

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ФОРМ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Во многих случаях производственные сельскохозяйственные здания не оборудуются мощными крановыми кранами. Подъемно-транспортное оборудование мостов (кран-балки, тельферы) подвешивается к несущим конструкциям покрытий. В силу этого возникает необходимость расчета таких конструкций с учетом динамических воздействий. Методика обычного поверочного расчета на динамические воздействия разработана достаточно полно. При решении же задач оптимизации наличие динамических нагрузок вызывает значительные затруднения.

В случае динамических нагрузок существенное значение приобретают массы и их распределение вдоль пролета. Изменение масс влечет за собой изменение всего спектра частот и форм собственных колебаний системы. Для задачи оптимизации конструкции, когда жесткостные характеристики элементов являются переменными параметрами, составляющие нагрузки от собственной веса выражаются через эти параметры. Кроме того, полная величина внешней нагрузки зависит от частот собственных колебаний, которые, в свою очередь, являются функциями переменных параметров. Таким образом, одной из особенностей задачи оптимизации в динамической постановке является зависимость величины внешней нагрузки от распределения жесткостей элементов конструкции.

Второй особенностью этой задачи является необходимость учета ограничений на такие динамические характеристики как частота собственных колебаний и амплитуда колебаний.

В общем случае задача оптимизации шарнирно-стержневой системы может быть записана в следующем виде:

найти минимальный объем материала конструкции

$$V = \sum F_i l_i$$

при учете условий прочности, статической и динамической жест-

ности, устойчивости, конструктивных требований и ограничениях на частоту собственных колебаний

$$f_j(F_i) - \alpha_j (\leq, =) 0,$$

где F_i - площади поперечных сечений стержней; α_j - предельные значения ограничиваемых параметров.

Эта задача является задачей нелинейного математического программирования со смешанными ограничениями в форме неравенств и уравнений. Как известно, решение таких задач представляет собой итерационный процесс, и главную роль в оценке эффективности этого процесса играет объем вычислений на каждой итерации и количество этих итераций.

Определение полных усилий в стержнях фермы требует предварительного определения инерционных сил, для чего необходимо решить систему уравнений

$$(M \cdot D - \lambda_i E) Z + M \cdot D_p = 0,$$

где M , D и E - соответственно диагональная матрица узловых масс, матрица единичных перемещений и единичная матрица;

λ_i - величина, обратная квадрату i -ой частоты собственных колебаний; Z - вектор инерционных сил; D_p - вектор грузовых перемещений.

Кроме того, на каждой итерации необходимо определить значения частот собственных колебаний.

Таким образом, при определении собственных частот колебаний фермы как многомассовой системы и определении динамических усилий точным методом на каждой итерации необходимо выполнить большой объем громоздких вычислений, что снижает эффективность оптимизационного процесса.

Возможен и другой путь решения данной задачи. Основная частота собственных колебаний определяется приближенными методами Грамеля, Релея или Донкерлея, а динамические составляющие усилий находят с помощью динамического коэффициента. При этом значительно уменьшается объем вычислений на каждой итерации.

Как показала проведенное исследование, разница в величинах полных усилий в стержнях, вычисленных обоими методами, составляет 1-2%. Объем материала фермы по обоим вариантам расчета практически совпадает.