

**ОПД.Р.03 СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА
РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНОЙ СТАТИЧЕСКИ
ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ**

Методические указания и задания к
расчетно-проектировочной работе

Настоящие материалы содержат методические указания и задания к расчетно-проектировочной работе № 2.

Предназначено для студентов III курса специальности «Промышленное и гражданское строительство».

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с программой по строительной механике студенты строительных специальностей должны выполнить расчетно-проектировочную работу (РПР) по теме «Расчет статически определимой многопролетной балки». Ограниченный тираж «Руководства к практическим занятиям» [2], а также отсутствие методических указаний по выполнению расчета балок с применением персональных ЭВМ затрудняют выполнение этой работы.

Настоящие методические указания имеют целью:

- а) показать объем задания и порядок решения задач;
- б) дать пример оформления задания;
- в) привести дополнительные примеры решения характерных задач строительной механики;
- г) дать пример решения задачи на ЭВМ с использованием программы «LIRA-Windows» версии 9.4.

Помимо этого методические указания содержат комплект вариантов задач с текстом задания и таблицами исходных данных.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАБОТ

Каждая расчетно-проектировочная работа должна содержать графическую часть с необходимыми вычислениями и объяснениями, которые приводятся в пояснительной записке.

Схемы, содержащие эпюры усилий, должны быть выполнены четко, аккуратно, в них необходимо указать масштабы длин и сил. В характерных сечениях на эпюрах усилий проставляются числовые значения последних. На эпюрах продольных и поперечных сил проставляются знаки (+) или (-). Ординаты эпюр изгибающих моментов откладываются со стороны растянутых волокон. Знак не указывается.

На титульном листе пояснительной записки необходимо привести следующие данные:

- 1) наименование вуза и кафедры;
- 2) название и номер работы;
- 3) факультет, курс, группу, фамилии студента и ведущего преподавателя.

С примерами оформления РПР можно ознакомиться на кафедре прикладной механики. Для получения зачета нужно выполнить все работы и

защитить их. Принимая зачет, преподаватель проводит опрос по каждой теме: студенту предлагается решить ряд задач по той или иной расчетно-проектировочной работе.

Вариант задания для каждого студента определяется преподавателем в соответствии с номерами схем и строк, приводимых в табл. 1 и 2.

ПОРЯДОК ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Для заданной балки с размерами и нагрузкой, определяемыми по табл. 1 и 2, требуется:

- 1) произвести кинематический анализ системы и построить поэтажную схему;
- 2) определить опорные реакции и построить эпюры M и Q ;
- 3) рассчитать балку на ЭВМ и по результатам счета проверить правильность вычислений M и Q ;
- 4) построить линии влияния (ЛВ) поперечной силы в сечении, номер которого указан в табл. 1; ЛВ изгибающих моментов в сечении, номер которого указан в табл. 2; ЛВ одной опорной реакции главной балки;
- 5) определить по линиям влияния изгибающий момент и поперечную силу в заданных сечениях от неподвижной нагрузки.

Таблица 1

Размер балки

Номер строки	Номер балки	$l_3, м$	$l_2, м$	$l_1, м$	K	Номер сечения
0	1	5	7	7	0,3	2
1	9	6	8	6	0,2	1
2	8	6	9	8	0,7	2
3	7	8	6	6	0,5	3
4	4	8	6	9	0,8	4
5	5	9	8	6	0,45	5
6	6	10	9	8	0,35	5
7	3	9	10	8	0,7	3
8	2	6	6	6	0,5	3
9	1	8	10	6	0,85	1

Нагрузка на балку

Номер строки	Номер схемы загрузки	$M, кН \cdot м$	$P_2, кН$	$P_1, кН$	$q_1 - q_2, кН/м$	Номер сечения
0	2	16	20	30	6,0	3
1	8	10	9	14	2,0	5
2	7	8	9	15	1,5	4
3	6	18	10	8	3,0	3
4	5	10	15	9	2,0	2
5	4	17	20	10	2,5	1
6	3	14	8	8	5,0	5
7	2	6	6	9	4,0	4
8	9	12	10	6	2,0	3
9	1	10	14	10	1,0	1

Исходные данные определяются по табл. 1 и 2 и приложенным к заданию схемам балок (рис. 1) и нагрузок на балки (рис. 2). Номер строки табл. 1 совпадает с последней, а номер строки табл. 2 — с предпоследней цифрами номера зачетной книжки.

