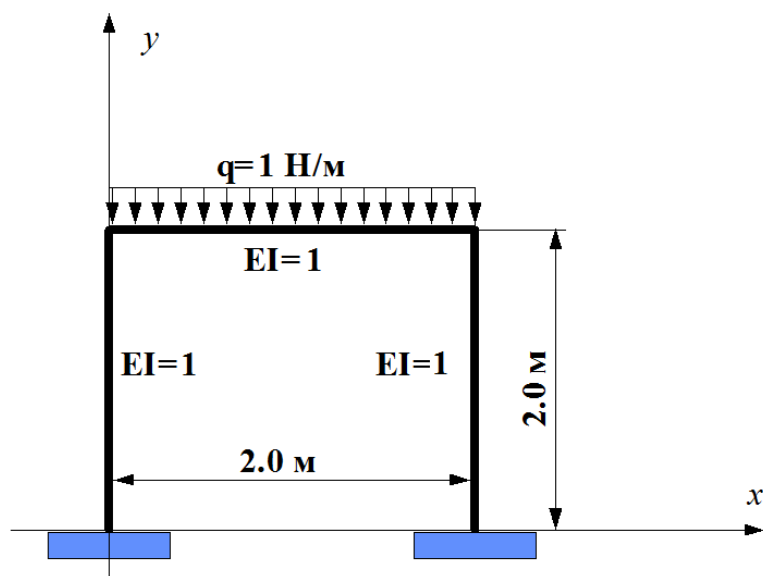
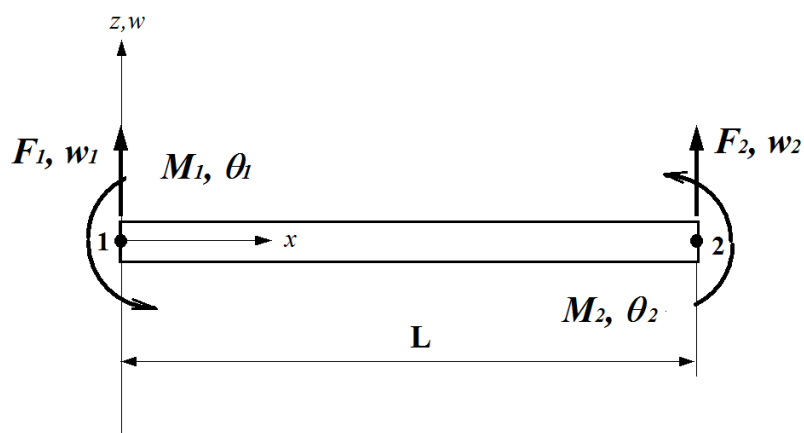


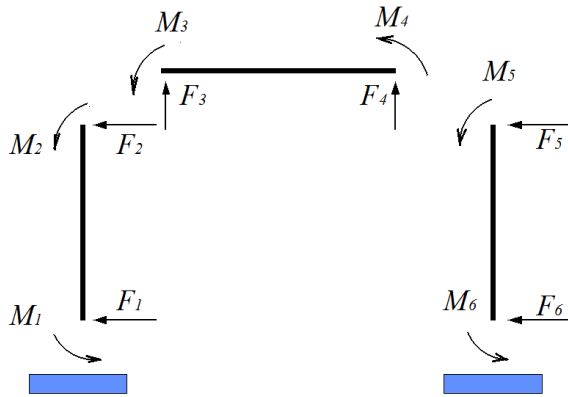
Расчет рамных конструкций .

Математическая модель описана в <http://www.studinfo.esy.es/raschet.pdf>



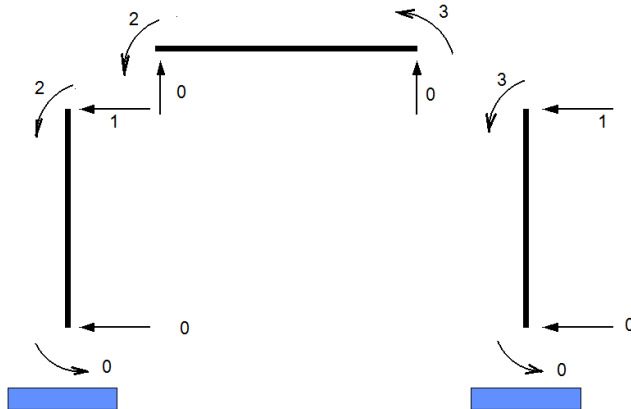
Из чертежа видно, что можно выделить три элемента. Элемент можно представить в следующем виде





Расчёт ведется без учета нормальных деформаций перемещения 2 и 5 равны для степеней свободы в которых значения равны нулю уравнения не составляются. Углы поворота относящиеся к одному узлу равны.

