

УДК 004.94:629.735.02(043.2)

**Ю.В. Власенко**, наук. співробітник**Р.Н. Лелюх**, студент**С.М. Гайсан**, студент

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

## РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

*Рассмотрена обобщенная методика расчета прочности узлов средствами системы CATIA v6. На основе приведенной методики выполнен расчет и определены допустимые значения параметров, удовлетворяющие критериям прочности элементов конструкции.*

### Введение

В настоящее время в промышленно развитых странах мира для разработки сложных наукоемких изделий используются специализированные CAE системы, такие как ANSYS, NASTRAN, PATRAN и др. Их стоимость, избыточная функциональность не допускает их массового применения для инженерных расчетов. Вместе с тем, большинство задач инженерного анализа может быть решено универсальными CAD/CAM/CAE системами [1, 2].

### Постановка задачи

Общепризнанным лидером в этом направлении является система CATIA компании Dassault Systemes (Франция) [3]. В то же время, отсутствие специализированных, доступных методик выполнения специализированных инженерных расчетов (узлов самолета, литейных процессов, оснастки и др.) не позволяют использовать расчетные модули системы CATIA v6.

В данной статье авторы описывают практический и методический опыт использования CATIA v6 для инженерного анализа и конструирования деталей и узлов самолета, представляя тем самым обобщенную методику инженерного анализа инструментальными средствами системы CATIA.

### Материалы исследования

Инженерные расчёты являются неотъемлемой частью процесса проектирования. При проектировании узлов самолёта, будь то фюзеляж, крыло, шасси, двигатель, силовые элементы конструкции, элементы крепления различных систем используются средства инженерного анализа. В зависимости от назначения, это могут быть аэродинамические, температурные, акустические, частотные, гидравлические, статические прочностные линейные или нелинейные виды анализа. Все вышеупомянутые расчёты реализуются с помощью CAD/CAM/CAE систем. Средствами таких систем представляется также возможность построения и геометрической модели рассчитываемого узла самолёта. Рассмотрен анализ одного из узлов самолёта, выполненный на основе CAD/CAM/CAE системы CATIA v6.

Для построения геометрической модели узлов самолёта, инженерного анализа этих самых узлов и написания технологических процессов для их изготовления существуют определённые рекомендации, методики и приоритеты использования тех или иных инструментов. Рассмотрим одну из методик решения инженерных задач с использованием CAD/CAM/CAE системы CATIA v6 и на её примере рассчитаем элемент узла шасси самолёта.

Методика решения задачи инженерного анализа в CAD/CAM/CAE системе CATIA v6 включает следующие этапы.

#### 1. Основные допущения.

##### 1.1. Выбор типа анализа.

На этом этапе необходимо определить, какие типы расчётов требуется использовать для решения поставленной задачи. Это могут быть различные расчёты, такие как часто-

тний анализ, тепловой, статический расчёт, определение устойчивости, нелинейный анализ и т.д.

### 1.2. Выбор контактной модели.

В системе CAD/CAM/CAE CATIA v6 есть возможность реализовать вышеупомянутые типы анализа как для отдельной детали какого-либо узла самолёта, так и для сборки всего узла в целом. Поэтому определим назначение расчёта в плане контактной модели.

### 1.3. Выбор типа элементов.

На этом этапе анализируется тип элементов, используемых в расчёте, твердотельные или поверхностные (2D элементы, оболочковые элементы). Это определяет скорость расчёта и точность полученных результатов.

## 2. Препроцессинг.

### 2.1. Создание геометрической модели анализируемого узла.

В зависимости от типа рассчитываемого узла самолёта используются те или иные группы модулей для построения его геометрической модели. Для проектирования твердотельных элементов необходимо использовать такую группу модулей, как Mechanical Design, то есть машиностроительное проектирование. С их помощью создаётся геометрическая модель изделия. При построении геометрической модели используем параметры, определяющие форму и геометрию проектируемого изделия. На основе результатов анализа параметры геометрической модели могут быть оптимизированы.