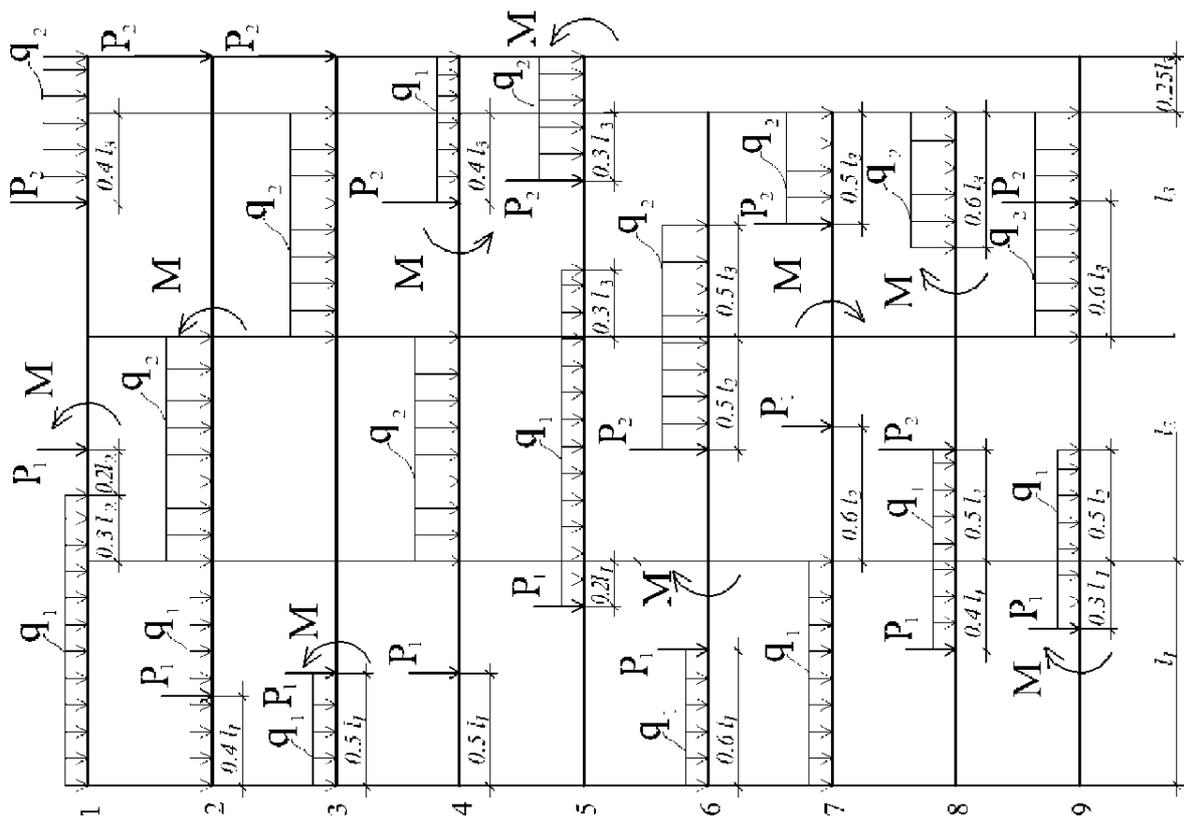


Рис. 2

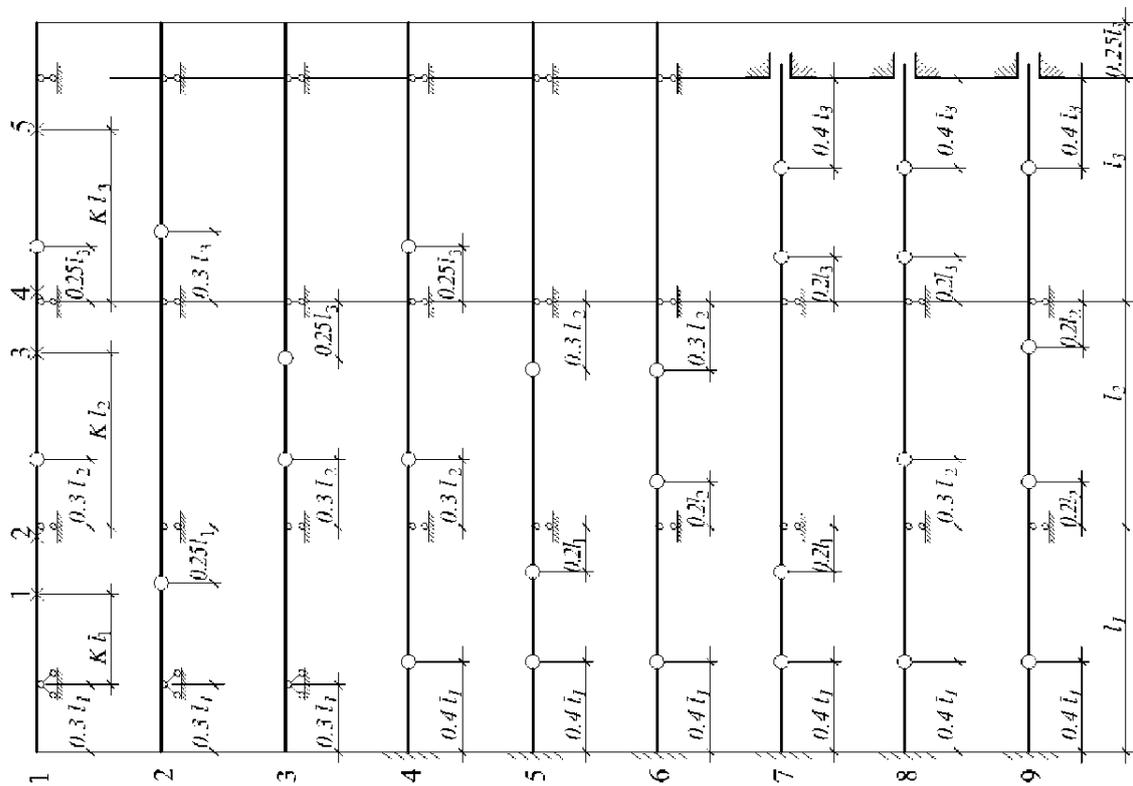


Рис. 1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Расчет статически определимой многопролетной балки можно произвести методом плоских сечений, с помощью линий влияния и с применением ЭВМ, для которых составляются программы, реализующие один из методов строительной механики.

1. При расчете многопролетных статически определимых балок целесообразно использовать схему взаимодействия элементов — поэтажную схему. Она позволяет свести расчет сложной балки к расчету простых балок с консолями. Для составления схемы взаимодействия в первую очередь необходимо выделить основные балки и опирающиеся на них второстепенные: основная балка рационально соединена тремя опорными стержнями, а второстепенная — менее чем тремя опорными стержнями с землей.

