© С.Еремин, 1999-2003, esa\_russia@rambler.ru

Программа

**РАСЧЕТА СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.**

 1. Назначение программы.

Программа предназначена для статического расчета плоских стержневых конструкций (балок, рам, ферм, арок и т.п.) с любой степенью статической неопределимости. В результате расчета вычисляются деформации конструкции (линейные перемещения и углы поворота узлов) и усилия в стержнях (нормальные и поперечные силы и изгибающие моменты). Возможен расчет на несколько видов загружений (постоянных, длительных, кратковременных и особых) и подбор наиболее невыгодных сочетаний нагрузок с учетом коэффициентов сочетаний.

 2. Использование программы.

Для подготовки исходных данных составляется расчетная схема конструкции с указанием размеров, нагрузок и сечений стержней.

Нумеруются узлы конструкции. При этом следует придерживаться следующих правил:

а) номера узлов - целые числа, начиная с единицы, без пропуска номеров;

б) узлом считается место изменения направления оси конструкции, изменения сечения конструкции;

в) для облегчения последующего расчета конструкции узлы можно назначать не только в местах, указанных в пункте "б", но и там, где требуется получить значения перемещений и усилий, например, в местах приложения нагрузок;

г) для экономии памяти ЭВМ и сокращения времени расчета желательно стремиться к тому, чтобы максимальная разность номеров узлов стержней по всей конструкции была минимальной (особенно для конструкций, содержащих несколько десятков узлов и стержней).

Нумеруются стержни конструкции в любом порядке целыми числами, начиная с единицы, без пропуска номеров.

Нумеруются опоры конструкции в любом порядке целыми числами, начиная с единицы, без пропуска номеров.

Нумеруются типы сечений элементов в любом порядке целыми числами, начиная с единицы, без пропуска номеров.

После этого заполняются шесть документов (таблиц) с исходными данными.

Документ 0 включает в себя одну строку, в которой указываются через запятую в следующем порядке:

- количество узлов в конструкции;

- количество стержней;

- количество опорных узлов;

- количество типов сечений (жесткостей) стержней;

- количество нагрузок.

Документ 1 содержит информацию о координатах узлов конструкции и включает в себя столько строк, сколько узлов в конструкции. В каждой строке через запятую указываются:

- координата **X** (в метрах);

- координата **Y** (в метрах) узла.

Система координат принята такой, что ось **X** направлена горизонтально слева направо, ось **Y** - вертикально снизу вверх. Номер строки документа соответствует номеру узла.

Документ 2 содержит информацию о стержнях конструкции и включает в себя столько строк, сколько стержней в конструкции. В каждой строке через запятую указываются:

- номер узла в начале;

- номер узла в конце;

- тип опирания;

- тип сечения (жесткости) стержня.

Номер узла в начале должен быть меньше номера узла в конце стержня.

Возможны четыре типа опирания стержня:

0 - жесткое в начале и в конце;

1 - шарнирное в начале и жесткое в конце;

2 - жесткое в начале и шарнирное в конце;

3 - шарнирное в начале и в конце.

Тип сечения - номер строки документа 4, в которой описаны геометрические характеристики сечения. Номер строки документа соответствует номеру стержня.

Документ 3 содержит информацию об опорах конструкции и включает в себя столько строк, сколько опорных узлов у конструкции. В каждой строке через запятую указываются:

- номер узла;

- тип опоры.

Возможны четыре типа опор:

0 - жесткое защемление;

1 - шарнирная опора, препятствующая смещению вдоль оси **X**;

2 - шарнирная опора, препятствующая смещению вдоль оси **Y**;

3- шарнирная опора, препятствующая смещению вдоль осей **X** и **Y**.

Документ 4 содержит информацию о геометрических характеристиках сечения и включает в себя столько строк, сколько различных сечений в конструкции. В каждой строке записываются через запятую:

**EF** (Т),

**EI** (ТхМ2);

где **E** - модуль упругости материала стержня (Т/М2);

 **F** - площадь сечения (М2).

 **I** - момент инерции сечения в плоскости конструкции (М4);

Документ 5 содержит информацию о нагрузках, действующих на конструкцию. В каждой строке записываются через запятую:

- номер узла или номер элемента, к которому приложена нагрузка;

- тип нагрузки;

- величина нагрузки;

- расстояние от начала стержня до начала нагрузки;

- расстояние от начала стержня до конца нагрузки;

- номер загружения.

Возможны шесть типов нагрузок:

1 - сосредоточенная узловая, параллельная оси **X** (Т);

2 - сосредоточенная узловая, параллельная оси **Y** (Т);

3 - узловой момент (пара сил, ТхМ);

4 - сосредоточенная сила, приложенная перпендикулярно оси стержня (Т);

5 - равномерно распределенная нагрузка, приложенная перпендикулярно оси стержня (Т/М);

6 - момент (пара сил), приложенный к стержню (ТхМ);

Правило знаков для величины нагрузок:

для типов **1** и **2** - положительное направление нагрузки - против направления соответствующей оси;

для типов **3** и **6** - положительное направление - против часовой стрелки;

для нагрузок, действующих на стержни: если повернуть плоскость чертежа так, чтобы начало стержня была слева, а конец стержня - справа, то положительное направление нагрузок для типов **4** и **5** - сверху вниз.

Расстояние от начала стержня до начала нагрузки указывается в метрах для типов нагрузок **4, 5, 6** (для остальных - 0). Расстояние от начала стержня до конца нагрузки указывается в метрах для типа нагрузки **5** (для остальных - 0).

Номер загружения - целое число, начиная с единицы. Усилия и деформации конструкции вычисляются для каждого загружения отдельно.

Исходные данные можно вводить в программе с клавиатуры или из текстового файла, введя его имя по требованию.

