

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Хакасский технический институт – филиал федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**

по дисциплине  
Б1.О.13.03 Техническая механика

Направление подготовки  
08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)  
08.03.01.01 Промышленное и гражданское строительство

## 1 Перечень компетенций с указанием индикаторов их достижения, соотнесенных с результатами обучения по дисциплине (модулю), практике и оценочными мероприятиями

Семестр	Код и наименования индикатора компетенции	Результаты обучения	Оценочные мероприятия
3 (зачет)	<b>ОПК-1:</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	<p><b>Знать:</b> простые виды деформаций; методики проверочных и проектировочных расчетов на прочность и жесткость</p> <p><b>Уметь:</b> составлять расчетные схемы, определять внутренние силовые факторы и строить их эпюры; определять требуемые размеры сечения при простых деформациях; выполнять поверочные расчеты на прочность и жесткость при всех видах деформаций; подбирать размеры сечений из условия устойчивости</p> <p><b>Владеть:</b> навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• обработки и анализа результатов опытов;</li> <li>• самостоятельной работы с литературой и справочниками</li> </ul>	ОС-1 ОС-2

## 2 Типовые оценочные средства с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру проведения и оценивания достижения результатов обучения

### 2.1 Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль знаний необходим для проверки усвоения учебного материала и его закрепления. Контроль следует проводить на протяжении всего периода изучения дисциплины. Текущий контроль осуществляется в процессе практических и лекционных занятий. Формой текущего контроля является оценка по практическим работам.

### 2.2 Промежуточная аттестация

Учебным планом изучения дисциплины предусмотрена сдача зачета на 2-м курсе в 3-м семестре. Для сдачи зачета предусмотрены ОС-1 (контрольные вопросы) и ОС-2 (практические задания).

### Оценочное средство 1 - ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ (ОС-1)

1. Основные понятия сопротивления материалов. Прочность, жесткость, устойчивость
2. Основные гипотезы сопротивления материалов
3. Реальный объект и расчетная схема
4. Схематизация внешних сил
5. Метод сечений
6. Внутренние силы в сечениях бруса
7. Общие принципы расчета элементов конструкции
8. Продольные силы и их эпюры, правила проверки эпюр
9. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии
10. Закон Гука при растяжении и сжатии
11. Основные механические характеристики материалов
12. Допускаемые напряжения и коэффициент запаса
13. Три основные задачи расчета на растяжение (сжатие)
14. Геометрические характеристики сечений
15. Моменты инерции простых и сложных фигур
16. Изгибающий момент и поперечная сила при изгибе, правило знаков.
17. Дифференциальные зависимости при изгибе
18. Распределение деформации и напряжения в сечении при изгибе

19. Три основные задачи расчета балок на изгиб
20. Напряжения и деформации в сечении при кручении круглого вала
21. Три основные задачи расчета круглого вала на кручение
22. Изгибающий момент и поперечная сила при изгибе, правило знаков.
23. Дифференциальные зависимости при изгибе
24. Распределение деформации и напряжения в сечении при изгибе
25. Три основные задачи расчета балок на изгиб
26. Напряжения и деформации в сечении при кручении круглого вала
27. Три основные задачи расчета круглого вала на кручение
28. Расчет заклепочных, болтовых соединений
29. Расчет сварных соединений
30. Типы деформаций

### Оценочное средство 1 – Типовые задачи (ОС-2)

#### ОС-2.1 Тема- Центральное растяжение-сжатие статически определимого ступенчатого стержня

**Исходные данные:** Ступенчатый стержень рис.1 находится под действием продольных расчетных сил  $F_i$  приложенных по концам или в центре соответствующего участка стержня. Материал стержня – сталь с допускаемым напряжением  $\sigma_{adm} = 160 \text{ МПа}$ . ( $R = 210 \text{ МПа}$ ).

**Требуется:**

- 1) построить эпюры продольных сил, напряжений и перемещений;
- 2) оценить прочность стержня.

