

Метод замены стержней

Пример. Дана ферма (рис. 78), на которую действуют нагрузка P . Найти усилия в стержне BC .

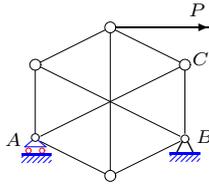


Рис. 78

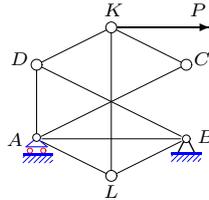


Рис. 79

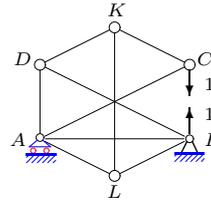


Рис. 80

Ферма статически определимая. В ней 6 узлов и $2 \cdot 6 - 3 = 9$ стержней. Обозначим усилие в стержне BC через X . Метод вырезания узлов здесь непосредственно результат не дает. В ферме нет ни одного узла, к которому подходят два стержня, поэтому пошаговый метод расчета фермы переходом от одного узла к другому не годится в этом случае. Если не рассматривать прямой метод составления уравнений равновесия для всех узлов (в данном случае 12 уравнений) с последующим ее решением и нахождением всех 12 неизвестных, включая три реакции опоры, то остается метод сечений. Однако и он здесь не подойдет. Сечения Риттера, пересекающего три стержня, включая BC , здесь нет.

Рассмотрим метод замены стержней (метод Геннеберга). Этот метод сходен по идее с методом сил для расчета статически неопределимых систем. Состоит он в следующем.

Стержень BC заменяем стержнем AB ¹, т.е. разъединяем шарниры B и C и соединяем стержнем шарниры B и A . В новой ферме (рис. 79) определяем усилие во введенном стержне AB . Это легко сделать методом вырезания узлов. Вырезая последовательно узлы C , K , L и B , находим усилие $S_{AB}^{(P)}$. Верхний индекс P указывает происхождение этого усилия. Затем определяем усилие в AB только от действия усилия в отброшенном стержне BC . Само усилие неизвестно (оно как раз и разыскивается). Прикладываем вместо него единичные безразмерные силы (рис. 80). Как и ранее, последовательно вырезая узлы C , K , L и B , находим усилие $S_{AB}^{(1)}$. Если от действия единичных сил усилие в стержне AB равно $X S_{AB}^{(1)}$, то от действительного усилия X в стержне BC получаем, соответственно $X S_{AB}^{(1)}$. Пользуясь линейностью задачи статики, складываем результаты воздействия нагрузки P и усилия в

¹Убирая из фермы один стержень и заменяя его другим, надо следить за кинематической неизменяемостью фермы. Подробнее об этом см. [12].

стержне BC , получаем

$$S_{AB}^{(P)} + X S_{AB}^{(1)} = 0,$$

так как в действительности стержня AB нет, или, что то же, усилие в нем равно нулю. Решая полученное уравнение относительно X , находим искомое усилие. Часто такой метод в затруднительных ситуациях, подобной описанной, дает более быстрое (и точное) решение, чем непосредственное составление системы уравнений равновесия для всех узлов.

Кинематический метод

Пример. Дана ферма (рис. 81), на которую действуют нагрузка P . Найти усилия в стержнях 2-3 и 2-6.

Решение

1. Исключаем из фермы стержень, усилие которого разыскивается. Ферма превращается в механизм с одной степенью свободы. Составляем уравнение принципа возможных скоростей

$$\sum_i M_{K_i}(F_i)\omega_i = 0$$

где момент $M_{K_i}(F_i)$ каждой силы вычисляется относительно мгновенного центра скоростей (МЦС) тела, к которому эта сила приложена, а ω_i — эта возможная угловая скорость этого тела. В данной задаче два тела.

Левая часть (тело 1) совершает возможное вращение вокруг опоры 1, правая (тело 2) — вокруг МЦС K . Напомним, что МЦС находится на пересечении перпендикуляров к скоростям тела. Для правой части фермы МЦС лежит на пересечении вертикальной прямой, проведенной

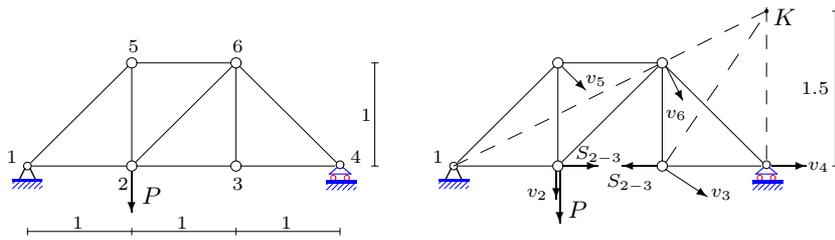


Рис. 81

Рис. 82

перпендикулярно возможной скорости v_4 подвижного шарнира 4 и прямой, перпендикулярной вектору v_6 . Точка 6 (шарнир) принадлежит одновременно телу 1 и телу 2. Вектор v_6 , как вектор скорости точки, принадлежащей телу 1, совершающему вращательное движение вокруг