

ТЕМА 10. МЕТОД СЕЧЕНИЙ. ВНУТРЕННИЕ СИЛЫ

Решение большинства задач, связанных с расчетами на прочность и жесткость элементов конструкции, начинается с анализа нагруженности, который для стержня выполняется путем построения эпюр **ВСФ**. Для стержня постоянного поперечного сечения уже по эпюре **ВСФ** можно выявить **опасное сечение** — сечение, в котором наиболее вероятно разрушение.

Алгоритм решения задач

1. Расчетная схема:

- изобразить стержень в масштабе, указать все размеры, выраженные через параметр длины;
- показать все приложенные нагрузки, выразив их через параметр нагрузки;
- определить при необходимости реакции опор стержня.

2. Построение эпюр **ВСФ**:

- метод сечений;
- правила знаков для **ВСФ**;
- дифференциальные зависимости **ВСФ** от внешней распределенной нагрузки.

3. Проверка правильности построения эпюр

Замечания

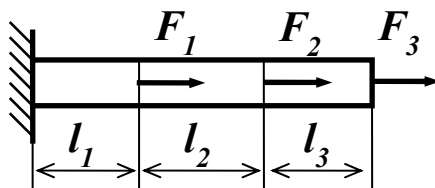
1. Для консольного стержня реакции заделки можно использовать только для проверки эпюр.

2. Для двухопорного стержня эпюры **ВСФ** невозможно построить, не определяя реакции опор.

Примеры решения задач

Задача 1. Построение эпюры нормальной силы

Дано



Консольный стержень (см. рис. 1) нагружен сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 2l$; $l_3 = 1,5l$;

$$F_1 = 2P; F_2 = -1,5P; F_3 = P.$$

Рис. 1

Построить

Эпюру нормальной силы $\mathcal{E}N$.

Решение

1. Расчетная схема.

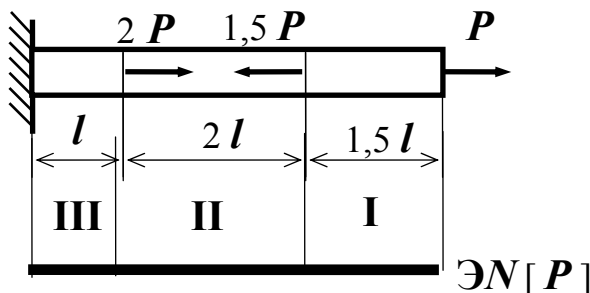


Рис. 2

Изобразим стержень в масштабе (см. рис. 2). Проставим размеры, выразив их через параметр длины l . Покажем приложенные нагрузки, выразив их через параметр нагрузки P . Знак “-” в значении силы F_2 означает смену направления силы на противоположное тому, что показано в условии задачи.

Разобьем стержень на участки, начиная со свободного конца: **I**, **II**, **III**.

2. Построение $\mathcal{E}N$.

Проведем линию, параллельную оси бруса, — ось эпюры (см. рис. 2). Около оси справа подпишем название эпюры: $\mathcal{E}N[\quad]$. В квадратных скобках позднее проставим размерность числовых значений на эпюре.

Так как на всех участках стержня продольная распределенная нагрузка отсутствует: $q = 0 \Rightarrow N = \text{const}$. Эпюра нормальной силы на всех участках постоянная, параллельна оси бруса, и для ее построения на каждом участке достаточно провести одно сечение.

Участок **I**. Проведем сечение **1** и рассмотрим правую отсеченную часть (см. рис. 3). Со стороны отброшенной левой отсеченной части приложим положительную (растягивающую) нормальную силу N_1 . Отсеченная часть, как и весь стержень, находится в равновесии. Уравновешенная системы сил: $\{P, N_1\} \sim 0$. Запишем аналитическое условие равновесия линейной системы сил: $\sum F_{jz} = 0 = +P - N_1$.

Откуда нормальная сила в сечении **1** $N_1 = +P$.

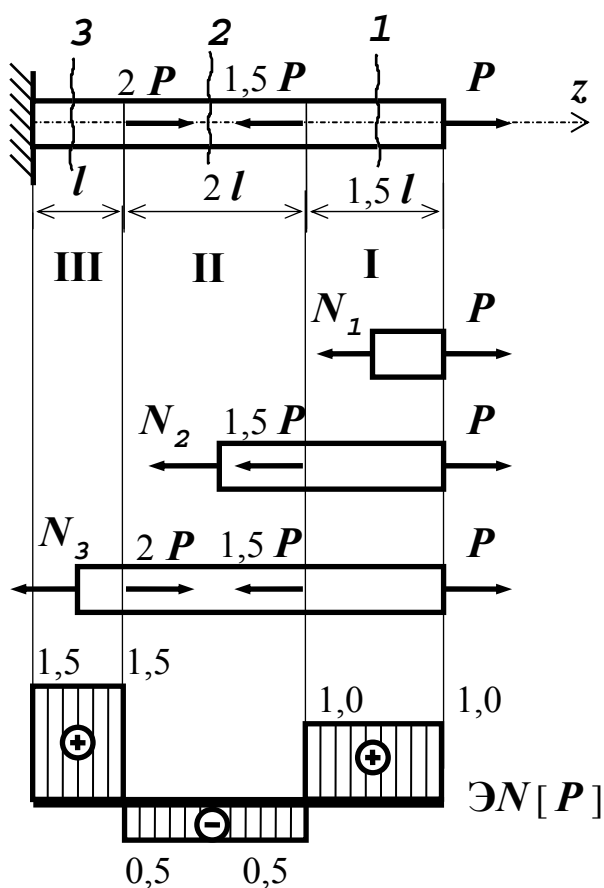


Рис. 3

Построим \mathcal{EN} на участке **I** (см. рис. 3):

- отметим это значение на эпюре в сечении **1**;
- проведем линию, параллельную оси эпюры;
- подпишем числовое значение — 1,0 — в начале и конце участка;
- проставим знак в кружочке — \oplus — внутри эпюры;
- укажем размерность числовых значений на эпюре $[P]$ в квадратных скобках у названия эпюры.