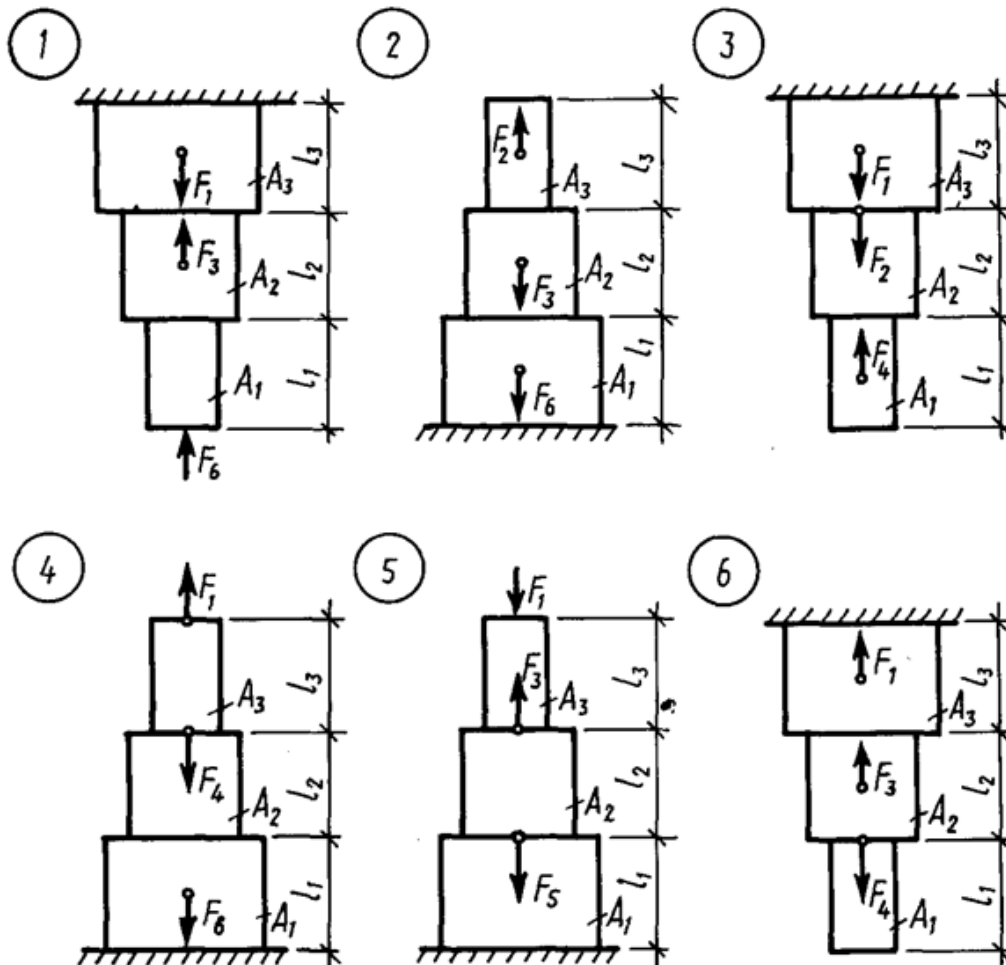


Рисунок 1 – Схемы для расчета ОС-2.1

Таблица 1 – Данные для решения ОС-2.1

Номер задания	Длина участка, см			Площадь поперечного сечения, см <sup>2</sup>			Нагрузка, кН					
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	40	80	50	8	4	6	60	180	160	140	100	80
2	50	46	70	10	4	4	120	80	200	160	120	60
3	80	40	30	14	4	8	80	140	160	60	60	80
4	52	42	62	12	16	8	60	120	160	80	100	40
5	52	42	62	12	16	8	60	120	160	80	100	40
6	78	50	60	8	4	16	120	80	140	100	60	120
7	30	80	42	10	12	6	80	100	120	80	60	80
8	42	62	50	6	12	4	120	140	100	60	80	60
9	60	30	48	10	4	8	140	80	60	100	120	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	70	50	60	6	8	4	100	120	100	140	40	80
11	62	36	72	12	6	6	120	100	80	60	120	100
12	64	40	64	10	4	4	140	100	120	80	140	80
13	74	48	62	6	8	6	40	120	80	160	200	60
14	54	68	48	4	8	12	180	200	140	100	80	100
15	40	64	72	8	12	8	60	40	140	160	180	60
16	36	80	70	6	10	4	140	100	160	180	120	80
17	50	40	62	4	12	8	60	160	80	120	100	60
18	80	80	40	4	8	10	180	100	140	160	120	120
19	56	46	32	12	6	8	60	160	80	120	100	60
20	60	74	42	6	12	4	140	100	160	180	200	80
21	70	30	40	4	12	6	60	80	160	140	100	80
22	80	40	62	10	4	4	180	140	100	160	140	100
23	44	62	42	6	8	10	140	80	60	180	160	80
24	38	70	60	12	4	6	120	140	120	100	160	140
25	64	30	44	8	6	4	160	120	80	60	160	100
26	70	60	50	4	8	10	180	160	80	100	120	140
27	28	48	80	12	8	6	80	140	60	120	100	160
28	34	70	60	8	10	4	140	200	100	120	80	120
29	62	40	50	6	12	6	60	180	160	140	100	80
30	50	60	48	8	10	8	180	100	140	120	80	80

**Пример решения ОС-2.1**

Для заданного стального стержня (рис. 2.3, а) требуется:

1. Построить эпюры  $N$ ,  $\sigma$ ,  $\lambda$ .

