

673

Министерство общего и профессионального
образования Российской Федерации

Воронежская государственная архитектурно-
строительная академия

Кафедра строительной механики



СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
“АРХИТЕКТУРА”

**РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ
РАМЫ С ВЫЧИСЛЕНИЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

Методические указания
для выполнения расчетной работы по строительной механике
для студентов третьего курса специальности 290100 "Архитектура"
дневной формы обучения

**Расчет статически определимой рамы
с вычислением перемещений.**

Методические указания
для выполнения расчетной работы по строительной механике
для студентов третьего курса специальности 290100 "Архитектура"
дневной формы обучения

Составители: к.т.н. Сергей Юрьевич Гриднев
д.ф.-м.н. Михаил Николаевич Кирсанов

Редактор Аграновская Н.Н.

Подписано в печать 28.03.99 Формат 60x84 1/16. Уч.-изд.л. 1,2
Усл.печ.л. 1,3 Бумага для множительных аппаратов. Тираж 100 экз.
Заказ № 100

Отпечатано на ротапринтере Воронежской государственной архитектурно-
строительной академии.

394680, Воронеж, ул.20-летия Октября, 84

Воронеж 1999

ВВЕДЕНИЕ

Составители С.Ю. Гриднев, М.Н. Кирсанов
УДК 624.071.3

Расчет статически определимой рамы с вычислением перемещений: Методические указания и контрольные задания по строительной механике для студентов архитектурного факультета / Воронеж. гос. арх. - строит. акад. Сост.: С.Ю. Гриднев, М.Н. Кирсанов. - Воронеж: 1999. - 20 с.

Приводятся условия выполнения и описание индивидуальных заданий на расчетно-графическую работу по курсу строительной механики. Даются примеры выполнения заданий. Описывается программа для ЭВМ, работающая в режиме контроля.

Табл.5. Ил.9. Библиогр.: 4 назв.

Печатается по рекомендации редакционно-издательского совета Воронежской государственной архитектурно-строительной академии

Рецензент - Коробкин В.Д., к.т.н., зав.каф. теоретической механики

Возводимое сооружение должно быть жестким, т.е. в нем не допустимы перемещения, нарушающие нормальную эксплуатацию сооружения. Поэтому очень важно для проектировщика определять перемещения сооружений, находящихся под внешней нагрузкой, на стадии принятия архитектурно-планировочного решения. При недопустимых перемещениях проектировщик вынужден корректировать объемно-пространственную композицию, что может существенно изменить первоначальный образ сооружения. Знание основ расчета, изложенных в методических указаниях, помогут будущим зодчим рационально сочетать в проектируемых сооружениях прочность с пользой и красотой.

1. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

В задании рассматривается статически определимая рама, которая находится под действием системы распределенных и сосредоточенных нагрузок. Выбор индивидуального варианта задания производится по индивидуальному шифру, состоящему из четырех цифр по табл. 1-5. Например, студент Гусев И.П. в соответствии с шифром 4995 из табл. 2, принимает к расчету раму, показанную на рис.1

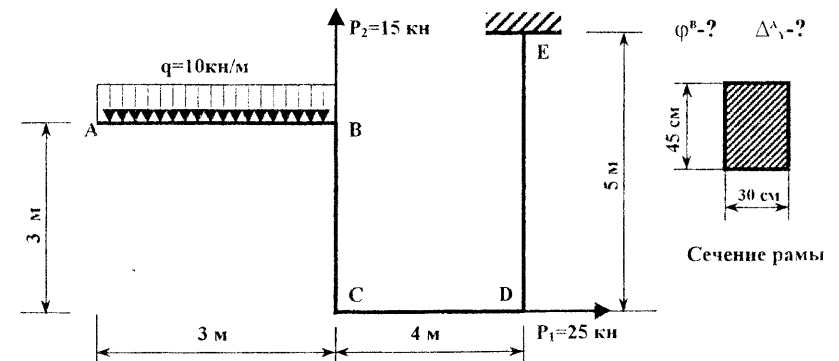


Рис. 1

Таблица 1

Геометрическая схема рамы
(первая цифра шифра или первая буква фамилии)