Участок **II**. Проведем сечение **2** (см. рис. 3). $\{P, 1,5P, N_2\} \sim 0$.

$$\sum F_{jz} = 0 = +P - 1,5P - N_2 \Rightarrow N_2 = +P - 1,5P = -0,5P.$$

Построим \mathcal{EN} на участке **II** (см. рис. 3).

Участок **III**. Проведем сечение **3** (см. рис. 3). $\{P, 1,5P, 2P, N_3\} \sim 0$.

$$\sum F_{jz} = 0 = +P - 1,5P + 2P - N_3 \Rightarrow N_3 = +P - 1,5P + 2P = +1,5P.$$

Построим \mathcal{EN} на участке **III** (рис. 3).

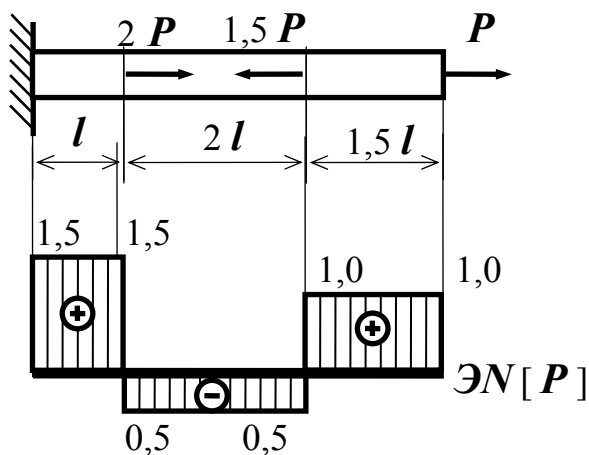


Рис. 4

Проверка

На границах участков, в точках приложения сосредоточенных сил на \mathcal{EN} имеются скачки на величину приложенных сосредоточенных сил:

- на свободном конце стержня — на $+P$;
- на границе **I** и **II** участков — на $-1,5P$;
- на границе **II** и **III** участков — на $+2P$.

Ответ

Расчетная схема стержня и эпюра нормальной силы показаны на рис. 4.

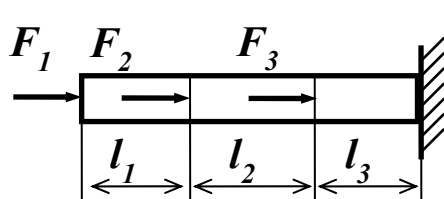
Замечание

ВСФ в сечении стержня равен алгебраической сумме внешних нагрузок по одну сторону от сечения, взятых со знаком **СМ**.

Выражения для N_1, N_2, N_3 в задаче 1 представляют собой суммы внешних сосредоточенных сил, приложенных справа от сечений **1, 2, 3** соответственно, взятых со знаком **СМ**, т.е. растягивающие силы $P, 2P$ со знаком “+”, сжимающая сила $1,5P$ со знаком “-”.

Задача 2. Построение эпюры нормальной силы

Дано



Консольный стержень (см. рис. 5) нагружен сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные: $l_1 = 1,5l; l_2 = l; l_3 = 1,5l$;

$$F_1 = P; F_2 = -P; F_3 = 1,5P.$$

Рис. 5

Построить

Эпюру нормальной силы $\mathcal{E}N$.

Решение

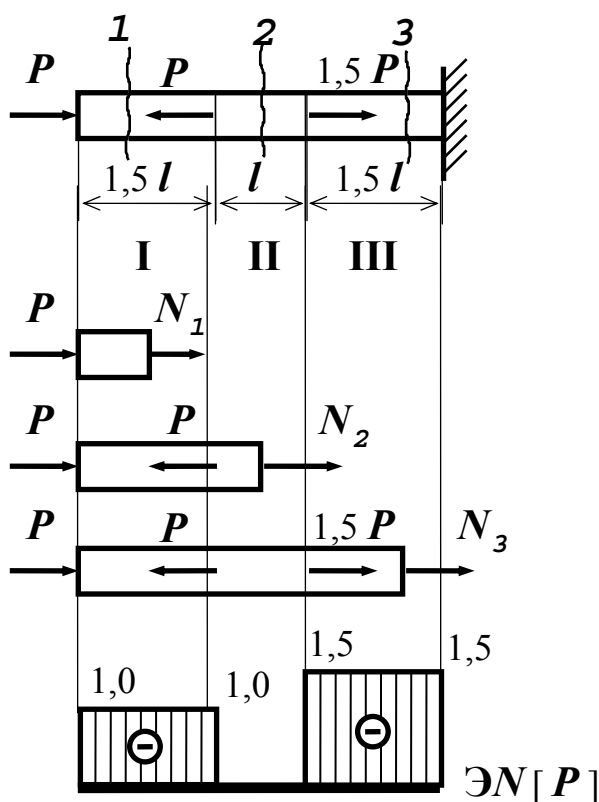


Рис. 6

1. Расчетная схема (см. рис. 6). Разобьем стержень на участки, начиная со свободного конца: **I, II, III**.

2. Построение $\mathcal{E}N$ (см. рис. 6).

На всех участках стержня: $q = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N = \text{const} \Rightarrow$ 1 сечение на участке.

Участок **I**. Проведем сечение **1**. $N_1 = -P$. Построим $\mathcal{E}N$ на участке **I**.

Участок **II**. Проведем сечение **2**.

$$N_2 = -P + P = 0.$$

Построим $\mathcal{E}N$ на участке **II**.

Участок **III**. Проведем сечение **3**.

$$N_3 = -P + P - 1,5P = -1,5P.$$

Построим $\mathcal{E}N$ на участке **III**.

Проверка. Скачки на эпюре соответствуют сосредоточенным силам на границах участков.