2. Произвести кинематический анализ многопролетной балки:

1) Определить ее число степеней свободы по формуле

$$W = 3D - 2Ш - C_{оп},$$

где D — количество простых балок (дисков); $Ш$ — число простых шарниров; $C_{оп}$ — число опорных стержней.

При $W = 0$ балка статически определима и, возможно, геометрически неизменяема.

2) Проверить геометрическую неизменяемость многопролетной балки, положив в основу поэтажную схему.

Схема будет геометрически неизменяемой, если все основные балки соединены к земле, второстепенные — к земле и основным балкам с помощью трех опорных стержней, осевые линии которых не пересекаются в одной точке и не параллельны между собой.

3. Для каждой балки определяют опорные реакции и записывают уравнения внутренних усилий в сечении, находящемся на произвольном расстоянии X от левой опоры.

Верхние балки поэтажной схемы рассчитывают только на действие заданной нагрузки, а нижние балки — от давления, передаваемого через опоры верхних балок, и от заданной нагрузки.

После вычисления ординат внутренних усилий в характерных точках балки строят в выбранном масштабе эпюры M_x и Q_x по длине всей шарнирной балки.

Построение линий влияния многопролетной балки

1. Строят поэтажную схему.
2. Выбирают сечение или опору, для которых нужно построить ЛВ.
3. Если сечение или опора находятся на второстепенных балках AC и FL , то линии влияния в них строятся как для простых балок.
4. В пределах балки CF линии влияния строятся как для простой балки. Затем перемещают силу P , равную 1, на второстепенную балку FL , а затем на такую же балку AC . На опорах C и F вводят местную систему координат — соответственно $(X_1; Y_2)$ и $(X_2; Y_2)$ и определяют давление R_D и R_F как функции соответственно от X_1 и X_2 . Получают формулы исследуемых усилий в зависимости от R_D и R_F и по ним строят линии влияния.

Определение усилий по линиям влияния от заданной нагрузки

При действии на балку системы сил $P_1, P_2 \dots P_n$ равномерно распределенных нагрузок $q_1, q_2 \dots q_n$ и моментов $M_1, M_2 \dots M_n$ полное усилие получим по принципу сложения действий сил:

$$S_K = \sum P_i y_i + \sum q_i \omega_i + \sum M_i \operatorname{tg} \alpha_i,$$

где n — количество нагрузок P_i, q_i, M_i ;

y_i — ордината линии влияния определяемого усилия под действием силы P_i ;

ω_i — площадь участка линии влияния под нагрузкой q_i ;

α_i — угол наклона линии влияния в точке приложения момента M_i .

ПРИМЕР РАСЧЕТА БАЛКИ НА НЕПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

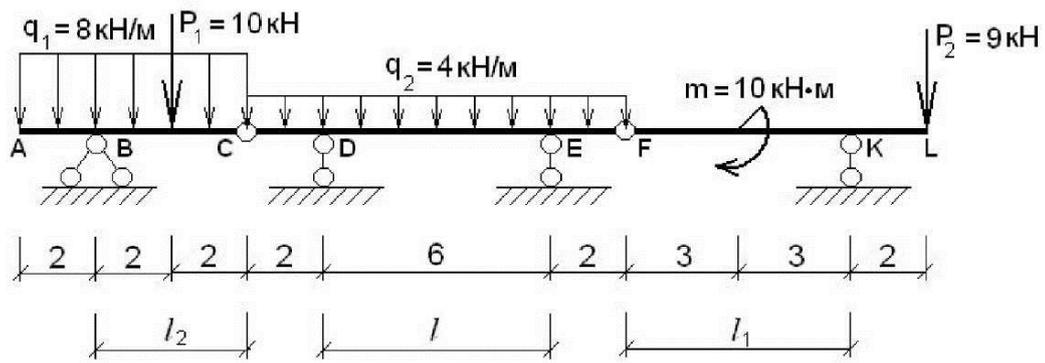
1. Рассмотрим балку (рис. 3, а).

Строим поэтажную схему (рис. 3, б) и определяем степень свободы балки:

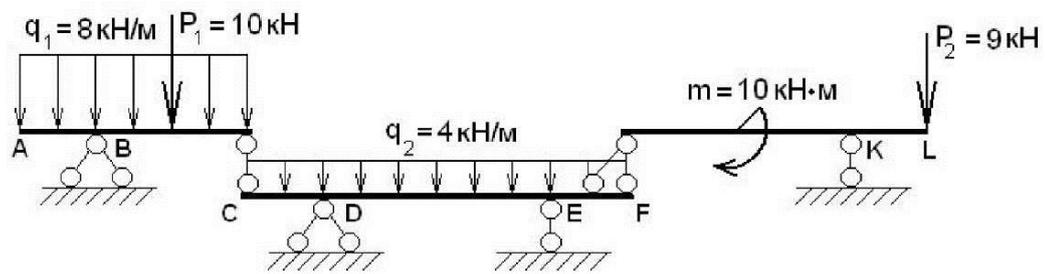
$$W = 3D - 2Ш - C_{\text{оп}} = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 6 = 0.$$

Главная балка CF прикреплена к земле тремя стержнями, осевые линии которых не пересекаются в одной точке и не параллельны между собой, значит, она геометрически неизменяема и статически определима ($W=0$). Балки AC и FL по приведенному признаку соединены с землей и главной балкой и поэтому являются геометрически неизменяемыми. Значит, в целом многопролетная балка статически определима и геометрически неизменяема.

