## 1.19. Пример выполнения курсового задания С 1

На рис. 1.49 изображена расчётная схема балки.

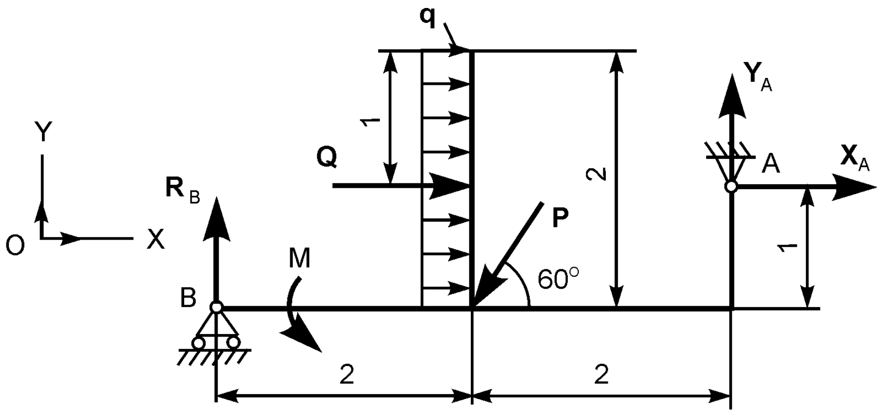


Рис. 1.49

***Дано***: P = 20 кН; M = 10 кН·м; q = 2 кН/м. Определить реакции внешних связей в точках A и B.

***Решение***.

Определение реакций внешних связей для рассматриваемой балки проводится согласно алгоритму решения задач статики, приведённому в подразделе 1.7.

1. Выбирается система отсчёта. Так как балка плоская, то выбирается система отсчёта OXY.

2. Выделяется тело, равновесие которого рассматривается. В нашем случае таким телом является балка, изображённая на рис. 1.49.

3. К балке прикладываются активные нагрузки. По условию задачи активные нагрузки известны. Так как задана распределённая нагрузка с интенсивностью **q**, то её приводят к сосредоточенной силе **Q**, модуль которой определяют по формуле Q = q· L = 2· 2 = 4 кН. Эту сосредоточенную силу прикладывают к телу и показывают размер, на котором она приложена. Таким образом, на балку действуют следующие активные нагрузки: **P**, **Q** – активные силы; активная пара сил с алгебраическим моментом M.

4. Согласно аксиоме связей внешние связи, наложенные на механическую систему в точках A и B, отбрасывают и показывают реакции внешних связей $\mathbf{X}_A$, $\mathbf{Y}_A$, $\mathbf{R}_B$. Таким образом, на балку действуют внешние нагрузки, состоящие из активных нагрузок: **P**, **Q**, M и реакций внешних связей: $\mathbf{X}_A$, $\mathbf{Y}_A$, $\mathbf{R}_B$.

5. Так как система внешних сил, действующих на тело, является плоской и произвольной, то записывают три уравнения равновесия:

$$\Sigma F_{iOX}^{E} + \Sigma R_{iOX}^{E} = 0 = Q - P\cdot\cos(60^o) + X_A = 0; \quad (1)$$

$$\Sigma F_{iOY}^{E} + \Sigma R_{iOY}^{E} = 0 = - P\cdot\sin(60^o) + R_B + Y_A = 0; \quad (2)$$

$$\Sigma M_A(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_A(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= M + P\cdot\sin(60^0)\cdot 2 - P\cdot\cos(60^o)\cdot 1 - R_B\cdot 4 = 0. \quad (3)$$

При составлении выражений (1), (2), (3) использована первая форма уравнений равновесия. Эти уравнения решают в наиболее удобной последовательности и находят проекции неизвестных реакций на координатные оси системы отсчёта OXY или модули этих реакций.

Из уравнения (1) $X_A = - Q + P\cdot\cos(60^o) = - 4 + 20\cdot 0{,}5 = 6{,}000$ кН.

Из уравнения (3) $R_B = (M + P\cdot\sin(60^o)\cdot 2 - P\cdot\cos(60^o)\cdot 1)/4 =$
$= (10 + 20\cdot 0{,}866\cdot 2 - 20\cdot 0{,}5\cdot 1)/4 = 8{,}660$ кН.

Из уравнения (2)
$Y_A = - R_B + P\cdot\sin(60^o) = - 8{,}66 + 20\cdot 0{,}866 = 8{,}660$ кН.