Задача 3. Построение эпюры крутящего момента

Дано

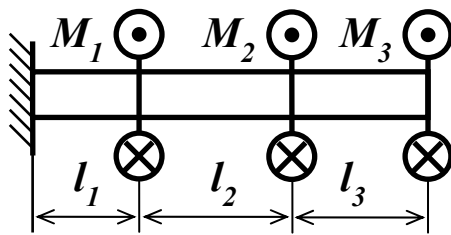


Рис. 7

Консольный вал (см. рис. 7) нагружен сосредоточенными моментами. Параметр длины l ; параметр нагрузки M .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 2l$; $l_3 = l$;

$$M_1 = 3M; M_2 = -2M; M_3 = M.$$

Построить

Эпюру крутящего момента $\mathcal{E}T$.

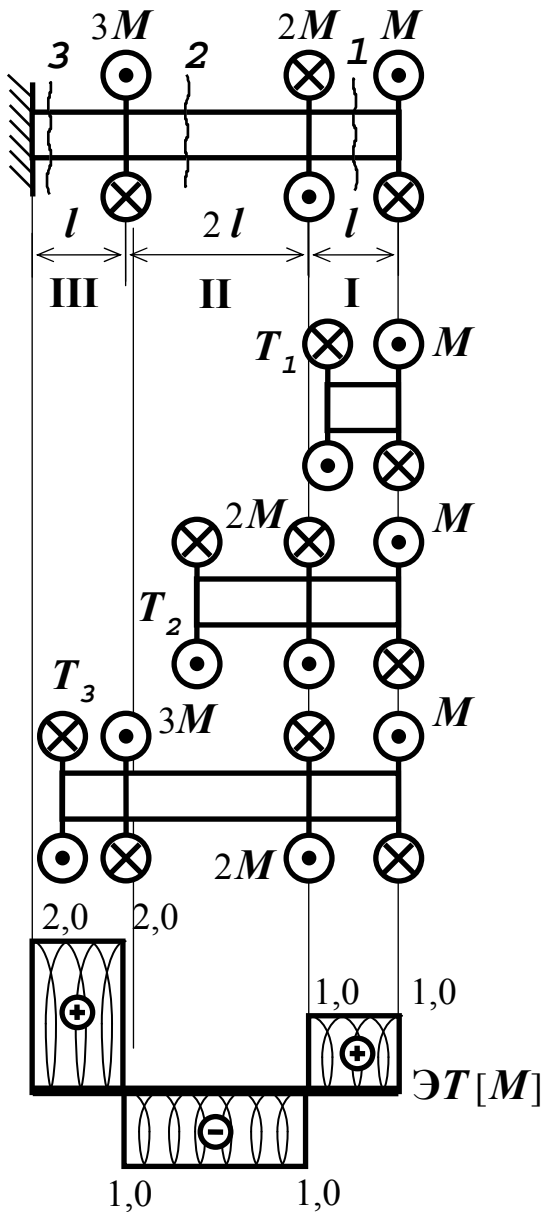


Рис. 8

Решение

1. Расчетная схема (см. рис. 8). Разобьем вал на участки, начиная со свободного конца: I, II, III.

2. Построение $\mathcal{E}T$ (см. рис. 8).

На всех участках вала:

$$m = 0 \Rightarrow T = \text{const.}$$

Эпюра крутящего момента на всех участках постоянная, параллельна оси бруса, и для ее построения на каждом участке достаточно провести одно сечение.

Участок I. Проведем сечение 1.

$$T_1 = +M.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке I. Штриховку на $\mathcal{E}T$ принято выполнять дугообразными линиями, чтобы отличать ее от эпюр изгибающих моментов в сложных задачах.

Участок II. Проведем сечение 2.

$$T_2 = +M - 2M = -M.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке II.

Участок III. Проведем сечение 3.

$$T_3 = +M - 2M + 3M = +2M.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке III.

Проверка. Скачки на эпюре соответствуют сосредоточенным моментам на границах участков.

Задача 4. Построение эпюры крутящего момента

Дано

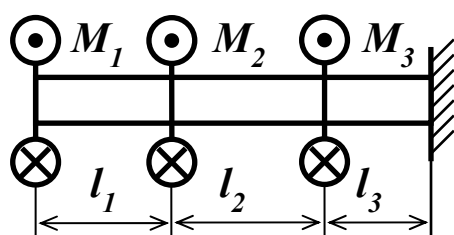


Рис. 9

Консольный вал (см. рис. 9) нагружен сосредоточенными моментами. Параметр длины l ; параметр нагрузки M .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 1,5 l$; $l_3 = 1,5 l$;

$$M_1 = 2 M; M_2 = -3 M; M_3 = M.$$

Построить

Эпюру крутящего момента $\mathcal{E}T$.

Решение

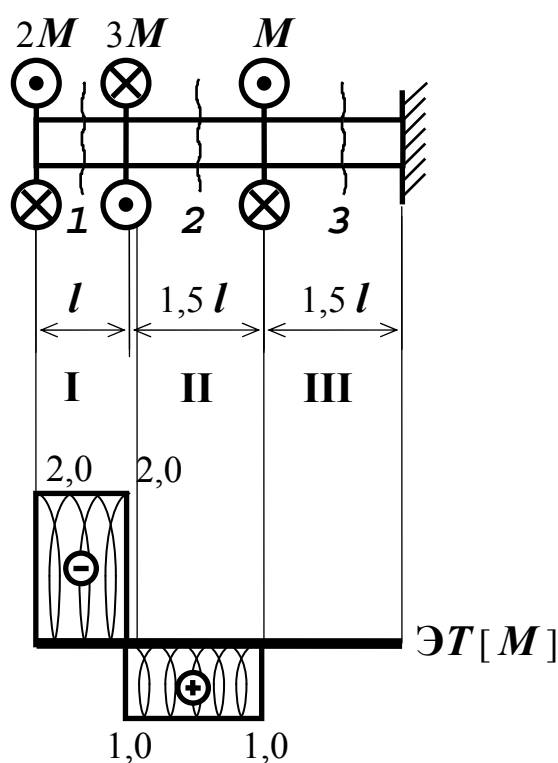


Рис. 10

1. Расчетная схема (см. рис. 10). Разобьем вал на участки, начиная со свободного конца: I, II, III.