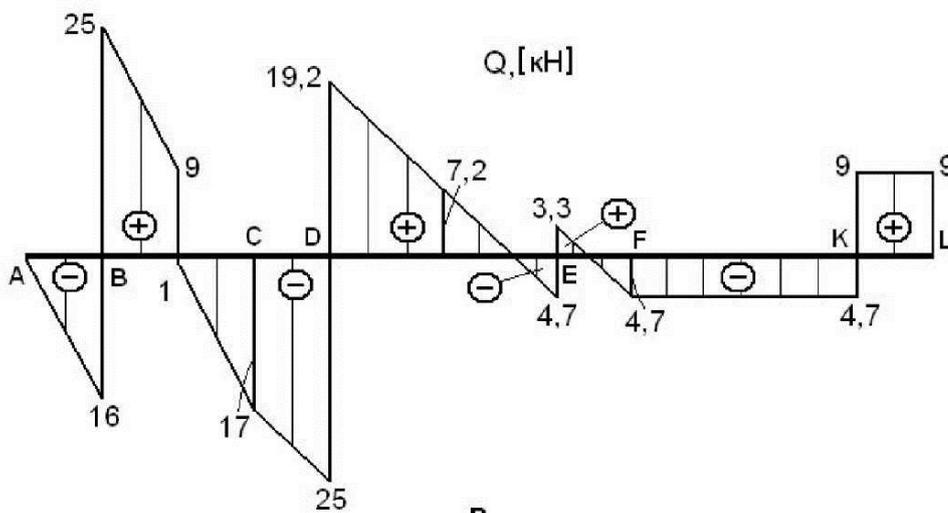
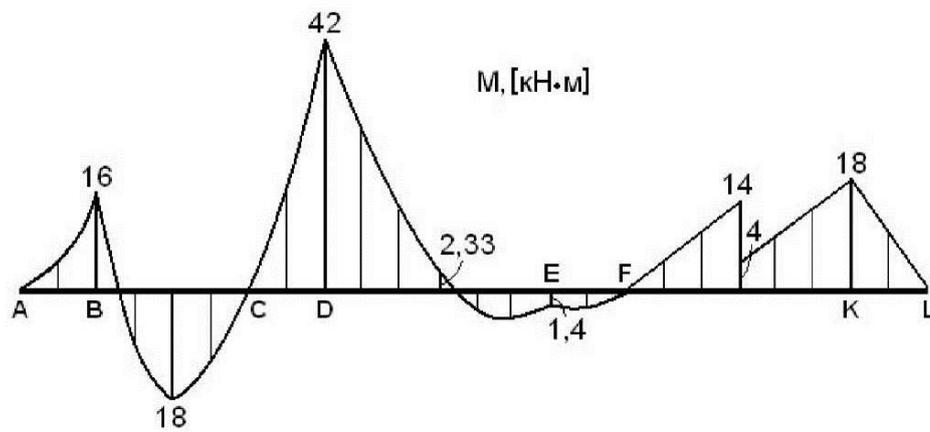
2. Определяем опорные реакции, изгибающие моменты и поперечные силы в характерных сечениях балки.



