

## ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПК ANSYS

Марчук Н.И., Прасоленко Е.В.

*Инженерно-строительный институт  
Сибирский федеральный университет*

Топологическая оптимизация является видом оптимизации формы конструкции, иногда именуемой оптимизацией компоновки. Цель топологической оптимизации состоит в определении лучшего использования материала для исследуемого объекта или конструкции, так, чтобы целевая функция (например, общая жесткость или собственная частота) имели максимальное или минимальное значение при наличии существующих ограничений (таких, например, как уменьшение объема). В отличие от традиционной оптимизации, топологическая оптимизация не требует указания параметров оптимизации (то есть независимых переменных, подвергаемых оптимизации) в явном виде. В топологической оптимизации параметром оптимизации является функция распределения материала по объему конструкции.

Топологическая оптимизация предполагает, что материал оптимизируемой конструкции является пористым и при этом решается задача оптимизации относительно степени пористости. Область конструкции при этом определяется как пространство, внутри которого должна поместиться оптимизируемая конструкция. Область делится на ячейки, к которым прикладываются действующие на конструкцию нагрузки. За целевую функцию в данном случае принимается средняя податливость, получаемой в результате оптимизации структуры, а ограничением является максимальный объем или вес.

*Общая формулировка проблемы оптимизации заключается* в сведении к минимуму или максимуму функции цели  $f$  в зависимости от заданных ограничений  $g_j$ . Переменные проектирования  $\eta_i$  представляют собой внутренние псевдоплотности, которые определяются для каждого конечного элемента ( $i$ ) в ходе решения задачи топологической оптимизации. Для каждого элемента псевдоплотности изменяются в пределах от 0 до 1; где  $\eta_i \sim 0$  соответствует материалу, который необходимо убрать; и  $\eta_i \sim 1$  соответствует материалу, который необходимо оставить.

Метод топологической оптимизации рационально использовать на начальных этапах проектирования конструкций, с целью выбора рациональной структуры проектируемой конструкции.

В программном комплексе (ПК) ANSYS пользователь создает задачу МДТТ (свойства материала, модель из конечных элементов, нагрузки и так далее) и целевую функцию (функцию, для которой определяется минимум или максимум), и выбирает переменные состояния (зависимые переменные, имеющие ограничения) из набора предварительно определенных критериев.

В качестве примера рассмотрена топологическая оптимизация квадратной металлической пластины (балки-стенки), закрепленной в двух точках шарнирно-неподвижными опорами при действии на нее сосредоточенной нагрузки  $P = 90\text{т}$  (рис. 1 а). Исходные данные: сторона плиты размером  $L = 4\text{ м}$ ; начальная толщина плиты  $t = 0,05\text{ м}$ ;  $E = 2 \cdot 10^5\text{ МПа}$ ;  $\mu = 0,3$ .

В качестве критерия топологической оптимизации принималось достижение максимальной жесткости пластины при заданном уменьшении на 50% объема ее материала.

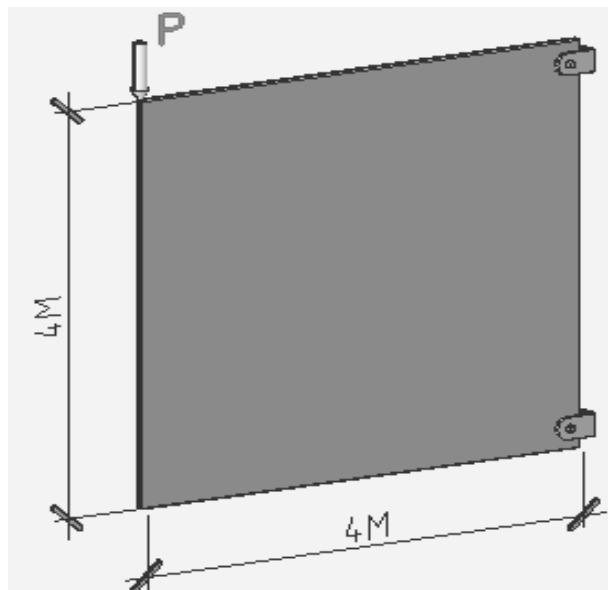


Рис. 1. Заданная балка-стенка

Для аппроксимации плиты использовался плоский, 8-узловой элемент PLANE 82 с автоматической генерацией конечно-элементной сетки.

