Можно, но не нужно, так как при этом, кроме реакций X и Y, в точке разбиения рамы следует добавить еще одну неизвестную величину — момент. Этот момент удерживает от поворота одну часть относительно другой. В шарнире такой момент отсутствует, поэтому его и берут за точку разбиения, чтобы не увеличивать число неизвестных. Определение внутреннего момента в каждой точке рамы составляет одну из задач сопротивления материалов и строительной механики (построение эпюры моментов).

2.5. Конструкция с распределенными нагрузками

Постановка задачи. *Найти реакции опор плоской составной рамы, находящейся под действием линейно распределенной нагрузки и нагрузки, равномерно распределенной по дуге окружности.*

План решения

1. Внешние связи заменяем реакциями. Разбиваем систему на два тела по сочленяющему шарниру. К каждой из образовавшихся частей прикладываем реакции шарнира, помня о том, что части взаимодействуют с силами равными по величине и противоположными по направлению.

2. Линейную нагрузку с максимальным значением q_{max}, распределенную по треугольнику, заменяем на сосредоточенную Q в центре тяжести треугольника (1/3 длины участка L нагрузки, считая от прямого угла). Значение нагрузки вычисляем по формуле площади треугольника $Q = q_{max}L/2$.

3. Нагрузку q, равномерно распределенную по дуге окружности радиусом R с центральным углом 2α, заменим ее равнодействующей $Q = q \cdot 2R \sin\alpha$, направленной по биссектрисе центрального угла ([19], § 21).

4. Для каждого тела составляем по три уравнения равновесия.

5. Решаем систему шести уравнений. Определяем реакции опор.

6. Делаем проверку решения, составляя уравнения равновесия для целой (нерасчлененной) системы.

Пример. Найти реакции опор плоской составной рамы, находящейся под действием линейно распределенной нагрузки с максимальной интенсивностью $q_1 = 10$ кН/м на вертикальном участке рамы

AB, и нагрузки с интенсивностью $q_2 = 2$ кН/м, равномерно распределенной по дуге CK окружности с центром в точке O (рис. 44). $AB = 3$ м, $BC = 6$ м, $DE = 4$ м, $R = 5$ м, $CK = \pi R/3$.

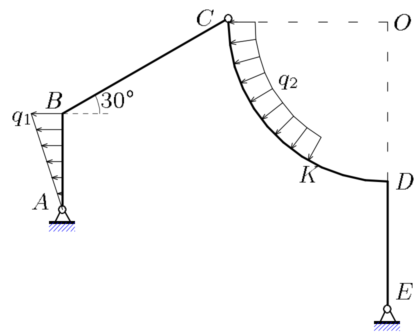

Рис. 44

Решение

1. Внешние связи заменяем реакциями $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$. Число неизвестных реакций больше трех. Следовательно, для решения задачи необходимо разбить конструкцию на две и рассмотреть равновесие каждой образовавшейся части (рис. 45–46).

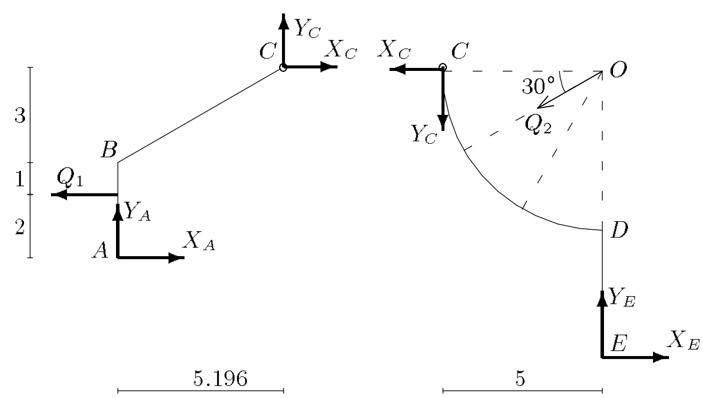

Рис. 45 Рис. 46

При разбиении по шарниру к каждой из частей прикладываем реакции шарнира, помня о том, что части взаимодействуют с силами, равными по величине и противоположными по направлению (об этом шла речь в § 2.4, с. 55).