2. Построение $\mathcal{E}T$ (см. рис. 10).

На всех участках вала: $m = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \text{const} \Rightarrow$ 1 сечение на участке.

Участок I. Проведем сечение 1.

$$T_1 = -2 M.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке I.

Участок II. Проведем сечение 2.

$$T_2 = -2 M + 3 M = + M.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке II.

Участок III. Проведем сечение 3.

$$T_3 = -2 M + 3 M - M = 0.$$

Построим $\mathcal{E}T$ на участке III.

Проверка. Скачки на эпюре соответствуют сосредоточенным моментам на границах участков.

Задача 5. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента в консольной балке

Дано

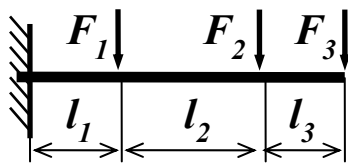


Рис. 11

Консольная балка (см. рис. 11) нагружена сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 1,5 l$; $l_3 = 2 l$;

$$F_1 = 2 P; F_2 = -3 P; F_3 = P.$$

Построить

Эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$.

Решение

1. Расчетная схема (см. рис. 12). Разобьем балку на участки, начиная со свободного конца: I, II, III.

2. Построение $\mathcal{E}Q_y$ (см. рис. 12). На всех участках балки:

$q = 0 \Rightarrow Q_y = \text{const} \Rightarrow$ достаточно провести 1 сечение на участке.

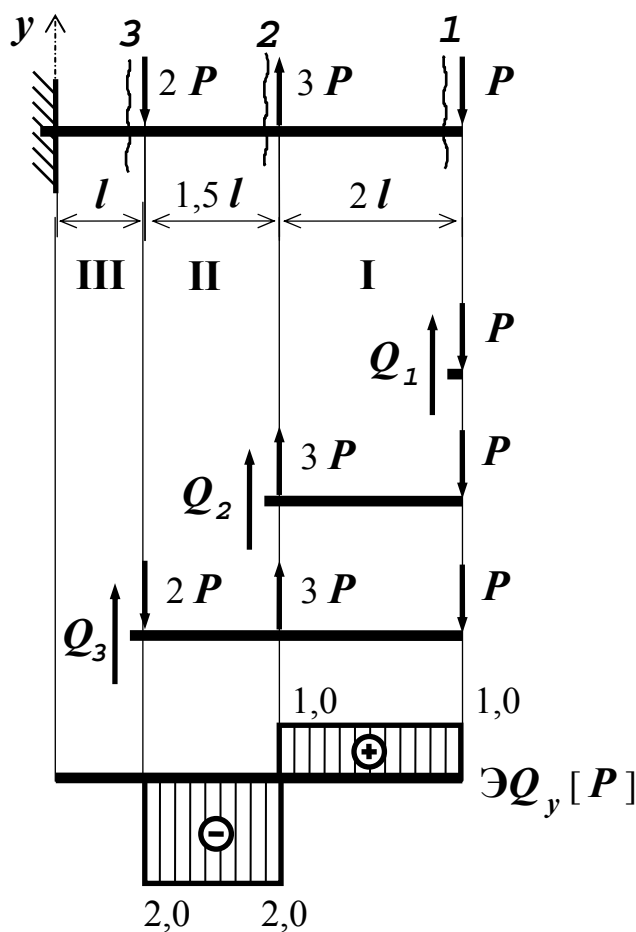


Рис. 12

Участок I. Проведем сечение 1 (начало участка I) и рассмотрим правую отсеченную часть. Приложим в сечении 1 положительную поперечную силу Q_1 . Условие равновесия отсеченной части:

$$\sum F_{jy} = 0 = -P + Q_1 \Rightarrow Q_1 = +P.$$

Поперечная сила в сечении 1 равна алгебраической сумме внешних нагрузок справа от сечения 1, взятых со знаком СМ. Сила P , приложенная на конце балки, стремится повернуть отсеченную часть относительно сечения 1 по часовой стрелке, следовательно, входит в выражение для Q_1 со знаком “+”.

Построим $\mathcal{E}Q_y$ на участке I.

Участок II. Проведем сечение 2 (начало участка II).

$$Q_2 = +P - 3P = -2P.$$

Построим $\mathcal{E}Q_y$ на участке II.

Участок **III**. Проведем сечение **3** (начало участка **III**).

$$Q_3 = +P - 3P + 2P = 0.$$

Построим $\mathcal{E}Q_y$ на участке **III**.

Проверка. Скачки на эпюре соответствуют сосредоточенным силам на границах участков.

3. Построение $\mathcal{E}M_x$ (см. рис. 13).

Участок **I**.

$Q_y = \text{const} \Rightarrow M_x \sim z \Rightarrow$ 2 сечения на участке: начало участка — сечение **1** и конец участка — сечение **4**.

Проведем сечение **1** и рассмотрим правую отсеченную часть. Приложим в сечении **1** положительный изгибающий момент M_1 . Условие равновесия отсеченной части — сумма алгебраических моментов всех сил относительно сечения **1** равна нулю:

$$\sum \tilde{M}_1 \bar{F}_j = 0 = -P \cdot dz - M_1 \Rightarrow M_1 = 0.$$

Сечение **1** проведено бесконечно близко к свободному концу балки, длина отсеченной части равна dz и момент силы P , таким образом, равен 0.