a



б



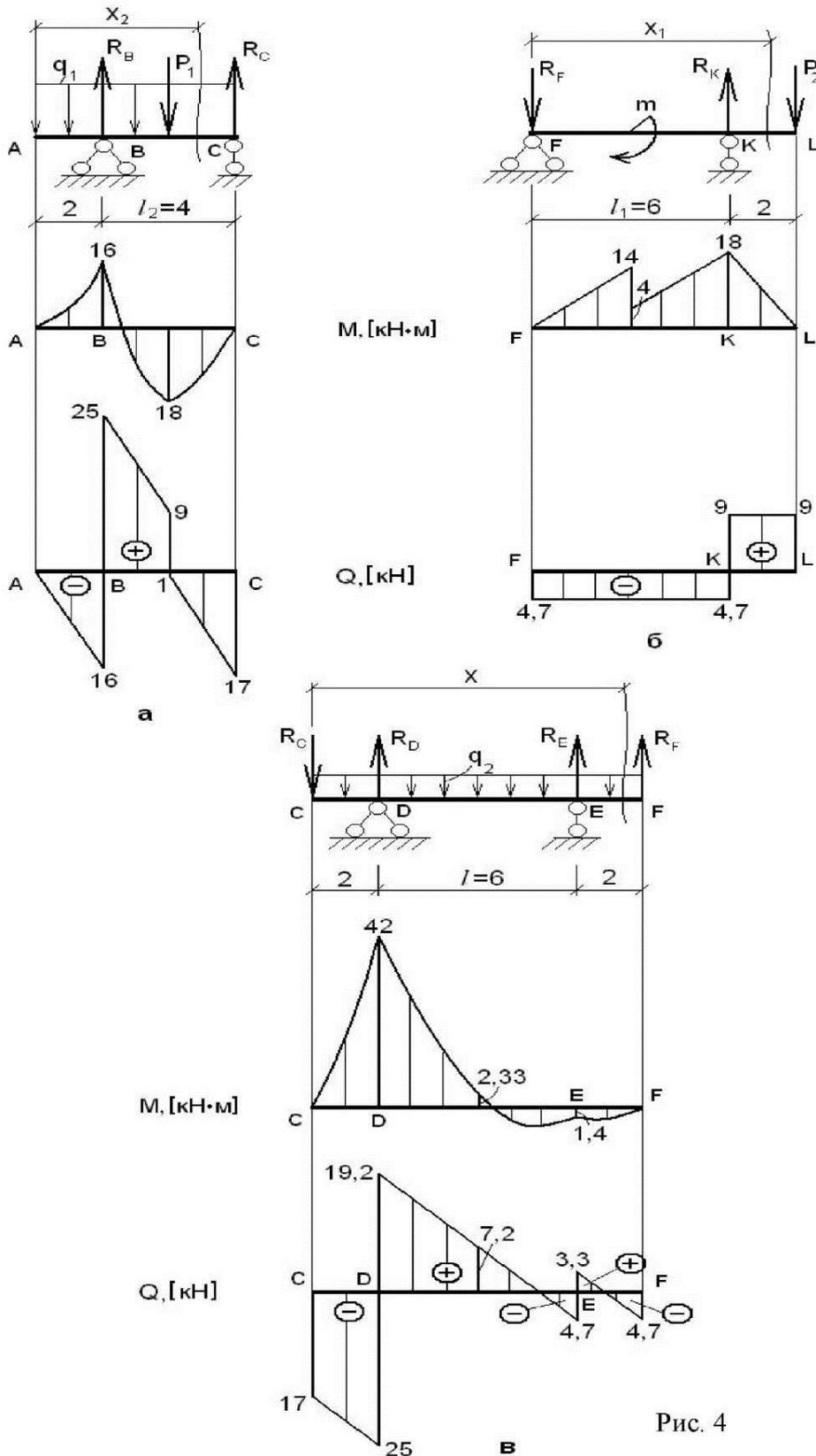
в

Рис. 3

1) Для балки FL (рис. 4,б) определяем опорные реакции R_F и R_K из уравнений равновесия:

$$\sum M_K = 0: -R_F l_1 + m + 2P_2 = 0, \text{ откуда } R_F = 4,7 \text{ кН},$$

$$\sum M_F = 0: -R_K l_1 + m + P_2(l_1 + 2) = 0, \text{ откуда } R_K = 13,7 \text{ кН}.$$



Проверяем правильность определения реакций: $\sum y = 0: -R_F + R_K - P_2 = 0$.
Реакции балки вычислены правильно.

Изгибающий момент и поперечная сила в сечении x_1 при изменении x_1 от 0 до 8 м вычисляются по формулам

$$M_{x1} = -R_F x_1 + m + R_K(x_1 - l_1);$$

$$Q_{x1} = -R_F + R_K;$$

При	x ₁ = 0 м:	M _{x1} = 0 кН · м,	Q _{x1} = R _F = 4,7 кН,
	x ₁ = 3 м:	M _{x1} = -14 кН · м,	Q _{x1} = -R _F = -4,7 кН,
	x* ₁ = 3 м:	M* _{x1} = -4 кН · м,	Q* _{x1} = -R _F = -4,7 кН,
	x ₁ = 6 м:	M _{x1} = 18 кН · м,	Q _{x1} = R _F = 4,7 кН,
	x* ₁ = 6 м:	M* _{x1} = -18 кН · м,	Q* _{x1} = -R _F + R _K = 9 кН,
	x ₁ = 8 м:	M _{x1} = 0 кН · м,	Q _{x1} = -R _F + R _K = 9 кН.

2) Проведем аналогичные расчеты для балки AC (см. рис. 4,а)

$$\sum M_C = 0: R_B l_2 - P_1(l_2 - 2) - q_1(l_2 - 2)^2/2 = 0, \quad R_B = 41 \text{ кН.}$$

$$\sum M_B = 0: R_C l_2 + P_1(l_2 - 2) - q_1 \cdot 2^2/2 + q_1(l_2)^2/2 = 0, \quad R_C = 17 \text{ кН.}$$

Проверка реакций: $\sum y = 0: R_B + R_C - P_1 - q_1 \cdot 6 = 0$. Реакции вычислены правильно.

Изгибающий момент и поперечная сила в сечении x_2 при изменении x_2 от 0 до 6 м вычисляются по формулам

$$M_{x2} = R_B(x_2 - 2) - P_1(x_2 - 4) - q_1(x_2)^2/2;$$

$$Q_{x2} = -q x_2 + R_B - P_1;$$

При	x ₂ = 0 м:	M _{x2} = 0 кН · м,	Q _{x2} = 0 кН,
	x ₂ = 2 м:	M _{x2} = -16 кН · м,	Q _{x2} = 16 кН,
	x* ₂ = 2 м:	M* _{x2} = 16 кН · м,	Q* _{x2} = 25 кН,
	x ₂ = 4 м:	M _{x2} = 18 кН · м,	Q _{x2} = 9 кН,
	x* ₂ = 4 м:	M* _{x2} = 18 кН · м,	Q* _{x2} = -1 кН,
	x ₂ = 6 м:	M _{x2} = 0 кН · м,	Q _{x2} = 17 кН.

3) Расчет главной балки CF. Загружаем ее в точках C и F давлением вышележащих балок R_D и R_E (реакциями с обратными знаками) (см. рис. 4,в) и вычисляем опорные реакции.

$$\sum M_F = 0: R_D l - R_C \cdot 8 - q_2 \cdot 8^2/2 + q_2 \cdot 2^2/2 - R_F \cdot 2 = 0, \text{ откуда } R_D = 44,2 \text{ кН.}$$

$$\sum M_D = 0: -R_E l + q_2 \cdot 8^2/2 - q_2 \cdot 2^2/2 - R_F(l + 2) = 0, \text{ откуда } R_E = 8,07 \text{ кН.}$$

Проверяем правильность определения реакций.

$$\sum y = 0: R_E + R_D - R_F - q_2 \cdot 10 - R_C = 0.$$

Реакции вычислены правильно.

Изгибающие моменты и поперечные силы в сечении x при изменении x от 0 до 10 м вычисляются по формулам

$$M_x = R_C x - q_2 x^2 / 2 - R_D(x - 2) + R_E(x - 8);$$

$$Q_x = -R_C - q_2 x + R_D + R_E.$$

При $x = 0$ м:	$M_x = 0$ кН · м,	$Q_x = R_D = 17$ кН,
$x = 2$ м:	$M_x = -42$ кН · м,	$Q_x = -25$ кН,
$x^* = 2$ м:	$M_x^* = 42$ кН · м,	$Q_x^* = 19,2$ кН,
$x = 8$ м:	$M_x = 13$ кН · м,	$Q_x = -4,7$ кН,
$x^* = 8$ м:	$M_x^* = 13$ кН · м,	$Q_x^* = 3,3$ кН,
$x = 10$ м:	$M_x = 0$ кН · м,	$Q_x = 4,7$ кН.