2. Оценить прочность бруса, если  $\sigma_{adm} = 160$  МПа,  $F_1 = 40$  кН,

$F_2 = 120$  кН,  $F_3 = 180$  кН,  $A_1 = 5$  см<sup>2</sup>,  $A_3 = 10$  см<sup>2</sup>,  $l_1 = 30$  см,  $l_3 = 50$  см.

**Решение:**

1. Разбиваем стержень на участки. Для данного стержня получается 6 участков.

2. Строим эпюру продольных усилий (эпюра  $N$ ). Продольную силу в поперечном сечении определяем, проецируя внешние силы, приложенные ниже рассматриваемого сечения, на ось бруса.

$$\begin{aligned}
N_1 &= 0 \text{ кН;} \\
N_2 &= F_1 = 40 \text{ кН;} \\
N_3 &= F_1 = 40 \text{ кН;} \\
N_4 &= F_1 - F_2 = 40 - 120 = 80 \text{ кН;} \\
N_5 &= F_1 - F_2 = 40 - 120 = 80 \text{ кН;} \\
N_6 &= F_1 - F_2 + F_3 = 40 - 120 + 180 = 100 \text{ кН;}
\end{aligned}$$

Эпюру  $N$  начинаем строить со свободного конца, то есть с I участка.

3. Строим эпюру нормальных напряжений (эпюра  $\sigma$ ).

Для этого определим нормальные напряжения на каждом участке:

$$\sigma_1 = 0;$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_1} = \frac{40 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-4}} = 80 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{40 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 40 \text{ МПа}$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{A_2} = \frac{-80 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -80 \text{ МПа}$$

$$\sigma_5 = \frac{N_5}{A_3} = \frac{80 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 80 \text{ МПа}$$

$$\sigma_6 = \frac{N_6}{A_3} = \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 100 \text{ МПа}$$

По полученным значениям строим эпюру  $\sigma$  (рис. 2.3, в).

4. Проверяем прочность стержня:

$$\sigma_{\max} = 100 \text{ МПа} \leq \sigma_{adm} = 160 \text{ МПа} \quad \text{Условие прочности выполняется.}$$

5. Построим эпюру перемещений (эпюра  $\lambda$ ).

Для этого определим перемещения характерных сечений, в каждом из которых они равны сумме перемещения предыдущего сечения ( $\lambda_{i-1}$ ) и деформации участка ( $\Delta l_i$ ):  $\lambda_i = \lambda_{i-1} + \Delta l_i$ , где  $\Delta l$  относительное удлинение.

По границам участков, начиная от жесткой заделки (где  $\lambda = 0$ ) отмечаем буквами ( $a, b, c, d, e, f$ ) характерные сечения (рис. 2.3, а).

$$\lambda_c = \lambda_b + \Delta l_{cb} = \lambda_b + \frac{N_5 \cdot l_3 / 2}{E \cdot A_3} = 1,25 \cdot 10^{-4} - \frac{80 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 10 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= (1,25 - 1) \cdot 10^{-4} = 0,25 \cdot 10^{-4} (\text{м});$$

$$\lambda_d = \lambda_c + \Delta \lambda_{cd} = \lambda_c + \frac{N_4 \cdot l_2 / 2}{E \cdot A_2} = 0,25 \cdot 10^{-4} - \frac{80 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 8 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= (0,25 - 1,5) \cdot 10^{-4} = -1,25 \cdot 10^{-4} (\text{м});$$

$$\lambda_e = \lambda_d + \Delta \lambda_{de} = \lambda_d + \frac{N_3 \cdot l_2 / 2}{E \cdot A_2} = -1,25 \cdot 10^{-4} + \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 8 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= (-1,25 + 0,75) \cdot 10^{-4} = -0,5 \cdot 10^{-4} (\text{м});$$

$$\lambda_h = \lambda_e + \Delta \lambda_{eh} = \lambda_e + \frac{N_2 \cdot l_1 / 2}{E \cdot A_1} = -0,5 \cdot 10^{-4} + \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 5 \cdot 10^{-4}} =$$

$$= -0,5 \cdot 10^{-4} + 0,6 \cdot 10^{-4} = -0,1 \cdot 10^{-4} (\text{м});$$

$$\lambda_g = \lambda_h + \Delta l_{hg} = 0,1 \cdot 10^{-4} + 0 = 0,1 \cdot 10^{-4} (\text{м}).$$

По полученным значениям строим эпюру  $\lambda$  (рис. 2.3, з).

