

## ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ СВЯЗЕЙ СОСТАВНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Хеук М.В., Холодарь Б.Г.

*Брестский государственный технический университет*

Определение опорных реакций представляет собой одну из основных операций при расчете конструкций на прочность. Возникающие реактивные силовые факторы зависят от конструктивного исполнения опорных устройств, геометрии системы и характера нагружения.

Традиционно реакции ищутся в декартовой системе координат с помощью уравнений равновесия [1]. При этом для системы, состоящей из нескольких тел, одновременно приходится определять и реакции внутренних связей, решая системы линейных уравнений. Однако можно использовать более рациональный способ решения [2], который позволяет получить результат намного быстрее и с достаточной точностью, сводя решение к графическим построениям, в том числе с использованием средств вычислительной техники.

Рассмотрим принцип построения решения на простой схеме (Рис. 1).

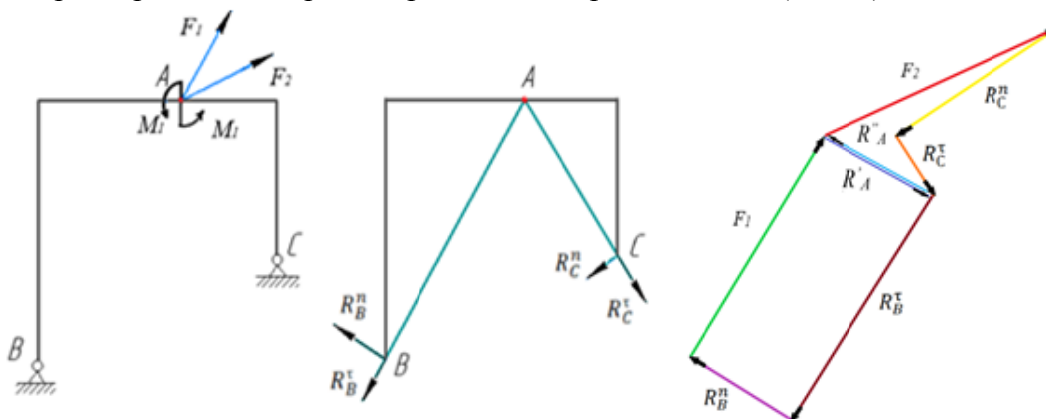


Рис. 1. Расчетные схемы системы на шарнирных опорах

Приложенная к телам системы активная нагрузка может быть приведена к какой-либо точке, и в этом случае она представится двумя силовыми факторами – главным вектором и главным моментом, каждый из которых в частном случае может оказаться равным нулю. Приведем активную нагрузку на каждом из тел к точке  $A$ .

Для данной схемы реакции в точках  $B$  и  $C$  разложим на нормальные и касательные составляющие к прямым  $AC$  и  $AB$ . При этом определение нормальных составляющих ( $R_C^n, R_B^n$ ) можно провести путем составления уравнений моментов относительно точки  $A$ . Сами нормальные реакции в опорных точках каждого из тел зависят только от момента активных нагрузок на соответствующем теле относительно точки соединения с другим телом. Величины касательных компонент реакций ( $R_C^t, R_B^t$ ) зависят от всех четырех нагрузок ( $M_1, M_2, F_1, F_2$ ). Эти компоненты легко могут быть найдены графически из условия равенства нулю главного вектора силовой системы. Действительно, для активных сил и нормальных составляющих реакций известны направления и величины, а для касательных – направления, поэтому можем построить в определенном масштабе замкнутый силовой многоугольник, с помощью которого определить значение касательных составляющих реакций.

тельных составляющих. Решение показано на рисунке 1, причем оно позволило сразу же определить и реакцию внутренней связи – шарнира  $A$ .

В [2] рассмотрены способы построения решения для других возможных схем крепления тел. В качестве еще одного примера рассмотрим случай со стержневыми связями (Рис. 2).

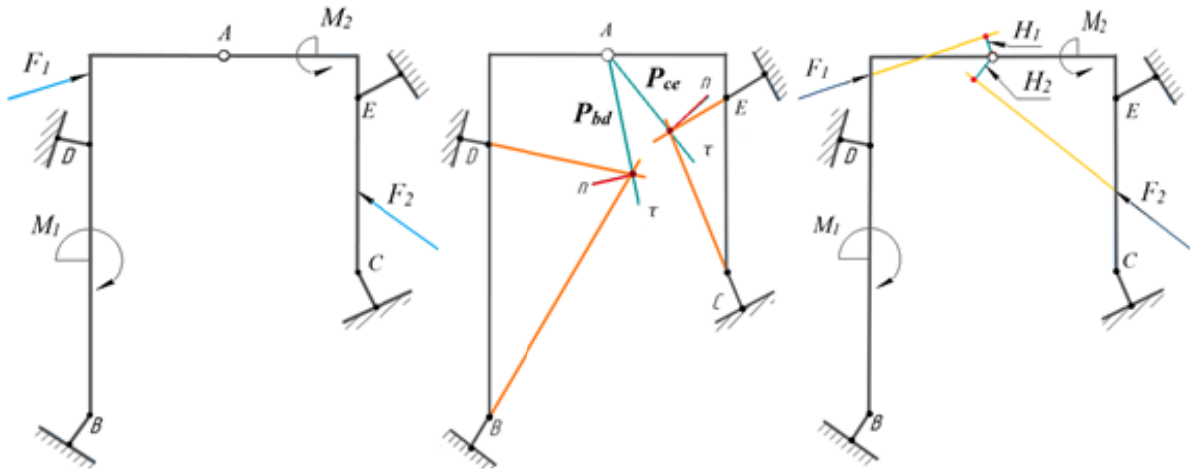


Рис. 2. Схема конструкции и предварительные построения

Приведем активную нагрузку к точке  $A$ .