Согласно условию задания необходимо произвести проверку правильности проведённых расчётов. С целью такой проверки изобразим рассматриваемую балку в упрощённом варианте (рис. 1.50).

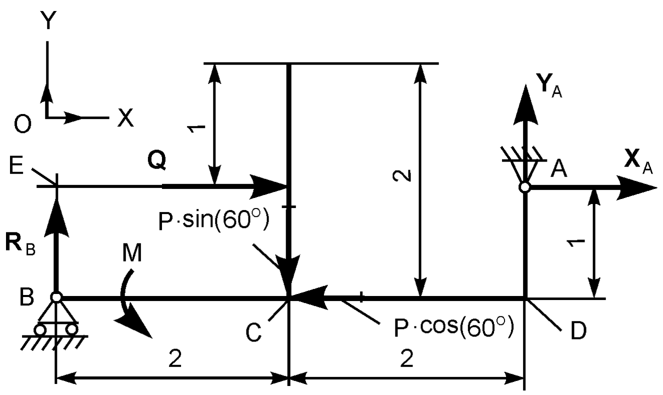


Рис. 1.50

Сила **P** разложена на составляющие силы по координатным осям. Это упрощает проецирование силы **P** на координатные оси системы отсчёта OXY. ***Необходимо отметить, что силы раскладываются на составляющие по координатным осям системы отсчёта только в точке их приложения***. Порядок решения задачи остается прежним, только использована третья форма уравнений равновесия.

$$\Sigma M_C(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_C(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= M - Q\cdot 1 - R_B\cdot 2 + Y_A\cdot 2 - X_A\cdot 1 = 0; \quad (4)$$

$$\Sigma M_D(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_D(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= M - Q\cdot 1 + P\cdot\sin(60^o)\cdot 2 - R_B\cdot 4 - X_A\cdot 1 = 0; \quad (5)$$

$$\Sigma M_E(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_E(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= M - P\cdot\sin(60^0)\cdot 2 - P\cdot\cos(60^o)\cdot 1 + Y_A\cdot 4 = 0. \qquad (6)$$

Подставляя найденные значения реакций $\mathbf{X}_A$, $\mathbf{Y}_A$, $\mathbf{R}_B$ в выражения (4), (5), (6) и вычислив, получим:

$$\Sigma M_C(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_C(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= 10 - 4\cdot 1 - 8{,}660\cdot 2 + 8{,}660\cdot 2 - 6\cdot 1 = 0; \qquad (4^I)$$
$$\Sigma M_D(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_D(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= 10 - 4\cdot 1 + 20\cdot 0{,}866\cdot 2 - 8{,}660\cdot 4 - 6\cdot 1 = 0; \qquad (5^I)$$
$$\Sigma M_E(\mathbf{F}_i^E) + \Sigma M_E(\mathbf{R}_i^E) = 0 =$$
$$= 10 - 20\cdot 0{,}866\cdot 2 - 20\cdot 0{,}5\cdot 1 + 8{,}660\cdot 4 = 0. \qquad (6^I)$$

Проведённая проверка подтвердила правильность результатов расчётов. Результаты вычислений помещают в таблицу.

| Реакции и их размерность | $X_A$ ,кН | $Y_A$ ,кН | $R_B$ ,кН |
|---|---|---|---|
| Численные значения реакций | 6,000 | 8,660 | 8,660 |

## *Общие рекомендации по выполнению курсового задания*

1. На каждом чертеже должны быть размеры. Чертежи выполняются в масштабе.
2. Силы следует раскладывать в точках их приложения на составляющие по координатным осям системы отсчёта.
3. Выбирается та форма уравнений равновесия, которая обеспечивает минимум вычислительных работ. В уравнении моментов рекомендуется находить точки, где пересекается наибольшее число линий действия сил.
4. Производится проверка правильности результатов расчётов.

## *Вопросы и задания для самоконтроля*

1. Сформулировать определение понятия ***«плоская произвольная система сил»***.
2. Сформулировать теорему, выражающую метод Пуансо для произвольной системы сил.
3. Записать геометрическое условие равновесия произвольной системы сил.

4. Записать первую форму уравнений равновесия плоской произвольной системы сил.

5. Записать вторую форму уравнений равновесия плоской произвольной системы сил.

6. Записать третью форму уравнений равновесия плоской произвольной системы сил.

7. Записать векторную формулу для определения главного вектора сил.

8. Записать формулу для определения модуля главного вектора сил в декартовой системе отсчёта.

9. Записать векторную формулу для определения главного момента системы сил относительно центра приведения.