

## **Современные информационные технологии в параметрической оптимизации несущих систем вагонов**

Серпик И.Н., Левкович Ф.Н., Тютюнников А.И.

Высокая стоимость металла ставит перед проектировщиками вагонов задачу снижения материалоемкости выпускаемой продукции при сохранении требуемых эксплуатационных параметров. Данная проблема трудноразрешима с помощью традиционных методов оптимизации несущих конструкций, ориентированных на рассмотрение непрерывных областей варьируемых параметров. Реальное же проектирование в большинстве случаев сопряжено с операциями на дискретных множествах параметров, что, прежде всего, обусловлено требованиями стандартизации и унификации.

Один из возможных путей решения этой задачи состоит в использовании бурно развивающегося в последнее время эволюционного моделирования, иначе называемого генетическими алгоритмами [1]. В то же время серьезным недостатком генетических алгоритмов является достаточно большой объем итераций, которые следует выполнить до получения требуемого результата. Для таких сложных объектов, как вагонные конструкции, это может привести к недопустимо большим объемам вычислений.

Настоящая работа посвящена анализу вопроса снижения трудоемкости генетических алгоритмов при оптимизации несущих конструкций вагонов. Для проведения оптимизации строится единый итерационный процесс, в котором на каждом шаге генетической процедуры осуществляется оценка напряженно-деформированного состояния рассматриваемых вариантов конструкции по методу конечных элементов с использованием многосеточного алгоритма раздельных и налагающихся местных деформаций [2]. Этот алгоритм позволяет получать экономичные решения для сложных деформируемых систем.

Допустим, необходимо спроектировать минимальную по себестоимости вагонную конструкцию, описываемую в виде пластинчато-стержневой систе-

мы, при выборе параметров на некоторых конечных множествах толщин листов обшивки и профилей стержней. Ставятся ограничения по прочности и устойчивости разрабатываемого объекта.

Конкретная реализация конструкции интерпретируется как особь, набор генов которой определяется состоянием варьируемых переменных. В качестве критерия выживаемости конструкции рассматривается ее себестоимость. Чем ниже себестоимость, тем выживаемость считается выше. Случайным образом формируется четное число особей начального поколения. Далее выполняется смешанный итерационный процесс, внешний цикл которого включает следующие основные этапы.

1). *Проверка работоспособности вариантов конструкции.* Для каждой особи в поколении выполняется анализ несущей способности с помощью алгоритма раздельных и налагающихся местных деформаций. При этом осуществляются оценки возможности сокращения данной итерационной процедуры за счет введения поправочных коэффициентов, которые учитывают уточнение расчетов, получаемое при введении более мелких по сравнению с исходной сеток конечных элементов. После прохождения нескольких поколений можно, используя эти коэффициенты, не проводить полных расчетов с помощью многосеточного алгоритма, ограничившись выполнением одной или нескольких итераций внутреннего цикла.

Объекты, не удовлетворяющие несущей способности, исключаются из поколения. Они заменяются ранее полученными относительно рациональными решениями или вновь формируются с помощью датчика случайных чисел.

2). *Мутация.* Случайным образом для каждого варианта конструкции может быть изменен ряд параметров.

3). *Кроссингвер.* Последовательно выбираются пары особей из текущего поколения стохастической схемой с перемещением (методом рулетки). Вероятность попадания каждой особи в пару определяется выживаемостью рассматриваемого варианта конструкции.

Представляемая итерационная схема была реализована в рамках конечно-элементного программного комплекса DIVLOC-SEGMENT. Выполнялись расчеты по оптимальному синтезу несущих конструкций крытых грузовых вагонов. Получена достаточно высокая эффективность итерационной процедуры, позволяющей находить рациональные конструктивные решения для несущей системы рассматриваемого типа при проведении 6-8 часов счета на ПК Pentium IV 2800.

### Литература

1. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Состояние вопроса. Проблемы. Перспективы // Известия РАН: Теория и системы управления, 1999. – №1. – С. 144-160.
2. Серпик И.Н. Об оценках скорости сходимости алгоритма итерационного взаимодействия местных и общих деформаций // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1989. – №1. – С. 76-82.