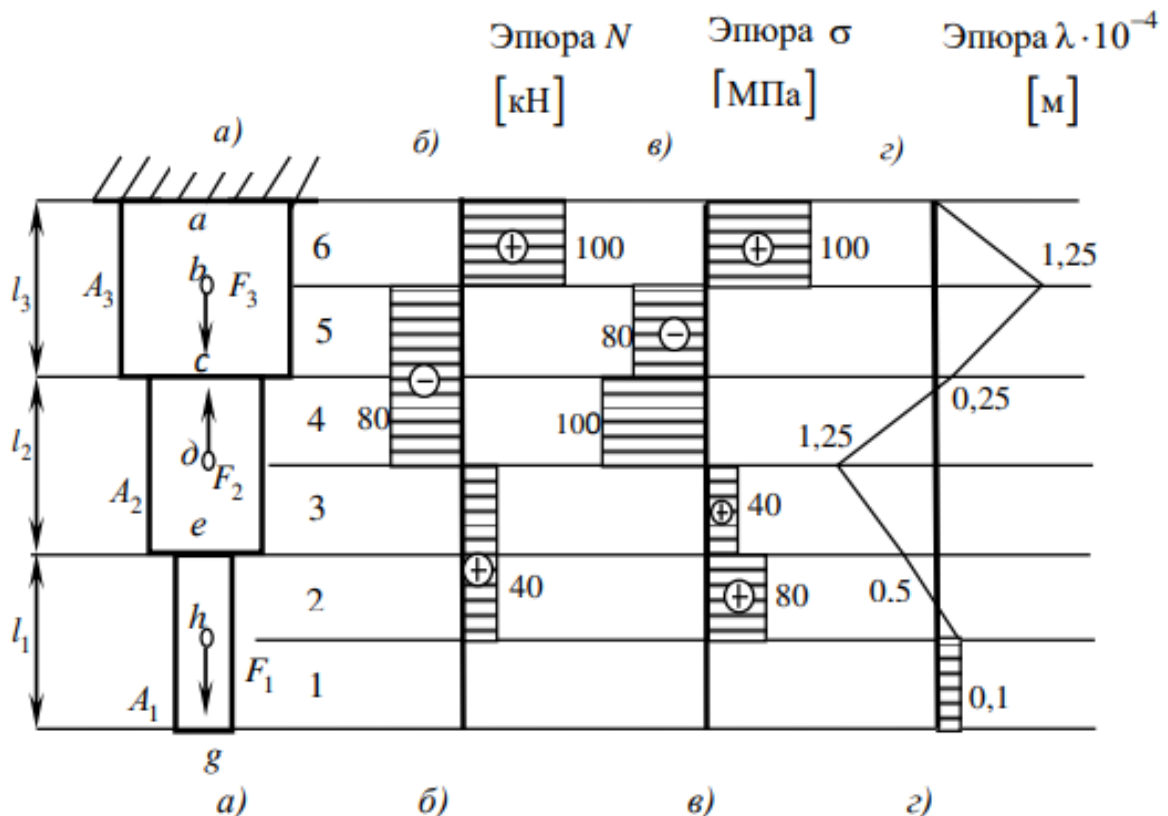


Рисунок 2– Графическое решение ОС-2.1

## ОС-2.2 ТЕМА ИЗГИБ

**Исходные данные:** Для заданных схем балок рис.3, табл. 2.

**Требуется:**

- 1) определить опорные реакции;
- 2) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
- 3) подобрать необходимые размеры поперечных сечений (форма сечения – по указанию преподавателя);
- 4) для балки 2 подобрать сечение двутаврового профиля и проверить прочность принятого сечения по нормальным и касательным напряжениям;
- 5) в одном из сечений балки, где имеют  $Q$  и  $M$  большие значения, проверить прочность материала на уровне примыкания полки к стенке по энергетической теории прочности.

