

ПРОГРАММА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕТОДОМ СИЛ

Программа *Ms* предназначена для решения статически неопределимых задач методом сил. Программу целесообразно использовать для поиска и исправления ошибок при построении единичных и грузовой эпюр изгибающих моментов, вычислении коэффициентов канонических уравнений и значений неизвестных, а также ординат окончательных эпюр внутренних усилий.

Для подготовки исходных данных необходимо расчленить основную систему на отдельные части, взаимодействующие между собой *в узлах*. Узлы выбираются в следующих сечениях:

- имеющих опорные связи или шарниры; местах приложения сосредоточенных сил или моментов; начала или конца участка, загруженного равномерно распределенной нагрузкой; местах изменения геометрической оси или жесткости стержня.

Часть системы, соединяющая два узла, называется *конечным элементом*. Конечный элемент (далее по тексту элемент) должен иметь прямолинейную ось и постоянное поперечное сечение по длине. Узлы и элементы системы нумеруют. Элементы с одинаковыми жесткостями на растяжение – сжатие (EA) и изгиб (EJ) объединяются в группы, имеющие один *тип жесткости*. Каждое единичное или грузовое состояние основной системы относится к отдельному загрузению.

В результате получают пять чисел:

- количество узлов (Ku), элементов (Ke), типов жесткости (Kg), узлов с опорными связями (Ks), загрузений (Kp).

Всю информацию можно разделить на следующие блоки:

- «характеристика задачи», «узлы», «элементы», «типы жесткости», «опорные связи», «загрузки». Каждый блок информации начинается с текстовой строки – разделителя, в которой можно писать любой комментарий.

Характеристика задачи (пять чисел): $Ku\ Ke\ Kg\ Ks\ Kp$.

Информация об узлах записывается построчно (одна строка – один узел) в последовательности: $Nu\ Xu\ Yu$,

где Nu – номер узла, Xu , Yu – координаты узла по горизонтали и вертикали.

Информация об элементах записывается построчно (одна строка – один элемент) в последовательности: $Ne\ Nn\ Nk\ Ng\ p$,

где Ne – номер элемента; Nn , Nk – номера узлов в начале и в конце элемента; Ng – номер типа жесткости элемента, p – признак присоединения элемента к узлу. За начальный принимается узел с меньшим номером. Признак присоединения элемента к узлу (целое число), равное: 0 (жесткое присоединение в начале и в конце); 1 (шарнирное в начале, жесткое в конце); 2 (жесткое в начале, шарнирное в конце); 3 (шарнирное в начале и в конце).

Каждый тип жесткости описывается одной строкой, содержащей три числа: $Ng \ EA \ EJ$,

где Ng – номер типа жесткости, EA – жесткость на растяжение (сжатие), EJ жесткость на изгиб.

Узлы, имеющие опорные связи, описывают по строкам (одна строка – один узел): $Nu \ px \ py \ pz$,

где Nu – номер узла; px , py , pz – признак наличия соответственно горизонтальной, вертикальной или связи, препятствующей повороту. Если связь есть, то признак равен единице, в противном случае признак равен нулю.

Каждый вид нагрузки (сосредоточенной или распределенной, заданного смещения узлов) описывается одной строкой, содержащей четыре числа: $Nu(Ne) \ t \ V \ Nr$,

где $Nu(Ne)$ номер узла (элемента), к которому приложена нагрузка (заданное перемещение); t – тип нагрузки (заданного перемещения), V – величина, Nr – номер загрузки. Тип нагрузки t (целое число) означающее: 1 (горизонтальная сила), 2 (вертикальная сила), 3 (момент, приложенный к узлу), 4 (равномерно распределенная горизонтальная нагрузка), 5 (равномерно распределенная вертикальная нагрузка), 6 (заданное горизонтальное смещение узла), 7 (заданное вертикальное смещение узла), 8 (заданный поворот узла), 10 (момент, приложенный в начале элемента), 11 (момент, приложенный в конце элемента). Величина V считается положительной, если нагрузка (перемещение) направлена в ту же сторону, что и соответствующая ось (1, 2, 4 ÷ 7) или против хода часовой стрелки (для типа 3, 8, 10, 11).

