

Отчет по лабораторной работе №1 ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Ц е л ь р а б о т ы

- 1. Определить механические характеристики малоуглеродистой стали.*
- 2. Установить марку стали и ее нормативные характеристики.*

И с х о д н ы е д а н н ы е

Требования к испытанию. *В соответствии со стандартом нагружение выполнять со скоростью 1 мм в минуту, не допускать перекосов и толчков, соблюдать технику безопасности.*

Испытательная машина.

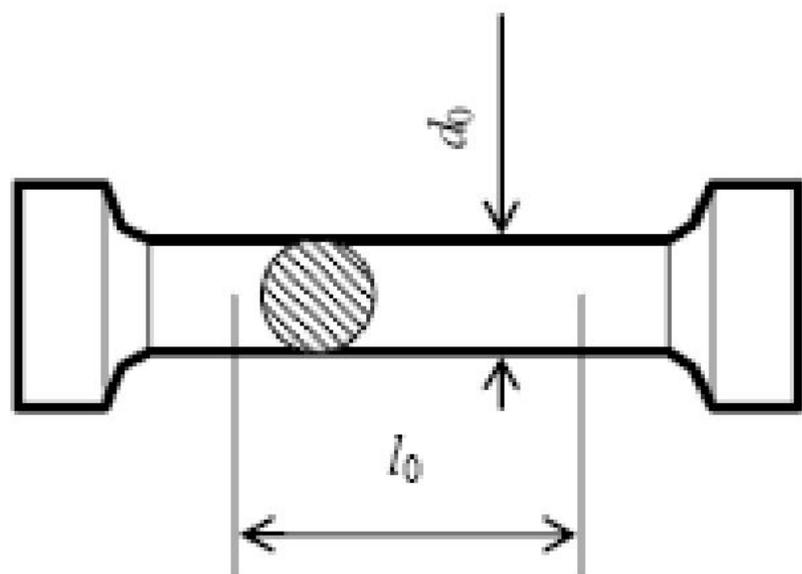
Разрывная машина механического привода Р-5.

Измерительные приборы и инструменты.

Штангенциркуль и линейка.

Схема образца до испытания и результаты измерения – *короткий пятикратный образец.*

Схема образца до испытания



$$l_r = 41,0 \text{ мм};$$

$$d_{r1} = 2,5 \text{ мм};$$

$$d_{r2} = 2,7 \text{ мм};$$

$$l_0 = 30 \text{ мм} \quad d_0 = 6 \text{ мм}$$

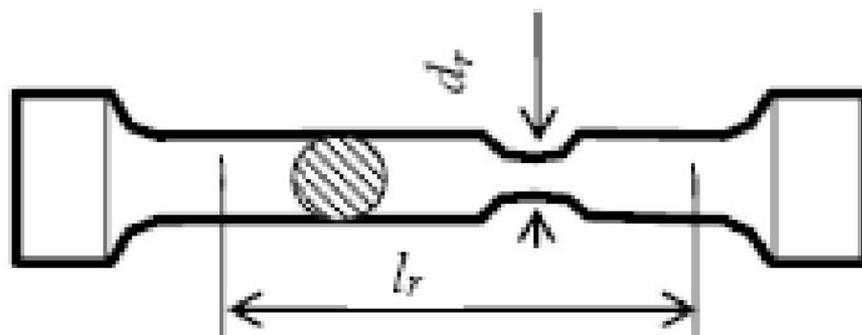
$$l_0 / d_0 = 5$$

$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6^2}{4} = 28,27 \text{ мм}^2$$

$$d_r = \frac{d_{r1} + d_{r2}}{2} = \frac{2,5 + 2,7}{2} = 2,6 \text{ мм};$$

$$A_r = \frac{\pi d_r^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4} = 5,31 \text{ мм}^2.$$