<p>① А,К,Ф</p>	<p>② Е,П,Щ</p>
<p>② Б,Л,Х</p>	<p>③ И,Р,Э</p>
<p>④ Г,М,Ч</p>	<p>⑤ З,С,Ю</p>
<p>⑥ Г,Н,Ч</p>	<p>⑦ Ж,Т,Я</p>
<p>⑧ Д,О,Ш</p>	<p>⑨ З,У</p>

Таблица 2

Определение индивидуального шифра студента

Буква	Цифра	Буква	Цифра	Буква	Цифра	Буква	Цифра
А	1	З	8	П	5	Ц	2
Б	2	И	9	Р	6	Ч	3
В	3	К	0	С	7	Ш	4
Г	4	Л	1	Т	8	Щ	5
Д	5	М	2	У	9	Э	6
Е	6	Н	3	Ф	0	Ю	7
Ж	7	О	4	Х	1	Я	8

Таблица 3




Тип опор, место определения перемещений,
размер сечения рамы.

Вторая цифра шифра	Неподвижная опора	Заделка	Промежуточная опора	Место определения			Размер сечения, см	
				ϕ	$\Delta_{гор}$	$\Delta_{в}$	В	Н
0	А,Е	—	В	С	Д	—	30	40
1	А,Е	—	С	В	—	Д	25	45
2	А,Е	—	Д	В	—	С	35	40
3	—	А	—	Е	—	Д	25	40
4	—	Е	—	А	—	В	20	40
5	А,Е	—	В	Д	—	С	20	35
6	А,Е	—	С	Д	Д	—	20	45
7	А,Е	—	Д	С	В	—	20	30
8	—	А	—	Д	—	Е	25	30
9	—	Е	—	В	—	А	30	45

Примечание: ϕ -угол поворота, $\Delta_{гор}$ -горизонтальное смещение,
 $\Delta_{в}$ - вертикальное смещение.

Место приложения нагрузки

Таблица 4

Третья шифра шифра	Распределенная нагрузка	Сосредоточенная нагрузка	
	q 	P_1 	P_2 
0	AB	C	D
1	AB	D	C
2	DE	E	C
3	BC	B	A
4	BC	C	E
5	CD	D	E
6	CD	A	C
7	DE	C	B
8	DE	D	C
9	AB	D	B

Примечание: Распределенная нагрузка на горизонтальных участках действует вниз, на вертикальных- влево.

Таблица 5

Размеры рамы и численные значения нагрузок

Последняя шифра шифра	Длины участков, м				Значения нагрузок		
	AB	BC	CD	DE	q , кн/м	P_1 , кн	P_2 , кн
0	3	5	4	4	15	25	40
1	4	3	3	5	11	15	30
2	4	5	3	3	12	30	20
3	4	4	3	5	13	25	30
4	3	4	4	5	14	40	20
5	3	3	4	5	10	25	15
6	5	5	3	4	16	20	50
7	3	4	5	5	17	35	40
8	4	5	5	3	18	30	40
9	3	3	5	4	19	45	30

Требуется :

- Вычертить схему рамы с нагрузкой ;
- Рассчитать раму на действие заданной нагрузки (построить эпюры M , Q и N от заданной нагрузки) :
 - определить опорные реакции и выполнить их проверку;
 - составить аналитические выражения M , Q и N для каждого участка рамы с необходимыми для их составления схемами и обозначениями, вычислением характерных значений M , Q , N ;
 - построить эпюры M , Q и N ;
 - проверить правильность построения эпюр.
- Вычислить горизонтальное или вертикальное и угловое перемещения заданных узлов от заданной нагрузки :
 - вычертить раму в i -ом вспомогательном состоянии ;
 - определить составляющие реакций опор в этом состоянии (показать их на схеме) ;
 - построить эпюры \bar{m}_i и \bar{n}_i для вспомогательного состояния с необходимыми схемами и расчетами ;
 - вычислить момент инерции и изгибную жесткость поперечного сечения ;
 - вычислить перемещение Δ_i ;
- Для проверки вычислить перемещения на ЭВМ.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Расчет статически определимой рамы начинают с определения реакций опор.

Для неподвижной защемляющей опоры (например А) определяют три составляющие реакции опоры : вертикальную V_A , горизонтальную H_A и момент реактивной пары M_A . Для шарнирно- неподвижной и шарнирно-подвижной определяют две или одну составляющие соответственно.