Сформированные исходные данные должны храниться в текстовом файле с расширением *dat* в том же каталоге, что и программа *Ms*. Имя файла не должно содержать больше восьми символов; например: *Primer*, *Variant2*, *Схема_5*. Для создания файла и ввода в него данных можно воспользоваться любым редактором текста.

Для создания и редактирования файла с помощью программы *Ms* в ответ на запрос нужно ввести имя файла, которого нет в каталоге, и после сообщения:

Нет файла Имя. dat
Подготовить файл? (Y/N)

ответить утвердительно (нажать клавишу *Y*). Затем в ответ на запрос программы следует ввести числа, характеризующие задачу: количество узлов (Ku), элементов (Ke), типов жесткости (Kg), узлов с опорными связями (Ks), загрузок (Kp). В этом случае в текущем каталоге будет создан файл с предложенным именем, в котором разместится шаблон для ввода исходных данных в виде:

*** Параметры задачи $Ku \ Ke \ Kg \ Ks \ Kp$ ***

3 2 1 2 1

*** Узлы $X_i Y_i$ ***

1

2

3

*** Элементы $N_n N_k N_g p$ ***

1

2

*** Жесткости $N_g EA EJ$ ***

1

*** Связи $N_i p_x p_y p_z$ ***

*** Загружения $N_i (N_e) t V N_p$ ***

При вводе исходной информации необходимо соблюдать следующие требования: число от числа отделяется одним или несколькими пробелами; наличие в поле ввода целочисленной информации символов $<.>$, $<,>$, $<->$ недопустимо; целая часть числа отделяется от дробной точкой; данных в строке должно быть столько, сколько предусмотрено программой; наличие в файле пустых строк, а также строк, начинающихся с нецифровых символов (кроме специально оговоренных разделителей) не допускается; после последнего числа в строке через пробел (или несколько пробелов) можно писать любой комментарий.

Пример 1. Произведем расчет статически неопределимой рамы методом сил.

Вычертим основную систему (рис. 1, а) в координатных осях xOy и пронумеруем узлы и элементы (рис. 1, б). Для удобства изображения сместим вниз стержень DE (учтем это при определении координат узлов). Примем, что первый и третий элементы относятся к первому типу жесткости (EJ), а второй и четвертый элементы - ко второму типу (жесткость $2EJ$). В первом нагружении приложим единичную силу X_1 , во втором X_2 , в третьем заданную нагрузку. В результате получаем пять чисел:

количество узлов $K_u=6$, элементов $K_e=4$, типов жесткости $K_g=2$, узлов с опорными связями $K_s=2$, одновременных нагружений $K_p=3$.

Подготовим исходные данные для расчета.

Определим координаты узлов системы и заполним соответствующие строки.

При заполнении строк, описывающих элементы, учтем, что все элементы присоединены к узлам жестко (признак 0).