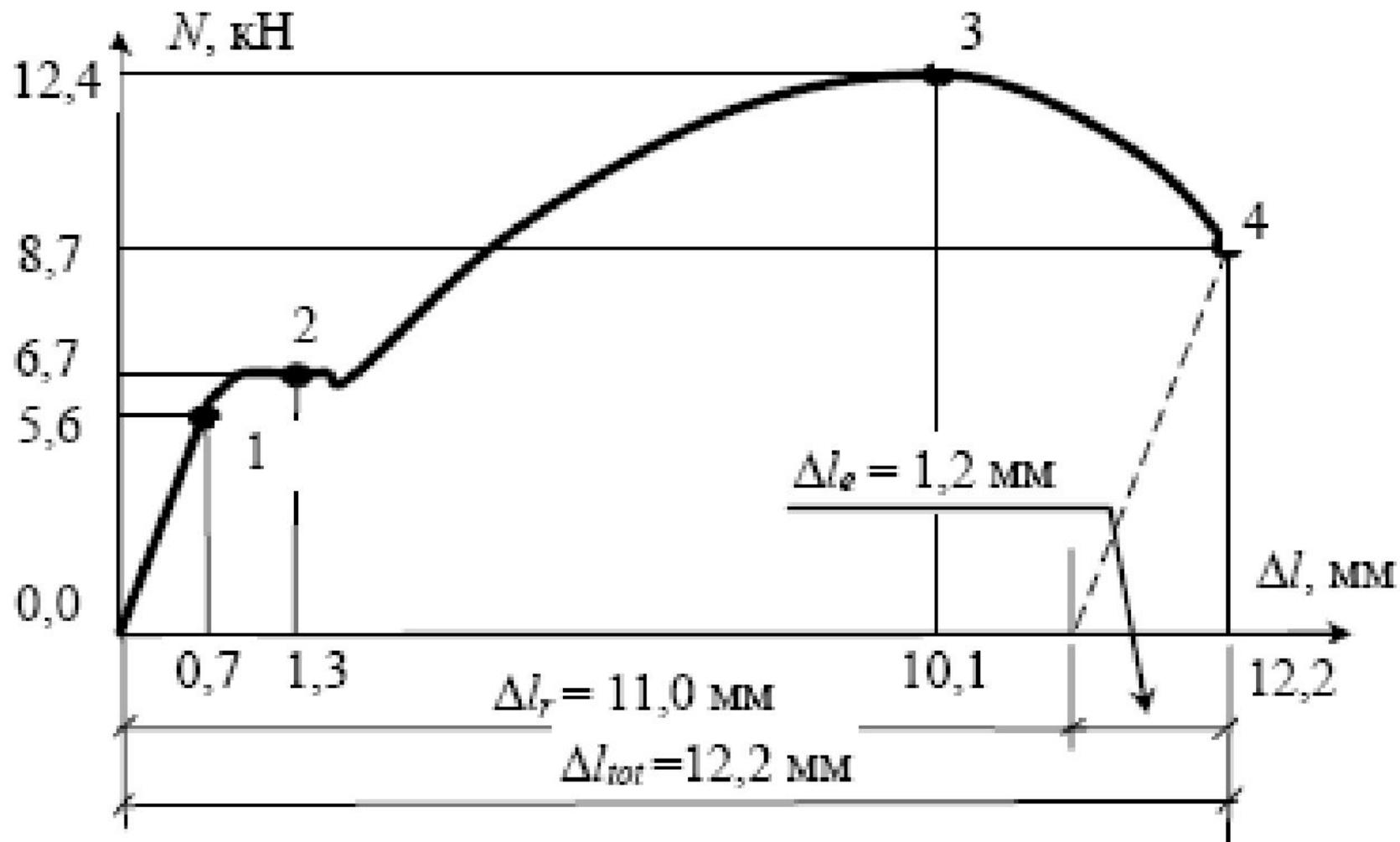
Схема образца после испытания



Усилия и деформации в характерных точках диаграммы растяжения

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| $N_{pr} = 5,6 \text{ кН}$ | $N_y = 6,7 \text{ кН}$ | $N_u = 12,4 \text{ кН}$ | $N_0 = 8,7 \text{ кН}$ |
| $\Delta l_{pr} = 0,7 \text{ мм}$ | $\Delta l_y = 1,3 \text{ мм}$ | $\Delta l_u = 10,1 \text{ мм}$ | $\Delta l_{tot} = 12,2 \text{ мм}$ |

Машинная диаграмма растяжения



Результаты испытания

Деформации в характерных точках

диаграммы напряжений

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l_{PV}}{l_0} = \frac{0,7}{30} = 0,023;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta l_y}{l_0} = \frac{1,3}{30} = 0,043;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta l_u}{l_0} = \frac{10,1}{30} = 0,337;$$

$$\varepsilon_4 = \frac{\Delta l_0}{l_0} = \frac{12,2}{30} = 0,407.$$

Характеристики прочности

предел пропорциональности

$$\sigma_{pp} = \frac{N_{pp}}{A_0} = \frac{5,6 \cdot 10^3}{28,27 \cdot 10^{-6}} = 198 \text{ МПа};$$

предел текучести

$$\sigma_Y = \frac{N_Y}{A_0} = \frac{6,7 \cdot 10^3}{28,27 \cdot 10^{-6}} = 237 \text{ МПа};$$

предел прочности

$$\sigma_U = \frac{N_U}{A_0} = \frac{12,4 \cdot 10^3}{28,27 \cdot 10^{-6}} = 439 \text{ МПа}.$$

Характеристики пластичности

относительное остаточное удлинение

$$\varepsilon_r = \frac{l_r - l_0}{l_0} \cdot 100 = \frac{41 - 30}{30} \cdot 100 = 37\%;$$

относительное остаточное сужение

$$\chi_r = \frac{A_0 - A_r}{A_0} \cdot 100 = \frac{28,27 - 5,31}{28,27} \cdot 100 = 81\%.$$

