

В.И.Муращенко, Ж.А.Сыздыков ; заявитель Нукешев Саяхат Оразович. – № 2012/0729.1; заявл. 21.06.2012; зарегистр. 28.05.2013 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан. – 2013. – Бюл. №6.

6 Совершенствование процессов и средств механизации для обработки почвы и посева. Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск : ЦНИИМЭСХ НЗ СССР, 1983. – С.103...127.

УДК 629.7.023

Р. И. Фурунжиев, к.т.н., профессор

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

На начальных этапах проектирования сельскохозяйственных конструкций, особенно нового типа, для которых структура не известна, эффективно применение метода топологической оптимизации. Наглядность полученных результатов позволяет на начальных этапах оценить степень рациональности исходных данных, например, граничных условий топологической оптимизации. В работе рассматривается методика оценки эффективности введения различных типов граничных условий при топологической оптимизации конструкций.

Одними из первых возможность алгоритмического подхода к топологической оптимизации конструкций исследовали Непр W. S. и Topping V. H. [2]. Функциональное пространство, в котором предполагалось возможным расположение конструкции, покрывалось сеткой узлов. В определенных узлах, в соответствии с условиями задачи, прикладывались нагрузки и задавались граничные условия. Исходная структура формировалась путем генерации ферменной конструкции, в которой стержневые элементы соединялись каждый узел со всеми остальными узлами. В процессе опти-

мизации конструкции слабо нагруженные "лишние" элементы удалялись автоматически, когда площадь их поперечного сечения оказывалась менее некоторого заданного значения. В результате в силовой схеме фермы должны были остаться только стержни, наиболее эффективно передающие приложенные нагрузки к закреплениям. Это приводит к вырождению матрицы жесткости при удалении некоторых элементов. В процессе выполнения оптимизации конструкция может преобразоваться в механизм, и вычислительный процесс прерывается, не достигнув желаемого результата.

Для устранения указанных недостатков в постановке задачи структурной оптимизации силовых конструкций было предложено использовать специфические пористые материалы [3]. 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 и граничные условия. За целевую функцию принимается средняя податливость, получаемая в результате оптимизации структуры, а ограничением является максимальный объем или вес.

Общая формулировка проблемы оптимизации заключается в сведении к минимуму или максимуму функции цели в зависимости от заданных ограничений. Переменные проектирования представляют собой внутренние псевдо плотности [1], которые определяются для каждого конечного элемента в ходе решения задачи топологической оптимизации.

Для каждого элемента псевдо плотности изменяются в пределах от 0 до 1; где ~ 0 соответствует материалу, который необходимо убрать; и ~ 1 соответствует материалу, который необходимо оставить. Метод топологической оптимизации особенно эффективен на начальных этапах проектирования конструкций, с целью выбора рациональной структуры проектируемой конструкции.

В программном комплексе ANSYS Inc., в котором реализован этот метод, пользователь формирует задачу компьютерного инже-

нерного анализа (свойства материала, модель из конечных элементов, нагрузки, граничные условия) и целевую функцию (функцию, для которой определяется минимум или максимум), и выбирает переменные состояния (зависимые переменные, имеющие ограничения) из набора предварительно определенных критериев.

При постановке задачи топологической оптимизации задаются граничные условия, внешние воздействия и область функционирования конструкции, от степени рациональности выбора которых во многом зависит оптимальность полученных результатов. Особенно активно влияют на результаты топологической оптимизации правильный выбор типа граничных условий.

Пользователь на ранних этапах проектирования может оценить степень рациональности вида выбранных граничных условий и форму их эффективной технической реализации. В качестве примера рассмотрим топологическую оптимизацию прямоугольной металлической балки-стенки транспортного средства длиной $L = 6$ м и высотой $H = 1$ м, жестко закрепленной в вертикальном направлении по правому контурам. По длине левого вертикального контура введены ограничения только в горизонтальном направлении. В двух точках верхнего контура приложены вертикальные силы величиной 1000 Н с шагом 2 м. Начальная толщина плиты $t = 0,05$ м; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\mu = 0,3$. В качестве критерия топологической оптимизации принимается достижение максимальной жесткости пластины.

Выбранное функциональное пространство оптимизации показано на рисунке 1.

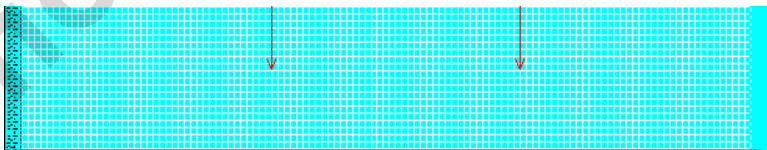


Рисунок 1 – Схема функционального пространства топологической оптимизации конструкции

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

элементной сетки. Полученные результаты решения задачи в виде окончательной оптимальной топологической формы приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Рекомендуемая форма конструкции, полученная после топологической оптимизации

Форма конструкции, полученная в результате топологической оптимизации, показана на рисунке 2: светлый цвет (красный) соответствует псевдо плотности равной 1, темный – псевдо плотности равной 0, что соответствует материалу, который можно удалить из конструкции.

Как видно из картины распределения псевдо плотностей (рисунок 2), в полученном окончательном проекте просматриваются остов (скелет) конструкции при заданных граничных условиях и нагрузках. Характерно то, что активно «подключаются» граничные условия в крайних верхних и нижних областях левых граничных условий.

Рассмотренные выше граничные условия, введенные при постановке задачи топологической оптимизации, позволяют путем небольших модификаций рассмотреть эффективность других инженерных вариантов. Во-первых, полученные результаты топологической оптимизации непосредственно распространяются на топологическую оптимизацию прямоугольной металлической пластины длиной $L = 12$ м и высотой $H = 1$ м, нагруженной симметричной нагрузкой, показанной на рисунок 1.

При техническом обосновании может оказаться целесообразным рассмотрение другого варианта граничных условий: введение точечных граничных условий в горизонтальном направлении только в верхней и нижней областях левой линии границы рассматриваемого проектного пространства. Картина распределения псевдо плот-

ностей в окончательном проекте в этом случае формируется аналогично: только изменяются граничные условия. При этом топология конструкции, полученная после оптимизации, полностью совпадает формой конструкции, показанной на рисунке 2.

Список использованной литературы

1. Болдырев А.В. Топологическая оптимизация силовых конструкций на основе модели переменной плотности // Известия СНЦ РАН, Том 13, №1 (3). 2011. Том 13, №1 (3). С. 670-673
2. Topping, В.Н. Shape Optimization of Skeletal Structures: A Review / В.Н. Topping // J. Struct. Engr. 1983. V. 109, №8.
3. Bendsoe, М.Р. Generating Optimal Topologies in Structural Design Using a Homogenization Method / М.Р. Bendsoe, N. Kikuchi // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1988. V. 7.

УДК 631.31.22

**И.С. Крук¹, к.т.н., доцент, С.Н. Герук², к.т.н., доцент,
Г.Ф. Назарова¹, ст. преподаватель**

*¹Белорусский государственный аграрный технический университет
²Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН
Украины, п. Глеваха*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРУДИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Введение

Одним из важнейших условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур является качественная обработка почвы. По степени влияния на урожайность, энергетические и трудовые затраты она занимает ведущее место в растениеводстве. От всего объема полевых работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур на обработку почвы приходится 40% энергетических и 25% трудовых затрат. Вместе с тем, рост энерговооруженности сельского хозяйства обусловил возможности интенсификации обработок почвы. В результате увеличилось количество проходов агрегатов по полю, что привело к разрушению почвенной структу-