По вычисленным значениям M и Q строятся эпюры внутренних усилий для каждой простой балки (см. рис. 4) и для многопролетной балки AL (см. рис. 3,в).

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ M_n , Q_n В СЕЧЕНИИ n МНОГОПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ (рис. 5)

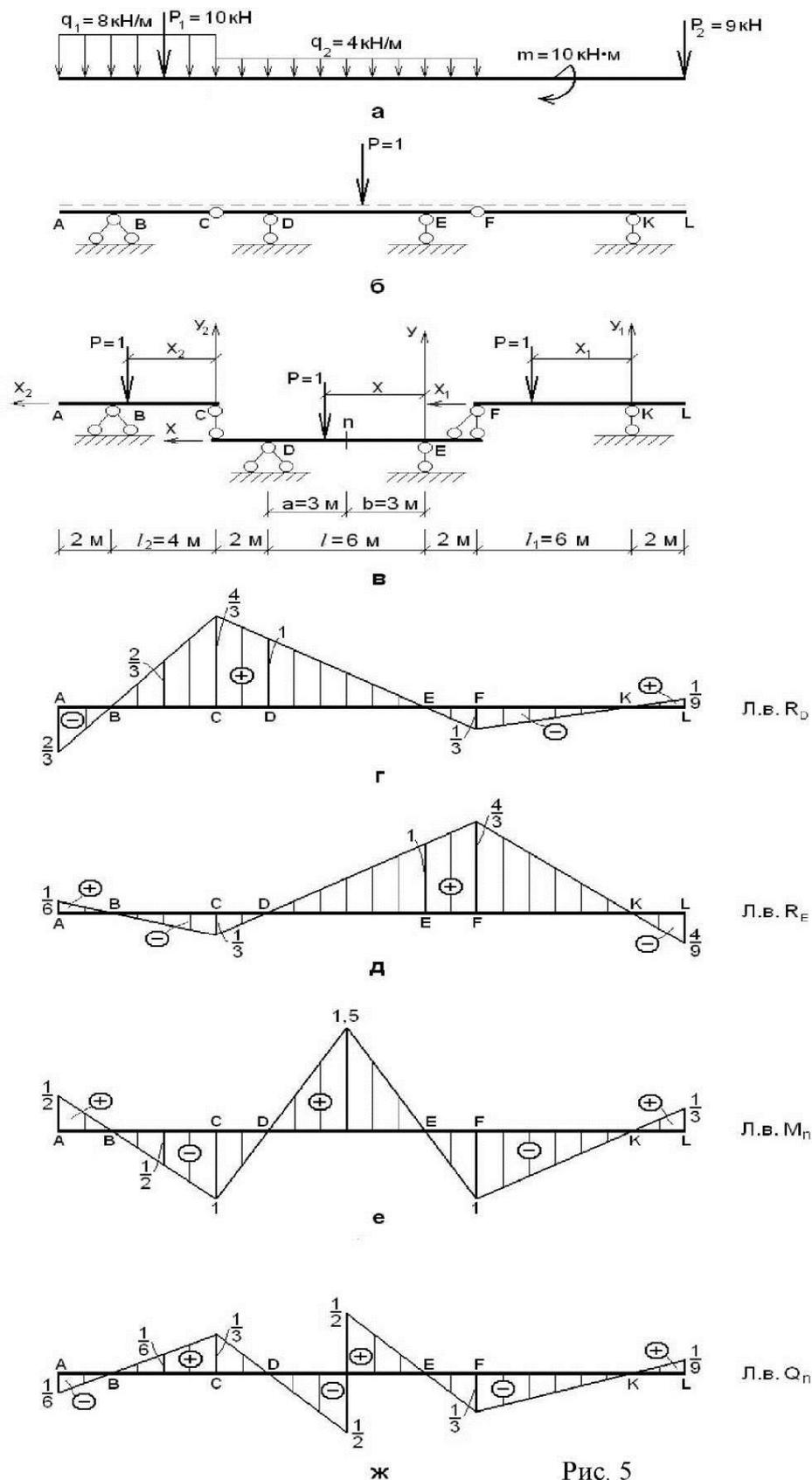


Рис. 5

На рис. 5, а приведена схема неподвижной нагрузки, необходимая для определения значений реакции и внутренних усилий с помощью линий влияния, а на рис. 5, б – схема движения единичной вертикальной силы P , равной 1, по балке AL , от которой строятся линии влияния. Затем строим поэтажную схему (рис. 5, в).

1. Построение линий влияния опорных реакций R_D и R_E .