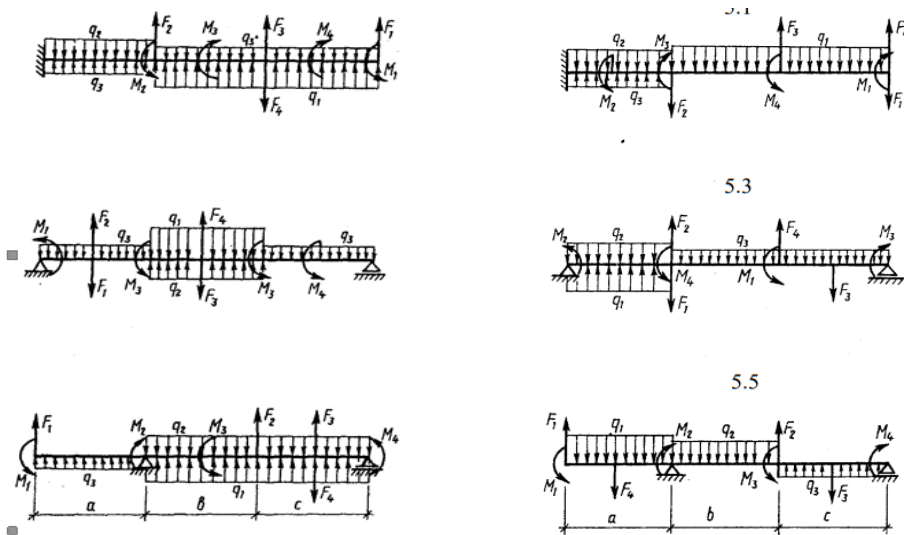


Рисунок 3. – Схемы для решения ОС-2.2

Таблица 2 – Данные для ОС-2.2

Номер варианта	Размеры, м			Нагрузки			Индексы нагрузки		
	a	b	c	q кН/м	F Н	M кН·м	q	F	M
1	2,0	2,0	1,6	12	10	24	3	1	1
2	2,0	1,6	2,0	6	20	12	1	1	3
3	2,4	1,6	2,0	16	10	32	1	3	3
4	2,0	1,6	2,4	14	12	30	1	4	2
5	2,4	2,0	2,0	12	16	24	2	4	1
6	1,6	2,0	2,0	8	18	16	2	1	1
7	2,4	2,0	1,6	10	20	20	1	2	1
8	2,0	2,4	2,0	12	16	24	1	4	4
9	2,0	2,0	1,6	12	10	24	3	1	3
10	2,0	1,6	2,0	8	16	16	3	1	4
11	1,6	2,0	2,4	12	16	24	1	4	1
12	2,4	2,0	2,0	10	20	20	3	4	2
13	1,6	2,0	2,4	12	16	18	1	3	2
14	2,0	2,4	2,0	16	10	30	1	3	4
15	2,4	2,0	2,4	8	12	24	1	4	3
16	1,6	2,0	2,0	8	16	16	2	1	2
17	2,0	2,4	2,0	12	18	24	3	3	1
18	2,0	2,4	1,6	10	24	16	2	2	1
19	2,0	2,0	2,4	8	24	18	1	2	3
20	2,0	2,0	1,6	6	20	12	1	1	1
21	1,6	2,0	2,4	10	20	20	2	3	1
22	2,0	1,6	2,0	8	24	12	2	1	1
23	2,4	2,0	2,0	16	10	30	1	3	1
24	2,0	2,4	1,6	8	24	16	1	2	2
25	1,6	2,0	1,6	12	10	24	3	1	2

## Пример решения ОС-2.2

**Пример 5.1.** Стальная балка (рис.5.2) нагружена сосредоточенной силой  $F = 8\text{кН}$ , распределенной нагрузкой  $q = 10\text{кН/м}$ , сосредоточенным моментом  $M = 4\text{кНм}$ . Допускаемое нормальное напряжение стали  $\sigma_{adm} = 160\text{МПа}$ , касательное  $\tau_{adm} = 100\text{МПа}$ .

**Требуется:**

- 1) Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
- 2) Подобрать необходимые размеры поперечного сечения.
- 3) Вычислить наибольшее касательное напряжение в сечении с максимальным значением поперечной силы.
- 4) В опасном сечении балки определить напряжения в уровне примыкания полки и стенки и проверить прочность материала по энергетической теории прочности.
- 5) построить эпюры нормальных, касательных, главных и максимальных касательных напряжений в сечении.

