

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ И ТОПОЛОГИИ КОНСТРУКЦИЙ

На сегодняшний день применение всего инструментария конечно-элементной (КЭ) оптимизации конструкций позволяет существенно упростить конструкторскую работу.

Целью данной работы является исследование возможностей КЭ методов оптимизации топологии и формы деталей, а также вопросы оптимизации тонкостенных конструкций.

Как основной инструмент оптимизации используется программная система КЭ оптимизации FE-DESIGN Tosca [1]. Данная система позволяет выполнять все виды вышеперечисленных работ. Исследования проведены в рамках академической лицензии, действующей в течение 30 дней. В ходе исследования не было выявлено никаких ограничений данного типа лицензии на функциональность Tosca.

В Tosca в качестве алгоритма топологической оптимизации получил применение метод критерия оптимальности (Optimality Criterion, OC) [2], а так же контроллерный алгоритм оптимизации Tosca (Tosca controller-based algorithm) [1]. Разработчиками заявлена возможность использования адаптивного перестроения сетки, создания групп симметрии, предопределения псевдоплотности выбранной области, контроль членов и толщины получаемой конструкции, управление радиусом фильтрации, учет возможности изготовления конструкции.

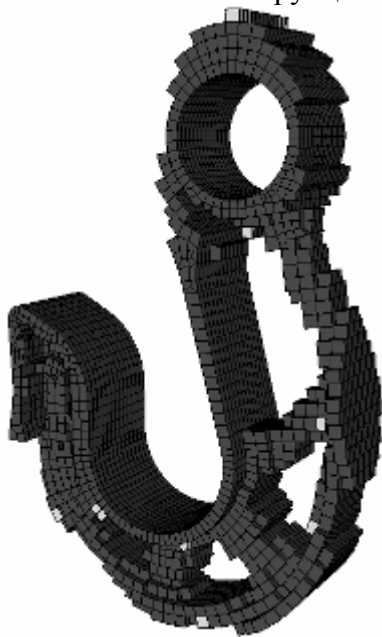


Рис. 1. КЭ модель



Рис. 2. Сглаженная CAD модель

Для сравнения работы алгоритмов и проверки качества реализации дополнительных функций решены следующие модельные задачи: консольная балка (работа групп симметрии), рычаг подвески (работа адаптивного перестроения сетки), плоскость с U-образным вырезом (контроль размера членов; контроль радиуса фильтрации), грузоподъемный крюк (суперкритериальная оптимизация; учет возможности изготовления, рис. 1, 2), искривленная плоскость (несколько условия нагру-

жения; MIN-MAX задача), затвор установки высокого давления «Кристалл» (использование линейных конечных элементов в промышленных задачах большой размерности). В частности, на рис. 1, 2 приведены результаты по удалению 60% материала крюка.

Для оптимизации формы использован встроенный алгоритм Tosca, позволяющий перестраивать КЭ сетки в процессе оптимизации, создавать группы симметрии, управлять количеством слоев элементов, принимаемых во внимание при расчете новой формы.

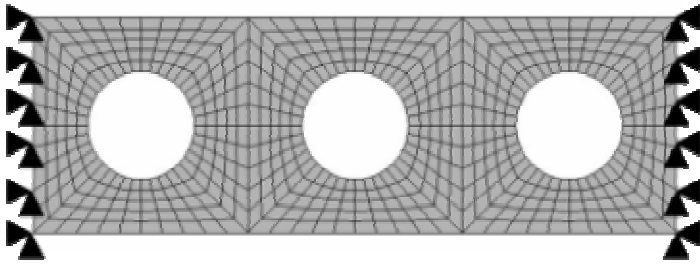


Рис. 3. Постановка задачи



Рис. 4. Итоги оптимизации

деформации пластины с двумя рельефными выемками под нагрузкой.

Так, для задачи о пластине с тремя отверстиями произошли следующие изменения частот: 5.61 Гц → 6.66 Гц, 11.44 Гц → 14.16 Гц, 16.02 Гц → 16.72 Гц.

Программная система КЭ оптимизации FE-DESIGN Tosca [1] наряду с топологической оптимизацией позволяет проводить оптимизацию штампованных деталей (bead optimization). Такая оптимизация призвана увеличивать жесткость оболочечных конструкций, находя оптимальную ориентацию подобластей конструкции. Также алгоритмы программы отвечают за оптимальное расположение областей с измененной ориентацией поверхности.

На примере задачи об изогнутой пластине с двумя условиями нагружения (рис. 5, 6) была проверена работа групп симметрии применительно к оптимизации штампованных деталей. В данной задаче используется следующее ограничение: абсолютное смещение не должно превышать 0.5 единицы линейного размера. Оптимальная форма изогнутой пластины представлена на рис. 6.

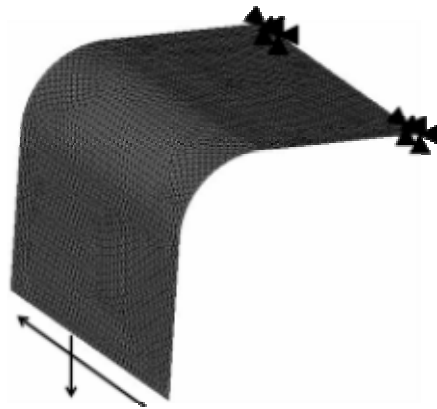


Рис. 5. Постановка задачи

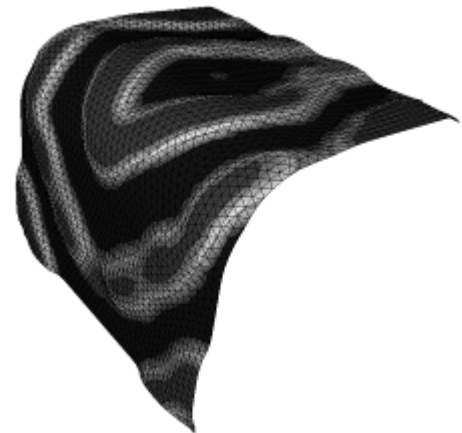


Рис. 6. Итоги оптимизации

Особое внимание при выполнении работы было уделено возможности генерировать на основе результатов оптимизации CAD модели (примеры приведены на рис. 2, 4) и базы данных с сетками, а также создавать визуализации на основе VRML.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Tosca 6.0 User Manual.
2. Sergey Ananiev. On Equivalence between Optimality Criteria and Projected Gradient Methods with Application to Topology Optimization Problem.