### 2.2. Задание свойств материала изделия.

На этом этапе необходимо задать физические свойства материалов, из которых будет изготовлена рассчитываемая деталь либо узел. При этом, если рассчитывается весь узел, можно отдельно задать свойства материала для каждой детали узла. Есть возможность выбирать типы материалов, которые есть в стандартной библиотеке и базирующиеся на ГОСТ, либо создавать свои материалы и вручную задавать свойства. В зависимости от типа расчёта используются основные физические свойства (предел прочности, модуль упругости) либо специфические, такие как теплопроводность, коэффициент теплового расширения и т.д. Свойства материала могут быть заданы как в виде констант, так и в виде зависимостей от других расчётных параметров.

### 2.3. Генерация расчётной сетки конечных элементов.

С помощью специализированного модуля для генерации сетки Advanced Meshing Tools необходимо сгенерировать сетку для расчётов детали. От типа и метода построения сетки зависит точность расчётов и время, за которое они будут произведены. Следует учесть, что сетка с большим количеством расчётных узлов позволяет находить более точное решение, но увеличивает расчетное время. При генерации сетки могут быть учтены дополнительные условия работы детали, например, болтовые соединения, посадка с натягом, сварочные соединения детали. При этом нагрузки сетки одной детали будут передаваться на узлы сетки другой детали.

### 2.4. Закрепление и нагружение детали (узла) конструкции.

На этом этапе происходит закрепление и нагружение детали (узла) конструкции в местах контакта с остальными элементами конструкции. Применяются сосредоточенные или распределённые силы, постоянные или же изменяющиеся по поверхности приложения, вес конструкции и крутящие моменты. Для анализа сборки возможно применение условий, определяющих переменный контакт между телами (нелинейная постановка). При решении связанных задач (напряжённое состояние при тепловой нагрузке) силовое воздействие может передаваться из одного расчёта в другой. Связи определяются в узлах сопряжений и определяют перемещение узлов сетки одной детали в зависимости от перемещения других деталей. Взаимно неподвижные детали, связанные меж-

ду собой разъёмным соединением или с помощью прессовой посадки, сопрягаются соответствующими элементами ограничений.

### 2.5. Выбор расчётных параметров.

К числу рассчитываемых по умолчанию значений напряжений и деформаций могут быть дополнительно определены другие элементы, участвующие в расчётах, например, относительное удлинение.

### 3. Расчёт.

Фаза непосредственного решения поставленной задачи анализа для получения конечного результата. В случае, если расчёт требует значительных вычислительных ресурсов (для сложных задач), поддерживается распределённое вычисление и приостановка расчёта с сохранением промежуточных результатов. Встроенный решатель в специальных случаях может быть дополнен или расширен дополнительным решателем, определённым пользователем.

### 4. Постпроцессинг.

#### 4.1. Просмотр результатов анализа.

На этом этапе происходит просмотр результатов анализа, которыми могут быть различные эпюры, графики. Для упрощения анализа результатов могут быть введены специальные критерии – проверки, определяемые автоматически. На основе проверки результатов составляется сводный отчёт.

Рассмотрим пример решения инженерной задачи о напряженно-деформированном состоянии детали качалки шасси в условиях пребывания самолёта в ангаре либо на аэродроме в статически неподвижном состоянии. Взлётный вес самолёта составляет 40 т. На самолёте установлено трехопорное шасси с носовой опорой и двумя основными опорами, расположенными вблизи центра массы по разные стороны от плоскости симметрии самолёта. Нагрузка, действующая на основные опоры шасси, составляет 346 кН. Схема сопряжения деталей шасси самолёта изображена на рис. 1.



Рис. 1. Геометрическая модель шасси самолёта

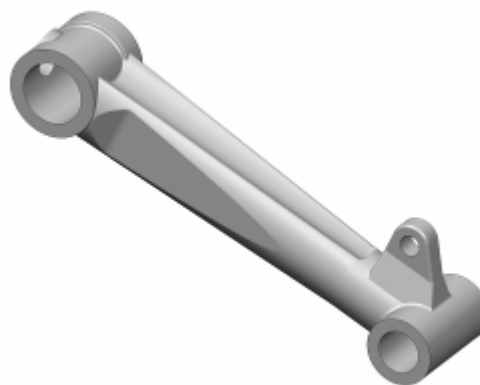


Рис. 2. Геометрическая модель качалки шасси

Сначала произведём основные допущения, выберем тип расчёта. Для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии детали качалки шасси самолёта необходимо использовать средства статического анализа, которые реализованы в модуле Generative Structural Analysis. Если указано, что анализировать нужно только отдельный элемент шасси, то контактной моделью является деталь. Геометрическую модель изделия создаём с помощью модуля машиностроительного проектирования Part Design (рис. 2). Далее задаём свойства материала командой “Назначение материалов”. Следу-