Удлинение к моменту разрыва

полное

$$\Delta l_{tot} = 12,2 \text{ мм};$$

упругое

$$\Delta l_e = 1,2 \text{ мм};$$

остаточное

$$\Delta l_r = 11,0 \text{ мм}.$$

Напряжения в момент разрыва

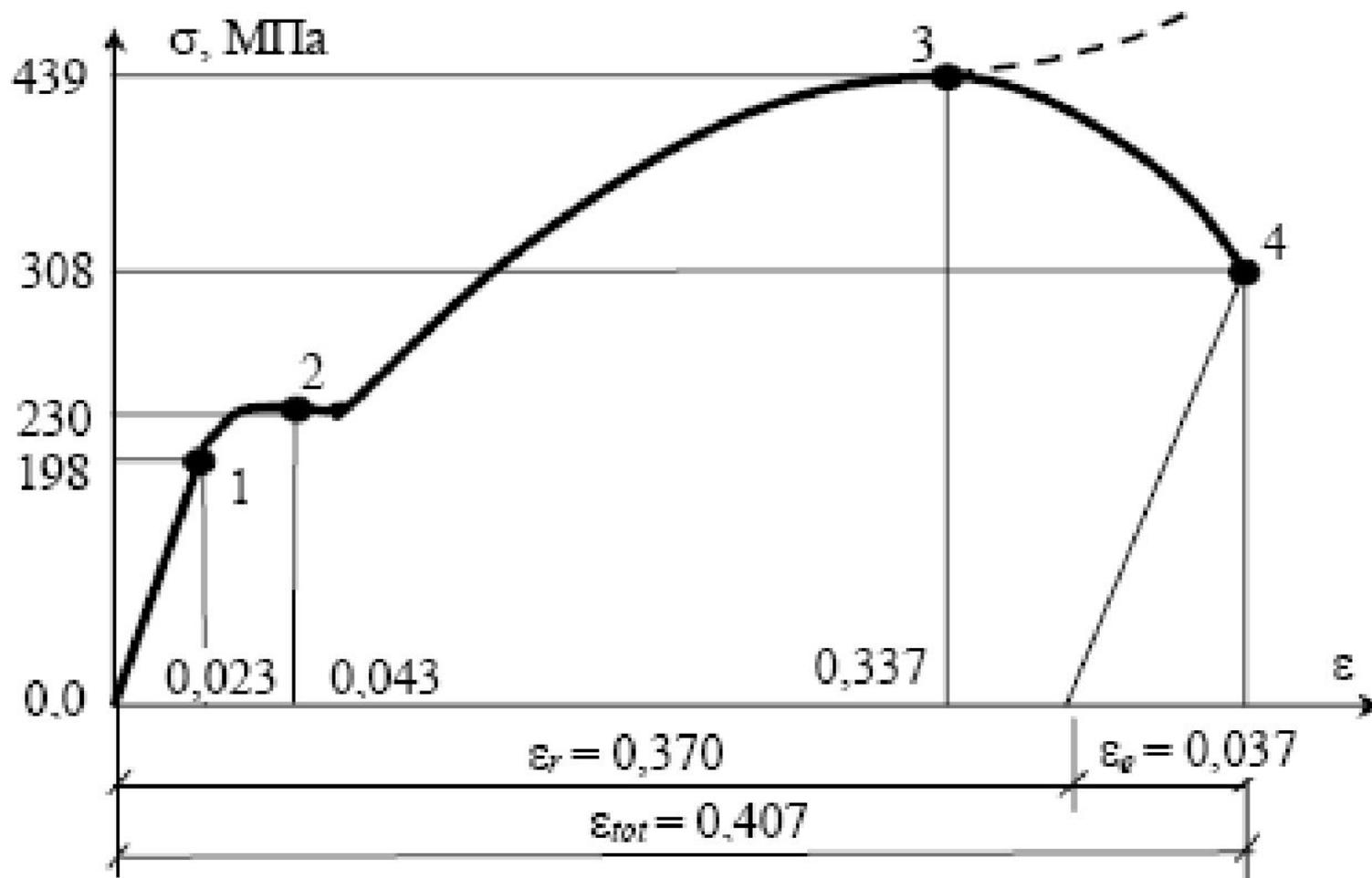
условное

$$\sigma_0 = \frac{N_0}{A_0} = \frac{8,7 \cdot 10^3}{28,27 \cdot 10^{-6}} = 308 \text{ МПа ;}$$

истинное

$$\sigma'_0 = \frac{N_0}{A_r} = \frac{8,7 \cdot 10^3}{5,31 \cdot 10^{-6}} = 1638 \text{ МПа .}$$

Диаграмма напряжений



Определение марки стали

Марка стали (*определена по нижнему нормативному пределу*)

Ст 3 кп ($\sigma_{yn} = 235$ МПа)

Нормативное сопротивление

$$R_n = \sigma_{yn} = 235 \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление

$$R_y = R_n / \gamma_n = 235 / 1,05 = 224 \text{ МПа}$$

В ы в о д ы

Определены механические характеристики:

марка стали – Ст 3 кп,

нормативное сопротивление $R_n = 235$ МПа,
расчетное сопротивление $R_y = 224$ МПа.

Отчет по лабораторной работе №5

ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ

Ц е л ь р а б о т ы

- 1. По результатам опыта установить закон распределения нормальных напряжений по высоте сечения балки.*
- 2. Подтвердить справедливость закона Гука и гипотезу плоских сечений при плоском изгибе тонких балок.*

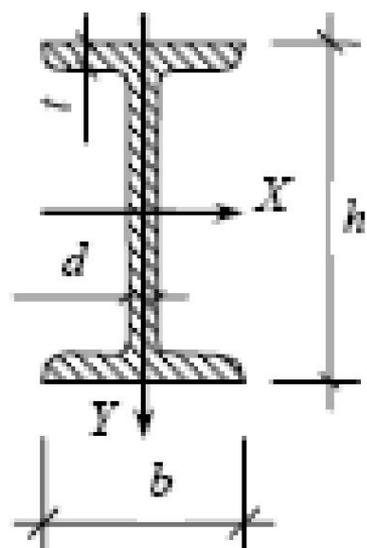
И с х о д н ы е д а н н ы е

Требования к испытанию.

Отсутствие перекосов, плавность нагружения.

Опытная установка. *Двутавровая балка опирается на две шарнирные опоры. Имеет консоль. Нагружается гидравлическим домкратом, закрепленным на составной швеллерной балке.*

Объект исследования (изобразить поперечное сечение балки и привести данные)



Двутавр №16

$$h = 160 \text{ мм};$$

$$d = 5 \text{ мм};$$

$$I_x = 873 \text{ см}^4;$$

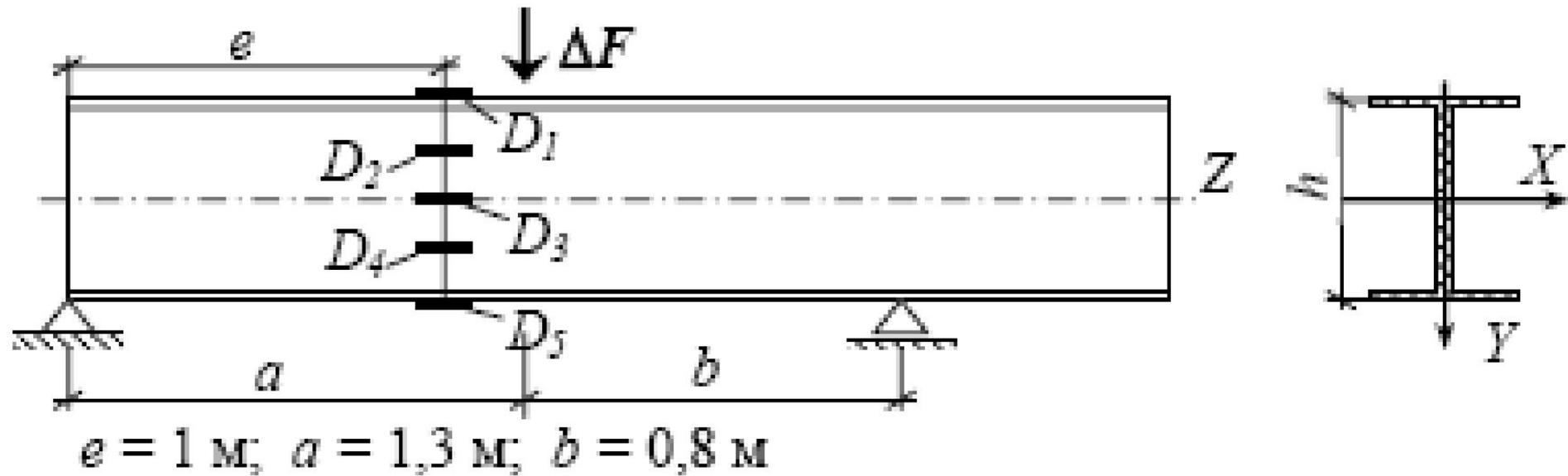
$$W_x = 109 \text{ см}^4;$$

$$E = 206 \text{ ГПа}.$$

Измерительные приборы.