Полученные результаты решения задачи оптимизации в виде окончательной топологической формы и графика изменения объема материала пластины в зависимости от числа итераций приведены на рис. 2,3.

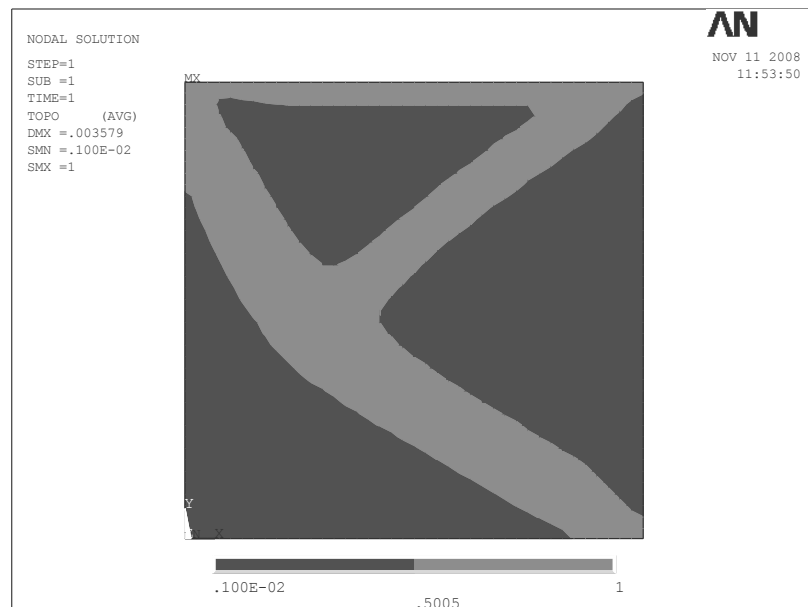


Рис. 2. Окончательная топологическая форма конструкции (самый светлый цвет соответствует псевдо-плотности равной 1, самый темный - псевдо-плотности равной 0, что соответствует материалу, который можно удалить из конструкции).

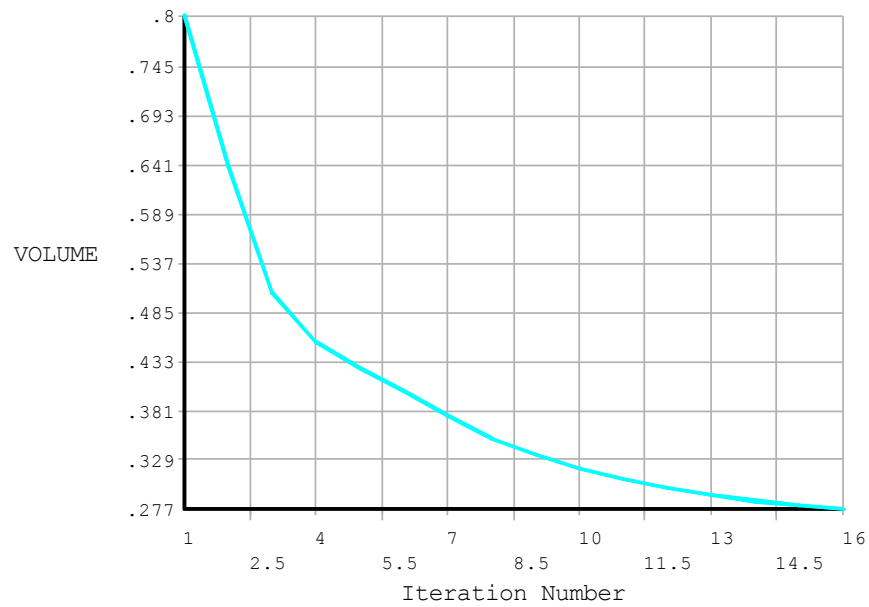


Рис. 3. График изменения объема по итерациям.

Как видно из картины распределения псевдоплотностей (рис .2), на полученном окончательном проекте балки-стенки хорошо просматриваются места с наибольшим и наименьшим распределением материала, т.е. остов (скелет) полученной конструкции, соответствующий действующей на него нагрузки и граничным условиям.