Проведем сечение **4** и рассмотрим правую отсеченную часть. Приложим в сечении **4** положительный изгибающий момент M_4 . Условие равновесия отсеченной части — сумма алгебраических моментов всех сил относительно сечения **4** равна нулю:

$$\sum \tilde{M}_4 \bar{F}_j = 0 = -P \cdot 2l - M_4 \Rightarrow M_4 = -2Pl.$$

Изгибающий момент в сечении **4** равен алгебраической сумме моментов относительно сечения **4** всех внешних нагрузок справа от сечения **4**, взятых со знаком **СМ**. Сила P , приложенная на конце балки, прогибает балку вниз, в этом случае вогнутая сжатая сторона балки оказывается снизу, следовательно, ее момент входит в выражение для M_4 со знаком “—”.

Построим $\mathcal{E}M_x$ на участке **I**. $\mathcal{E}M_x$ всегда строится на сжатом волокне без указания знака, т.е. положительные значения откладываются вверх, отрицательные — вниз.

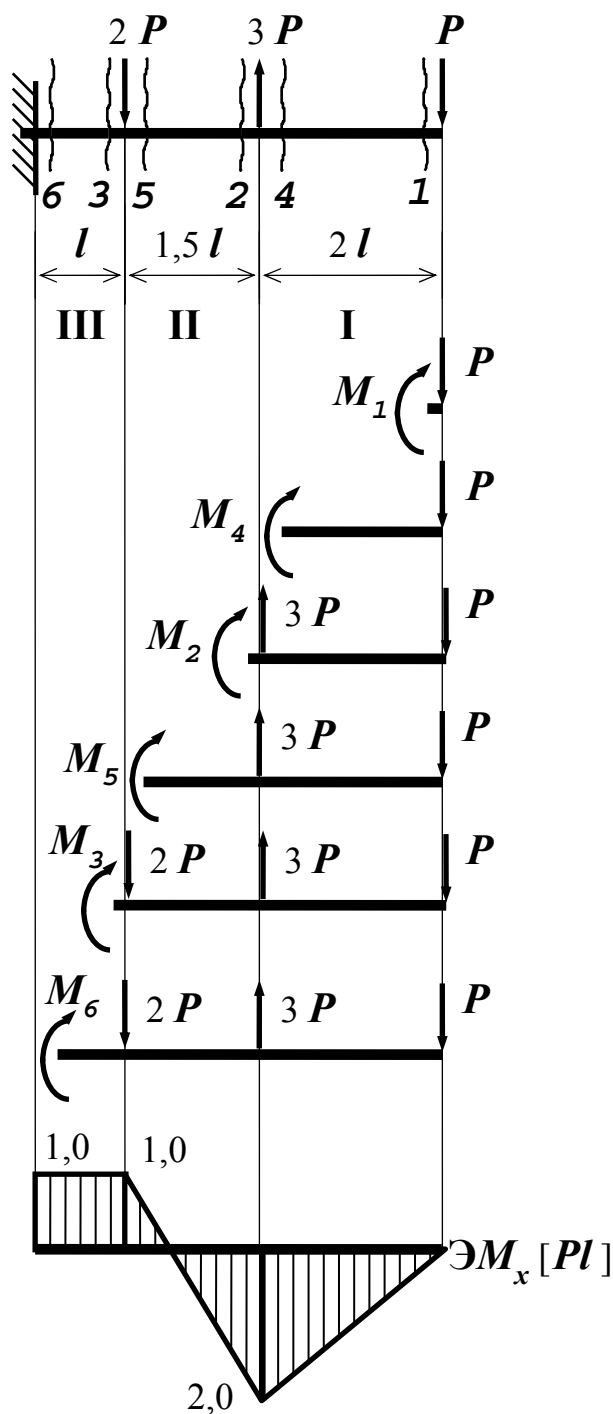


Рис. 13

Участок II.

$Q_y = \text{const} \Rightarrow M_x \sim z \Rightarrow 2$ сечения на участке: начало участка — сечение 2 и конец участка — сечение 5.

Проведем сечение 2.

$$\begin{aligned} M_2 &= -P \cdot 2l + 3P \cdot 0 = \\ &= -2Pl = M_4. \end{aligned}$$

Проведем сечение 5.

$$\begin{aligned} M_5 &= -P \cdot 3,5l + 3P \cdot 1,5l = \\ &= +1Pl. \end{aligned}$$

Построим $\mathcal{E}M_x$ на участке II.

Участок II.

$Q_y = 0 \Rightarrow M_x = \text{const} \Rightarrow 1$ сечение на участке.

Проведем сечение 3.

$$\begin{aligned} M_3 &= -P \cdot 3,5l + 3P \cdot 1,5l - 2P \cdot 0 = \\ &= +1Pl = M_5. \end{aligned}$$

Построим $\mathcal{E}M_x$ на участке III.

Проверка.

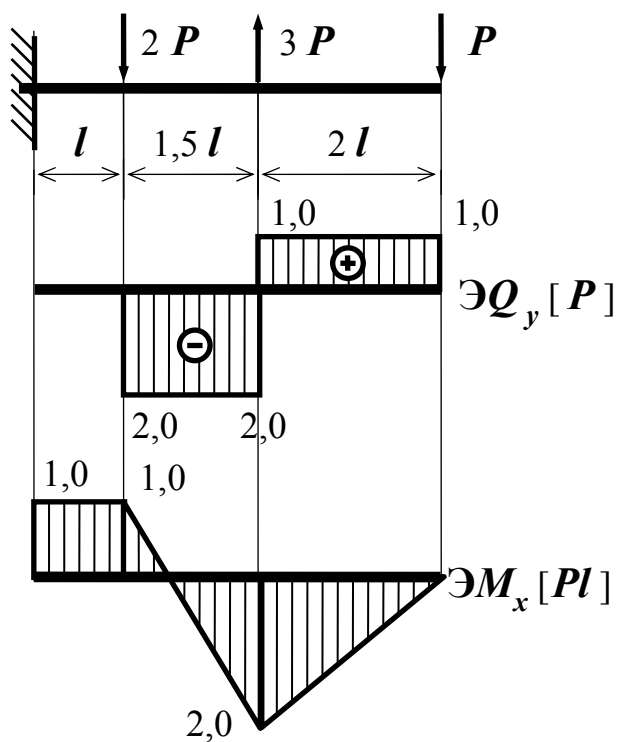
1. Сосредоточенных моментов нет — скачки на эпюре отсутствуют.
2. Проведем сечение 6 — конец участка

III.

$$\begin{aligned} M_6 &= -P \cdot 4,5l + 3P \cdot 2,5l - 2P \cdot l = \\ &= +1Pl = M_3, \end{aligned}$$

что соответствует значению на эпюре.