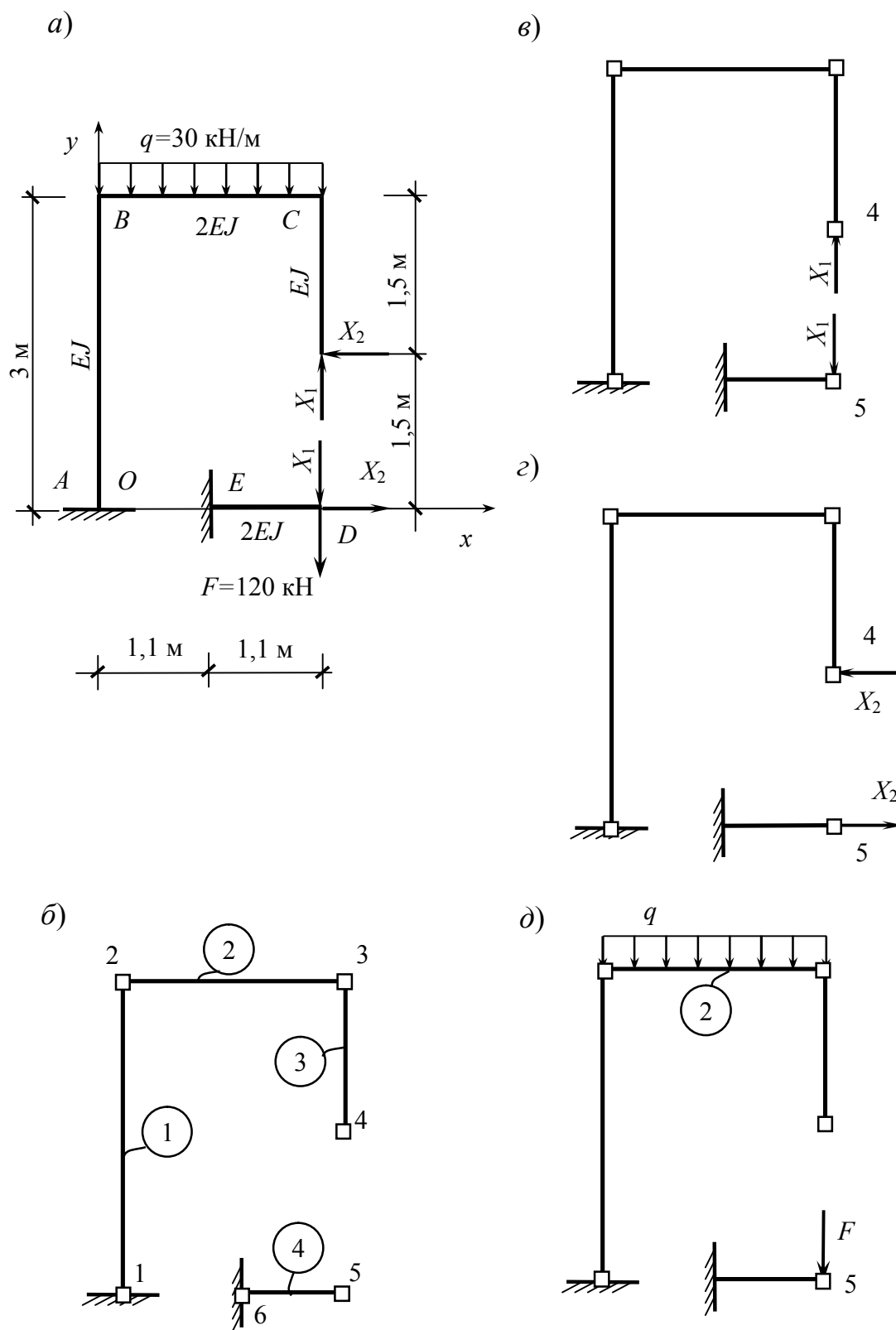


Рис. 1

При определении коэффициентов канонических уравнений (перемещений) используется только жесткость на изгиб EJ , следовательно, жесткость на растяжение (сжатие) EA можно задать любым положительным числом (например, принять равной единице).

Первый и шестой узел закреплены от смещения по горизонтали, по вертикали и от поворота (после номера узла ставим 1 1 1).

В первом нагружении (рис. 1, в) к четвертому и пятому узлу приложены соответственно вертикальная (тип 2) положительная (в направлении оси y) и отрицательная (противоположно оси y) единичная силы.

Во втором нагружении (рис. 1, г) к четвертому и пятому узлу приложены соответственно горизонтальная (тип 1) отрицательная (противоположно оси x) и положительная (в направлении оси x) единичная силы.

В третьем нагружении (рис. 1, д) к пятому узлу приложена вертикальная (тип 2) отрицательная сила F ; ко второму элементу равномерно распределенная вертикальная (тип 5) отрицательная нагрузка q .

