

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ

Абражевич Д.С., Алли. А.Ш.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Пискун Г.А. – канд.техн.наук, доцент

В данной статье рассмотрены современные методы оптимизации при проектировании конструкций. Дана классификация методов параметрической оптимизации.

На сегодняшний день, при разработке конструкций, используются методы структурной и параметрической оптимизации. К структурной оптимизации относятся топологическая оптимизация, оптимизация формы, топографическая оптимизация, оптимизация пластин переменной толщины, оптимизация стрелевых структур и др.

Топологическая оптимизация [1] – это оптимизация, позволяющая оптимальным с точки зрения ресурса, жесткости и других физико-механических параметров тела образом удалить из тела «лишний» материал (Рисунок).

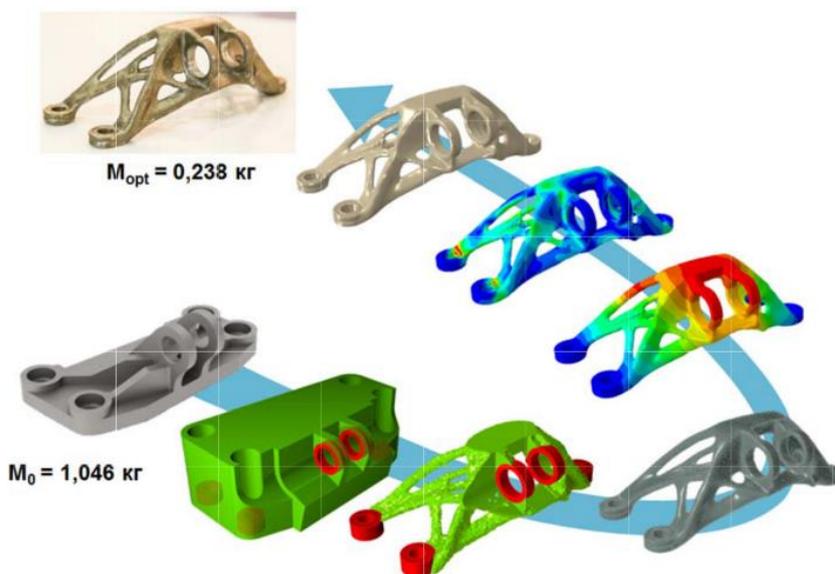


Рисунок 1 – Топологическая оптимизация кронштейна

Оптимизация формы [2] позволяет с помощью варьирования поверхности тела, снизить концентрацию напряжений, возникающих вследствие начальной кривизны поверхности (Рисунок).

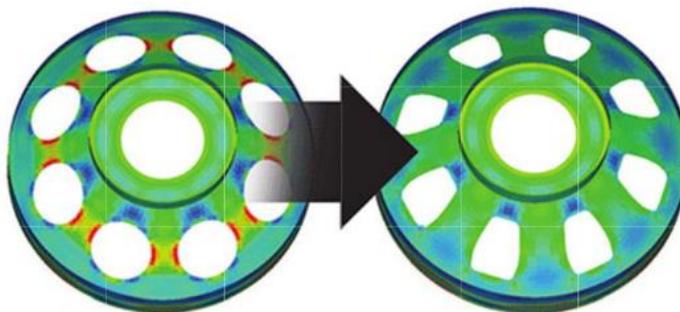


Рисунок 2 – Оптимизация формы

Топографическая оптимизация [3] – позволяет оптимизировать жесткость оболочечных структур через оптимальное изменение «рельефа поверхности» (Рисунок).

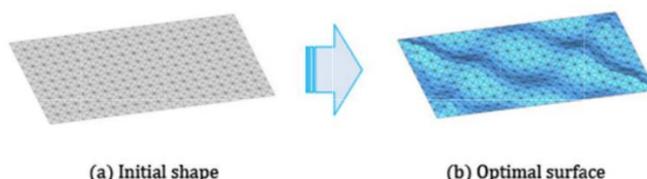


Рисунок 3 – Топографическая оптимизация

Оптимизация пластин переменной толщины, упомянутая в предыдущем параграфе, позволяет найти оптимальное с точки зрения жесткости распределение толщины пластины [4].

