

Прогнозирование – способность предвидеть результаты функционирования образовательной среды.

Технология опосредованного управления эффективна, когда она обладает такими свойствами, как целенаправленность и системность, и достигает цели, если отлажен механизм управления, учитывающий сложность образовательной среды и возможности субъекта; имеются резервы вариантов управленческих решений; действует система обратной связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мануйлов, Ю.С. Средовой подход в воспитании / Ю.С. Мануйлов. – М.; Н.Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии государственной службы, 2002. – 157 с.

2. Слостенин, В.А. Педагогика: учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.А. Слостенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов; под ред. В.А. Слостенина. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 576 с.

УДК 624.04

Игнатюк В.И.

### **О РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ**

*БрГТУ, Брест*

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

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.

Учебные компьютерные 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 возможности для исследования поведения и работы сооружений при изменении их характеристик и параметров, и, таким образом, должны представлять собой обучающе-исследовательскую систему.

Главная сложность при составлении таких программ – найти то соотношение двух сторон в задаче, в методе расчета, которое позволяло бы, с одной стороны, максимально облегчить математические вычисления, максимально уменьшить объем ручного счета, а с другой стороны, 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 и объемная по вычислениям, должна передаваться компьютеру. 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. Разработанная программа используется студентами при выполнении расчетно-проектировочных заданий и в самостоятельной работе

при изучении дисциплины «Строительная механика».

Метод сил, как и в другие методы расчета сооружений, включает в себя целый ряд процедур и этапов расчета. Часть из этих процедур в большей степени наполнены физической сутью и физическими основами метода расчета и работы сооружения, и содержит 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 вычислительных программ.

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

1. Определяется степень статической неопределимости (число «лишних» связей) рамы  $L$ .

2. Выбирается основная система метода сил, то есть статически определимая, геометрически неизменяемая система (О.С.), получаемая из заданной статически неопределимой рамы путем отбрасывания лишних связей и замены их неизвестными усилиями  $X_1, X_2, \dots, X_L$ , которые являются основными неизвестными метода расчета.

Для любой статически неопределимой системы существует очень большое число основных систем метода сил. Для расчета нужно выбрать и принять одну О.С., называемую расчетной. В качестве расчетной принимают самую рациональную О.С., в которой построение эпюр внутренних сил было бы как можно более простым и сами эпюры были бы как можно более простыми, что в дальнейшем может существенно упростить и облегчить расчет.

3. В расчетной О.С. метода сил строятся единичные эпюры усилий  $\bar{M}_1, \bar{M}_2, \dots, \bar{M}_L$  от действия единичных значений неизвестных метода сил  $X_1, X_2, \dots, X_L$  и грузовая эпюра изгибающих моментов  $M_P$  от действия внешней нагрузки.

4. Вычисляются значения единичных коэффициентов



где  $\delta_{jk}$  и  $\Delta_{jP}$  – единичные и грузовые перемещения по направлениям сил силы  $X_i$  от действия соответственно сил  $X_k$  единичной величины и внешних нагрузок.

Система канонических уравнений метода сил (10) является неоднородной системой линейных алгебраических уравнений и может быть решена, например, способом Гаусса.

6. После определения неизвестных метода сил  $X_i$  ( $i = 1 \dots L$ ) расчет и построение окончательных эпюр изгибающих моментов в системе выполняется на основе принципа независимости действия сил по формуле:

$$M = M_1 X_1 + M_2 X_2 + M_3 X_3 + \dots + M_L X_L + M_P \quad (6)$$

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

8. По эпюре  $Q$  способом вырезания узлов с учетом действующих в узлах внешних нагрузок строится эпюра 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 определенных системах (О.С.), показать и закрепить умение вычисления перемещений по формулам Мора (1) различными способами, для чего вручную необходимо вычислить коэффициенты  $\delta_{SS}$  (3) и  $\Delta_{SP}$  (4), являющиеся как проверочными в расчете, так и контрольными в программе.

Программа проверяет правильность вычисления величин  $\delta_{SS}$  и  $\Delta_{SP}$  (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 (1)) системы уравнений, решение системы канонических уравнений метода сил (5) с определением неизвестных метода сил  $X_1, X_2, \dots, X_{\mathcal{L}}$ , расчет и построение окончательной эпюры изгибающих моментов  $M$  (6).

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

При неверном вычислении коэффициентов  $\delta_{SS}$  или  $\Delta_{SP}$  программа выдает соответствующее сообщение, и требуется выполнить их расчет (или одного из них) заново с последующим новым их вводом в программу.

