

УДК 629.7.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СРЕДСТВАМИ КОМПЛЕКСА NASTRAN-FEMAP

А.С. Кузнецов

Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.М. Козлов  
Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва

Рассматривается ряд элементарных конструкций с целью изучения свойств силовых конструкций минимальной массы, фундаментальной характеристики силовых конструкций – силового, а также фактора особенностей моделирования и процедур оптимизации с использованием комплекса программ MSC Nastran for Windows. Силовой фактор в общем случае вычисляется по формуле  $G = \int_V \sigma_{\text{прив}} \cdot dV$ , где  $G$  – силовой фактор,  $\sigma_{\text{прив}}$  – приведённое напря-

жение для сложного напряжённого состояния,  $V$  – объём конструкции. Для равнопрочной конструкции значение силового фактора определяет потребный объём материала. Эта характеристика имеет большое значение для практики проектирования, однако её свойства до настоящего времени изучены слабо.

В качестве первой задачи рассмотрен ряд плоских конструкций для передачи сосредоточенной силы перпендикулярно линии её действия на опору (стенку). На плоскости была задана область, определяемая расстоянием  $L$ , на которое передаётся нагрузка, и ограничением по высоте  $H$ . В эту область вписывалось несколько конструкций: двухстержневая ферма, трёхстержневая ферма, изотропная пластина. Для ферм было вычислено значение силового фактора для различных положений узла, в котором приложена нагрузка, по высоте заданной области  $H$ . Для соотношения размеров области  $L=H$  при изменении положения узла значение силового фактора изменяется существенно. Для обоих типов ферм силовой фактор принимает минимальное значение, когда узел, в котором приложена нагрузка, расположен на середине высоты  $H$ . Пластина с размерами  $L \times H$  моделировалась мембранными конечными элементами. Значение силового фактора в процессе оптимизации изменилось мало и оказалось близким к минимальному значению для ферм.

Вторая задача – оптимизация трёхслойной пластины с сотовым наполнителем, нагруженной крутящим моментом в виде пары сил на одном конце и сделанной на другом. Несущие слои моделировались изотропными мембранными элементами. Было рассмотрено два варианта моделирования наполнителя пластины – сплошное ортотропное тело и система перекрёстных стенок из "сдвиговых" элементов. При моделировании сот ортотропным телом была выявлена плохая обусловленность матрицы жёсткости системы из-за сильного перепада жёсткостей между элементами несущих слоёв и наполнителя в местах приложения сосредоточенных сил. Было рассмотрено несколько путей повышения обусловленности матрицы жёсткости – изменение жёсткости наполнителя, использование нелинейного анализа, введение фиктивных конечных элементов. Значение силового фактора после оптимизации несущих слоёв уменьшилось, но также незначительно.

Эти результаты подтверждают одно из важных свойств силового фактора: известно, что его значение сильно зависит от силовой схемы конструкции и слабо изменяется при изменении жёсткостей элементов конструкции.