Ответ

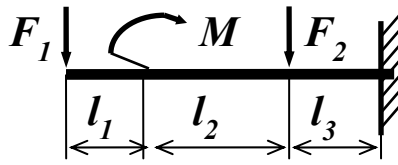


Расчетная схема балки и эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$ показаны на рис. 14.

Рис. 14

Задача 6. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента в консольной балке

Дано



Консольная балка (см. рис. 15) нагружена сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 1,5 l$; $l_3 = 2 l$;

$$F_1 = P; F_2 = -2 P; M = 2 Pl.$$

Рис. 15

Построить

Эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$.

Решение

1. Расчетная схема (см. рис. 16). Разобьем балку на участки, начиная со свободного конца: I, II, III.

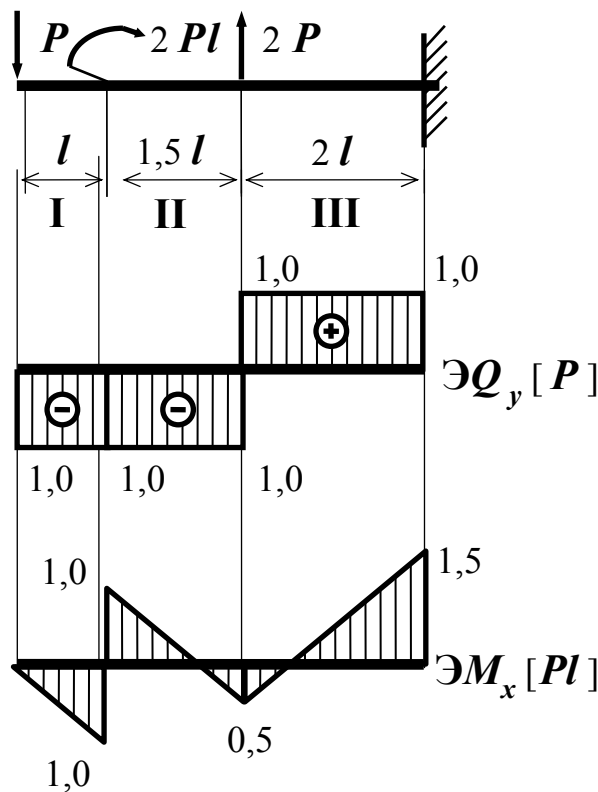


Рис. 16

2. Построение $\mathcal{E}Q_y$ (см. рис. 16). На всех участках балки:

$q = 0 \Rightarrow Q_y = \text{const} \Rightarrow$ достаточно провести 1 сечение на участке.

2. Построение $\mathcal{E}M_x$ (см. рис. 16). На всех участках балки:

$Q_y = \text{const} \Rightarrow M_x \sim z \Rightarrow$ достаточно провести 2 сечения на участке: начало участка и конец участка.

Проверка.

1. Скачки на эпюре поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ соответствуют сосредоточенным силам на свободном конце балки и границе участков II и III.
2. Скачок на эпюре изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$ соответствует сосредоточенному моменту на границе участков I и II.

Ответ

Расчетная схема балки и эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$ показаны на рис. 16.

Задача 7. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента в двухопорной балке

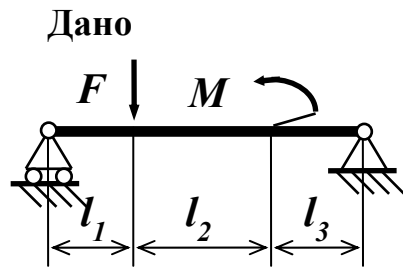


Рис. 17

Двухопорная балка (см. рис. 17) нагружена сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные: $l_1 = l$; $l_2 = 2l$; $l_3 = l$;

$$F = P; M = 2Pl.$$

Построить

Эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$.

Решение

1. Расчетная схема (см. рис. 18).

Определим реакции опор балки. Отбросим опоры: подвижный шарнир **A** на левом конце балки и неподвижный шарнир **B** на правом конце балки. Введем вместо отброшенных связей реакции: Y_A и Y_B . Горизонтальная реакция неподвижного шарнира X_B равна нулю, так как отсутствует горизонтальная внешняя нагрузка на балку. Составим II форму аналитических условий равновесия плоской параллельной системы сил:

$$\sum \tilde{M}_A \bar{F}_k = 0 = -P \cdot l + 2Pl + Y_B \cdot 4l;$$

$$\sum \tilde{M}_B \bar{F}_k = 0 = +P \cdot 3l + 2Pl + Y_A \cdot 4l.$$

Откуда $Y_A = +1,25P \Rightarrow \bar{Y}_A \uparrow \uparrow Ay$; $Y_B = -0,25P \Rightarrow \bar{Y}_B \uparrow \downarrow Ay$.

Изобразим балку еще раз с найденными опорными реакциями.

Проверим правильность определения опорных реакций с помощью уравнения проекций на ось y :

$$\sum F_{ky} = 0 = -P + Y_A - Y_B = -P + 1,25P - 0,25P = 0.$$

Таким образом, реакции опор балки найдены правильно.

Разобьем балку на участки, начиная с любой стороны, например, слева направо: **I**, **II**, **III**.