2. Нагрузку, распределенную по линейному закону, заменяем сосредоточенной Q_1, приложенной к раме на расстоянии $AB/3$ от максимального значения q_1 в том же направлении (рис. 45). Величина равнодействующей Q_1 вычисляется по формуле площади прямоугольного треугольника с катетами AB и q_1:

$$Q_1 = \frac{1}{2} q_1 AB = \frac{1}{2} 10 \cdot 3 = 15 \text{ кН}.$$

3. Нагрузку с интенсивностью q_2, равномерно распределенную по дуге CK, заменяем ее равнодействующей

$$Q_2 = q_2 \cdot 2R \sin\left(\frac{CK}{2R}\right) = 2 \cdot 2 \cdot 5 \sin(\pi/6) = 10 \text{ кН},$$

направленной по биссектрисе угла $\angle KOC = 60°$ (рис. 47). Так как $2R\sin(\pi/6) = CK$, то величина Q_2 совпадает со значением равнодействующей нагрузки, равномерно распределенной по хорде CK, той же интенсивности q_2. Воспользуемся тем, что вектор силы в теоретической механике является скользящим. Для удобства вычисления момента силы Q_2 переносим точку ее приложения вдоль линии действия силы в центр окружности O. То, что точка O не принадлежит раме, и сила как-бы “зависает” в воздухе, не должно смущать. Твердое тело CDE можно мысленно расширить до точки O, давая, таким образом, силе Q_2 реальную точку приложения.

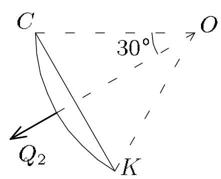

Рис. 47

4. Составляем уравнения равновесия частей рамы:

$$\begin{aligned}
&\sum X_i^{(\text{лев})} = X_A + X_C - Q_1 = 0,\\
&\sum Y_i^{(\text{лев})} = Y_A + Y_C = 0,\\
&\sum M_{C_i}^{(\text{лев})} = X_A(AB + BC\sin 30°) - Y_A\, BC\cos 30° -\\
&\qquad\qquad - Q_1(AB/3 + BC\sin 30°) = 0, \qquad (1)\\
&\sum X_i^{(\text{прав})} = X_E - X_C - Q_2\cos 30° = 0,\\
&\sum Y_i^{(\text{прав})} = Y_E - Y_C - Q_2\sin 30° = 0,\\
&\sum M_{C_i}^{(\text{прав})} = X_E(DE + R) + Y_E\, R - Q_2\, R\sin 30° = 0.
\end{aligned}$$

5. Решаем систему (1) шести уравнений с шестью неизвестными. Результаты расчетов в кН заносим в таблицу:

X_A	Y_A	X_E	Y_E	X_C	Y_C
18.322	9.609	5.338	−4.609	−3.322	9.609

6. Выполняем проверку решения — составляем уравнения моментов для всей системы в целом (рис. 48):

$$\sum M_{E_i}^{(\text{цел})} = -X_A(R + DE - AB - BC\sin 30°) -$$
$$-Y_A(BC\cos 30° + R) + Q_1(R + DE - AB/3 - BC\sin 30°) +$$
$$+ Q_2\cos 30°(R + DE) = 0,$$

$$\sum M_{A_i}^{(\text{цел})} = X_E(R + DE - AB - BC\sin 30°) +$$
$$+ Y_E(BC\cos 30° + R) + (2/3)Q_1 AB -$$
$$- Q_2\sin 30°(BC\cos 30° + R) + Q_2\cos 30°(AB + BC\sin 30°) = 0.$$

Замечание. Можно предложить второй способ решения задачи, рассмотренный в предыдущем параграфе (с. 54). Для каждого тела, образованного при разбиении, составляем уравнения моментов относительно точки сочленения C. Полученные уравнения дополняем двумя уравнениями равновесия для всей конструкции в целом (рис. 48).

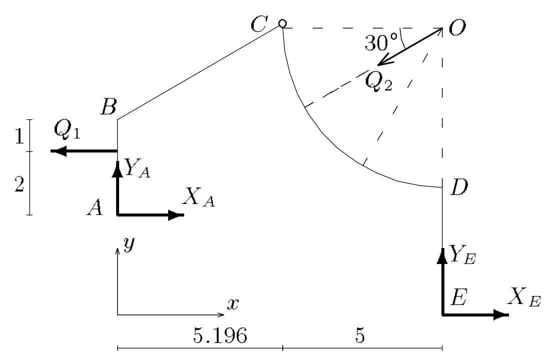

Рис. 48

Для данного примера это уравнения моментов относительно опорных шарниров A и E.

Условия задач. *Найти реакции опор плоской составной рамы, находящейся под действием линейно распределенной нагрузки с максимальной интенсивностью q_1 и нагрузки с интенсивностью q_2, равномерно распределенной по дуге окружности. Участок CD представляет собой четверть окружности радиуса R с центром в O.*