**Решение:**

1. Определим опорные реакции из уравнений равновесия:

$$\sum M_A = F \cdot 6 + q \cdot 4 \cdot 1 - M - R_B \cdot 5 = 0$$

$$R_B = \frac{F \cdot 6 + q \cdot 4 - M}{5} = 16,8(\text{кН})$$

$$\sum M_B = F \cdot 5 - M - q \cdot 4 \cdot 4 + R_A = 0$$

$$R_A = \frac{-F \cdot 5 + M + q \cdot 4 \cdot 4}{5} = 31,2(\text{кН})$$

*Проверка:*

$$\sum F_y = R_B + R_A - F - q \cdot 4 = 0$$

$$16,8 + 31,2 - 8 - 4 \cdot 10 = 0$$

- 1) Построим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов (рис. 5.2.):

*Участок 1:*  $0 \leq x_1 \leq 1$

$$Q_1 = -q \cdot x_1 = \begin{cases} 1; Q_1 = -10 \cdot 1 = -10\text{кН}; \\ 0; Q_2 = 0; \end{cases}$$

$$M_1 = -q \frac{x_1^2}{2} = \begin{cases} 1; M_1 = -10 \frac{1^2}{2} = -5\text{кНм}; \\ 0; M_2 = 0; \end{cases}$$



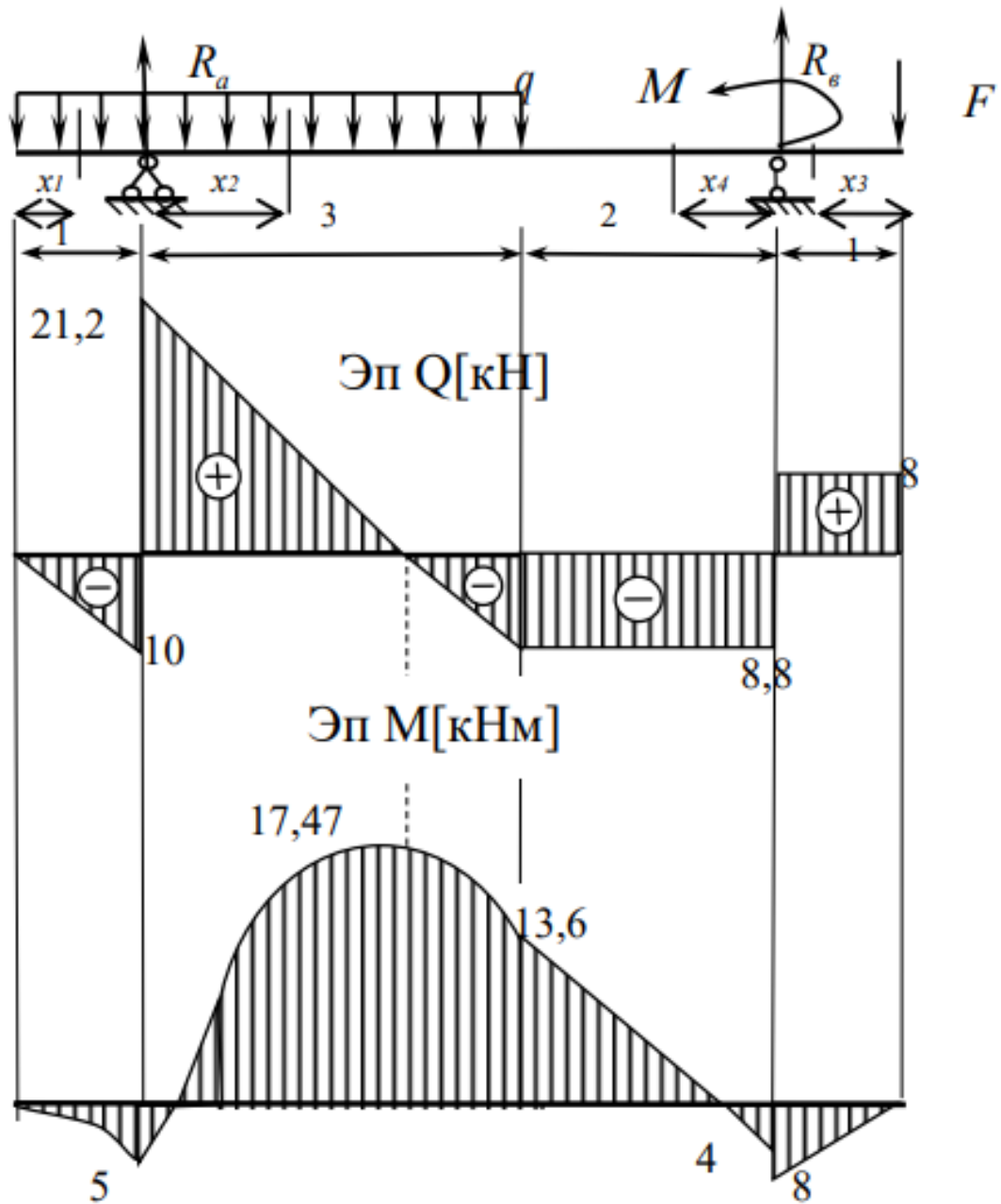


Рис. 5.2

Участок 2:  $0 \leq x_2 \leq 3$

$$Q_2 = R_A - q(1 + x_2) = \begin{cases} 3; Q_2 = 31,2 - 10 \cdot 4 = -8,8 \text{ кН}; \\ 0; Q_2 = 31,2 \text{ кН}; \end{cases}$$

