

Для расчета напряженного состояния тонкостенных безмоментных конструкций может быть применен метод конечного элемента. Наиболее простым является треугольный элемент с линейным распределением перемещений. Каждый треугольный элемент пластины можно представить как сумму подэлементов из одинаково направленных волокон, а матрицу жесткости подэлемента вычислить по такой схеме: через перемещения узлов выразить компоненты деформаций элемента ϵ_x , ϵ_y , γ , далее через них выразить деформации волокон и вычислить матрицу жесткости путем применения принципа виртуальной работы Лагранжа. Подобный прием использован в работе автора «Расчет крыла малого удлинения как пластины переменной жесткости» (Тр. КуАИ, вып. 32, 1968) при учете произвольно ориентированных стрингеров.

О. А. Горячев

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ТОНКОЙ УПРУГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

В инженерной практике приходится иметь дело с оболочками, отдельные участки которых нагружены различно и могут отличаться механическими свойствами материала. Различие механических свойств может возникнуть как в процессе изготовления (ослабление прочностных свойств в процессе сварки), так и в процессе эксплуатации (ослабление прочностных свойств в результате нагрева отдельных участков оболочки).

Все возрастающие требования к весовому совершенству конструкций приводят к необходимости проектировать оболочки переменной толщины, тем более, что возможности современного производства позволяют изготавливать такие оболочки, например, методом химического фрезерования. Поэтому не вызывает сомнений актуальность задачи по созданию метода расчета, позволяющего находить оптимальное распределение материала в цилиндрической оболочке, при произвольном виде нагружения и переменных механических свойствах материала.

Под оптимальной оболочкой в настоящей задаче понимается оболочка, отвечающая условию прочности и обладающая наименьшим весом.

В оболочке в общем случае имеет место сложное напряженное состояние, поэтому для составления условия прочности необходимо воспользоваться одной из теорий прочности.

В настоящей задаче за основу принята четвертая (энергетическая) теория прочности, которая для пластических материалов хорошо согласуется с опытными данными.

Для случая моментного напряженного состояния приведенные напряжения по толщине оболочки распределяются неравномерно и определяющими будут наибольшие по величине приведенные напряжения, т. е. условие прочности запишется в виде

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{наиб}} \leq [\sigma].$$

Можно показать, что для оболочки, обладающей наименьшим весом, наибольшие по величине приведенные напряжения по всей оболочке должны быть равны допускаемым напряжениям, т. е. оптимальная оболочка есть оболочка равных наибольших приведенных напряжений.

Расчет оптимальной оболочки сведен к итеративному процессу по специальному алгоритму и предполагает применение быстродействующих электронных вычислительных машин.

Алгоритм складывается из вычислений, выполняемых в следующей последовательности:

вычисление перемещений оболочки для исходного распределения материала;

вычисление по найденным перемещениям сил и моментов, действующих в оболочке;

вычисление новых значений толщин оболочки.

Новым значениям толщин соответствуют новые значения перемещений и, соответственно, сил и моментов, поэтому весь цикл вычислений повторяется. Расчет ведется до стабилизации получаемых решений с заданной точностью.

О. А. Горячев

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПО ОТЫСКАНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ НА ЭЦВМ М-20

Алгоритм расчета распределения материала в цилиндрической оболочке представляет собой итеративный сходящийся процесс. Результатом расчета является такое распределение материала, которое при удовлетворении условию прочности обеспечивает оболочке наименьший вес.

Проведение расчета по предлагаемому алгоритму требует выполнения большого объема вычислений и практически такой расчет может быть осуществлен только с использованием быстродействующей электронной цифровой вычислительной машины. Указанный алгоритм был реализован в программе, составленной для серийной отечественной ЭЦВМ М-20.

Основным численным методом, применяемым при организации вычислительного процесса по алгоритму, является метод сеток, с помощью которого дифференциальные уравнения цилиндрической оболочки переменной толщины в перемещениях переводятся в систему линейных алгебраических уравнений.

Порядок системы линейных уравнений определяется выбором шага сетки. При наличии быстроменяющихся переменных, что, в основном, характерно для зон краевого эффекта и приложения сосредоточенных сил, сетка должна быть с достаточно мелким шагом. Наиболее целесообразно применять нерегулярную сетку. Измельчение шага сетки приводит к быстрому росту порядка системы, что вызывает значительные трудности при реализации алгоритма на ЭЦВМ.

Потребный объем памяти ЭЦВМ во многом определяется выбором метода решения системы линейных уравнений. При составлении программы для ЭЦВМ М-20 за основу был принят метод Зейделя (одношаговый циклический процесс). Матрица коэффициентов системы уравнений при таком методе в процессе решения не изменяется и все действия над матрицей заключаются в умножении ее справа на вектор. Для выполнения таких действий нет необходимости хранить в памяти всю матрицу коэффициентов одновременно, достаточно формировать ее построчно, т. е. после выполнения действий с i -строкой в память записывается на то же место $(i + 1)$ -строка. Здесь также используется то обстоятельство, что коэффициенты системы уравнений на каждом шаге алгоритма изменяются и поэтому задаются программно.

В целях ускорения сходимости итеративного процесса решения системы линейных уравнений применяется ускоряющий прием с управле-