

При нескольких случаях нагружения отыскивается конструкция с наименьшей суммарной потенциальной энергией от всех случаев. Перераспределение материала производится по выбранным наибольшим усилиям во всех элементах конструкции так, как и при одном случае нагружения. Расчет стабилизируется, когда потенциальная энергия во всех элементах конструкции выравнивается. Затем строится кривая изменения в ходе счета суммарной потенциальной энергии от всех расчетных случаев. Минимум этой кривой определяет достаточно точно конструкцию с наивыгоднейшим распределением материала. Этот прием предложен потому, что определение наивыгоднейшего перераспределения материала на каждом счете для нескольких случаев нагружения сложно.

При расчетах произвольно задаются количеством материала. По окончании счета это количество приводят в соответствие с требованиями жесткости или прочности. Полученные конструкции будут конструкциями наименьшего объема, так как увеличение их жесткости или снижение напряжений возможно только путем увеличения количества материала.

И. В. Елатонцева

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С целью получения конструкций меньшего веса (по сравнению с существующими стрингерными конструкциями) в пределах заданных габаритов и при сохранении мест приложения нагрузок были исследованы различные конструктивные схемы силовых сотовых конструкций.

В процессе проектирования рассматривались следующие конструктивные схемы, работающие на сжатие за пределом пропорциональности:

трехслойные панели и оболочки с сотовым наполнителем; многослойные конструкции панелей и оболочек, состоящие из наружной и внутренней трехслойных панелей, соединенных системой легких перекрестных диафрагм, выполненных из листового дюрала; многослойные конструкции панелей и оболочек, состоящие из наружной и внутренней трехслойных панелей, соединенных трехслойными диафрагмами.

Для каждой конструктивной схемы выбиралась толщина несущих слоев так, чтобы напряжения в них лежали в диапазоне между пределом пропорциональности и пределом текучести.

Были выбраны оптимальные параметры сотовой конструкции (высота пакета сотовой конструкции, радиус описанной окружности шестигранной ячейки, толщина фольги, толщина несущих слоев), удовлетворяющие условиям прочности и минимума веса конструкции.

Область возможных значений высоты наполнителя и относительного радиуса сотовой ячейки при постоянной толщине несущих слоев ограничена условиями общей и местной потери устойчивости.

При расчете сотовых конструкций от напряжений сжатия рассматривались следующие виды разрушения конструкций: общая форма потери устойчивости конструкции в осесимметричной форме; местная форма потери устойчивости несущего слоя, симметричная относительно срединной поверхности оболочки; потеря устойчивости несущего слоя в пределах одной ячейки.

Влияние начальных неправильностей формы силовых элементов, вызывающих разрушение конструкции при отрыве несущих слоев от

заполнителя, учтено снижением расчетных критических напряжений путем введения поправочного коэффициента.

Было учтено снижение критических напряжений в области пластических деформаций.

Для рассмотренных конструктивных схем выполнены расчеты и эскизные чертежи стыковых узлов сотовых панелей, узлов для передачи сосредоточенных нагрузок, узлов подвески агрегатов и окантовок вырезов.

Для каждой схемы приведена весовая сводка основных элементов конструкции. Весовой анализ показывает, что предложенные конструктивные схемы дают экономию в весе по сравнению с обычными стрингерными конструкциями примерно 30%.

О. Н. Корольков

### ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ СОТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА СЖАТИЕ ЗА ПРЕДЕЛОМ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ

В существующих методах определения оптимальных параметров сотовых конструкций используются две группы условий прочности. В первую входят условия прочности для идеальной конструкции, во вторую — условия прочности, зависящие от начальных неправильностей реальной конструкции. При проектировании трудно заранее предугадать величину этих неправильностей, отчего указанные методы оптимизации сотовых конструкций теряют свою ценность и их использование становится затруднительным.

В настоящее время накоплен богатый материал по испытаниям на прочность сотовых конструкций. Сравнением расчетных и экспериментальных данных можно определить некоторый поправочный коэффициент, учитывающий снижение прочности реальной конструкции по сравнению с идеальной. Введя его в расчет, можно отыскивать оптимальные параметры сотовых конструкций исходя только из условий прочности идеальной конструкции. Влияние начальных неправильностей в этом случае будет учтено косвенно поправочным коэффициентом, и задаваться самой величиной начальных неправильностей не потребуется.

В докладе показано применение предложенного метода для отыскания оптимальных параметров цилиндрической оболочки сотовой конструкции, работающей на осевое сжатие за пределом пропорциональности.

При постоянной толщине  $t$  и заданном материале ( $E$ ;  $\mu$ ;  $\sigma_T$ ) несущих слоев оболочки условия общей потери устойчивости сотового цилиндра и местной потери устойчивости несущего слоя ограничивают область возможных значений для высоты заполнителя  $H$  и относительного радиуса сотовой ячейки  $r$  — отношения радиуса к толщине фольги заполнителя.

Весовой анализ этой области показывает, что наименьший вес заполнителя получается в точке пересечения кривых общей и местной потери устойчивости. Из этого условия получены выражения для наилучших значений высоты заполнителя и относительного радиуса сотовой ячейки при данной толщине несущих слоев оболочки радиуса  $R$ :

$$\bar{r}_{\text{нвт}} = \frac{128 \sqrt{3} (1 - \mu) E^3 R t}{27 (1 - \mu) (1 - \mu^2)^3 \sqrt{1 - \mu^2} \sigma_T^3 R^2 (A - 1) + 256 \sqrt{1 - \mu^2} E^3 t^3};$$