Составляющие реакций следует по возможности определять независимо друг от друга, выбирая подходящий вариант уравнений равновесия. Найденные значения проверяются подстановкой в дополнительные уравнения равновесия.

2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ M , Q , N

После определения реакций в статически определимой раме можно

вычислять внутренние усилия в любом сечении независимо друг от друга, а при построении эпюр рассматривать участки рамы в любой последовательности. Границами участков являются узлы рамы, точки приложения внеузловых сосредоточенных нагрузок, границы зон размещения распределенных нагрузок.

Положение сечения внутри участка определяется в местной системе координат: координата отсчитывается от любого узла или от границы участка вдоль оси стержня (или по горизонтали, или по вертикали) до сечения, точнее - до центра тяжести этого сечения.

Каждое сечение расчленяет раму на две части; одна из частей (любая) считается "рассматриваемой", другая - "отброшенной" (изображается пунктиром).

Напомним, что M , Q , N по определению представляют действие отброшенной части на рассматриваемую, осуществляемое через распределенные в сечении внутренние силы; M является главным моментом этих сил (относительно центра тяжести сечения), а Q и N - составляющими главного вектора тех же сил по нормали к оси стержня и по касательной к ней соответственно.

Определение M , Q , N непосредственно по распределенным в сечении внутренним силам, т.е. по напряжениям σ и τ , невозможно (они пока неизвестны). Поэтому M , Q , N определяют, либо используя условия равновесия рассматриваемой части, либо приводя к торцу рассматриваемой части внешние силы, приложенные к отброшенной части (их главный момент и главный вектор такой же, как и у внутренних сил, приложенных к рассматриваемой части).

Ниже на примерах подробно рассмотрен второй способ определения M , Q , N .

Рациональнее принимать за отброшенную ту часть, к которой приложено меньше сил.

2.2 ПРАВИЛО ЗНАКОВ

Продольная сила $N > 0$, если вектор N направлен от торца рассматриваемой части, т.е. при растяжении (рис.2,а); Поперечная сила $Q > 0$, если вектор Q вращает прилегающий бесконечно малый элемент рассматриваемой части по ходу часовой стрелки (рис.2,б); M знак не присваивается.

Изгибающий момент M принимают направленным по часовой стрелке, тем самым предполагая растянутыми те или иные волокна, например на рис. 2,в верхние, на рис. 2,г правые.

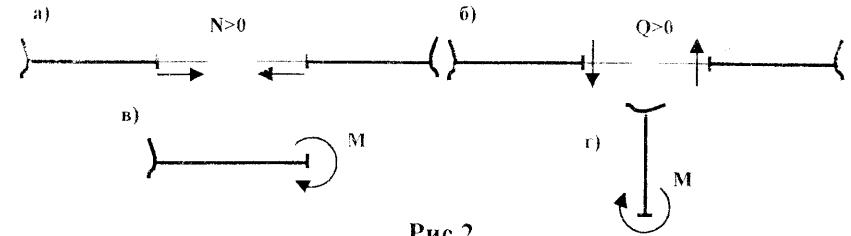


Рис 2

2.3. ВЫВОД ВЫРАЖЕНИЙ $M(x)$, $Q(x)$, $N(x)$ И ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР

Рекомендуется для каждого участка составить наглядную схему, изобразив на ней по-разному рассматриваемую и отброшенную части рамы. На торце рассматриваемой части показывают пару M , направленную по часовой стрелке, векторы Q и N - в установленных для них положительных направлениях ("ориентиры для знаков").

Показывают приложенные к соответствующим точкам отброшенной части внешние силы (включая составляющие реакции опор). После приведения их к центру тяжести сечения получаем аналитические выражения $M(x)$, $Q(x)$, $N(x)$, в которых знаки устанавливаются путем сопоставления направлений приведенных сил и присоединенных пар с направлениями "ориентиров".

Для построения эпюр по выражениям $M(x)$, $Q(x)$, $N(x)$ следует вычислить: значения ординат - два на линейных и три на параболических участках эпюры, а также стрелки параболических участков (см. пример расчета); координаты сечений, где M , Q , N равны нулю; значения M_{\max} и M_{\min} (в сечениях, где $Q(x)=0$).

