

форсированном режиме ε_* составило $n(\varepsilon_*) = 25$. Среднее число циклов, отработанных новыми образцами до отказа (выборка m_1) в режиме ε_* , $N(\varepsilon_*) = 67$. Известно, что гипсовый декор помещений музея (выборка m_2) уже отработал $n(\varepsilon_0) = 195$ лет в режиме нормальной эксплуатации ε_0 . Согласно гипотезе (5.19) общий срок службы гипсового декора в режиме нормальной эксплуатации равен $N(\varepsilon_0) = 311$ лет. Если выполняются исходные предпосылки метода, то остаточная долговечность гипсового декора составит $D_{\text{ост}} = N(\varepsilon_0) - n(\varepsilon_0) = 116$ лет.

Литература

1. Карташов Г.Д. Методы форсированных испытаний // В помощь слушателям семинара по надежности и прогрессивным методам контроля качества промышленных изделий. – М., 1979. – С.56–98.
2. Карташов Г.Д. Предварительные исследования в теории форсированных испытаний // В помощь слушателям семинара по надежности и прогрессивным методам контроля качества промышленных изделий. – М. 1980. – С.62–104.
3. Карташов Г.Д. Форсированные испытания аппаратуры // В помощь слушателям семинара по надежности и прогрессивным методам контроля качества промышленных изделий. – М., 1986. – С.51–106.
4. Карташов Г.Д. Основы форсированных испытаний. – М.: Знание, 1977. – 52 с.

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА УСИЛИЙ В ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ НА СОВРЕМЕННЫХ ПЭВМ НА БАЗЕ МКЭ

Игнатюк В.И., Гойшик И.М.

Одним из методов расчета, широко применяющихся для численного исследования и анализа строительных конструкций и сооружений, является метод конечных элементов (МКЭ), отличающийся достаточной простотой, физической наглядностью, высокой логичностью и универсальностью. Эти его достоинства позволяют широко использовать МКЭ и при разработке различных вычислительных программ для ЭВМ.

Конечно, в настоящее время уже создано много программ, основанных на методе конечных элементов. Эти программы различны по своей сложности, возможностям, удобствам использования. Можно при этом заметить, что чем больше возможностей имеет программа, тем сложнее и менее удобен интерфейс ее использования, особенно для решений отдельных конкретных задач. Так, например, программный комплекс «Мираж», созданный в Киеве, имеет очень большие и широкие возможности, с его помощью можно решать как плоские и пространственные стержневые системы, так и разнообразные плиты, пластины, оболочки, причем на широкий спектр воздействий. Но для осуществления работы с ним требуется изучение инструкции объемом более 400

страниц. С другой стороны, при работе с любой программой у многих из пользователей, наверное, иногда возникает мысль: «Я бы сделал это не так».

В данной работе обсуждаются принципы и подходы, принятые и использованные при составлении программы расчета усилий в произвольных плоских стержневых системах на базе метода конечных элементов. Структура и интерфейс программы при ее разработке определялись ее назначением, а ориентирована она в первую очередь на использование в учебном процессе, поэтому к программе предъявлены требования максимального удобства интерфейса, максимальной наглядности представления исходных данных и результатов расчета, чтобы с программой мог работать пользователь, который, возможно, даже плохо знаком с DOS, WINDOWS, и работой на компьютере вообще. Программа, конечно, может использоваться в конструкторской практике.

Для реализации алгоритма программы была использована система программирования DELPHI, которая в настоящее время имеет наиболее широкий спектр возможностей для реализации удобного интерфейса, согласующегося при этом с общим современным компьютерным обеспечением (WINDOWS, EXEL и т.д.).

Программа состоит из двух основных частей: расчетного (вычислительного) блока и блока интерфейса, которые, естественно, тесно взаимосвязаны и переплетаются друг с другом.

Расчетный блок реализует вычисление усилий в плоских стержневых системах (рамах, балках, фермах) методом конечных элементов. Основными проблемами, которые возникали при реализации этого блока, являются:

- проблема числа элементов (конечных элементов) рассчитываемой системы, связанная с объемами и видами выделений памяти в программе, причем определяющей в этом вопросе является матрица жесткости системы, требующая наибольшего объема памяти, поэтому принципы ее размещения в памяти играют решающую роль; в рассматриваемой программе предусматривается динамическое размещение данных в оперативной памяти, что способствует и увеличению скорости вычислений (в сравнении с размещением данных на диске), а также позволяет без дополнительных проблем устанавливать программу и в сети с бездискowymi станциями.

- проблема точности вычислений, особенно для сложных больших систем с большим числом конечных элементов, что связано с увеличением матрицы жесткости, когда при решении системы уравнений большого порядка погрешности могут накапливаться; для разрешения этой проблемы для элементов матрицы жесткости системы используется тип «extended», а для решения системы уравнений применяется метод Гаусса с выбором главного элемента и с одним шагом распределения погрешностей.