Вывод результатов расчета возможен в текстовый файл или на принтер.

Правило знаков для перемещений узлов: положительное линейное перемещение совпадает с направлением координатных осей; положительный поворот - по часовой стрелке.

Правило знаков для усилий в стержнях:



 3. Пример расчета.

Рассчитать решетчатый прогон с неразрезным верхним поясом из двух швеллеров №30 и решеткой из швеллеров №10. Нагрузка: первое загружение - равномерно распределенная нагрузка 0.2 т/м; второе загружение - сосредоточенные силы P=5.9 т.

На схеме узлы обозначены цифрами, стержни - цифрами с индексом в кружках (индекс - номер типа сечения), опоры - цифрами в прямоугольниках. Размеры на чертеже в метрах.



Документ 0:

 5, 7, 2, 2, 5

Документ 1:

 5.965, -1.5

 0, 0

 3.715, 0

 8.215, 0

 11.93, 0

Документ 2:

 2, 3, 1, 1

 3, 4, 0, 1

 4, 5, 2, 1

 1, 2, 3, 2

 1, 3, 3, 2

 1, 4, 3, 2

 1, 5, 3, 2

Документ 3:

 2, 2

 5, 3

Документ 4:

 170100, 2440

 22890, 4.3

Документ 5:

 1, 5, 0.2, 0, 3.715, 1

 2, 5, 0.2, 0, 4.5, 1

 3, 5, 0.2, 0, 3.715, 1

 3, 2, 5.9, 0, 0, 2

 4, 2, 5.9, 0, 0, 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

---------------

ДОКУМЕНТ 0: 5 , 7 , 2 , 2 , 5

ДОКУМЕНТ 1 (координаты):

 5.965 ,-1.5

 0 , 0

 3.715 , 0

 8.215 , 0

 11.93 , 0

ДОКУМЕНТ 2 (стержни):

 2 , 3 , 1 , 1

 3 , 4 , 0 , 1

 4 , 5 , 2 , 1

 1 , 2 , 3 , 2

 1 , 3 , 3 , 2

 1 , 4 , 3 , 2

 1 , 5 , 3 , 2

ДОКУМЕНТ 3 (опоры):

 2 , 2

 5 , 3

ДОКУМЕНТ 4 (жесткости):

 170100 , 2440

 22890 , 4.3

ДОКУМЕНТ 5 (нагрузки):

 1 , 5 , .2 , 0 , 3.715 , 1

 2 , 5 , .2 , 0 , 4.5 , 1

 3 , 5 , .2 , 0 , 3.715 , 1

 3 , 2 , 5.9 , 0 , 0 , 2

 4 , 2 , 5.9 , 0 , 0 , 2

 4. Пример вывода результатов.

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № узла | Загружение | Горизонтальное,Мм | Вертикальное,мм | Угол поворота,Рад |
| 1 | 12 | 0,090,56 | -3,59-23,20 | 0,000000,00000 |
| 2 | 12 | 0,171,11 | -0,00-0,00 | 0,000660,00430 |
| 3 | 12 | 0,110,71 | -3,83-24,75 | 0,000660,00430 |
| 4 | 12 | 0,060,40 | -3,83-24,75 | -0,00066-0,00430 |
| 5 | 12 | 0,000,00 | -0,00-0,00 | 0,000000,00000 |

УСИЛИЯ В СТЕРЖНЯХ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Стержень | Загружение | ПродольнаяСила, Т | Изгибающие моменты, ТхМ | Поперечные силы, Т |
| в начале | в конце | в начале | в конце |
| 1 | 12 | -2,859-18,473 | 0,0000,000 | 0,3814,661 | 0,4741,255 | -0,2691,255 |
| 2 | 12 | -1,781-11,505 | 0,3814,661 | 0,3814,661 | 0,4500,000 | -0,4500,000 |
| 3 | 12 | -2,859-18,473 | 0,3814,661 | 0,0000,000 | 0,269-1,266 | -0,474-1,255 |
| 4 | 12 | 2,94819,049 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 |
| 5 | 12 | -1,296-8,375 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 |
| 6 | 12 | -1,296-8,375 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 |
| 7 | 12 | 2,94819,049 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 | 0,0000,000 |

 5. Особенности программы.

* Минимальные требования к компьютеру: процессор 286, 1 МБ ОЗУ, 2 МБ на жёстком диске. Но при расчете сложных конструкций для повышения производительности желательно иметь процессор не ниже 386, 4 МБ ОЗУ и не менее 3 МБ на жёстком диске.
* Операционная система MS DOS 3.0 или выше. Под Windows программа может работать в режиме эмуляции DOS.
* Имеется блок проверки корректности ввода исходных данных.
* Возможна автоматизация ввода регулярных данных (например, ввод координат узлов рамы, имеющей одинаковые пролеты и высоту этажа).
* Предусмотрена возможность расчета на воздействие любого количества загружений, которые могут группироваться (до 10 различных групп) с указанием коэффициентов сочетаний и коэффициентов перегрузок для каждого загружения.
* Каждая решаемая задача может быть сохранена в архиве и восстановлена для повторного использования.
* Для контроля ввода исходных данных программа формирует графическое изображение конструкции и приложенных нагрузок.
* Расчет конструкций ведется по методу перемещений строительной механики. При этом реализован специальный алгоритм решения системы уравнений, учитывающий то, что матрица жёсткости, как правило, имеет ленточную структуру. Это позволило значительно уменьшить требования к памяти ЭВМ и сократить время расчета конструкций.
* Имеется версия программы на языке FoxPro 2.6 и версия на языке GWBasic с ограниченными возможностями.

© С.Еремин, 1999-2003, esa\_russia@rambler.ru