ИДЦ-1 $\alpha = 1 \cdot 10^{-5}$, $K = 2$; тензодатчики $l_0 = 2$ см; стальная лента и штангенциркуль.

Схема опытной балки

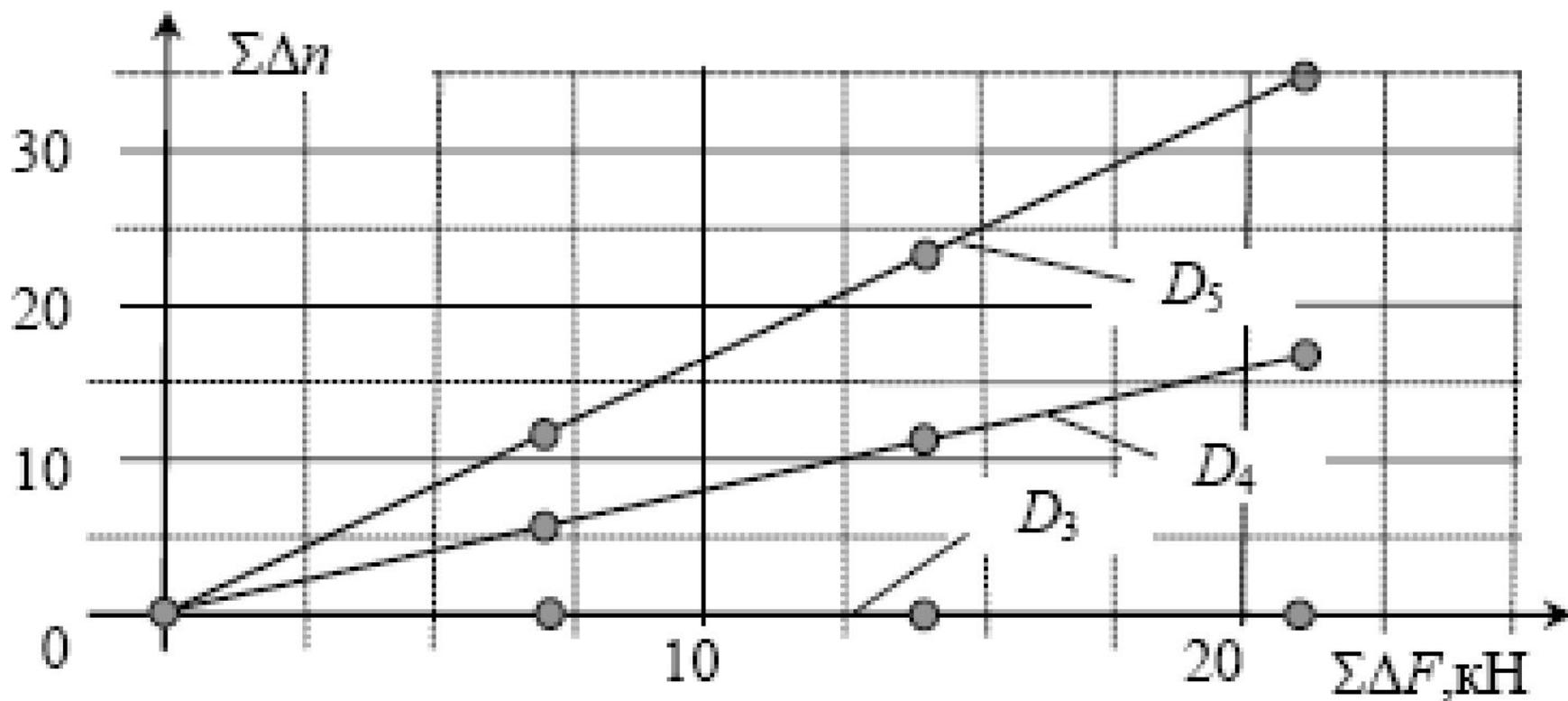


Опытные данные

Таблица опытных данных

| Нагрузка, кН | | Д ₁ | | Д ₂ | | Д ₃ | | Д ₄ | | Д ₅ | |
|--------------------|------------|-------------------------|--------------|------------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------------------|--------------|------------------------|--------------|
| F | ΔF | n_1 | Δn_1 | n_2 | Δn_2 | n_3 | Δn_3 | n_4 | Δn_4 | n_5 | Δn_5 |
| 10,0 | | 945 | | 1070 | | 906 | | 1034 | | 1113 | |
| | 6,9 | | -11 | | -6 | | 0 | | 5 | | 11 |
| 16,9 | | 934 | | 1064 | | 906 | | 1039 | | 1124 | |
| | 6,9 | | -12 | | -6 | | 0 | | 6 | | 12 |
| 23,8 | | 922 | | 1058 | | 906 | | 1045 | | 1136 | |
| | 6,9 | | -12 | | -5 | | 0 | | 6 | | 12 |
| 30,7 | | 910 | | 1053 | | 906 | | 1051 | | 1148 | |
| $\Delta F_m = 6,9$ | | $\Delta n_{m1} = -11,7$ | | $\Delta n_{m2} = -5,7$ | | $\Delta n_{m3} = 0$ | | $\Delta n_{m4} = 5,7$ | | $\Delta n_{m5} = 11,7$ | |