$$M_2 = R_A * x_2 - q \frac{(1 + x_2)^2}{2} = \begin{cases} 3; M_2 = 31,2 \cdot 3 - 10 \frac{16}{2} = 13,6 \text{ кНм}; \\ 0; M_2 = -\frac{10}{2} = -5 \text{ кНм}; \end{cases}$$

Определим значение экстремального момента на 2 участке:

$$Q_2 = R_A - q(1 + x_2) = 0$$

$$R_A - q - q \cdot x_2 = 0$$

$$x_2 = \frac{R_A - q}{q} = \frac{31,2 - 10}{10} = 2,12 \text{ м}$$

$$M_2 = 31,2 \cdot 2,12 - 10 \frac{(1 + 2,12)^2}{2} = 17,472 \text{ кНм}$$

Участок 3:  $0 \leq x_3 \leq 1$

$$Q_3 = F = 8 \text{ кН};$$

$$M_3 = -F \cdot x_3 = \begin{cases} 1; M_3 = -8 \cdot 1 = -8 \text{ кНм}; \\ 0; M_3 = 0; \end{cases}$$

Участок 4:  $0 \leq x_4 \leq 2$

$$Q_4 = F - R_B = 8 - 16,8 = -8,8 \text{ кН};$$

$$M_4 = -F(1 + x_4) + R_B \cdot x_4 + M = \begin{cases} 2; M_4 = -8 \cdot 3 + 16,8 \cdot 2 + 4 = 13,6 \text{ кНм}; \\ 0; M_4 = -8 + 4 = -4 \text{ кНм}; \end{cases}$$

3) Подберем необходимые размеры поперечного сечения: из условия прочности при изгибе:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_Z} \leq \sigma_{adm}$$

следует

$$W_Z = \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{17,47 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 109,118 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 109,12 \text{ см}^3$$

По сортаменту принимаем двутавр №18, для которого

$$W_z = 143 \text{ см}^3 > W_{mp} = 109,12 \text{ см}^3, h = 180 \text{ мм}, b = 90 \text{ мм},$$

$$d = 5,1 \text{ мм}, t = 8,1 \text{ мм}, I_z = 1290 \text{ см}^4, S_z = 81,4 \text{ см}^3.$$

4) Вычислим наибольшее касательное напряжение в сечении с максимальным значением поперечной силы:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_z}{b \cdot J_z} = \frac{21,2 \cdot 10^3 \cdot 81,4 \cdot 10^{-6}}{5,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1290 \cdot 10^{-8}} = 26,23 \text{ МПа}$$

5) Определим в опасном сечении балки напряжения в уровне примыкания полки и стенки (рис.5.3), и проверим прочность материала по энергетической теории прочности: Опасное сечение определяем по эпюрам М и Q, им является сечение I-I:

$$M_{I-I} = 13,6 \text{ кНм}; Q_{I-I} = 8,8 \text{ кН}.$$

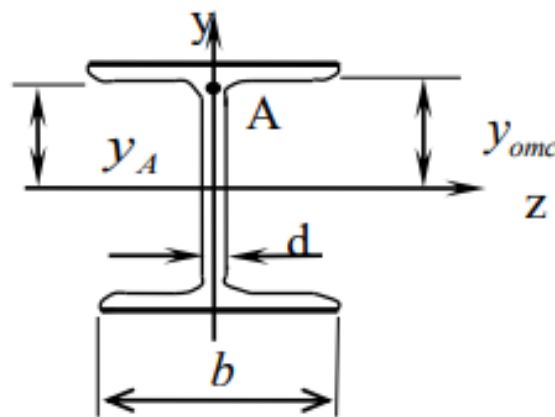


Рис. 5.3

$$\sigma_A = \frac{M_{I-I}}{I_z} \cdot y_A = \frac{13,6 \cdot 10^3}{1290 \cdot 10^{-8}} \cdot 8,19 \cdot 10^{-2} = 86,34 \text{ МПа}$$