На эпюре M знак "+" показывает, что предположение о том, какие волокна растянуты, подтвердилось и наоборот. Ординаты M откладываются со стороны растянутого волокна, поэтому знак на эпюре проставлять не нужно. На эпюре Q и N ординаты можно откладывать в любую сторону, знаки проставлять обязательно. Для лучшей читаемости этих эпюр по возможности не допускается их перекрытия.

2.4. ПРОВЕРКА ЭПЮР M , Q , N

Для проверки составляются уравнения равновесия узлов и стержней. Выделенный узел или стержень отсекается от прилегающих элементов сечениями, бесконечно близкими к геометрическому центру узла. В сечениях должны быть приложены силы и пары соответственно ординатам построенных эпюр; направления сил принимаются со знаками ординат Q и N на эпюрах, направления пар - в соответствии с расположением

ординат M относительно оси стержня, указывающей на положение растянутого волокна (см. правило знаков). Узловая нагрузка учитывается в условиях равновесия узлов, внеузловая - в условиях равновесия стержней.

Для каждого узла составляется три уравнения равновесия; для нагруженного стержня - три, для стержня с внеузловой нагрузкой - четыре (см. пример расчета). Допускаются невязки, объяснимые округлением тригонометрических функций и ординат.

2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

2.5.1. Вспомогательные состояния

Для определения перемещения Δ_i ($i=1,2$ - порядковый номер определяемого перемещения) от нагрузки необходимо рассмотреть i -тое вспомогательное состояние системы. Для этого в той точке или в том сечении системы, где определяется перемещение Δ_i , надо приложить i -ую воображаемую единичную нагрузку. В зависимости от вида определяемого перемещения (вертикальное, горизонтальное, поворот сечения) назначается структура воображаемой нагрузки. Параметр силы пары в любом случае равен безразмерной единице.

Вычисленные от i -ой воображаемой единичной нагрузки составляющие реакций опорных связей r_{ji} (j - порядковый номер опорной связи), изгибающие моменты $m_i(x)$ и продольные силы $n_i(x)$ входят затем в формулы (1), (2) (см. ниже) для действительного перемещения Δ_i . Порядок определения r_{ji} , $m_i(x)$, опорных связей R_j , изгибающих моментов $M(x)$ и продольных сил $N(x)$ от действующей нагрузки. Однако так как действующая нагрузка размерная, а единичная безразмерная, размерности r_{ji} , $m_i(x)$ другие, чем у R_j , $M(x)$ и $N(x)$; в работе их следует указать.

2.5.2. Расчетные формулы

Перемещения от нагрузки определяются по формуле Мора:

$$\Delta_i = \sum \int \frac{m_i M}{EJ} ds + \sum \int \frac{n_i N}{EA} ds. \quad (1)$$

Здесь $i=1,2,3$ номер вычисляемого перемещения. Функции $m_i(x)$, $n_i(x)$ определены выше расчетом i -го вспомогательного состояния; функции $M(x)$, $N(x)$ определены расчетом на действующую нагрузку. Результаты интегрирования суммируются по всем стержням системы.

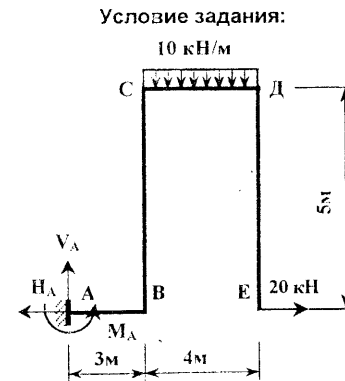
Жесткости стержней (изгибная EJ и продольная EA) в условиях задания постоянны и выносятся за знаки интегрирования и суммирования. Второе слагаемое формулы (1) обычно опускается из-за его относительной малости (убедиться расчетом).