Оптимизация стержневых структур (*truss structures*) также была упомянута в предыдущем параграфе, и позволяет при заданных кинематических и статических граничных условиях, найти оптимальную конфигурацию стержней в заданной области [5] (Рисунок).

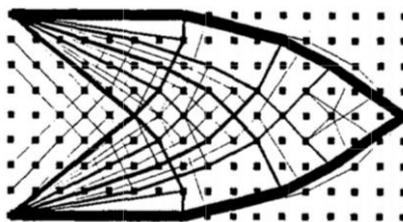


Рисунок 4 – Оптимизация стержневых структур

Параметрическая оптимизация предполагает изменение параметров объекта, и нахождение экстремума целевой функции, зависящей от этих параметров, при заданных ограничениях.

Классификация методов параметрической оптимизации очень обширна. В первую очередь, различают аналитические и численные алгоритмы. Поскольку оптимизацию сложных промышленных конструкций чаще всего невозможно выполнить аналитически, то в данной работе будут в основном рассмотрены численные методы. Причем именно те методы, которые работают с системой как с черным ящиком – ничего не зная о системе, по набору входных и выходных параметров, они шаг за шагом двигаются к нахождению оптимального решения. Методы параметрической оптимизации делятся на аналитические (такие, как метод множителей Лагранжа [6]) и численные. Численные методы параметрической оптимизации делятся на случайные, детерминированные и смешанные (такие как *Response Surface Methods*), однокритериальные и многокритериальные, требующие вычисления только значения целевой функции и требующие вычисления производных целевой функции по переменным проектирования и т. д. Подробный обзор методов параметрической оптимизации приведен в следующем параграфе.

Все перечисленные методы структурной оптимизации основаны на методе конечных элементов. Параметрическая мультидисциплинарная оптимизация конструкций, где значение целевой функции извлекаются из расчетов CAE системах, также невозможна без использования метода конечных элементов. Метод конечных элементов – наиболее распространенный численный метод решения задач механики деформируемого твердого тела, реализованный в так их известных системах инженерного анализа (CAE системах), как ANSYS, ABAQUS, LS-DYNA, NASRAN и др.

Метод конечных элементов состоит в дискретизации области определения искомых функций (перемещений, температуры и т.д.) и аппроксимации искомых функций базисными, кусочно-непрерывными функциями. Значения искомых функций в узлах конечных элементов находятся с помощью подстановки аппроксимирующих функций в соответствующий функционал (например, функционал потенциальной энергии системы) и решении СЛАУ, возникающей в результате применения условия экстремальности записанного функционала.

Метод конечных элементов, реализованный в CAE системах, позволяет находить решение задач механики деформируемого твердого тела для составных конструкций сложной геометрической формы, подверженных одновременному действию механических, тепловых, электромагнитных и других нагрузок.

Список использованных источников:

1. Bendsoe, M. P. *Generating Optimal Topologies in Struct Design Using a Homogenization Method*/M. P. Bendsoe and N. Kikuchi// *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 71, pp. 197-224, 1988.
2. Queaue, P. *Two-dimensional shape optimal design by the finite element method* / J. P. Queaui, Ph. Trompette// *International journal for numerical methods in engineering*, vol.15, p. 1603-1612, 1980
3. Clausen, P. *Non-parametric large-scale structural optimization for industrial applications*/Clausen, P. and Pedersen, C.B.W //III ECCM Lisbon, Portugal. June 5-8.
4. Шваб, К. *Четвертая промышленная революция.*/ К. Шваб, Эксмо, 2016, 475 с.
5. Bendspe, M. P. *Optimization methods for truss geometry and topology design*/Bendspe, M. P., Ben-Tal, A. & Zowe, J// *Structural Optimization* 7(3): 141-158, 1994
6. Первозванский, А. А. *Курс теории автоматического управления. Учебное пособие*/ А. А. Первозванский– СПб.: Лань, 2010 – 624 с.