Файл с исходными данными для расчета:

*** Параметры задачи $Ku Ke Kg Ks Kp$ ***

6 4 2 2 3

*** Узлы $Xu Yu$ ***

1 0 0

2 0 3

3 2.2 3

4 2.2 1.5

5 2.2 0

6 1.1 0

*** Элементы $Nn Nk Ng p$ ***

1 1 2 1 0

2 2 3 2 0

3 3 4 1 0

4 5 6 2 0

*** Жесткости $Ng EA EJ$ ***

1 1 1

2 1 2

*** Связи $Nu px py pz$ ***

1 1 1 1

6 1 1 1

*** Загружения $Nu (Ne) t V Np$ ***

4 2 1 1

5 2 -1 1

4 1 -1 2

5 1 1 2

5 2 -120 3

2 5 -30 3

По подготовленным исходным данным программа *Ms* вычертит на экране монитора схемы нумерации узлов (рис. 2, *а*), элементов (рис. 2, *б*) и расчетную схему по каждому загрузению.

Проверка единичных и грузовой эпюр изгибающих моментов производится поэлементно в последовательности: ордината в начале элемента, ордината в конце элемента (рис. 2, *в*). Неправильные (в том числе и по знаку) ординаты игнорируются. После ввода правильных (с точностью до 1 %) ординат строится эпюра для проверенного элемента и производится переход к следующему элементу.

Проверка единичных и грузовых коэффициентов канонических уравнений производится по строкам (рис. 2, *г*).

Проверка окончательных эпюр внутренних усилий производится аналогично.