2.5.3. Техника интегрирования

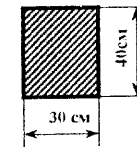
В работе вычисление интегралов выполняется по правилу Верещагина (ПВ) с использованием уже построенных эпюр $m_i(x)$, $M(x)$ и других. Эпюры сложного очертания разбиваются на простые фигуры (прямоугольники, треугольники, параболические сегменты), для которых известны площади и положение центра тяжести (ц.т.). Согласно ПВ площадь эпюры M (эта эпюра может быть линейной или нелинейной) или площадь каждой выделенной в ней фигуры Ω_M надо умножить на ординату эпюры m_i (эта эпюра в условиях задания всегда линейна), определенную под центром тяжести эпюры M или под ц.т. фигуры Ω_M , результаты затем суммируются.

Если эпюры обеих перемножаемых функций линейны, можно умножить площадь фигуры Ω , выделенную в любой эпюре, на ординату другой эпюры, определенную под центром тяжести фигуры Ω . Вычисления по ПВ записывают в форме таблицы или в развернутом виде (см. пример расчета).

3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ



Найти смещение Δ_x и угол поворота φ_c , $E=3 \times 10^4$ Мпа



Сечение рамы

3.1 Построение эпюр M, Q, N

Определяем опорные реакции:

$$\sum X=0; 20 - H_A = 0; H_A = 20 \text{ кН.}$$

$$\sum Y=0; V_A - 10 \times 4 = 0; V_A = 40 \text{ кН.}$$

$$\sum M_A = 0; -M_A + 10 \times 4 = 0; M_A = 200 \text{ кН.}$$

Участок ДЕ (0 ≤ x ≤ 5)

Предполагаем, что растянуты правые волокна стержня ЕД

$M = -20x$, знак "-" показывает, что растянуты левые волокна

$$x=0, M(0) = 0;$$

$$x=5, M(5) = 20 \times 5 = 100 \text{ кНм;}$$

$$Q = -20 \text{ кН; } N = 0.$$

Участок СД (0 ≤ x ≤ 4)

$$M = -q \frac{x^2}{2} - 20 \times x;$$

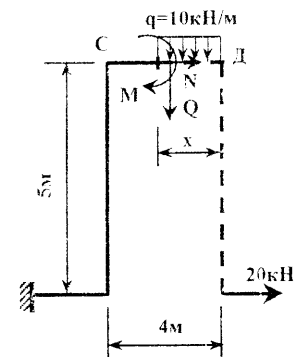
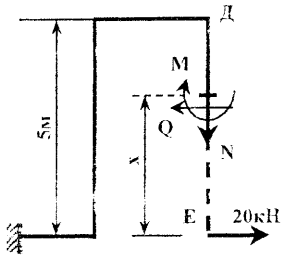
$$x=0, M(0) = -20 \times 5 = 100 \text{ кНм;}$$

$$x=4, M(4) = -10 \times \frac{16}{2} + 100 = -20 \text{ кНм;}$$

$$Q = qx;$$

$$x=0, Q(0) = 0;$$

$$x=4, Q(4) = 10 \times 4 = 40 \text{ кН; } N = 20 \text{ кН.}$$



Участок СВ (0 ≤ x ≤ 5)

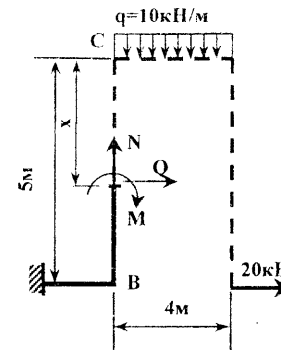
$$M = -q \frac{16}{2} + 20 \times (5 - x);$$

$$x=0, M(0) = -80 + 100 = 20 \text{ кН;}$$

$$x=5, M(5) = -80 \text{ кН;}$$

$$Q = 20 \text{ кН;}$$

$$N = -q \times 4 = -40 \text{ кН.}$$



Участок АВ (0 ≤ x ≤ 3)