1) Ставится единичный груз $P = 1$ на балку CF . Начало системы координат (X, Y) принимается на опоре E . Абсцисса груза меняется в пределах

$2 \text{ м} < X < 8 \text{ м}$, а балки AC и FL мысленно отбрасываются

$$\sum M_E = 0: R_D l - P x = 0, \quad \text{откуда } R_D = P x / l; \quad (1)$$

$$\sum M_D = 0: -R_E l - P(l - x) = 0, \quad \text{откуда } R_E = P(l - x) / l; \quad (2)$$

При $x = 2 \text{ м}$: $R_D = 1/3, \quad R_E = 4/3,$
 $x = 0 \text{ м}$: $R_D = 0, \quad R_E = 1,$
 $x = l \text{ м}$: $R_D = 1, \quad R_E = 0,$
 $x = 8 \text{ м}$: $R_D = 4/3, \quad R_E = -1/3.$

2) Единичный груз $P = 1$ переносится на балку FL . Начало местной системы координат (X_1, Y_1) принимается на опоре K . Абсцисса груза меняется в пределах $-2 \text{ м} < x_1 < 6 \text{ м}$.

$$\sum M_K = 0: R_F l_1 - P x_1 = 0: R_F = P x_1 / l_1.$$

Выразим R_D и R_E через давление R_F . Для этого прикладываем давление R_F на балку CF в точке F , мысленно отбросив балки AC и FL .

$$\sum M_E = 0: R_D l - R_F \cdot 2 = 0; \quad R_D = -R_F \cdot 2 / l = -(P x_1 / l_1) \cdot 2 / l;$$

$$\sum M_D = 0: R_E l - R_F \cdot 8 = 0; \quad R_E = R_F \cdot 8 / l = (P x_1 / l_1) \cdot 8 / l.$$

Итак, при движении $P = 1$ по участку FL реакции равны:

$$R_D = -(P x_1 / l_1) \cdot 2 / l; \quad (3)$$

$$R_E = (P x_1 / l_1) \cdot 8 / l. \quad (4)$$

При $x_1 = -2 \text{ м}$: $R_D = 1/9, \quad R_E = -4/9,$
 $x_1 = 0 \text{ м}$: $R_D = 0, \quad R_E = 0,$
 $x_1 = l_1 \text{ м}$: $R_D = -1/3, \quad R_E = 4/3.$

3) Переносим единичный груз $P = 1$ на балку AC . Начало местной системы координат (X_2, Y_2) примем на опоре C , абсциссу груза меняющей в пределах $0 \text{ м} < X_2 < 6 \text{ м}$.

Определяем реакцию R_C :

$$\sum M_B = 0: -R_C l_2 - P(l_2 - x_2) = 0, \quad \text{откуда } R_C = P(l_2 - x_2) / l_2;$$

Выразим R_D и R_E через давление R_C . Для этого приложим R_C на балку CF в точке C , мысленно отбросим балки AC и FL .

$$\sum M_E = 0: R_D l - R_C \cdot 8 = 0; \quad R_D = R_C \cdot 8 / l = P((l_2 - x_2) / l_2) \cdot 8 / l;$$

$$\sum M_D = 0: -R_E l - R_C \cdot 2 = 0; \quad R_E = -R_C \cdot 2 / l = -P((l_2 - x_2) / l_2) \cdot 2 / l;$$

Итак, при движении $P=1$ по участку AC реакции равны:

$$R_D = P \cdot ((l_2 - x_2)/l_2) \cdot 8/l; \quad (5)$$

$$R_E = P \cdot ((l_2 - x_2)/l_2) \cdot 2/l; \quad (6)$$

При $x_2=0$ м: $R_D=4/3$; $R_E=1/3$;

$x_2=l_2=4$ м: $R_D=0$; $R_E=0$;

$x_2=6$ м: $R_D=2/3$; $R_E=1/6$;

По полученным ординатам строим ЛВ R_D и R_E , (см. рис. 5, г, д).

Построение линии влияния M_n и Q_n в сечении n балки AL

1) Пусть единичная сила движется по балке CF левее сечения n , абсцисса меняется в пределах $3 \text{ м} < x_2 < 8 \text{ м}$, а реакция R_E – по закону (2). Из равновесия части балки nL' с меньшим количеством сил относительно сечения n получим

$$M_n = R_E \cdot b; \quad (a)$$

$$Q_n = R_E; \quad (б)$$

Подставим значения $R_E = P(l-x)/l$ из (2) в формулы (а) и (б), откуда получим:

$$M_n = bP(l-x)/l; \quad Q_n = P(l-x)/l;$$

При $x=3$ м: $M_n=1,5$; $Q_n=0,5$;

$x=6$ м: $M_n=0$; $Q_n=0$;

$x=8$ м: $M_n=-1$; $Q_n=1/3$;

2) При движении единичной силы по балке AC абсцисса меняется в пределах $0 < x_2 < 6$ м, а реакция R_E – по закону (6):

$$R_E = P \cdot ((l_2 - x_2)/l_2) \cdot 2/l;$$

Подставим значение R_E в формулы (а) и (б), получим:

$$M_n = R_E \cdot b = [P \cdot ((l_2 - x_2)/l_2) \cdot 2/l] \cdot b;$$

$$Q_n = R_E = P \cdot ((l_2 - x_2)/l_2) \cdot 2/l;$$

При $x_2=0$ м: $M_n=-1$; $Q_n=1/3$;

$x_2=l_2=4$ м: $M_n=0$; $Q_n=0$;

$x_2=6$ м: $M_n=1/2$; $Q_n=1/6$;

3) Поставим единичную силу $P=1$ между сечением n и F балки CF , абсцисса будет меняться в этом случае в пределах $2 \text{ м} < x < 3 \text{ м}$, а реакция R_D – по закону(1): $R_D = P \cdot x/l$.