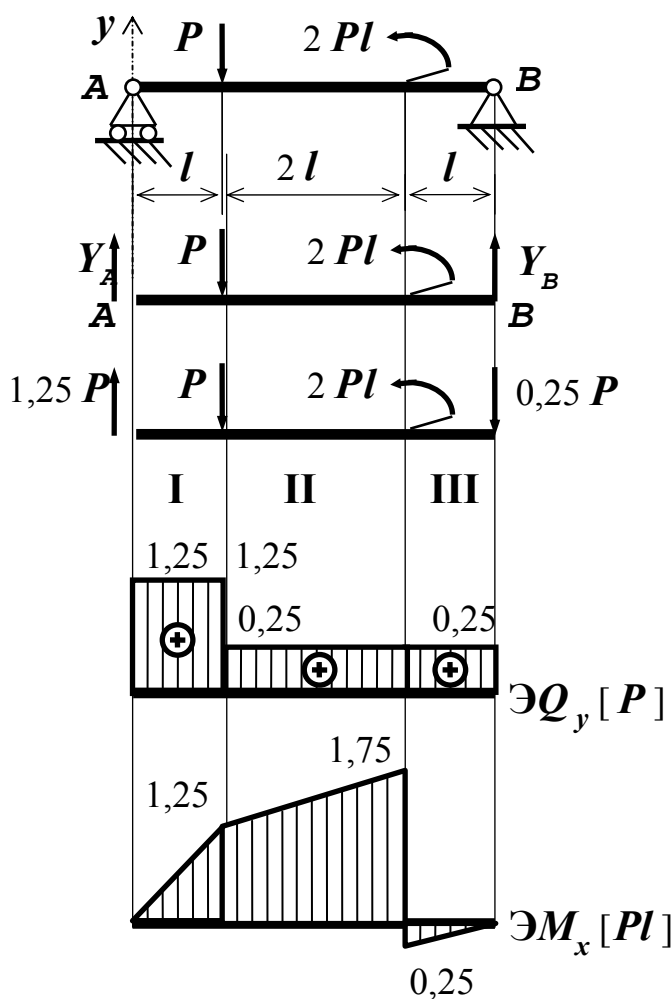


Рис. 18

Ответ

Расчетная схема балки и эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$ показаны на рис. 18.

2. Построение $\mathcal{E}Q_y$ (см. рис. 18). На всех участках балки:

$$q = 0 \Rightarrow Q_y = \text{const} \Rightarrow$$

\Rightarrow 1 сечение на участке.

2. Построение $\mathcal{E}M_x$ (см. рис. 18).

На всех участках балки:

$$Q_y = \text{const} \Rightarrow M_x \sim z \Rightarrow$$

\Rightarrow 2 сечения на участке: начало участка и конец участка.

Проверка.

1. Скачки на эпюре поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ соответствуют сосредоточенным силам на левом и правом концах балки и на границе участков I и II.
2. Изгибающие моменты на концах балки равны нулю (т.к. нет внешних сосредоточенных моментов).
3. Скачок на эпюре изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$ соответствует сосредоточенному моменту на границе участков II и III.

Практическое задание

Задача 10

Дано

Консольный стержень (см. рис. 19) нагружен сосредоточенными силами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные приводятся в табл.10.

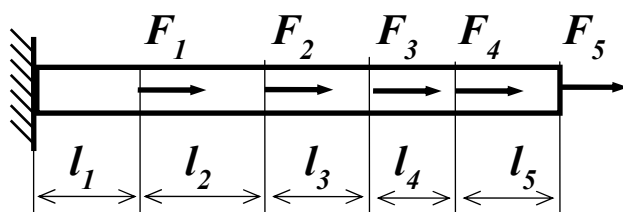


Схема 10.1

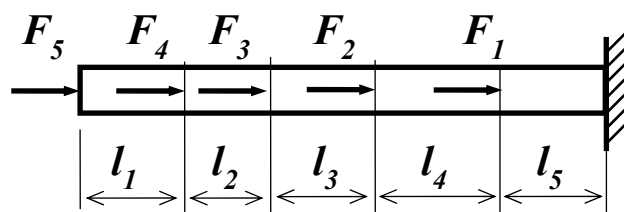


Схема 10.2

Рис. 19

Таблица 10

Цифра вари- анта	Порядковый номер цифры в варианте										
	1			2			3			4	
	$\frac{F_1}{P}$	$\frac{l_3}{l}$	$\frac{F_2}{P}$	$\frac{F_3}{P}$	$\frac{l_1}{l}$	$\frac{l_4}{l}$	$\frac{F_4}{P}$	$\frac{l_2}{l}$	$\frac{l_5}{l}$	$\frac{F_5}{P}$	схема
0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,9	3,0	-1,5	3,5	1,0	1,0	10.1
1	-1,0	1,1	2,0	2,8	2,8	3,2	-1,8	3,4	1,2	-1,2	10.2
2	1,5	1,2	3,0	3,0	2,5	3,4	-2,0	3,2	1,4	1,4	10.1
3	-1,5	1,3	4,0	3,2	2,6	3,5	-2,2	3,0	1,5	-1,5	10.2
4	2,0	1,4	5,0	3,4	2,5	3,6	-2,4	2,8	1,6	1,6	10.1
5	-2,0	1,5	-1,0	-3,5	2,4	3,8	2,5	2,6	1,8	-1,8	10.2
6	2,5	1,6	-2,0	-3,8	2,3	4,0	2,8	2,5	2,0	2,0	10.1
7	-2,5	1,7	-3,0	-4,0	2,2	4,2	3,0	2,4	2,2	-2,2	10.2
8	3,0	1,8	-4,0	-4,2	2,1	4,5	3,2	2,2	2,4	2,5	10.1
9	-3,0	1,9	-5,0	-4,5	2,0	4,8	3,5	2,0	2,5	-2,8	10.2

Построить

Эпюру нормальной силы \mathcal{N} .

Задача 11

Дано

Консольный вал (см. рис. 20) нагружен сосредоточенными моментами. Параметр длины l ; параметр нагрузки M .

Исходные данные приводятся в табл. 11.

