для просмотра.



4. Просмотр результатов

4.1. Использование визуализации результатов

Используя визуализацию результатов, можно увидеть, как ведет себя деталь в случае применения нагрузок и зависимостей. Можно визуально представить величину напряжений в детали, деформацию детали, запас прочности при напряжении, а в случае выполнения модального анализа - режимы резонансных частот.

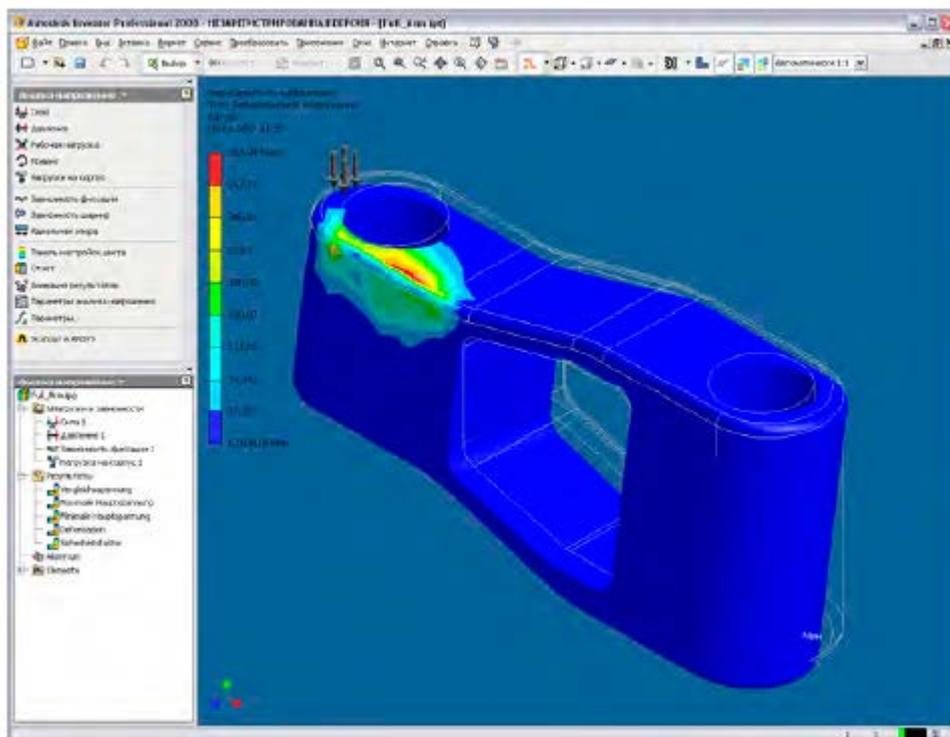
Выполнение визуализации результатов

1 Начните работу в среде анализа напряжения. Откройте деталь или деталь из листового металла, для которой был проведен анализ, или выполните шаги, необходимые для текущего анализа.

2 На стандартной панели инструментов выберите инструмент «Обновление анализа напряжения».

В графическом окне отобразится панель настройки цвета.

На стандартной панели инструментов будут активизированы команды последующей обработки, а режим отображения изменится на режим ступенчатых контуров.



Чтобы просмотреть другой набор результатов, дважды щелкните набор результатов в браузере. Во время просмотра результатов можно выполнять следующие действия.

- Вносить изменения в панель настройки цвета, чтобы выделить интересующие уровни напряжения.

- Сравнивать результаты с геометрией без деформации.

- Просматривать сетку, используемую для получения решения.

Использовать элементы управления для стандартного вида для управления моделью и получения трехмерного вида результатов.

Чтобы изменить какие-либо параметры модели, необходимо вернуться в среду моделирования деталей, а затем, снова перейдя в среду анализа напряжения, обновить решение.

4.2. Изменение панели настройки цвета

В панели настройки цвета видно, какие цвета контура соответствуют значениям анализа или смещениям, рассчитанным в решении. Можно изменить панель настройки цвета и настроить контуры цвета таким образом, чтобы отображение напряжения смещения было понятным.

Измените панель настройки цвета.

1 На инструментальной палитре «Анализ напряжения» выберите «Панель настройки цвета».

По умолчанию максимальные и минимальные значения, отображенные в панели настройки цвета, являются максимальными и минимальными значениями результата полученного решения. Можно изменить максимальное и минимальное значение, а также значения по краям полос.

2 Чтобы изменить критические максимальные и минимальные пороговые значения, установите флажок «Автоматически» для снятия выделения, а затем измените значения в текстовом поле. Чтобы завершить изменение, нажмите кнопку «Применить».

Чтобы восстановить критические максимальные и минимальные пороговые значения, заданные по умолчанию, выберите «Автоматически», а затем нажмите кнопку «Применить».

Для уровней имеются семь эквивалентных разделов, и для каждого раздела назначен цвет по умолчанию. Можно выбрать число цветов контура (от 1 до 12).

Список литературы

1. Анализ и моделирование методом конечных элементов [Электронный ресурс]: Simulation. URL: <http://www.autodesk.ru/products/simulation/features/simulation-mechanical/all/gallery-view> (Дата обращения: 18.02.2012).
2. Ефременков А.Б. Компьютерная графика в примерах и задачах горного и машиностроительного производства [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Б. Ефременков, С. В. Щербинин ; Федеральное агентство по образованию, Томский политехнический институт им. С. М. Кирова, Юргинский технологический институт. - Томск : ТПУ, 2009. - 194 с.

ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОМЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИЖЕНИЯ

Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Твердотельное конечно-элементное моделирование компонентов электромехатронных систем движения» для магистрантов по направлению: 221000.68 «Мехатроника и робототехника» по магистерской программе «Компьютерное моделирование электромехатронных систем движения»