Графики зависимости относительной линейной деформаций от нагрузки



Результаты испытания

Относительные деформации

$$\varepsilon_{m1} = \frac{2 \cdot \Delta n_{m1} \alpha}{K} = \frac{2 \cdot (-11,7) \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{2} = -0,117 \cdot 10^{-3};$$

$$\varepsilon_{m2} = \frac{2 \cdot \Delta n_{m2} \alpha}{K} = \frac{2 \cdot (-5,7) \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{2} = -0,057 \cdot 10^{-3};$$

$$\varepsilon_{m3} = 0;$$

$$\varepsilon_{m4} = \frac{2 \cdot \Delta n_{m4} \alpha}{K} = \frac{2 \cdot 5,7 \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{2} = 0,057 \cdot 10^{-3};$$

$$\varepsilon_{m5} = \frac{2 \cdot \Delta n_{m5} \alpha}{K} = \frac{2 \cdot 11,7 \cdot 1 \cdot 10^{-5}}{2} = 0,117 \cdot 10^{-3}.$$

Нормальные напряжения в исследуемых точках сечения по результатам опыта

$$\sigma_{m1} = E\varepsilon_{m1} = 206 \cdot 10^9 \cdot (-0,117 \cdot 10^{-3}) = -24,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{m2} = E\varepsilon_{m2} = 206 \cdot 10^9 \cdot (-0,057 \cdot 10^{-3}) = -11,7 \text{ МПа};$$

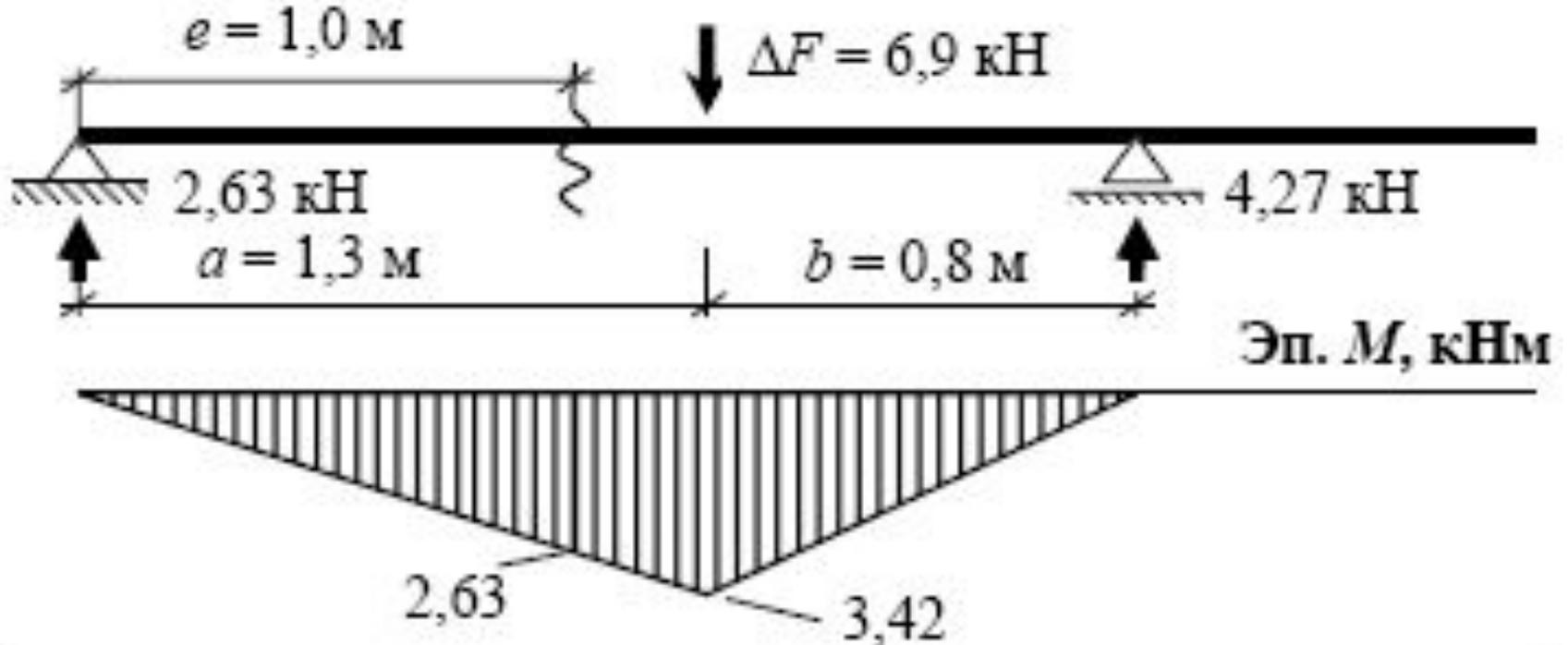
$$\sigma_{m3} = E\varepsilon_{m3} = 206 \cdot 10^9 \cdot 0,0 = 0,0 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{m4} = E\varepsilon_{m4} = 206 \cdot 10^9 \cdot 0,057 \cdot 10^{-3} = 11,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{m5} = E\varepsilon_{m5} = 206 \cdot 10^9 \cdot 0,117 \cdot 10^{-3} = 24,1 \text{ МПа}.$$

Теоретический расчет

Расчетная схема балки и эпюра изгибающих моментов



Нормальные напряжения в исследуемых точках сечения балки

$$\sigma_1 = \frac{M_x}{I_x} y_1 = \frac{2,63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot (-8 \cdot 10^{-2}) = -24,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{M_x}{I_x} y_2 = \frac{2,63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot (-4 \cdot 10^{-2}) = -12,0 \text{ МПа};$$