Для этого строим линии действия активных сил  $F_1, F_2$  и находим длину плеча  $H_1$  и  $H_2$  каждой силы, используя графический пакет КОМПАС.

Для нахождения моментов активных сил воспользуемся формулой

$$M_A(F) = F \cdot H, \quad (1)$$

где  $F$  – численное значение силы,  $H$  – плечо этой силы (см. рисунок).

Величина главного момента относительно точки  $A$  для выбранной части схемы определится как

$$M_A = M + M_A(F), \quad (2)$$

где  $M$  – численное значение активного момента, действующего на выбранную часть схемы,  $M_A(F)$  – найденное по (1) численное значение момента активных сил (с учетом знаков этих моментов).

Далее строим точки пересечения реакций стержневых опор для каждого из тел (через них проходят равнодействующие реакций) и соединяем их с шарниром  $A$  прямыми  $P_{bd}$  и  $P_{ce}$ , которые будут представлять собой плечи нормальных составляющих суммарных реакций стержневых связей каждого из тел конструкции.

Беря поочередно для каждого из тел моменты вокруг точки  $A$ , найдем нормальные компоненты равнодействующих реакций  $R_{BD}^n$  и  $R_{CE}^n$ , воспользовавшись формулой

$$R_n = M_A/P \quad (3)$$

где  $P$  – расстояние от точки  $A$  до найденных точек пересечения линий действия реакций тел (плечи  $P_{ce}, P_{bd}$ ).

Далее аналогично предыдущему примеру из условия, что главный вектор всех сил системы равен нулю ( $\Sigma F=0$ ), найдем касательные компоненты равнодействующих реакций  $R_{BD}^{\tau}$  и  $R_{CE}^{\tau}$ , поскольку знаем направления и величины активных сил и нор-

мальных составляющих реакций. С этой целью строим соответствующие силовые многоугольники (рис. 3). Для нахождения внутренних сил ( $R'_A$  и  $R''_A$ ) соединяем конец и начало векторов сил для каждой части схемы отдельно. Направления этих реакций взаимно-противоположны, а их величины одинаковы.

По построенным векторам  $R_{BD}^\tau$  и  $R_{BD}^n$ ,  $R_{CE}^\tau$  и  $R_{CE}^n$  при известных направлениях реакций стержневых опор каждого тела определяем силы во внешних связях системы. Эти построения также показаны на рис. 3.

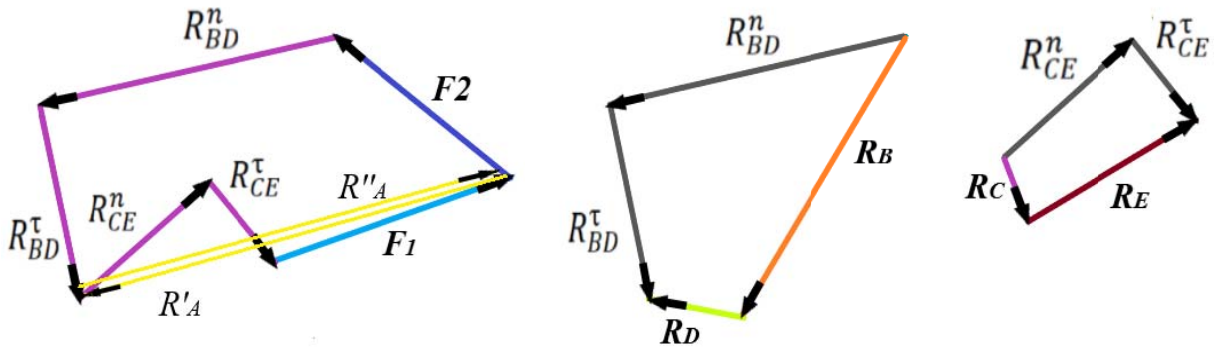


Рис. 3. Определение реакций связей

На этом решение задачи об определении реакций в связях рассматриваемой конструкции закончено.

Аналогичные действия используются и при построении решения для других возможных схем крепления тел.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики. В двух томах / Н.В. Бутенин, Я.Л. Луиц, Д.Р. Меркин. – СПб.: «Лань», 1998. – 736 с.
2. Холодарь, Б.Г. О выборе полюсов при определении опорных реакций составной конструкции (способ двух моментов) / Б.Г. Холодарь // Теоретическая и прикладная механика. Международный научно-технический журнал. – Выпуск 29. – Минск: – БНТУ, 2014. – С. 298–302.