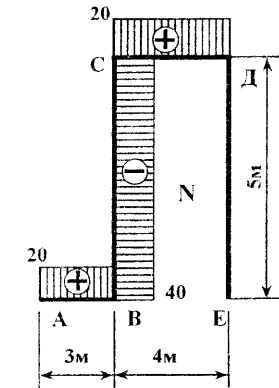
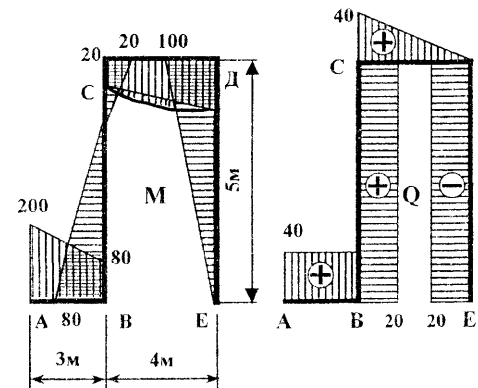
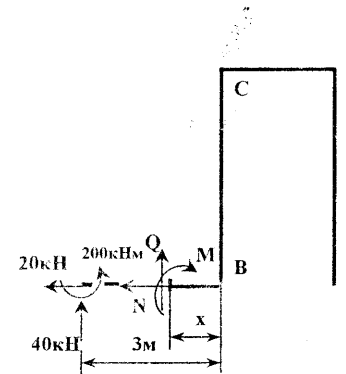
$$M = -200 + 40 \times (3 - x);$$

$$M(0) = -200 + 120 = -80 \text{ кНм;}$$

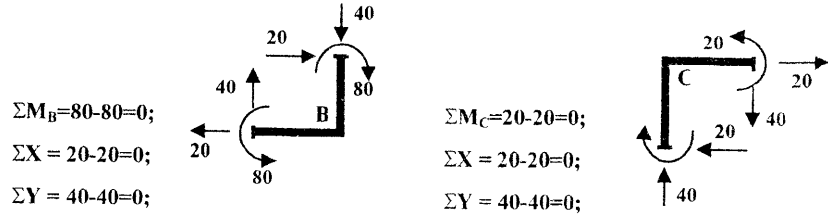
$$M(3) = -200 \text{ кНм;}$$

$$Q = 40 \text{ кН;}$$

$$N = 20 \text{ кН.}$$

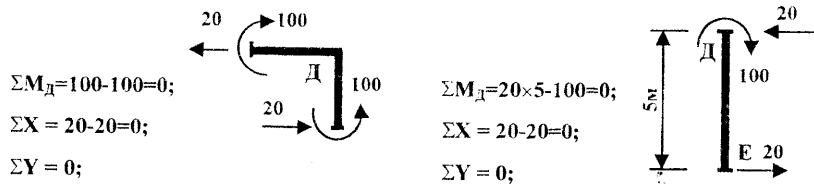


3.2 ПРОВЕРКА РАВНОВЕСИЯ УЗЛОВ И СТЕРЖНЕЙ



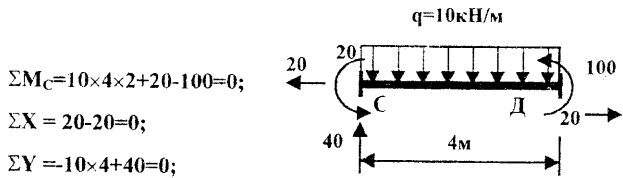
$\Sigma M_B = 80 - 80 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 40 - 40 = 0;$

$\Sigma M_C = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 40 - 40 = 0;$

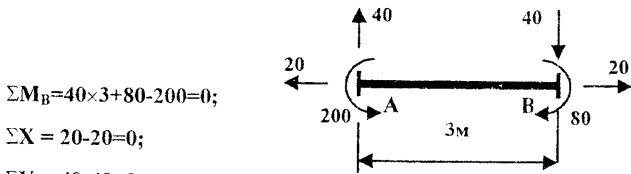


$\Sigma M_D = 100 - 100 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 0;$

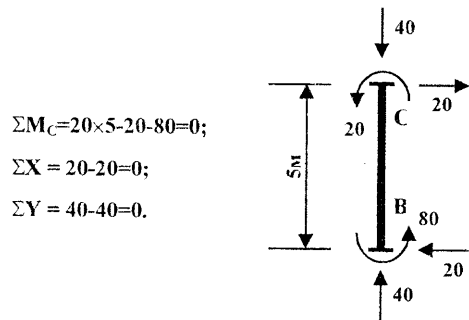
$\Sigma M_E = 20 \times 5 - 100 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 0;$



$\Sigma M_C = 10 \times 4 \times 2 + 20 - 100 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = -10 \times 4 + 40 = 0;$