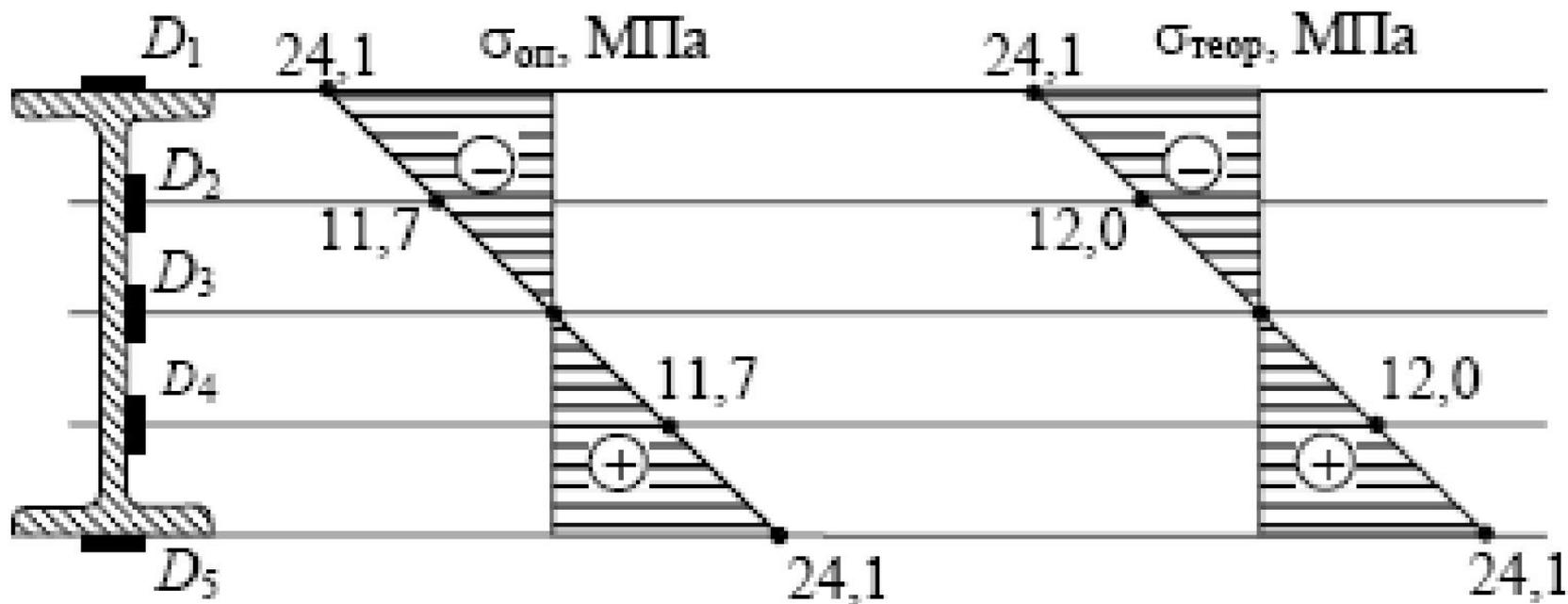
$$\sigma_3 = \frac{M_x}{I_x} y_3 = \frac{2,63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,0 = 0,0 \text{ МПа};$$

$$\sigma_4 = \frac{M_x}{I_x} y_4 = \frac{2,63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 12,0 \text{ МПа};$$

$$\sigma_5 = \frac{M_x}{I_x} y_5 = \frac{2,63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot 8 \cdot 10^{-2} = 24,1 \text{ МПа}$$

Сравнение результатов

Эпюры нормальных напряжений



Сравнения результатов опыта и теоретического расчета

| Напряжения | σ_1 | σ_2 | σ_3 | σ_4 | σ_5 |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Опытные, МПа | -24,1 | -11,7 | 0 | 11,7 | 24,1 |
| Теоретические, МПа | -24,1 | -12,0 | 0 | 12,0 | 24,1 |
| Расхождение, % | 0 | 2,5 | – | 2,5 | 0 |

В ы в о д ы

В результате опытных и теоретических исследований установлено, что опытные и теоретические значения нормальных напряжений практически совпадают. Отличие не превышает 2,5%. Следовательно, теория тонких балок справедлива.

И с х о д н ы е д а н н ы е

Требования к испытанию. *Отсутствие перекосов нагрузки и установки приборов.*

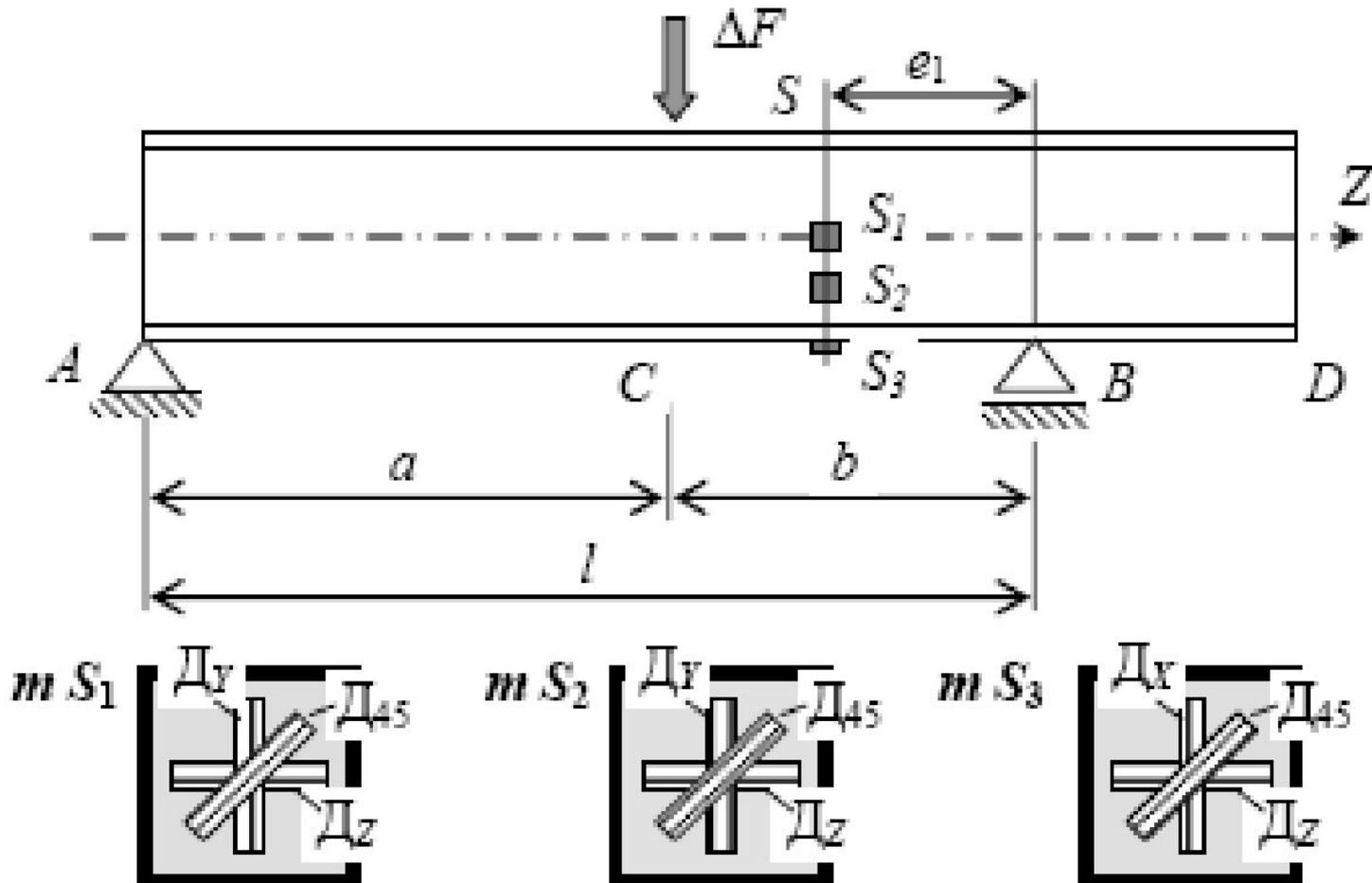
Опытная установка. *Балочный испытатель.*