Теперь пронумеруем степени свободы. Порядок нумерации пока значения не имеет



DL – длина элемента

EI – жесткость на изгиб

QQ – распределенная нагрузка

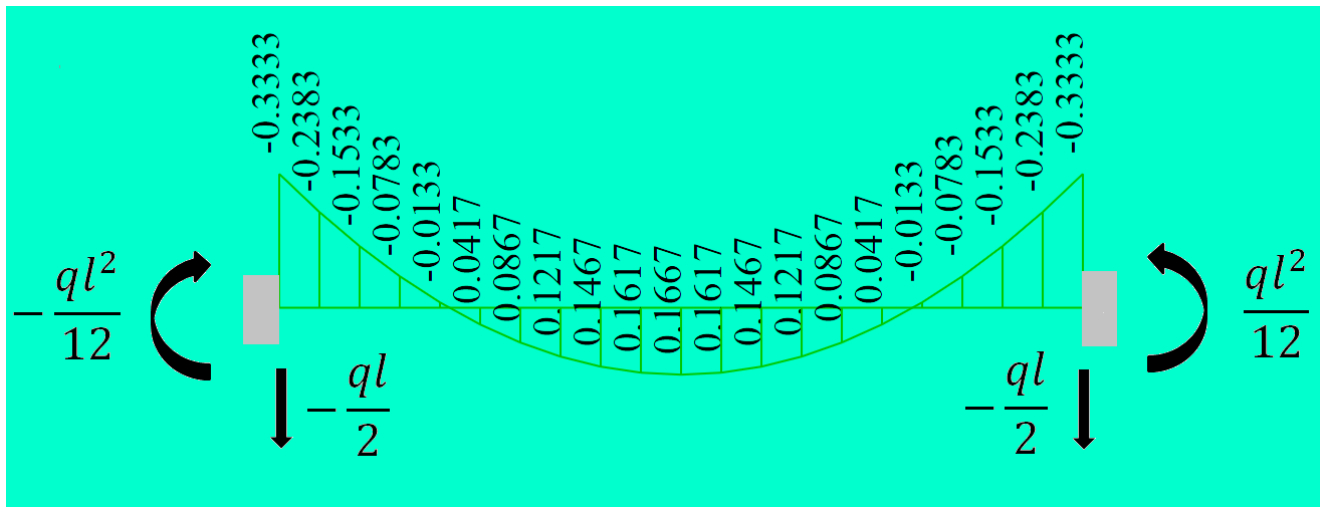
Исходные данные к расчету (NE=3 элемента и N=3 степени свободы)

If JJ = 1 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 2: DL = 2: EI = 1: QQ = 0

If JJ = 2 Then S(1) = 0: S(2) = 2: S(3) = 0: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 1

If JJ = 3 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 0

Распределенную нагрузку приводим к узловой



$$\left\{ -\frac{ql}{2} \quad -\frac{ql^2}{12} \quad -\frac{ql}{2} \quad \frac{ql^2}{12} \right\}$$

Стерени свободы для 2 элемента $\{ 0 \quad 2 \quad 0 \quad 3 \}$
 Следовательно вектор нагрузок равен

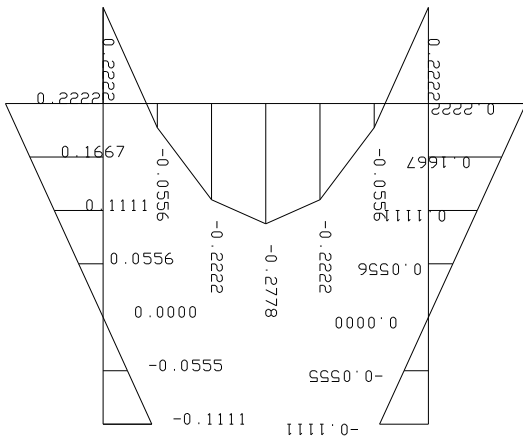
$$190 \text{ B}(2) = -1 * 2^2 / 12$$

$$200 \text{ B}(3) = 1 * 2^2 / 12$$

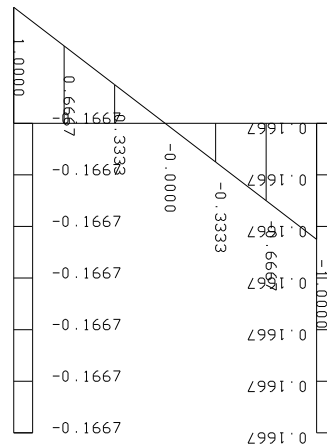
Нагрузки по одинаковым степеням свободы суммируются

На чертеже показано положительное направление распределенной нагрузки

Расчет проведен по программе, приведенной в конце статьи.