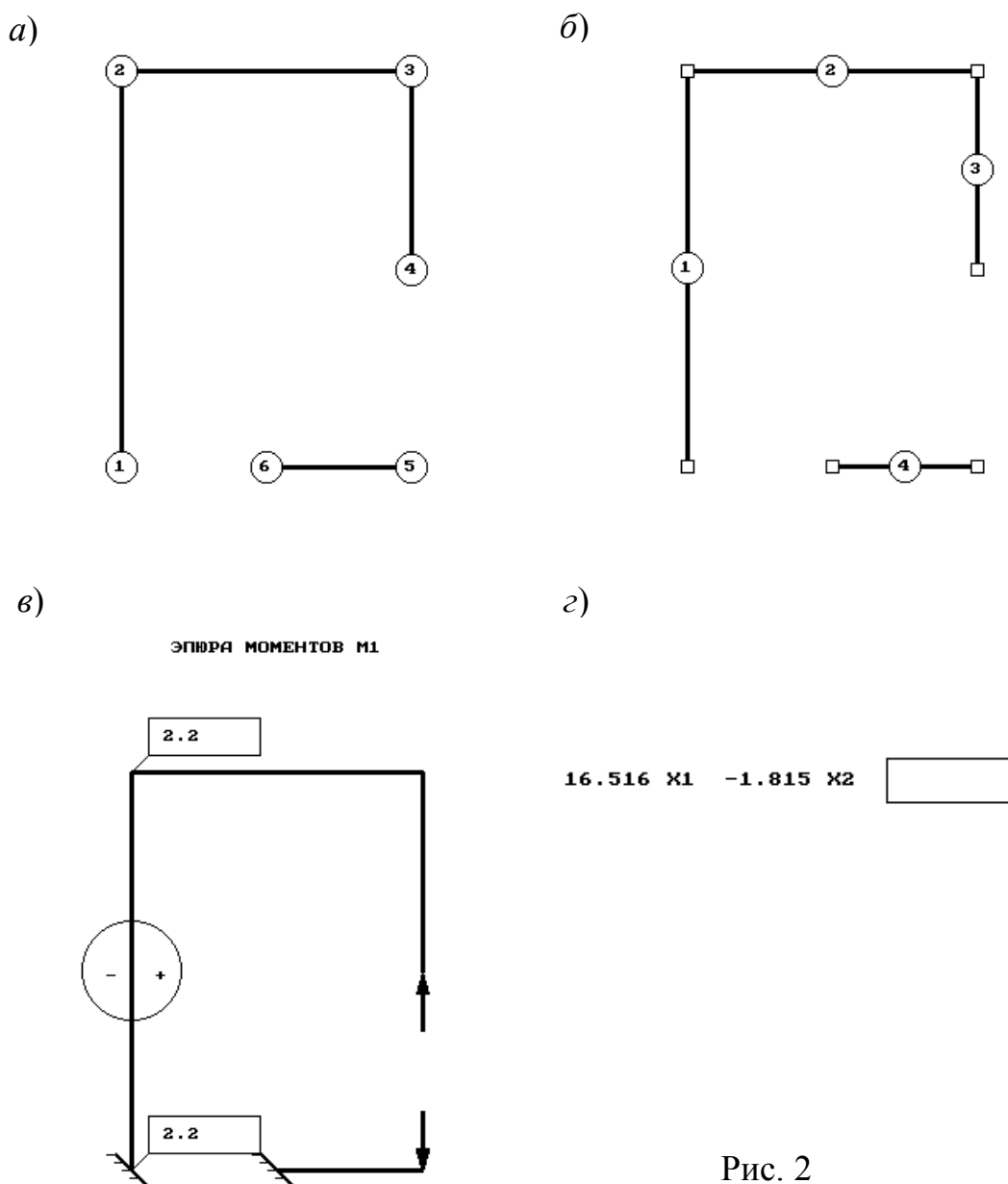


Рис. 2

Пример 2. Подготовим исходные данные для расчета неразрезной балки (рис. 3, а).

Вычертим основную систему (рис. 3, а) в координатных осях xOy и пронумеруем узлы и элементы (рис. 3, б). В результате получим:

количество узлов $Ku=7$, элементов $Ke=6$, типов жесткости $Kg=2$, узлов с опорными связями $Ks=4$, загружений $Kp=3$.

Определим координаты узлов системы и заполним строки, описывающие узлы.

Примем, что второй, третий и четвертый элементы относятся к первому типу жесткости (EJ), а первый, пятый и шестой элементы - ко второму типу (жесткость $2EJ$). Жесткость EA примем равной единице. Третий и шестой элементы присоединены к узлам жестко (признак 0), второй и пятый шарнирно присоединены к узлу в начале (признак 1), первый и четвертый элементы шарнирно присоединены к узлу в конце (признак 2).

В первом узле вертикальная и горизонтальная связи (признаки 1 1 0), во втором, пятом и седьмом узлах только вертикальные связи (признаки 0 1 0).

В первом загрузении (рис. 3, в) в конце первого элемента (тип нагрузки 11) приложен положительный (направлен против часовой стрелки) единичный момент; в начале второго элемента (тип нагрузки 10) приложен отрицательный (направлен по часовой стрелке) единичный момент.

Информация о втором (рис. 3, г) и третьем загрузении (рис. 3, д) составляется аналогично.

Файл с исходными данными для расчета:

*** Параметры задачи $Ku Ke Kg Ks Kp$ ***

7 6 2 4 3

*** Узлы $Xu Yu$ ***

1 0 0

2 6 0

3 9 0

4 12 0

5 15 0

6 18 0

7 21 0

*** Элементы $Nn Nk Ng pc$ ***

1 1 2 2 2

2 2 3 1 1

3 3 4 1 0

4 4 5 1 2

5 5 6 2 1

6 6 7 2 0

*** Жесткости $Ng EA EJ$ ***

1 1 1

2 1 2

*** Связи Nu px py pz ***

1 1 1 0

2 0 1 0

5 0 1 0

7 0 1 0

*** Загружения Nu (Ne) t V Np ***

1 11 1 1

2 10 -1 1

4 11 1 2

5 10 -1 2

1 5 -40 3

3 2 -80 3

4 2 -80 3

6 2 -80 3

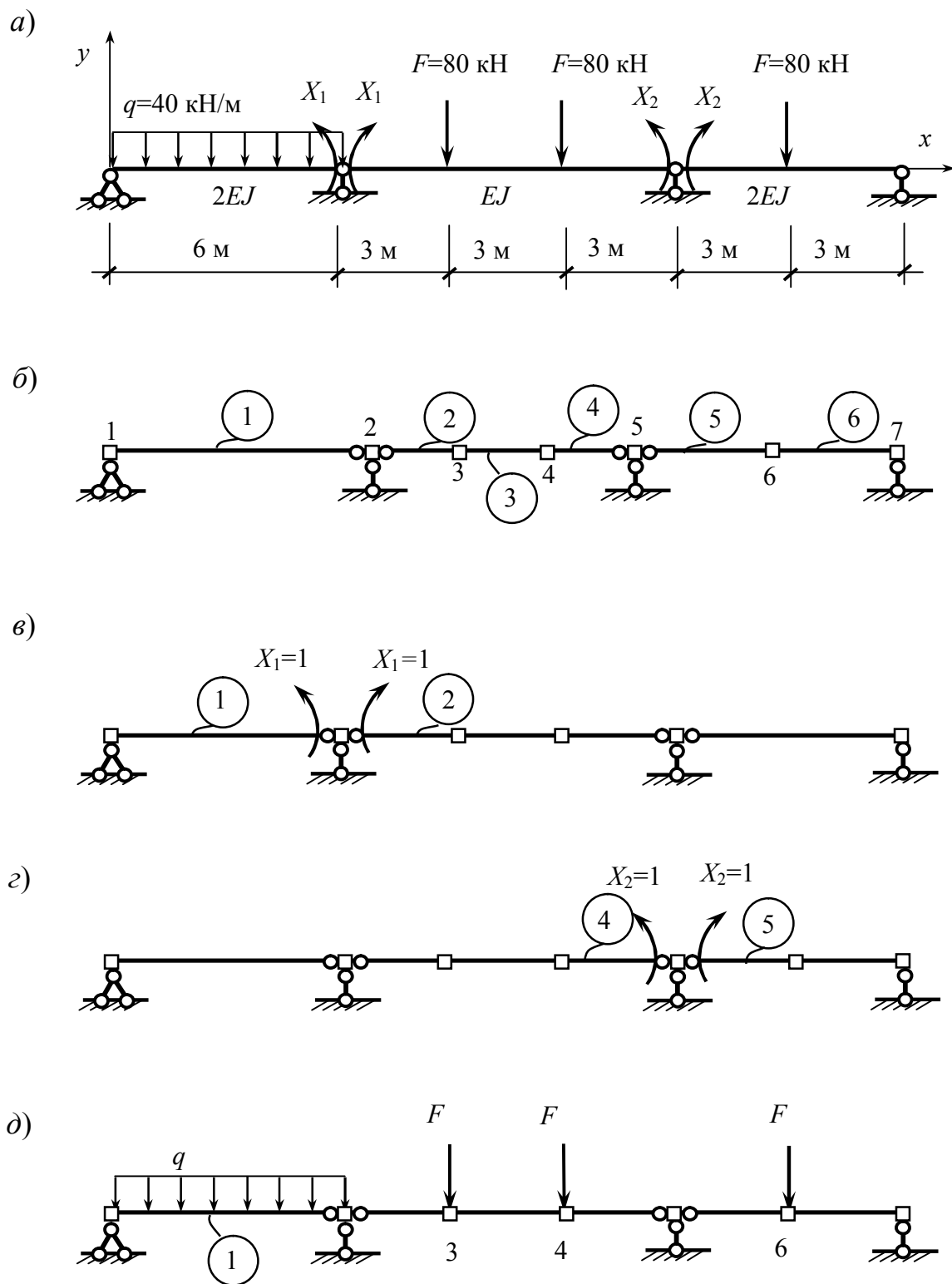


Рис. 3