Объект исследования *Стальной прокатный двутавр №16*

$h = 160$ мм; $d = 5$ мм; $I_x = 873$ см⁴; $W_x = 109$ см⁴; $E = 206$ ГПа.

Измерительные приборы: *ИДЦ-1 $\alpha = 1 \cdot 10^{-5}$, $K = 2$; тензодатчики $l_0 = 2$ см; стальная лента и штангенциркуль.*

Схема опытной балки

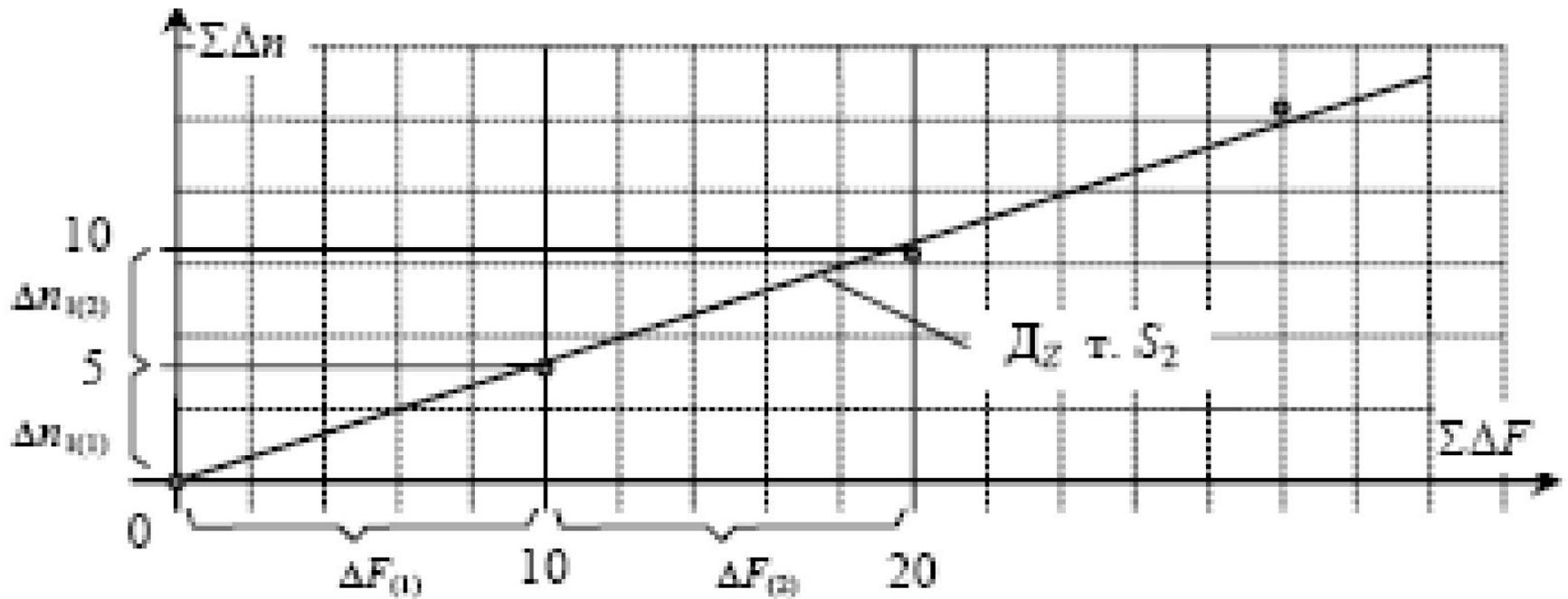


Опытные данные

Таблица опытных данных

| Точки | | S_1 | | | | | | S_2 | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| Датчики | | D_Z | | D_Y | | D_{45} | | D_Z | | D_Y | | D_{45} | |
| F , кН | ΔF , кН | n_1 | Δn_1 | n_2 | Δn_2 | n_3 | Δn_3 | n_4 | Δn_4 | n_5 | Δn_5 | n_6 | Δn_6 |
| 10 | 10 | 1001 | 0 | 965 | 1 | 1013 | 5 | 984 | 5 | 1001 | 1 | 965 | 9 |
| 20 | | 1001 | | 966 | | 1017 | | 989 | | 1002 | | 974 | |
| 30 | 10 | 1000 | -1 | 965 | -1 | 1023 | 6 | 993 | 4 | 1002 | 0 | 983 | 9 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| $\Delta F_m=10$ | | $\Delta n_{1m}=0$ | | $\Delta n_{2m}=0$ | | $\Delta n_{3m}=5$ | | $\Delta n_{4m}=5$ | | $\Delta n_{5m}=0$ | | $\Delta n_{6m}=9$ | |

