

Литература:

1. Гируцкий, И.И. Основы компьютеризации кормления свиней на свинокомплексах Беларуси./ И.И. Гируцкий Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2, 2003 г. – с. 52-56.
2. Харитонович, М.В. Микроклимат и эффективность использования крмов. НТИ и рынок. / М.В. Харитонович –1997, №8. – с.36-38.
3. У.Дж.Понд, К.А. Хаупт Биология свиньи / У.Дж.Понд, Москва: Колос, 1983, -с.309.
4. Плященко, С.И. Технология производства свинины в РБ / С.И. Плященко, Уч.-мет. пособие, Минск:2001, -с.15.
5. Грабауров, В.А. Моделирование и оптимизация биотехнических систем в промышленных птичниках./ В.А. Грабауров Автореферат на соискание уч. ст. д.т.н. Челябинск, 1992.
6. Мороз, Ю.Д., Ширшова, В.В. Эффективность механизации и автоматизации свиноводства./ Ю.Д.Мороз, В.В.Ширшова, Минск: Урожай, 1992.

ТЕСТОВАЯ МОДЕЛЬ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Фурунжиев Р.И., к.т.н., профессор, БГАТУ, г.Минск

Многие широко распространенные программные комплексы, например ANSYS [1], MSC/Nastran и др. обеспечивают решение задачи оптимизация параметров для задач статики, устойчивости, установившихся и неуставившихся динамических процессов, собственных частот и форм колебаний объектов различной физической природы. В основе математического моделирования в них лежит метод конечных элементов, а для сведения условной задачи оптимизации к задаче безусловной оптимизации – метод штрафных функций.

Оптимизация осуществляется одновременно, путем вариации параметров формы, размеров и свойств объекта. Экономические показатели, вес, напряжения, перемещения, собственные частоты могут рассматриваться либо в качестве целевых функций

проекта, которые минимизируются или максимизируются, либо в качестве ограничений. Алгоритмы анализа чувствительности позволяют исследовать влияние различных параметров на поведение целевой функции и управлять процессом поиска оптимального решения.

Несмотря на широкие возможности алгоритмов оптимизации, реализованных в программных комплексах, сходимость к решению и достаточная скорость их сходимости не всегда обеспечивается. Новые и улучшенные существующие алгоритмы и программы требуют тщательного анализа и тестирования.

Как правило, эффективность методов, алгоритмов и программ оптимизации тестируется и демонстрируется на известных математических тестовых функциях типа Розенброка с небольшим числом оптимизируемых параметров. Для более адекватной оценки эффективности методов и алгоритмов многопараметрической оптимизации желательно применение специальных тестовых моделей с большим числом параметров и чувствительных к учету ограничений. Так, при решении задач механики часто применяется модель с десятью оптимизируемыми параметрами [2, 3]. После некоторой формализации и уточнения эта модель может найти применение в качестве типовой тестовой модели (далее для краткости называемая Ten).

Постановка задачи. Найти значения поперечных сечений 10 стержней шарнирно-стержневой фермы, схема которой показана на рисунке 1. Нумерация узлов и конечных элементов (КЭ) принята как в работе [3]. Линейные перемещения в узлах 5 и 6 полностью ограничены. Внешние усилия величиной 10^5 фунт приложены в узлах 2 и 4 в отрицательном направлении оси y . Модуль упругости материала – 10^7 фунт/дюйм². Ограничения на напряжения – $\pm 25 \cdot 10^3$ фунт/дюйм². Нижнее предельное значение площади – $0,10$ дюйм². Верхнее предельное значение отсутствует. Ограничения по жесткости: вертикальные перемещения в узле 2 не должны превышать $\pm 2,0$ дюйма [3].

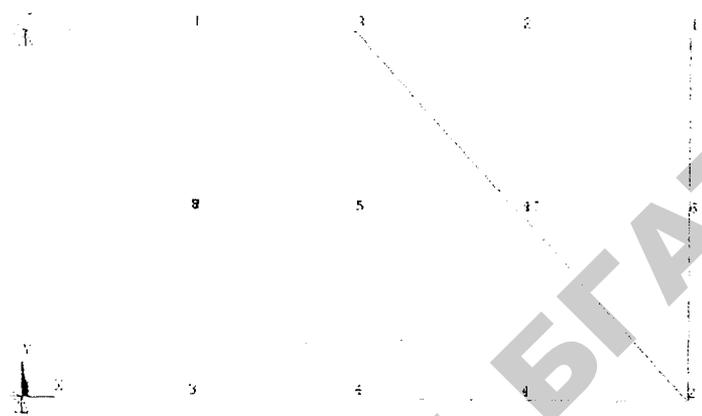


Рис. 1. Расчетная схема модели Ten

В результате решения этой задачи по программе Skat [4] получены значения оптимизируемых параметров, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ КЭ	Оптимальные площади сечений при ограничениях на перемещение		
	в узле 2	в узле 1	в узле 2 по работе [3]
1.	30,1063	30,5226	30,0310
2.	0,1003	0,1000	0.1000
3.	22,9801	23,2007	23,2740
4.	15,4114	15,2233	15,2860
5.	0,1000	0,1000	0.1000
6.	0,1000	0,5514	0,5565
7.	7,4234	7,4571	7,4683
8.	20,7701	21,0357	21,1980
9.	21,7238	21,5279	21,6180
10.	0,1000	0,1000	0.1000
Объем	50232	50608	50616

Следует отметить, что при решении задачи строго по формулировке, приведенной в работе [3], т.е. при ограничениях на смещение узла 2, результаты отличающиеся не только количественно, но и качественно. Во-первых, значение целевой функции оказываются ниже и, во-вторых, в отличие от работы [3] становится активным ограничение, связанные с элементом 6. Объясняется это тем, что при рассматриваемых внешних воздействиях и граничных условиях величина перемещений в узле 2 рассматриваемой системы (в направлении приложенных воздействий) меньше чем в узле 1. Если предположить, что в постановке задачи работы [3] речь идет о наибольшем смещении одного из узлов фермы, т.е. в том числе узла 1, то и в этом случае определяется решение с меньшим значение целевой функции (колонка 3 табл. 1).