Эпюра моментов



Эпюра поперечных сил

Attribute VB_Name = "Module1" (Excel)

Sub mke()

10 Dim K(4, 4), A(30, 30), B(30), U(30), S(4)

20 **** Построение матрицы жесткости ****

30 N = 3: NE = 3

40 For JJ = 1 To NE

If JJ = 1 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 2: DL = 2: EI = 1: QQ = 0

If JJ = 2 Then S(1) = 0: S(2) = 2: S(3) = 0: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 1

If JJ = 3 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 0

70 T = EI / DL ^ 3

80 K(1, 1) = 12: K(1, 2) = 6 * DL: K(1, 3) = -12: K(1, 4) = 6 * DL

90 K(2, 1) = 6 * DL: K(2, 2) = 4 * DL ^ 2: K(2, 3) = -6 * DL: K(2, 4) = 2 * DL ^ 2

100 K(3, 1) = -12: K(3, 2) = -6 * DL: K(3, 3) = 12: K(3, 4) = -6 * DL

110 K(4, 1) = 6 * DL: K(4, 2) = 2 * DL ^ 2: K(4, 3) = -6 * DL: K(4, 4) = 4 * DL ^ 2

120 For L = 1 To 4

130 For M = 1 To 4

```

140   A(S(L), S(M)) = A(S(L), S(M)) + K(L, M) * T
150   Next M
160   Next L
170 Next JJ
180 **** Ввод сосредоточенных сил ****
190 B(2) = -1 * 2 ^ 2 / 12
200 B(3) = 1 * 2 ^ 2 / 12
230 **** Программа решения системы линейных уравнений ****
240 ПРЯМОЙ ХОД
250 For j = 1 To N - 1
260   For JJ = j + 1 To N
270     XM = A(j, JJ) / A(j, j)
280     For i = JJ To N
290       A(JJ, i) = A(JJ, i) - A(j, i) * XM
300     Next i
310     B(JJ) = B(JJ) - B(j) * XM
320   Next JJ
330 Next j
340 ОБРАТНЫЙ ХОД
350 U(N) = B(N) / A(N, N)
360 For j = N - 1 To 1 Step -1
370   Sum = 0
380   For i = j + 1 To N
390     Sum = Sum + A(j, i) * U(i)
400   Next i
410   U(j) = (B(j) - Sum) / A(j, j)
420 Next j
430 **** ВЫВОД ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ****
440 For i = 1 To N
450   Debug.Print i; U(i)
460 Next i
470 **** Построение эпюры моментов ****
490 N = 3: NE = 3
500 Cells(1, 1) = "N": Cells(1, 2) = "X": Cells(1, 3) = "M": Cells(1, 4) = "Q"
505 j = 2
510 For JJ = 1 To NE
520   Cells(j, 1) = JJ
530     If JJ = 1 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 2: DL = 2: EI = 1: QQ = 0
540     If JJ = 2 Then S(1) = 0: S(2) = 2: S(3) = 0: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 1
550     If JJ = 3 Then S(1) = 0: S(2) = 0: S(3) = 1: S(4) = 3: DL = 2: EI = 1: QQ = 0
550   V1 = U(S(1))
560   V2 = U(S(2))
570   V3 = U(S(3))
580   V4 = U(S(4))
590   For X = 0 To (DL + 0.01) Step (DL / 6)
600     Q1 = EI / DL ^ 3 * (12 * V1 + 6 * DL * V2 - 12 * V3 + 6 * DL * V4)
610     M1 = EI / DL ^ 3 * (-6 * DL * V1 - 4 * DL ^ 2 * V2 + 6 * DL * V3 - 2 * DL ^ 2 * V4)
620     M = Q1 * X + M1
630     Q = Q1
640     M = M - QQ / 2 * ((X - DL / 2) ^ 2 - DL ^ 2 / 12)
650     Q = Q - QQ * (X - DL / 2)
640     Cells(j, 2) = X: Cells(j, 3) = -M: Cells(j, 4) = Q
645     j = j + 1
650   Next X

660 Next JJ

End Sub

```

Результат решения

N	X	M	Q
1	0	-0.1111	-0.1667
	0.333333	-0.0556	-0.1667
	0.666667	0	-0.1667
	1	0.0556	-0.1667
	1.333333	0.1111	-0.1667
	1.666667	0.1667	-0.1667
	2	0.2222	-0.1667
2	0	0.2222	1
	0.333333	-0.0556	0.6667
	0.666667	-0.2222	0.3333
	1	-0.2778	0
	1.333333	-0.2222	-0.3333
	1.666667	-0.0556	-0.6667
	2	0.2222	-1
3	0	0.1111	0.1667
	0.333333	0.0556	0.1667
	0.666667	0	0.1667
	1	-0.0556	0.1667
	1.333333	-0.1111	0.1667
	1.666667	-0.1667	0.1667
	2	-0.2222	0.1667