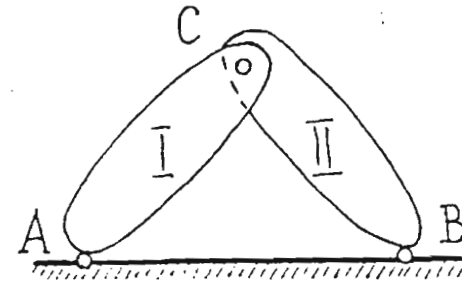


МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ  
(Государственная академия)

Кафедра высшей математики и строительной механики



Методическое пособие по строительной механике.

**Расчет  
трехшарнирных  
систем.**

МОСКВА 2015

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Смирнов, А.С.Городецкий. Строительная механика. М., Стройиздат, 2013 г.
2. В.А.Смирнов, С.А.Иванов, М.А.Тихонов. Строительная механика. М., Стройиздат, 1984 г.
3. А.В.Дарков, Н.Н.Шапошников. Строительная механика. М., Высшая школа, 1986 г.
4. Г.К.Клейн и др. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики. М., Высшая школа, 1980 г.
5. Н.Н.Анохин. Строительная механика в примерах и задачах. Часть I. Статически определимые системы. Издательство Ассоциации строительных вузов. М., 1999 г.

Внутренние усилия находятся из следующих условий:

при рассмотрении расчетной схемы левой части системы

$$\Sigma M_k = 0; \Rightarrow \text{определяем } M_k;$$

$$\Sigma n = 0; \Rightarrow \text{находим } Q_k;$$

$$\Sigma m = 0; \Rightarrow \text{вычисляем } N_k;$$

при рассмотрении правой части:

$$\Sigma M_k = 0; \Rightarrow \text{определяем } M_k;$$

$$\Sigma \eta = 0; \Rightarrow \text{находим } Q_k;$$

$$\Sigma \xi = 0; \Rightarrow \text{вычисляем } N_k;$$

Обычно внутренние усилия определяются по одной из частей трехшарнирной системы и проверяются рассмотрением другой части, удаляемой в первом случае.

МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ  
(Государственная академия)

Кафедра высшей математики и строительной механики

Кандидат технических наук  
Г.М.Чентемиров

Методическое пособие по строительной механике.

**Расчет  
трехшарнирных  
систем.**

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1.	Трехшарнирные системы .....	3
2.	Расчет трехшарнирных систем .....	6

Простейшая проверка правильности определения расповов  $H_A$  и  $H_B$  заключается в равенстве нулю суммы проекций всех сил на горизонтальную ось (проверка соблюдения условия равновесия):

$$\sum X = 0$$

Глобальной проверкой для любых систем является равенство нулю суммы моментов всех сил, включая и опорные реакции, относительно какой либо точки, относительно которой все силы, действующие на систему, создают моменты.

После определения составляющих опорных реакций  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $H_A$  и  $H_B$ , и проверок можно приступить к определению внутренних усилий в необходимых сечениях или приступить к построению эпюр. Для этого трехшарнирная система по заданному сечению, как бы рассекается на две части. Одна из этих частей остается для определения внутренних усилий, заменяющих влияние удаленной отсеченной части системы.

Момент в произвольном  $K$ -ом сечении определяется из условия (уравнения) равенства нулю суммы моментов относительно центральной точки поперечного сечения (центра тяжести поперечного сечения).

Для удобства определения внутренних усилий, поперечной силы,  $Q_K$ , и нормального усилия,  $N_K$ , через центральную точку поперечного сечения, в котором определяются указанные внутренние усилия, в сечении  $K$  проводятся оси местной системы координат таким образом, чтобы одна из осей была направлена перпендикулярно плоскости поперечного сечения, а вторая — ортогонально первой (расматривается плоская система).

## 2. Расчет трехшарнирных систем.

Расчет трехшарнирных систем (арок, рам или сквозных систем) с опорами (опорными шарнирами **A** и **B**), расположенными в одном уровне, обычно выполняется с определения опорных реакций. При этом сначала определяются вертикальные составляющие опорных реакций из условий:

$$\Sigma M_B = 0; \Rightarrow \text{определяем } V_A;$$

$$\Sigma M_A = 0; \Rightarrow \text{определяем } V_B;$$

Простейшая проверка правильности их определения осуществляется как сумма проекций на вертикальную ось:

$$\Sigma Y = 0.$$

После проверки правильности определения вертикальных составляющих опорных реакций  $V_A$  и  $V_B$  приступают к определению горизонтальных составляющих опорных реакций, распоров  $H_A$  и  $H_B$ , исходя из дополнительного условия (уравнения), что момент в замковом шарнире **C** равен нулю при рассмотрении левых внешних сил и правых внешних сил относительно того же замкового шарнира **C**:

$$\Sigma M_C^I = 0; \Rightarrow \text{находим } H_A;$$

$$\Sigma M_C^{II} = 0; \Rightarrow \text{находим } H_B.$$

## 1. Трехшарнирные системы.

Трёхшарнирными называется система (см.рис. 1.), состоящая из двух дисков (**I** и **II**) шарнирно соединённых друг с другом (шарниром **C**) и с основанием (шарнирами **A** и **B**). Такая система, образованная тремя дисками (третьим диском является диск основания), соединёнными друг с другом тремя шарнирами, не лежащими на одной прямой, будет всегда геометрически неизменяемой; в противном случае трехшарнирная система становится мгновенно изменяемой (см. рис. 2.).

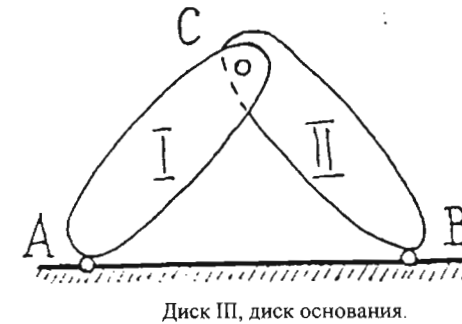


Рис. 1. Трёхшарнирная система.



Рис 2. Мгновенно изменяемая трехшарнирная система.

В том случае, когда диски I и II представляют собой стержни криволинейного очертания или с криволинейной осью, то такая трёхшарнирная система называется трёхшарнирной аркой, представляющей на рис. 3а. В случае же, когда дисками I и II являются прямолинейные или ломаные стержни, то такая система называется трёхшарнирной рамой (рис. 3б и 3в).

В том случае, когда диски I и II представляются сквозными конструкциями (плоскими или пространственными фермами), то такая трёхшарнирная система называется трёхшарнирной сквозной конструкцией (иногда ее называют трёхшарнирной арочной фермой), представляющей на рис. 4.

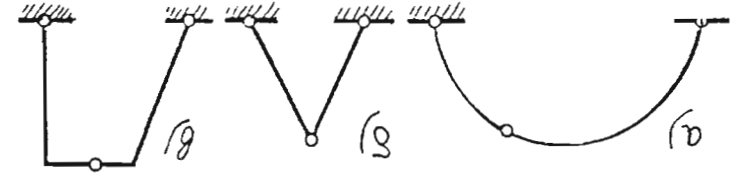


Рис. 3. Виды трёхшарнирных систем:  
 а) трёхшарнирная арка;  
 б, в) трёхшарнирные рамы.

Рис. 4. Пример трёхшарнирной сквозной конструкции.

Средний шарнир С, соединяющий два диска, называют замком или ключом. Таким образом, образуются неизменяемая конструкция, состоящая из 2-х дисков конструкции (системы) и диска основания с тремя шарнирами А, В и С, образующими жесткую неизменяемую систему. Единственным условием неизменяемости является условие, при котором три шарнира (замковый и два опорных) не должны находиться на одной прямой, дабы не образовывалась мгновенно изменяемая система, как это было показано ранее на рис. 2.

Расстояние между опорными шарнирами А и В, соединяющими диски конструкции I и II с диском основания называется **пролетом** и обозначается привычной буквой L или l. Расстояние от замкового шарнира С до прямой, проходящей через опорные шарниры А и В называется **стрелой подъема** трёхшарнирной системы и обычно обозначается литерой f.

**Пролет и стрела подъема** являются основными геометрическими характеристиками трёхшарнирных систем. В то же время и соотношение указанных величин  $f/L$ , так же относится к важнейшей характеристике системы, особенно для арок.

Трёхшарнирные системы могут быть симметричными и несимметричными, что определяется относительно вертикальной оси, проходящей через замковый шарнир С. Для симметричных систем расстояния от вертикальной оси до опорных шарниров А и В равны, а для несимметричных систем – эти расстояния различны. Необходимо заметить, что в случае симметричных трёхшарнирных систем опорные шарниры А и В должны находиться на одном уровне, а в несимметричных системах опорные шарниры могут находиться и на разных уровнях.