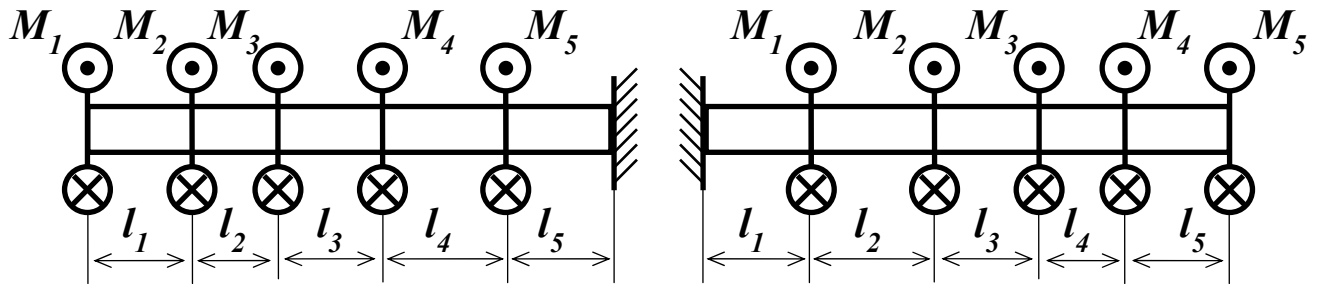


Схема 11.1

Схема 11.2

Рис. 20

Таблица 11

Цифра вари- анта	Порядковый номер цифры в варианте										
	1			2			3			4	
	$\frac{M_1}{M}$	$\frac{l_3}{l}$	$\frac{M_2}{M}$	$\frac{M_3}{M}$	$\frac{l_1}{l}$	$\frac{l_4}{l}$	$\frac{M_4}{M}$	$\frac{l_2}{l}$	$\frac{l_5}{l}$	$\frac{M_5}{M}$	схема
0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,9	3,0	-1,5	3,5	1,0	1,0	11.1
1	-1,0	1,1	2,0	2,8	2,8	3,2	-1,8	3,4	1,2	-1,2	11.2
2	1,5	1,2	3,0	3,0	2,5	3,4	-2,0	3,2	1,4	1,4	11.1
3	-1,5	1,3	4,0	3,2	2,6	3,5	-2,2	3,0	1,5	-1,5	11.2
4	2,0	1,4	5,0	3,4	2,5	3,6	-2,4	2,8	1,6	1,6	11.1
5	-2,0	1,5	-1,0	-3,5	2,4	3,8	2,5	2,6	1,8	-1,8	11.2
6	2,5	1,6	-2,0	-3,8	2,3	4,0	2,8	2,5	2,0	2,0	11.1
7	-2,5	1,7	-3,0	-4,0	2,2	4,2	3,0	2,4	2,2	-2,2	11.2
8	3,0	1,8	-4,0	-4,2	2,1	4,5	3,2	2,2	2,4	2,5	11.1
9	-3,0	1,9	-5,0	-4,5	2,0	4,8	3,5	2,0	2,5	-2,8	11.2

Построить

Эпюру крутящего момента \mathcal{M} .

Задача 12

Дано

Консольная (схема 12.1) или двухопорная (схема 12.2) балка (см. рис. 20) нагружена сосредоточенными силами и моментами. Параметр длины l ; параметр нагрузки P .

Исходные данные приводятся в табл.12.

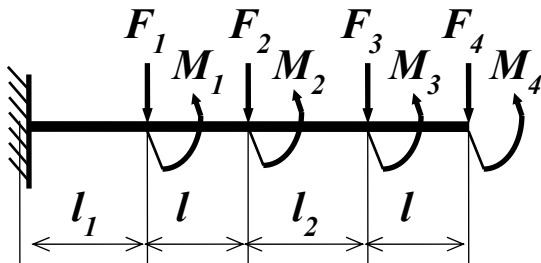


Схема 12.1

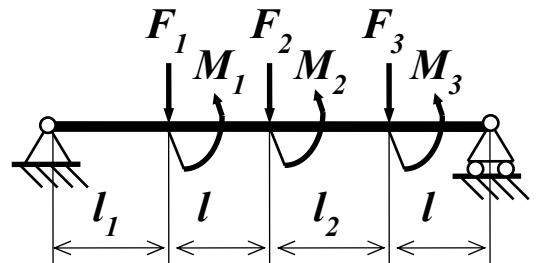


Схема 12.2

Рис. 21

Таблица 12

Цифра вари- анта	Порядковый номер цифры в варианте										
	1			2			3			4	
	$\frac{l_1}{l}$	$\frac{M_1}{Pl}$	$\frac{M_3}{Pl}$	$\frac{F_1}{P}$	$\frac{F_2}{P}$	$\frac{F_3}{P}$	$\frac{F_4}{P}$	$\frac{M_2}{Pl}$	$\frac{M_4}{Pl}$	$\frac{l_2}{l}$	схема
0	1,0	1,0	0	0	0	1,5	-3,0	1,0	0	3,0	12.1
1	1,5	-1,0	0	-2,0	0	0	0	1,5	1,0	2,5	12.2
2	2,0	1,5	0	0	2,0	0	2,5	2,0	0	2,0	12.1
3	2,5	-1,5	0	0	0	-2,0	0	2,5	-1,5	1,5	12.2
4	3,0	2,0	0	2,5	0	0	-2,0	3,0	0	1,0	12.1
5	1,0	0	1,0	0	-2,5	0	0	-1,0	2,0	3,0	12.2
6	1,5	0	-1,0	0	0	2,5	1,5	-1,5	0	2,5	12.1
7	2,0	0	1,5	-3,0	0	0	0	-2,0	-2,5	2,0	12.2
8	2,5	0	-1,5	0	3,0	0	-1,0	-2,5	0	1,5	12.1
9	3,0	0	2,0	0	0	3,0	0	-3,0	3,0	1,0	12.2

Построить

Эпюры поперечной силы $\mathcal{E}Q_y$ и изгибающего момента $\mathcal{E}M_x$.