

АЛГОРИТМ УЧЕБНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

В современных условиях решение расчетных задач требует, естественно, применения современных компьютеров и компьютерных программ, чтобы облегчить математические вычисления, избавить студента от больших объемов однородных расчетов.

При этом следует иметь в виду, что учебные компьютерные программы должны строиться совсем на других принципах, чем программы просто расчетного и проектно-конструкторского назначения, в которых после ввода исходных данных выполняется расчет и в том или ином виде получаются окончательные результаты решения задачи. Такие программы не обладают никакими обучающими свойствами и не способствуют познанию методов расчета.

В каждом же методе расчета сооружений можно увидеть и выделить две стороны, одна из которых представляет суть и физические основы методов расчета и работы сооружений, а вторая связана с математической реализацией методов расчета и большими (в той или иной степени) объемами вычислений.

Учебные программы должны уменьшать объем ручных вычислений, облегчать трудоемкие вычислительные процессы, не затмевая при этом сущности и принципов методов расчета, должны способствовать изучению этих методов, их физической сути и физических основ работы сооружений, должны представлять также возможности исследования поведения и работы сооружений при изменении их характеристик и параметров и, таким образом, должны представлять собой обучающе-исследовательскую систему [3].

Главная сложность при составлении таких программ – найти то соотношение двух сторон в задаче, методе расчета, которое позволяло бы, с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления, максимально уменьшить объем ручного счета, а с другой стороны, максимально сохранить сущностно-физическую сторону задач и методов расчета. Решение этой проблемы требует глубокого анализа методов расчета, которые при их реализации в учебных программах следует разделить на две части. Одна из них, менее трудоемкая с вычислительной точки зрения, но несущая в себе суть и физические основы метода и способствующая его изучению и познанию, должна выполняться вручную. Вторая, менее информативная, но более трудоемкая, должна передаваться компьютерной программе. Следует заметить, что это разделение в разных методах расчета может быть совершенно разным, что зависит от процедур методов, а в одном методе расчета на разных его этапах эти части могут взаимно переплетаться друг с другом.

Здесь делается попытка реализовать изложенные подходы при составлении учебной компьютерной программы расчета статически неопределимых рам методом сил для дисциплины «Строительная механика». Предполагается, что программа будет использоваться студентами при выполнении расчетно-проектировочных заданий и в самостоятельной работе при изучении дисциплины «Строительная механика».

Метод сил, как и другие методы расчета сооружений, включает в себя целый ряд процедур и этапов расчета. Часть из этих процедур в большей степени наполнены и отражают суть и физические основы метода расчета и работы сооружения и содержат менее трудоемкие вычисления. Другая же часть больше связана с математической реализацией метода расчета, с большими (в той или иной степени) объемами вычислений,

которые достаточно сложно выполнять без привлечения компьютерной техники и специальных программ.

Кратко процедура расчета методом сил статически неопределимых рам состоит [2] из следующих этапов:

1. Определяется степень статической неопределимости (число «лишних» связей) рамы L по формулам (1) либо (2).

2. Выбираем расчетную основную систему метода сил.

3. В расчетной О.С. метода сил строим единичные ($\bar{M}_1, \bar{M}_2, \dots, \bar{M}_L$) и грузовую (M_P) эпюры изгибающих моментов.

4. Вычисляем все единичные коэффициенты (δ_{ik}) и свободные члены (Δ_{iP}) системы канонических уравнений метода сил; могут быть вычислены и суммарные перемещения δ_{ss} и Δ_{sP} .

5. Решаем систему канонических уравнений и находим неизвестные метода сил X_1, X_2, \dots, X_L .

6. Строим окончательную эпюру изгибающих моментов M .

7. По эпюре M строим окончательную эпюру поперечных сил Q .

8. Способом вырезания узлов на эпюре Q с учетом действующих в узлах внешних нагрузок строим в заданной раме эпюру продольных сил N .

В рассматриваемой здесь программе расчета выполняется следующее разделение указанных процедур метода сил на две части.

Вручную предлагается выполнить этапы 1–3, 7 и 8, которые несут в себе в большей степени физическую суть метода, позволяют более глубоко понять и изучить метод и основные его принципы. Этапы 1–3 позволяют закрепить навыки определения числа лишних связей, выбора рациональных расчетных О.С. метода сил, навыки кинематического анализа систем, построения эпюр внутренних сил в статически определимых системах (О.С.), показать и закрепить умение вычисления перемещений по формулам Мора (4) различными способами (5)–(7), для чего вручную необходимо вычислить коэффициенты δ_{sP} (9) и Δ_{sP} (10), являющиеся как проверочными в расчете, так и контрольными в программе.

Программа проверяет правильность вычисления величин δ_{sP} и Δ_{sP} (с учетом, естественно, допускаемых погрешностей) и при верном их вычислении выполняет расчет наиболее трудоемких этапов метода сил 4, 5, 6, в которых производится расчет всех коэффициентов и свободных членов (единичных и грузовых перемещений) системы уравнений, решение системы канонических уравнений метода сил с определением неизвестных метода сил X_1, X_2, \dots, X_L , расчет и построение окончательной эпюры изгибающих моментов M .

Эпюры поперечных и продольных сил Q и N студент в конце должен построить опять же самостоятельно (вручную).

При неверном вычислении коэффициентов δ_{ss} или Δ_{sP} программа выдает соответствующее сообщение, и требуется выполнить их расчет (или одного из них) заново с последующим новым их вводом в программу.

Список цитированных источников

1. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Минск: БНТУ, 2009. – 756 с.

2. Алексеев, Т.Ю. К расчету статически неопределимых рам методом сил // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / БрГТУ. – Брест, 2012.

3. Игнатюк, В.И. Создание учебных компьютерных программ для курса строительной механики // Высшая школа. – 2001. – № 6. – С. 35–38.