- проблема защиты программы от зависания при некорректных данных - мгновенно изменяемая система, нулевые главные элементы матрицы жесткости; все эти ситуации отслеживаются, обрабатываются и выдаются соответствующие сообщения.

Блок интерфейса программы включает ввод исходных данных, их соответствующее представление и контроль на корректность, корректировку исходных данных, их хранение и повторное использование, представление результатов расчета.

В программе предусмотрено два варианта ввода исходных данных: табличный и графический, которые при этом взаимосвязаны друг с другом. Например, ввод координат и типа узла (жесткий, шарнирный) системы в табличном виде приводит к отображению этого узла в окне графики. В графическом режиме вид узла можно выбрать на пиктограмме и установить его с помощью курсора мыши в требуемом месте графического окна, уточнив при необходимости его координаты.

Стержни системы могут быть заданы при табличном вводе по номерам начального и конечного узлов, либо при графическом вводе - с помощью засечек (шелчков) мыши в начальном и конечном узле для данного стержня, после чего они сразу отображаются на схеме системы.

Аналогичный подход используется при установке нагрузок в узлы и на стержни системы, отображением их в графическом окне на схеме.

Опоры также могут быть выбраны с помощью соответствующих пиктограмм, показывающих опоры в таком виде, который соответствует их представлению на расчетных схемах в известной литературе, и в таком же виде они изображаются и в графическом окне на схеме системы.

Такое представление позволяет наглядно видеть и анализировать расчетную схему системы.

При вводе исходных данных предусмотрены все возможные проверки на корректность этих данных, как с точки зрения их численного представления (ввод букв и символов вместо цифр, ввод нереальных значений величин), так и с физической точки зрения (жесткое соединение стержня с шарнирным узлом, заделка (как опора) в шарнирном узле, шарнирный узел на свободном конце стержня, и т.п.).

Введенные исходные данные можно записать в личный файл с заданным именем; файл сохраняется на диске и при необходимости может быть вызван в любое время.

В программе предусмотрена корректировка исходных данных - геометрии системы, опор, нагрузок, что наряду с хранением исходных данных в файлах позволяет быстро менять параметры системы при исследованиях влияния их на ее работу.

Результаты расчета в программе представляются как в численном виде - в таблицах перемещений, усилий, которые легко выводятся и на экран дисплея, и на печать, так и в графическом виде - эпюры усилий.

Программа на всех этапах работы с ней имеет систему контекстных подсказок, помощь (Help), и построена так, чтобы работать с ней можно было не глядя в инструкцию.

Такие принципы мы пытались реализовать в разрабатываемой программе для того, чтобы обеспечить максимально возможные удобства работы с ней, наглядность исходных данных и результатов расчета. Таким образом мы пытались создать

программу, на которой мог бы работать пользователь любого уровня компьютерной и специальной подготовки.

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К РЕШЕНИЮ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ СООРУЖЕНИЙ

Севостьянова И. И.

Обычные методы строительной механики для расчета статически неопределимых систем применяются к сооружениям, размеры которых заданы. Между тем, основная цель расчета при проектировании заключается в подборе сечений, удовлетворяющих требованиям прочности, жесткости и устойчивости, и притом наивыгоднейшим образом. В этом и заключается так называемая обратная задача теории сооружений, задача проектирования оптимальных конструкций. На ранних этапах развития теории сооружений эта задача не могла получить исчерпывающего удовлетворительного решения. Это объясняется тем, что методы теории сооружений, как и математические методы решения подобных задач, не были достаточно развиты. Поэтому до 30-х годов нашего столетия оптимальное проектирование представляло собой разновидности вариантного проектирования. На этом этапе строительная механика играла вспомогательную роль, как средство расчета одного варианта, поэтому наличие правильного пути расчета еще не говорило об удачном ее решении с точки зрения оптимизации. Удачное в определенном смысле решение должно удовлетворять какому-либо критерию при безусловном соблюдении некоторого числа обязательных требований. Методы решения обратной задачи зависят от предпосылок расчета: расчетной схемы, допущений о свойствах материала, условий прочности и т. д. В большинстве работ в этой области расчетная схема предполагается заданной, материал считается упругим и расчет ведется по допускаемым напряжениям.

К числу первых работ, положивших начало теории оптимального проектирования, относятся работы, посвященные вопросам проектирования отдельных конструкций наименьшего веса (Клаузен, Лагранж), выгодному распределению усилий (Семиколенов), исследованию некоторых свойств задач о наименьшем весе конструкций (М. Леви, В. Л. Кирпичев). Наряду с этими решениями примерно в то же время появляются работы, посвященные исследованию закономерностей изменения весов сооружений; это работы В. Г. Шухова, Е. О. Патона, позднее Н. С. Стрелецкого и др.

Приблизительно к концу 30-х годов нашего столетия предпринимаются попытки создания общих методов решения обратной задачи теории сооружений, в которых непосредственно отыскивается система, удовлетворяющая заданным условиям прочности при обеспечении минимального веса. Исследования этого периода