

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР**

БРЕСТСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

В. М. Селюков, А. С. Хамутовский

**ВЫПОЛНЕНИЕ
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО СТАТИКЕ СООРУЖЕНИЙ
В ОБЫЧНОЙ И МАТРИЧНОЙ ФОРМЕ**

СЕЛЮКОВ
Владимир Михайлович

доцент

кандидат технических наук

1970 *заведующий кафедрой
строительной механики*

*Брестского инженерно-строительного
института*

924017. Брест,
проспект *28* телефоны
случ

**ИЗДАТЕЛЬСТВО „ВЫСШАЯ ШКОЛА“
МИНСК 1974**

УДК 624.9.001.2(078)

6С2

С29

Действующие программы курса строительной механики предусматривают изучение расчета сооружений в матричной форме. Это позволяет применять современную вычислительную технику.

В настоящем пособии последовательно изложен материал, относящийся к выполнению расчетно-графических работ по второй части строительной механики (статически неопределимые системы). Краткий и вместе с тем достаточный объем теории сопровождается примерами расчета в обычной и матричной форме.

Пособие предназначено для студентов по специальности «Сельскохозяйственное строительство» и может быть использовано при выполнении домашних заданий студентами других специальностей.

*Селюков Владимир Михайлович,
Хамутовский Александр Степанович*

**Выполнение расчетно-графических работ по статике
сооружений в обычной и матричной форме**

Редактор Н. М. Латышева
Худож. редактор И. Е. Беленькая
Техн. редактор П. В. Фрайман
Корректоры Л. А. Еркович, Ж. И. Маркевич

АТ 11562. Сдано в набор 16/1 1973 г. Подписано к печати 31/V 1974 г. Бумага 60×90^{1/16} типогр. № 3. Печ. л. 5. Уч.-изд. л. 4,77. Изд. № 73-62. Тип. зак. 65. Тираж 2000 экз. Цена 24 коп.

Издательство «Высшая школа» Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Редакция межведомственных сборников и заказной литературы. 220600. Минск, ул. Кирова, 24. Типография им. Ф. Скорины. Минск, Ленинский проспект, 68.

0325—080
С зак. изд.
М304(05)—74



Брестский инженерно-строительный институт, 1974 г.

РАСЧЕТ НЕРАЗРЕЗНЫХ БАЛОК

Неразрезной называется балка, перекрывающая несколько пролетов и не прерывающаяся нигде шарнирами или разрезами.

Результатом расчета является получение картины внутренних сил, т. е. построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил.

Как известно, лучшей основной системой при расчете таких балок методом сил будет система, в которой за неизвестные приняты моменты в сечениях над опорами. Число неизвестных определяется количеством лишних связей, которые подсчитываются по формуле

$$L = C_0 - 3, \quad (1)$$

где C_0 — количество опорных стержней.

После определения опорных моментов эпюру изгибающих моментов для балки находят методом наложения, т. е. грузовую эпюру моментов в основной системе сложим с эпюрой, получаемой от воздействия опорных моментов.

Для отыскания неизвестных опорных моментов от постоянной нагрузки целесообразно воспользоваться уравнением трех моментов (рис. 1):

$$\begin{aligned} l'_n M_{n-1} + 2(l'_n + l'_{n+1}) M_n + l'_{n+1} M_{n+1} = \\ = -6 \left(\frac{I_0}{I_n} B_n^\Phi + \frac{I_0}{I_{n+1}} A_{n+1}^\Phi \right), \end{aligned} \quad (2)$$

где M_{n-1} , M_n , M_{n+1} — изгибающие моменты в опорных сечениях $n-1$, n , $n+1$ неразрезной балки; $l'_n = l_n \frac{I_0}{I_n}$, $l'_{n+1} = l_{n+1} \frac{I_0}{I_{n+1}}$ — приведенные длины пролетов; I_0 — произвольный момент инерции; I_n , I_{n+1} — моменты инерции сечений соответствующих пролетов; A_{n+1}^Φ , B_n^Φ — фиктивные реакции опоры n от загрузки пролетов.

Уравнение трех моментов для случая постоянной жесткости имеет вид

$$l_n M_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1}) M_n + l_{n+1} M_{n+1} = -6(B_n^\Phi + A_{n+1}^\Phi). \quad (3)$$

Расчетные величины внутренних сил определяются как сумма соответствующих величин от постоянной нагрузки и от временной. Загружение временной нагрузкой разных пролетов приводит к возникновению в заданном сечении внутренних факторов противоположных знаков. Поэтому для определения расчетных усилий требуется построить эпюры от временной нагрузки, расположенной в каждом пролете по отдельности. Для этого пользуемся методом моментных фокусных отношений, сущность которого состоит в следующем.

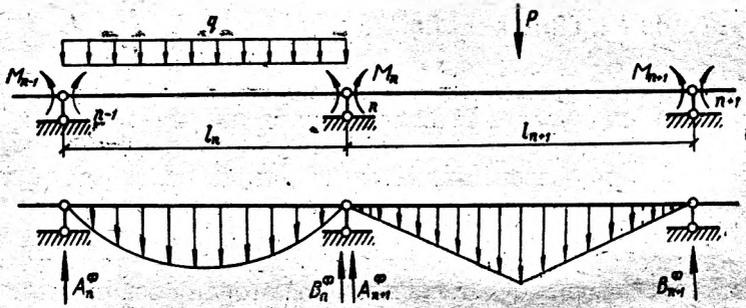


Рис. 1

Эпюры изгибающих моментов в незагруженных пролетах балки имеют вид наклонной прямой с нулевой ординатой в пределах пролета. Эти точки называются моментными фокусами.

