

Уравнение моментов относительно шарнира  $C$  имеет вид:

$$\sum M_{iC} = -8 R_D \sin \alpha + 4 R_D \cos \alpha - 4 F_2 - 1 T_1 = 0.$$

С учетом значения  $R_D$  находим отсюда  $T_1 = 32 - 12 - 16 = 4$  кН. Усилие в нити 2 определяем из условия равновесия цилиндра (рис. 83). Для этого составляем уравнение моментов относительно его оси:

$$\sum M_O = -r T_1 - r T_2 + M = 0.$$

Получаем:  $T_2 = M/r - T_1 = 8 - 4 = 4$  кН. Задача решена. Усилия в нитях получились положительными. Согласно принятому направлению векторов усилий это означает, что обе нити натянуты. Отрицательные усилия  $T_1$  и  $T_2$  означали бы невозможность равновесия конструкции для заданных значений нагрузок.

**Задача 28\*.** Составная конструкция из трех частей расположена в вертикальной плоскости (рис. 85). Нить огибает цилиндр радиусом  $r = 1$  м весом  $G = 9$  кН и соединяет конструкцию с неподвижным основанием. Размеры даны в метрах. Даны нагрузки:  $F_1 = 7$  кН,  $F_2 = 42$  кН,  $M = 54$  кНм. Определить реакции опор конструкции и натяжения частей нити.

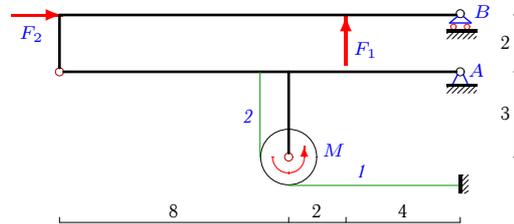


Рис. 85

**Задача 29.** Две части плоской составной рамы соединены шарнирным стержнем и односторонней связью в точке  $K$  (гладкая опора). В точке  $A$  рама имеет в качестве опоры неподвижный шарнир, в точках  $D$  и  $B$  — опорные стержни. На раму действуют заданная сила  $F_1 = 1$  кН, моменты  $M_1 = 2$  кНм,  $M_2 = 3$  кНм и сила  $F_2$ . Размеры на рисунке даны в метрах (рис. 86). Для каких значений силы  $F_2$  система находится в положении равновесия?

#### Решение

Условие равновесия рамы, содержащей одностороннюю связь в виде опоры, соответствует сжимающим силам в точке контакта. В общем случае неизвестную реакцию (силу) отброшенной связи направляют

по внешней нормали к сечению связи, что соответствует растяжению, если в результате решения из условий равновесия реакция получается

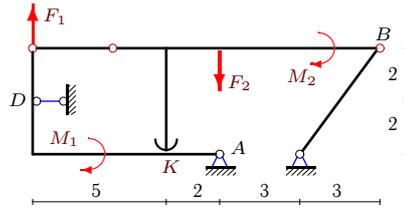


Рис. 86

положительной. Если же необходимо определять условие прижима связи к телу, не допуская отрыва, то реакцию, которую обозначим  $S$ , будем направлять в сторону к контактирующему телу (к одному телу в одну сторону, к другому в другую). Условие же реализуемости связи вытекает из неравенства  $S > 0$ . В данной задаче сила  $F_2$  не задана, следовательно, реакция будет зависеть от  $F_2$ . Решение задачи — это решение неравенства  $S(F_2) > 0$  относительно  $F_2$ .

Находим реакции опор и внутренних связей из условия равновесия рамы. Разбиваем конструкцию на две части (рис. 87, 88). Освобождаем конструкцию от связей, заменяя их реакциями.

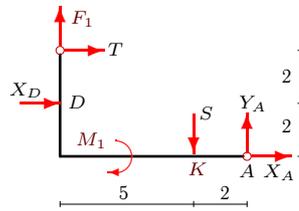


Рис. 87

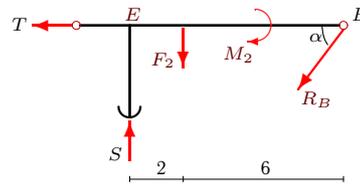


Рис. 88

Реакция  $T$  незагруженного стержня направлена вдоль стержня в сторону сечения, таким образом, если в результате решения задачи усилие  $T$  будет больше нуля, то это означает, что стержень растянут. Реакция же  $S$  направлена на левую часть рамы (рис. 87) так, как будто правая часть давит на левую, т. е. вниз. Уравнения равновесия левой части (рис. 87):

$$\begin{aligned}\sum X_i &= X_A + X_D + T = 0, \\ \sum Y_i &= Y_A - S + F_1 = 0, \\ \sum M_{iA} &= -4T - 2X_D - M_1 + 2S - 7F_1 = 0.\end{aligned}$$

Наклонный стержень, соединенный с рамой в шарнире  $B$ , не нагружен. Поэтому его усилие также направлено вдоль стержня. Угол наклона стержня  $\alpha$  определяем из рисунка 86:  $\operatorname{tg} \alpha = 4/3$ . Уравнения равновесия правой части (рис. 88):

$$\begin{aligned}\sum X_i &= -T - R_B \cos \alpha = 0, \\ \sum Y_i &= S - F_2 - R_B \sin \alpha = 0, \\ \sum M_{iE} &= -M_2 - 2 F_2 - 8 R_B \sin \alpha = 0.\end{aligned}$$

С учетом данных задачи и принимая во внимание, что  $\sin \alpha = 4/5$  и  $\cos \alpha = 3/5$ , получаем решение (в кН):

$$\begin{aligned}R_B &= -5(3 + 2 F_2)/32, \quad S = (3/8)(2 F_2 - 1), \\ T &= (3/32)(3 + 2 F_2), \quad X_D = (3/16)(2 F_2 - 29), \\ X_A &= (3/32)(55 - 6 F_2), \quad Y_A = (6 F_2 - 11)/8.\end{aligned}$$

Решение параметрически зависит от значения силы  $F_2$ . Для проверки решения рассмотрим равновесие всей рамы в целом (рис. 89). Составим сумму моментов всех сил, действующих на раму, включая реакции опор, относительно точки  $G$ :

$$\sum M_{iG} = 2 X_D - M_1 - M_2 + 4 X_A + 7 Y_A - 13 R_B \sin \alpha - 7 F_2 = 0.$$

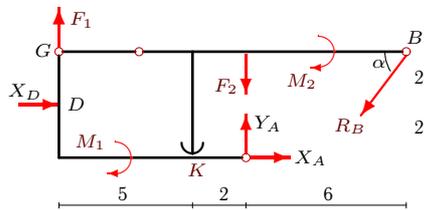


Рис. 89

Теперь остается решить неравенство  $S = (3/8)(2 F_2 - 1) > 0$  и получить, что равновесие возможно при  $F_2 > 0.5$  кН. Для меньших значений силы  $F_2$  равновесие не реализуется, в точке  $K$  происходит отрыв.

**Задача 30\*.** Определить реакции опор конструкции, состоящей из трех тел, соединенных в точке  $C$  шарниром. Опоры  $A$ ,  $D$  и  $E$  — подвижные шарниры, в точке  $B$  — неподвижный шарнир. Даны нагрузки  $P=9$  кН,  $Q=8$  кН,  $F=8$  кН,  $M = 4$  кНм и угол  $\alpha=30^\circ$ . Размеры указаны в метрах (рис. 90).

**Задача 31\*.** Рама, состоящая из двух частей, содержит одностороннюю связь (гладкая опора в точке  $K$ ). Даны нагрузки  $P = 5$  кН,