Программа составлена в среде программирования С# (СИ Шарп) [2]; работает под управлением системы Windows; исходный текст программы имеет объем 5 Мб, исполняемый файл MetSil.exe – 180 Кб.

Ввод исходных данных для рамы, представленной на рисунке 1, где для этой рамы изображена и расчетная основная система метода сил ( $\mathcal{L}=5$ ), осуществляется в основном окне программы, представленном на рисунке 2, в котором показан ввод эпюры  $M_P$ .

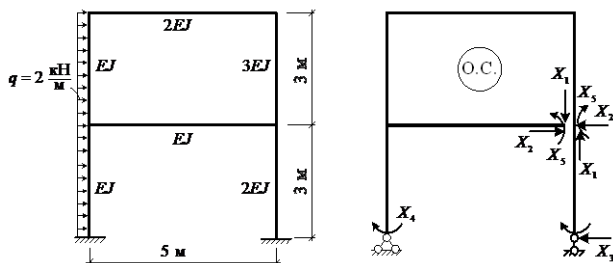


Рисунок 1 – Расчетная схема рамы и основная система метода сил

Стандартный для Windows удобный и эстетичный графический интерфейс и достаточно развитый сервис делают работу в программе простой и понятной.

После ввода исходной информации, включающей координаты узлов, привязку стержней и их жесткостные характеристики, ординаты единичных ( $\bar{M}_1, \bar{M}_2, \dots, \bar{M}_J$ ) и грузовой ( $M_P$ ) эпюр изгибающих моментов, программу можно запустить на расчет.

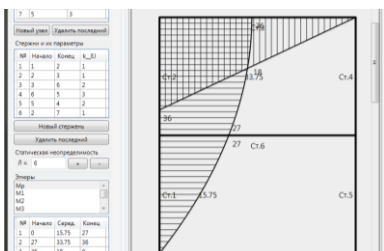


Рисунок 2 – Основное окно программы «MetSil»

В результате появляется окно, в котором необходимо ввести проверочные для расчета значения суммарных единичного  $\delta_{SS}$  и грузового  $\Delta_{SP}$  перемещений. Эти перемещения необходимо вычислить предварительно.

Если контрольные значения вычислены неверно, то программа выдает соответствующее сообщение.

Если контрольные значения вычислены верно, то программа выполнит полный расчет рамы – вычисляются все единичные коэффициенты ( $\delta_{ik}$ ) и свободные члены ( $\Delta_{iP}$ ) системы канонических уравнений метода сил, решается система канонических уравнений (5), определяются неизвестные метода сил  $X_i$ , выполняется расчет всех ординат (6) и графическое построение окончательной эпюры изгибающих моментов  $M$ .

Сервис программы включает в себя следующие возможности:

- диалоговый режим ввода исходной информации, обработки и анализа промежуточных и окончательных результатов решения задачи;

- сохранение в файл, как исходных данных, так и результатов расчета;
- печать исходных данных и результатов расчета в численном и в графическом видах;
- масштабирование изображений рам и ординат эпюр усилий в окнах графики;
- перемещение графических объектов (схем рам, эпюр усилий) с помощью мыши;
- возможность задавать число знаков после запятой на эпюрах усилий в окне графики;
- наличие разветвленной системы Помощи, которая содержит следующие разделы: метод расчета, работа с программой, ввод исходных данных, система меню программы, полезные советы, расчет рамы, правила записи ординат эпюр.

Результаты расчета в программе представляются как в табличном, так и в графическом виде – изображается окончательная эпюра изгибающих моментов  $M$ . Для рамы, представленной на рисунке 1, окно результатов расчета и окончательная эпюра  $M$  показаны на рисунке 3.

При успешно выполненном расчете программа позволяет выполнять анализ характера зависимостей эпюр изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$  в раме и исследовать влияние величин жесткостей стержней на значения усилий в раме при одной и той же нагрузке, что делается уже без контроля.

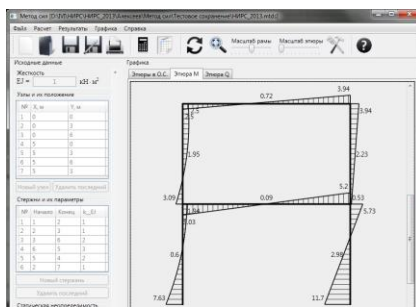


Рисунок 3 – Окончательная эпюра изгибающих моментов