Левым (правым) фокусом какого-либо пролета называется нулевая точка эпюры изгибающих моментов этого пролета при расположении всей нагрузки справа (слева) от рассматриваемого пролета. Любой пролет балки имеет две фокусные точки, которые занимают определенное положение.

Абсолютная величина отношения большего изгибающего момента к меньшему в незагруженном пролете называется моментным фокусным отношением.

При расположении нагрузки справа от рассматриваемого n -го пролета, левые фокусные отношения определяются (рис. 2) так:

$$k_n = \left| \frac{M_n}{M_{n-1}} \right| = -\frac{M_n}{M_{n-1}} = \frac{l_n - c_n}{c_n}, \quad k_{n-1} = \left| \frac{M_{n-1}}{M_{n-2}} \right| = -\frac{M_{n-1}}{M_{n-2}}$$

Формула, связывающая левые фокусные отношения соседних пролетов, имеет вид

$$k_n = 2 + \frac{l_{n-1}^2}{l_n'} \left(2 - \frac{1}{k_{n-1}} \right). \quad (4)$$

При расположении нагрузки слева от рассматриваемого n -го пролета правые фокусные отношения определяются (рис. 3) так:

$$k_n' = \left| \frac{M_{n-1}}{M_n} \right| = -\frac{M_{n-1}}{M_n} = \frac{l_n - d_n}{d_n},$$

$$k'_{n+1} = \left| \frac{M_n}{M_{n+1}} \right| = - \frac{M_n}{M_{n+1}}$$

Зависимость между правыми фокусными отношениями соседних пролетов выразится таким образом:

$$k'_n = 2 + \frac{l'_{n+1}}{l'_n} \left(2 - \frac{1}{k'_{n+1}} \right) \quad (4')$$

Зная фокусное отношение предыдущего пролета, можно определить фокусное отношение последующего. Для этого достаточно знать фокусные отношения крайних пролетов.

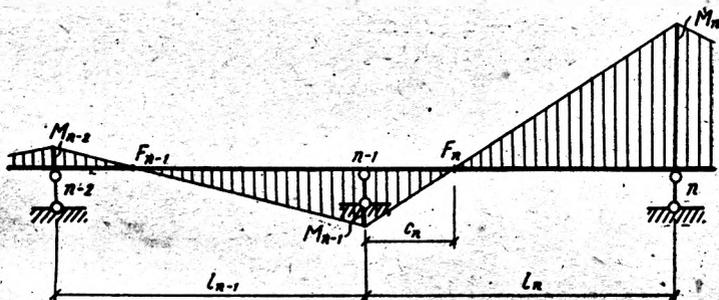


Рис. 2

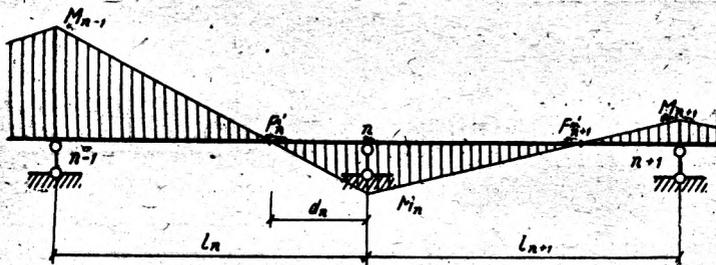


Рис. 3

При шарнирном опирании крайнего пролета фокусное отношение равно бесконечности (рис. 4):

$$k_1 = \left| \frac{M_1}{M_0} \right| = \frac{M_1}{0} = \infty.$$

Для пролета с жестко заделанным концом, что равносильно введению дополнительного пролета длиной $l_0=0$, фокусное отношение равно 2 (рис. 5):

$$k_1 = 2 + \frac{l_0}{l_1} \left(2 - \frac{1}{k_0} \right) = 2 + \frac{0}{l_1} \left(2 - \frac{1}{\infty} \right) = 2.$$

6. Окончательные эпюры M , Q , N строим по формулам:

$$M = M_P + \bar{M}_1 X_1 + \bar{M}_2 X_2 + \bar{M}_3 X_3 = M_P + x X_1 - y X_2 - 1 \cdot X_3,$$

$$Q = Q_P + Q_1 X_1 + Q_2 X_2 + Q_3 X_3 = Q_0 \cos \varphi + \cos \varphi X_1 + \sin \varphi X_2,$$

$$N = N_P + N_1 X_1 + N_2 X_2 + N_3 X_3 = Q_0 \sin \varphi + \sin \varphi X_1 - \cos \varphi X_2.$$

Вычисления ординат эпюр M , Q , N сведены в табл. 12.

7. Проверка правильности построения эпюры моментов состоит в том, что перемещения по направлению отброшенных связей должны быть равны нулю

$$\int \frac{\bar{M}_1 M ds}{EI} = 0, \quad \int \frac{\bar{M}_2 M ds}{EI} = 0, \quad \int \frac{\bar{M}_3 M ds}{EI} = 0.$$

Учитывая принятые упрощения вычислений, эти интегралы обращаются в простые выражения

$$\sum Mx = 0, \quad \sum My = 0, \quad \sum M = 0.$$

Окончательные эпюры внутренних сил приведены на рис. 63, в, г, д.

СОДЕРЖАНИЕ

Расчет неразрезных балок	3
Матричная форма определения перемещений в стержневых изгибаемых системах	23
Расчет рам методом сил	30
Расчет рам методом перемещений	54
Расчет симметричной бесшарнирной арки	72
Литература	81