Из равновесия левой части nC балки CF , ввиду того, что здесь меньше сил, получим для сечения n :

$$M_n = R_D \cdot a; \quad (в)$$

$$Q_n = R_D; \quad (г)$$

Подставим значение R_D в формулы (в) и (г), получим:

$$M_n = R_D a - (P x/l) \cdot a;$$

$$Q_n = P x/l;$$

При $x=2$ м: $M_n=1$; $Q_n=1/3$;
 $x=0$ м: $M_n=0$; $Q_n=0$;
 $x=b=3$ м: $M_n=1,5$; $Q_n=0,5$;

4) Переносим единичный груз на балку FL . Здесь: $2 \text{ м} < x_1 < 6 \text{ м}$, а R_D определяется по формуле (3): $R_D = (P x_1/l_1) \cdot 2/l$;

Подставим значение R_D этого участка в формулы (в) и (г), получим:

$$M_n = R_D a - (P x_1/l_1) \cdot 2/l \cdot a;$$

$$Q_n = R_D - (P x_1/l_1) \cdot 2/l;$$

При $x_1=2$ м: $M_n=1/3$; $Q_n=1/9$;
 $x_1=0$ м: $M_n=0$; $Q_n=0$;
 $x_1=l_1=6$ м: $M_n=-1$; $Q_n=-1/3$;

По полученным значениям ординат строим линию влияния изгибающего момента M_n и поперечной силы Q_n в сечении n балки (см. рис. 5, е, ж).

Определение реакции R_D , изгибающего момента M_n и поперечной силы Q_n в сечении n балки AL от заданной нагрузки, показанной на рис. 5, а

1. Вычисление величины опорной реакции R_D ,

$$R_D = P_1 y_1 + P_2 y_2 + q_1 \omega_1 + q_2 \omega_2 + m \operatorname{tg} \alpha;$$

По рис. 5, г определяем ординаты под силами P_1 и P_2 на ЛВ R_D :

$$y_1 = 2/3; \quad y_2 = 1/9;$$

$$\omega_1 = (2/3) \cdot 2 \cdot 1/2 - (4/3) \cdot 4 \cdot 1/2 = 2 \text{ м}^2 \quad \text{площадь ЛВ } R_D \text{ под распределенной нагрузкой } q_1;$$

$$\omega_2 = (4/3) \cdot 8 \cdot 1/2 - (1/3) \cdot 2 \cdot 1/2 = 5 \text{ м}^2 \quad \text{— площадь ЛВ } R_D \text{ под распределенной нагрузкой } q_2;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = (1/3) \cdot 1/6 = 1/18 \quad \text{тангенс угла наклона ЛВ } R_D \text{ в точке приложения сосредоточенного момента } m.$$

$$R_D = 10 \cdot 2/3 + 9 \cdot 1/9 + 8 \cdot 2 + 4 \cdot 5 + 10 \cdot 1/18 = 44,2 \text{ кН.}$$

2. Вычисление изгибающего момента M_n в сечении n .

$$M_n = P_1 y_1 + P_2 y_2 + q_1 \omega_1 + q_2 \omega_2 + m \operatorname{tg} \alpha.$$

По рис. 5, е определяем ординаты под силами P_1 и P_2 на ЛВ M_n :

$$y_1 = -1/2; \quad y_2 = 1/3;$$

$\omega_1 = 1/2 \cdot 2 \cdot 1/2 - 1 \cdot 4 \cdot 1/2 = -1,5 \text{ м}^2$ – площадь ЛВ M_n под распределенной нагрузкой q_1 ;

$\omega_2 = -1 \cdot 2 \cdot 1/2 + 1,5 \cdot 3 \cdot 1/2 - 1 \cdot 2 \cdot 1/2 = 2,5 \text{ м}^2$ – площадь ЛВ M_n под распределенной нагрузкой q_2 ;

$\text{tg} \alpha = 1/6$ – тангенс угла наклона ЛВ M_n в точке приложения сосредоточенного момента m .

$$M_n = 10 \cdot (-1/2) + 9 \cdot 1/3 + 8 \cdot (-1,5) + 4 \cdot 2,5 + 10 \cdot 1/6 = -2,33 \text{ кН}.$$

3. Вычисление поперечной силы Q_n в сечении n .

$$Q_n = P_1 y_1 + P_2 y_2 + q_1 \omega_1 + q_2 \omega_2 + m \text{tg} \alpha.$$

По рис. 5, ж определяем:

$$y_1 = 1/2; \quad y_2 = 1/3;$$

$\omega_1 = (-1/6) \cdot 2 \cdot 1/2 + (1/3) \cdot 4 \cdot 1/2 = 1/2 \text{ м}^2$ – площадь ЛВ Q_n под распределенной нагрузкой q_1 ;

$\omega_2 = 1/3 \cdot 2 \cdot 1/2 - 0,5 \cdot 3 \cdot 1/2 + 0,5 \cdot 3 \cdot 1/2 - 1/3 \cdot 2 \cdot 1/2 = 0 \text{ м}^2$ – площадь ЛВ Q_n под распределенной нагрузкой q_2 ;

$\text{tg} \alpha = 1/3 \cdot 1/6 = 1/18$ – тангенс угла наклона ЛВ Q_n в точке приложения сосредоточенного момента m .

$$Q_n = 10 \cdot 1/6 + 9 \cdot 1/9 + 8 \cdot 1/2 + 4 \cdot 0 + 10 \cdot 1/18 = 7,2 \text{ кН}.$$

Из вычислений видно, что результаты усилий по методу плоских сечений и линиям влияний практически совпадают.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дарков А. В. Строительная механика / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - СПб. : Издательство Лань, 2005. - 656 с.
2. Киселёв В. А. Строительная механика / В. А. Киселёв. - М. : Стройиздат, 1976. - 512 с.
3. Рабинович И. М. Основы строительной механики стержневых систем / И. М. Рабинович - М. : Госстройиздат, 1960. - 519 с.
4. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики / Г. К. Клейн, Р. Ф. Гаабасов, Л. И. Кошелев и др. - М. : Высш. шк., 1980. - 318 с.
5. Снитко Н. К. Строительная механика / Н. К. Снитко. - М. : Высш. шк., 1980. - 427 с.