$$y_A = \frac{h}{2} - t = \frac{18}{2} - 0,81 = 8,19 \text{ см} = 8,19 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\tau_A = \frac{Q_{I-I} \cdot S_z^{\text{омс}}}{b \cdot I_z} = \frac{8,8 \cdot 10^3 \cdot 62,658 \cdot 10^{-6}}{5,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1290 \cdot 10^{-8}} = 8,38 \text{ МПа}$$

$$S_z^{\text{омс}} = b \cdot t \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{t}{2} \right) = 9 \cdot 0,81 \cdot \left( \frac{18}{2} - \frac{0,81}{2} \right) = 62,658 \text{ см}^3$$

Проверим прочность сечения по III теории прочности:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{86,34^2 + 4 \cdot 8,38^2} = 87,95 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

5) Построим эпюры нормальных (рис. 5.4, а), касательных (рис. 5.4, б), максимальных касательных (рис. 5.4, в) напряжений в сечении .

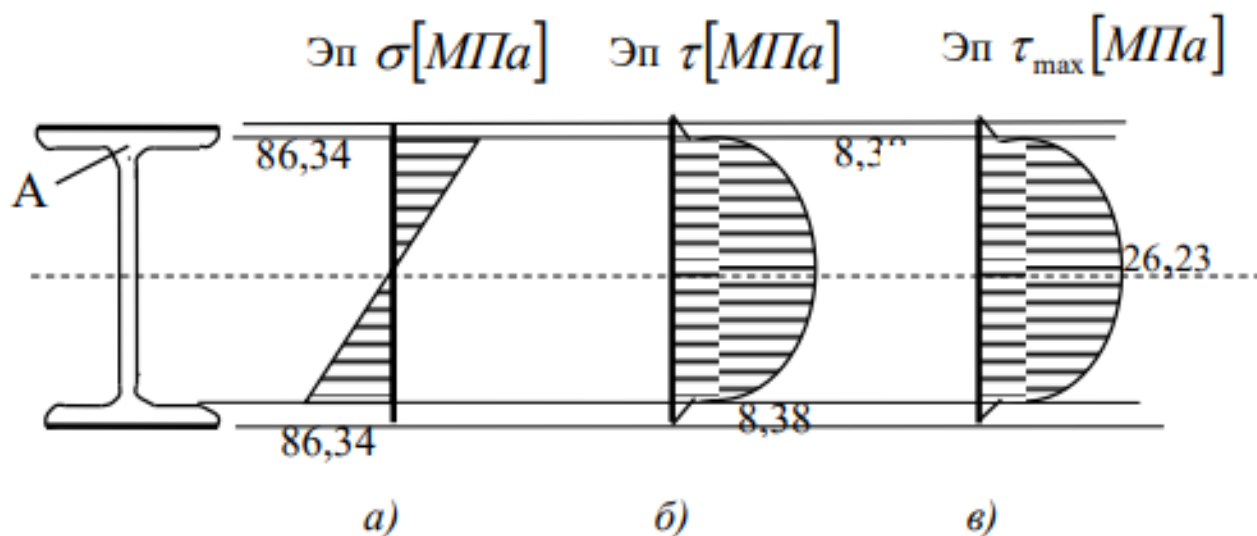


Рис. 5.4

### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

- «ЗАЧТЕНО» выставляется обучающемуся, если:

1. Он глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает.
2. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.
3. Не допускает существенных неточностей при возникновении дополнительных вопросов.

- «НЕ ЗАЧТЕНО» выставляется обучающемуся, если:

1. Студент не усвоил основной материал и его детали, допускает значительные неточности при ответе.
2. Нарушает логическую последовательность в ответе.
3. Неуверенно, с большими затруднениями отвечает на дополнительные вопросы.

### 3. ПРОЦЕДУРА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ


Сдача зачета проходит за неделю до экзаменационной сессии по вопросам к зачету ОС-1 и ОС-2, которые шифруются преподавателем.

На зачет допускаются студенты после успешной сдачи практических работ.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических возможностей (подбираются индивидуально в зависимости от возможностей здоровья студента):

Категории студентов	Виды оценочных средств	Форма контроля и оценки результатов обучения
С нарушением слуха	Контрольные вопросы для экзамена и задача	Преимущественно письменная проверка
С нарушением зрения	Контрольные вопросы для экзамена и задача (в ограниченном объеме)	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушением опорно-двигательного аппарата	Контрольные вопросы для экзамена и задача	Письменная проверка

Разработчики:

 / Е. В. Логинова/