Описанные выше результаты приведены лишь для демонстрации специфических особенностей рассматриваемой модели, ее чувствительности к отклонениям параметров от номинальных значений и эффективности для применения в качестве тестовой модели.

Проанализируем результаты оптимизации рассматриваемой тестовой модели для наглядности посредством программы

ANSYS. Итак, сечения стержней фермы подобраны таким образом, чтобы расход материала был минимальным и удовлетворялись ограничения по прочности и жесткости [3]. Ниже приведен Log-файл решения задачи в пакетном режиме в среде ANSYS [1].

Текст log – файла

```

/com          !файл plane Ten 1.03.03
/com          ! расчет плоской десятистержневой фермы
/prep7
/show,girder,grph
/title,plane girder
et,1,link1    !Выбор типа КЭ и присвоение им номеров
r,1,30.0310   !Предварительно назначенная пл. поп. сечений
r,2,0.1       !r - номер набора реальных констант: NSET
r,3,23.2740
r,4,15.2860
r,5,0.1
r,6,0.5565
r,7,7.4683
r,8,21.1980
r,9,21.6180
r,10,0.1
mp,ex,1,1.0e7 !Модуль Юнга материалов (ex=e7)
a=360
      !Нумерация узлов в соответствии с работой [3]
n,1,2*a,a$n,2,2*a,0$n,3,a,a$n,4,a,0$n,5,0,a$n,6,0,0
real,1,$en,1,5,3
real,2,$en,2,3,1
real,3,$en,3,6,4
real,4,$en,4,4,2
real,5,$en,5,3
real,6,$en,6,2,1
real,7,$en,7,5,4
real,8,$en,8,6,3
real,9,$en,9,3,2
real,10,$en,10,4,1
finish        !Построение сетки КЭ завершено
/solu        !вход в решатель
antype,static !статический анализ конструкции

```

```

d,6,ux,0      !Задание граничных условий
d,6,uy,0      !Смещение ux=0 в узле 6
d,5,ux,0
d,5,uy,0

f,4,fy,-1.0e5 !Задание внешних усилий в узлах 2 и 4
f,2,fy,-1.0e5
solve
finish
/post1        !обработка рез-ов и их граф. представления
/nopr        !подавление ненужного вывода
set,first
pldisp,1     !показ деформированной формы фермы
n_el=10     !количество КЭ
/output,girder,res !направляем вывод в файл girder.res
!Вариант вывода результатов 1
prrsol      !печатаем опорные реакции
presol,smisc,1 !печатаем усилия в стержнях
prnsol,u,y  !вывод перемещений (y) в узлах сетки (n)
/output     !Вариант вывода результатов 2
/pnum,node,1 !не нумеровать узлы при графическом показе
/psc,u,,1   !показать условия закрепления
/vscale,,2,1 !установка масштаба показа векторов
/psc,f,,1   !показывать силы
/pnum,elem,1 !нумеровать элементы
eplot      !нарисовать элементы
etable,fi,smisc,1 !заполнение таблицы усилий по элементам
etable,fj,smisc,1
p1ls,fi,fj !показ эпюры усилий в стержнях
*do,i,1,n_el !вход в цикл по элементам
esel,s,elem,,i,i !выбор элемента с номером i
etable,forax,smisc,1 !выбор в таблице усилий в стержне i
*get,n,elem,i,etab,forax !определение n по указателю
/gopr      !активизация вывода
*vwrite,i,n !вывод на печать номера стержня i и усилия n
(5x,'i=',f4.0,5x,'n=',e10.4)
/nopr

```

*enddo !конец цикла по элементам
 finish !конец решения задачи
 //exit !выход

Величины перемещений узлов для принятой в работе [3] нумерации узлов приведены в таблице 2.

Таблица 2.

№ узла	Перемещения
1.	2.0000
2.	-1.9915
3.	-0.73584
4.	-1.6329
5.	0.0000
6.	0.0000

Как видно, в рассматриваемом примере [3] найденное оптимальное решение обеспечивает не превышение перемещений в направлении внешних воздействий не только в узле 2, но и в узле 1, в котором перемещения наибольшие для системы в целом. Как показывают исследования, рассмотренная тестовая модель многопараметрической нелинейной оптимизации Tep чувствительна к отклонениям параметров от номинальных значений и может найти дальнейшее применение при исследованиях новых и совершенствовании существующих методов, алгоритмов и программ оптимизации, а также в учебном процессе.

Литература:

1. ANSYS Basic Analysis Procedures Guide. ANSYS Release 5.6. ANSYS Inc., 1998.
2. Dobbs, M.W., Nelson R.V. Application of Optimality Criteria to Automated Structural Design.- AIAA Journal, Oct. 1976, v.14 (Пер.: Ракетная техника и космонавтика.-Москва: Мир, 1976, №10).
3. Хог, Э., Арора, Я. Прикладное оптимальное проектирование. Москва: «Мир», 1983.
4. Фурунжиев, Р.И., Кольцов, А.Н. Программный комплекс автоматизированного проектирования конструкций Skat-n и его применение. Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин. Материалы 3-ей международной научно-техн. конференции. Часть 2. Минск: БГАТУ, 2002.