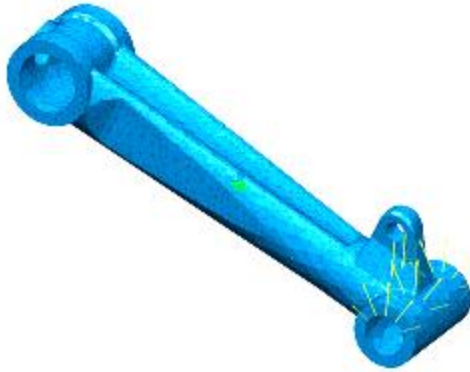


Рис. 3. Расчётная сетка качалки шасси самолёта

ментами конструкции, а именно – гидроцилиндром и двумя осями вращения. На основе решения системы уравнений сил, действующих на ось OX и на ось OY, а также уравнений сумм моментов сил были определены значения приложенной нагрузки и выполнен статический анализ. Результаты расчётов напряженно-деформированного состояния приведены на рисунках 4 и 5.

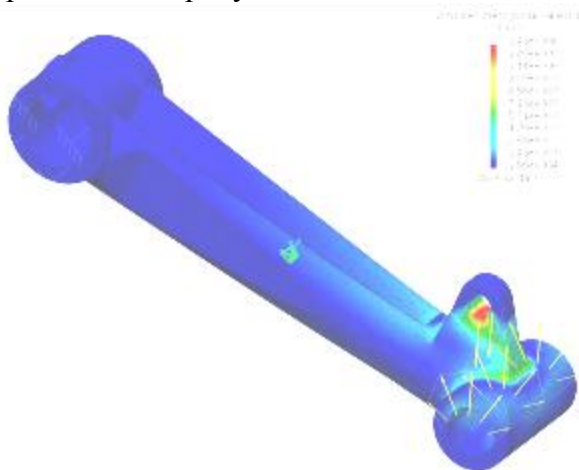


Рис. 4. Распределение напряжений в деформируемой детали

ющим шагом генерируем расчетную сетку (рис. 3). При генерации сетки конечных элементов задаем характерный размер элемента, равный 3 мм. Детализация узлов сетки в местах резких переходов поверхностей выполняется автоматически.

После генерации сетки определяем закрепление модели. Закрепление выбрано вдоль оси большего отверстия. Определяем численные значения нагрузок, действующие на качалку шасси самолёта в местах контакта с остальными силовыми эле-

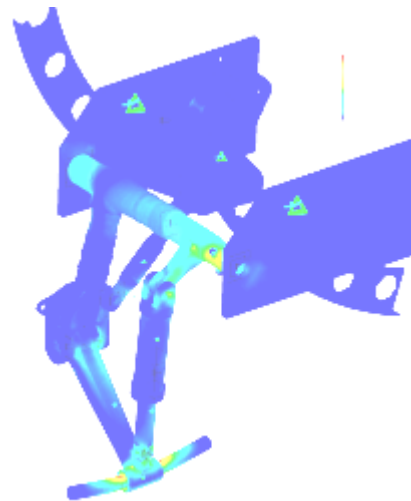


Рис. 5. Нагруженный узел в сборе

## Выводы

Приведенная методика позволяет выполнять расчёты прочности элементов конструкции летательных аппаратов в процессе проектирования. Указанные этапы выполнения анализа являются базовыми и в каждом конкретном случае могут быть уточнены. Представлены результаты расчетов наиболее нагруженной детали узла шасси самолета.

## Список использованных источников

1. Грувер М. САПР и автоматизация производства / М. Грувер, Э. Зиммерс: пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 530 с.
2. Шпур Г. Автоматизированное проектирование в машиностроении / Г. Шпур, Ф.Л. Краузе. – М.: Машиностроение, 1988. – 650 с.
3. Басов К. CATIA и ANSYS Твёрдотельное моделирование / Константин Андреевич Басов. – М.: ДМК-Пресс, 2009. – 240 с.