$\Sigma M_B = 40 \times 3 + 80 - 200 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 40 - 40 = 0;$



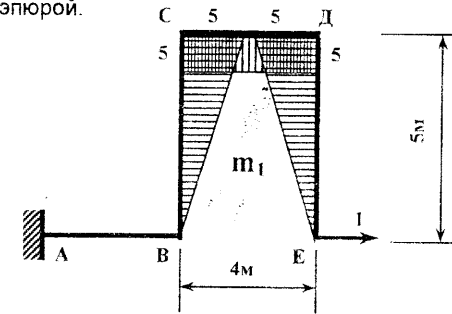
$\Sigma M_C = 20 \times 5 - 20 - 80 = 0;$
 $\Sigma X = 20 - 20 = 0;$
 $\Sigma Y = 40 - 40 = 0.$

3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТОЧКИ E

Перемещение Δ_x будем находить по формуле Мора:

$$\Delta_1 = \Delta_E^{TOP} = \frac{1}{EI} \sum_{K=1}^4 \int M m_1 dS$$

Строим эпюру m_1 от единичной силы, приложенной горизонтально к точке E. Здесь и в дальнейшем единичное состояние совмещено с единичной эпюрой.



Значение интеграла $\int M m_1 ds$ найдем по правилу Верещагина:

$$\Delta_x^E = \frac{1}{EI} \left\{ \frac{1}{2} \times 5 \times 100 \times \frac{2}{3} \times 5 + \left(\frac{2}{3} \times 20 \times 4 + \frac{20+100}{2} \times 4 \right) \times 5 + \frac{1}{2} \times 20 \times 5 \times \frac{2}{3} \times 5 - \frac{1}{2} \times 80 \times 5 \times 5 \times \frac{1}{3} \right\} = \frac{2133.3}{EI}$$

Найдем момент инерции сечения:

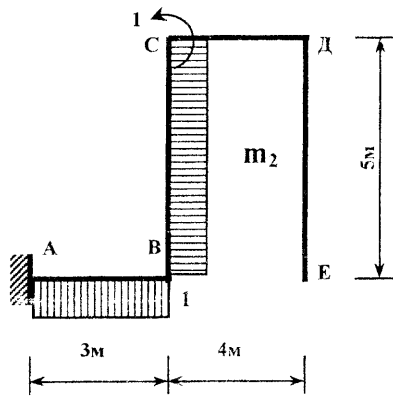
$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{30 \times 40^3}{12} = 16 \times 10^4 \text{ см}^4 = 1.6 \times 10^{-3} \text{ м}^4,$$

$$EI = 3 \times 10^4 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-3} = 4.8 \times 10^4 \text{ кНм}^2,$$

$$\Delta_1 = \Delta_E^{TOP} = \frac{2133.3}{4.8 \times 10^4} = 0.044 \text{ м} = 4.4 \text{ см}$$

Под действием внешних сил точка E переместится по горизонтали на 4.4 см вправо.

Аналогично для нахождения угла поворота сечения рамы в точке C построим эпюру от действия единичного момента, приложенного к раме в точке C.



$$\varphi_C = \frac{1}{EI} \sum_{k=1}^2 \int M m_2 ds,$$

$$\varphi_C = \frac{1}{EI} \left\{ \frac{200+80}{2} \times 3 \times (-1) + \right.$$

$$\left. + 5 \times (-1) \times \frac{80-20}{2} \right\} =$$

$$= \frac{-570}{4.8 \times 10^4} = -0.0119,$$

$$\varphi_c = -0.019 \times \frac{180^\circ}{\pi} = -0.68^\circ$$

Под действием приложенных нагрузок сечение рамы в точке С поворачивается по часовой стрелке на 0.68° .

4. ИНСТРУКЦИЯ К ПРОГРАММЕ РАСЧЕТА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОТ ЗАДАННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭВМ

Расчет перемещений статически определимой рамы на ЭВМ выполняется по программе RAMA_ISK. Старт программы осуществляется наведением курсора на строку "Определение перемещений статически определимой рамы" в меню пользователя <F2> с последующим нажатием клавиши <Enter>. После старта программа работает в диалоговом режиме. Ниже приводится протокол диалога для примера из раздела 3.

Нужна ли инструкция (Y/N)?

Y

Выводить результаты на печать (Y/N)?

Y

Введите фамилию и группу

Гусев_128

Укажите режим ввода данных

0-диалог

1-ввод с диска

0

Введите число участков и количество перемещений

4,2

Введите LX,LY,QX,QY,EI

Участок 1: 3 0 0 0 1

Участок 2: 0 5 0 0 1

Участок 3: 4 0 10 0 1

Участок 4: 0 5 0 0 1

Есть ошибки (Y/N)?

N

Введите эпюру M:

В начале участка 1: -200

В конце участка 1: -80

В начале участка 2: -80

В конце участка 2: 20

В начале участка 3: 20

В конце участка 3: 100

В начале участка 4: 100

В конце участка 4: 0

Введите эпюру m1:

В начале участка 1: 0

В конце участка 1: 0

В начале участка 2: 0

В конце участка 2: 5

В начале участка 3: 5

В конце участка 3: 5

В начале участка 4: 5

В конце участка 4: 0

Введите эпюру m2:

В начале участка 1: 1

В конце участка 1: 1

В начале участка 2: 1

В конце участка 2: 1

В начале участка 3: 0

В конце участка 3: 0

В начале участка 4: 0

В конце участка 4: 0

Печатать результаты (Y/N)?

Y

Распечатка инструкции к программе определения перемещений

Программа определяет перемещения по формуле Мора с помощью перемножения эпюр изгибающих моментов по правилу Верещагина.

Исходные данные:

- 1) Число участков рамы.
- 2) Количество искомым перемещений.
- 3) Горизонтальная (LX) и вертикальная (LY) проекция каждого участка.
- 4) Горизонтальная (QX) и вертикальная (QY) проекция составляющие нагрузки на каждый участок.

Правило знаков :

- ординаты на эпюрах M и m_i вводятся со знаком "+", если они отложены со стороны внутренних волокон.
- QX и QY вводятся со знаком "+", если они направлены от внешних к внутренним волокнам.

- 5) EI- относительная жесткость каждого участка.
- 6) Ординаты эпюры M в начале и конце каждого участка.
- 7) Ординаты эпюр m_i в начале и конце каждого участка.

Пример результатов расчета на ЭВМ:

N	LX	LY	QX	QY	EI	M	m_1	m_2
1	3	0	0	0	1.0	-200 -80	0	1
2	0	5	0	0	1.0	-80 20	0	1
3	4	0	0	10	1.0	20 100	5	0
4	0	5	0	0	1.0	100 0	5	0

Перемещение №1=0.444E-01
 Перемещение №2=-0.119E-01
 Выполнил Иванов И.И.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов В.А. ,Иванов С.А. ,Тихонов. Стойтельная механика. –М.: Стройиздат, 1984. – 208 с.
2. Снитко Н.К. Стойтельная механика. –М.: Высшая школа, 1968.- 535 с.
3. Расчет статически определимой рамы: Методические указания и контрольные задания по строительной механике / Воронеж. гос. арх.-строит. академия; Сост.: М.Н. Кирсанов.- Воронеж, 1987. – 19с.
4. Расчет статически определимой рамы с вычислением перемещений: Методические указания для выполнения расчетной работы по курсу "Строительная механика" для студентов строительных специальностей дневной и заочной форм обучения / Воронеж. гос. арх.-строит. академия; Сост.: С.Ю. Гриднев.- Воронеж, 1997. – 30с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Задание на выполнение расчетной работы.....	3
2. Порядок выполнения работы.....	7
2.1. Определение M, Q, N.....	7
2.2. Правило знаков.....	8
2.3. Вывод выражений M(S), Q(S), N(S) и построение эпюр.....	9
2.4. Проверка эпюр M, Q, N.....	9
2.5. Определение перемещений.....	10
2.5.1. Вспомогательные состояния.....	10
2.5.2. Расчетные формулы.....	10
2.5.3. Техника интегрирования.....	11
3. Пример выполнения задания.....	11
3.1. Построение эпюр M, Q, N.....	12
3.2. Проверка равновесия узлов и стержней.....	14
3.3. Определение перемещений.....	15
4. Инструкция к программе расчета на ЭВМ.....	16