Графики зависимости относительной деформации от нагрузки



Результаты испытания

| Величина | Точка S_1 | Точка S_2 | Величина | Точка S_1 | Точка S_2 |
|--|-------------|-------------|---------------------------------|-------------|-------------|
| $\varepsilon_1(\varepsilon_{1m}) \times 10^5$ | 0 | 4,88 | $\varepsilon_{min} \times 10^5$ | -4,88 | -4,36 |
| $\varepsilon_2(\varepsilon_{2m}) \times 10^5$ | 0 | 0 | σ_{max} , МПа | 7,73 | 17,94 |
| $\varepsilon_{45}(\varepsilon_{3m}) \times 10^5$ | 4,88 | 8,78 | σ_{min} , МПа | -7,73 | -3,59 |
| $\gamma_{xy} \times 10^5$ | -9,76 | 1,27 | τ_{max} , МПа | 7,73 | 10,77 |
| $\varepsilon_{max} \times 10^5$ | 4,88 | 17,94 | α_0 , град | 45 | 21,1 |

Для определения опытных деформаций, напряжений и угла поворота главных площадок использованы формулы (57), (58), (59), (60), (61) и (62).

Теоретический расчет

Реакции опор балки

$$Y_A = \Delta F \cdot \frac{b}{a+b} = 10 \cdot \frac{0,9}{1,1+0,9} = 4,5 \text{ кНм};$$

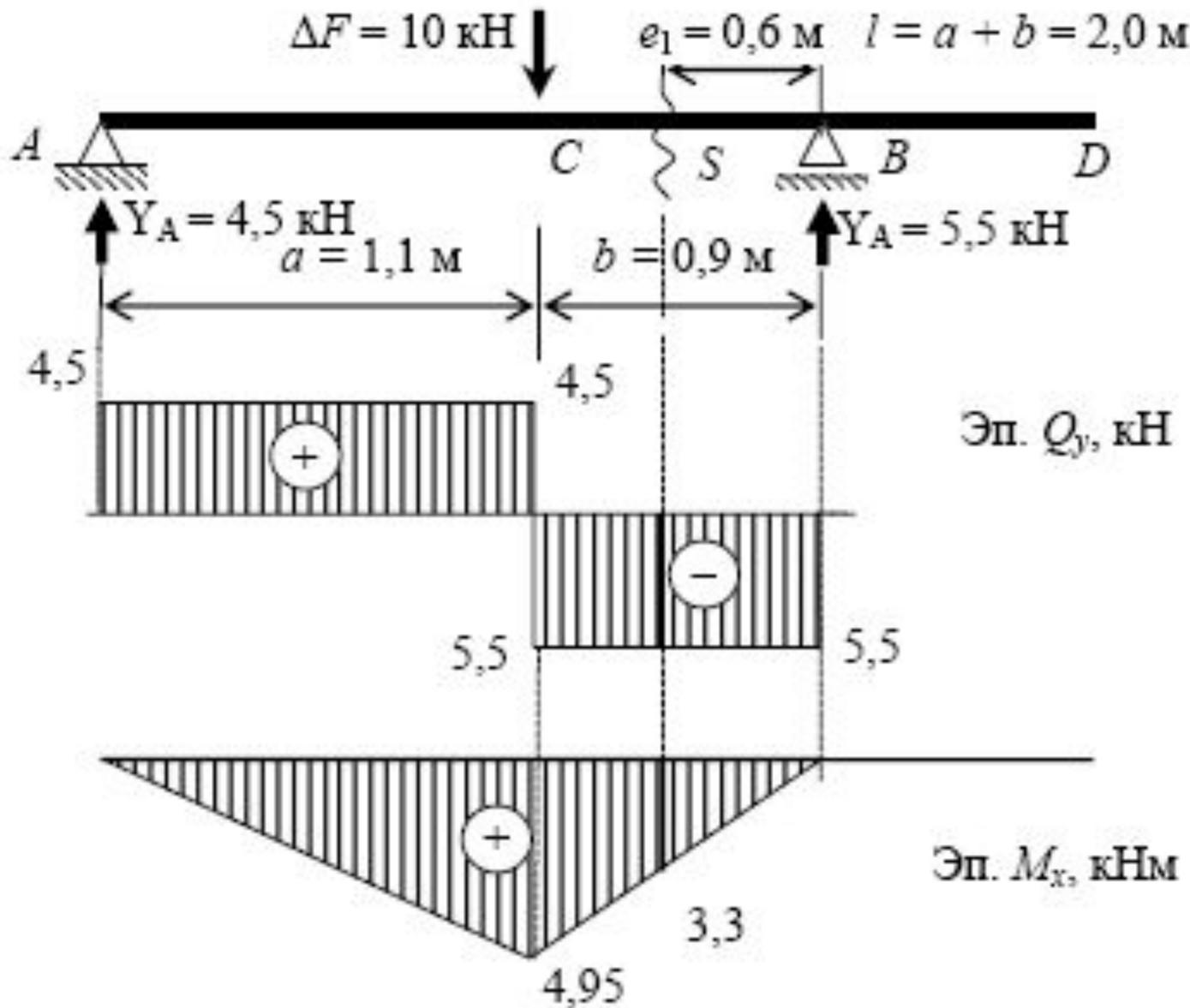
$$Y_B = \Delta F \cdot \frac{a}{a+b} = 10 \cdot \frac{1,1}{1,1+0,9} = 5,5 \text{ кНм}.$$

Изгибающий момент и поперечная сила в расчетном сечении S

$$M_{xS} = Y_B \cdot e_1 = 5,5 \cdot 0,6 = 3,3 \text{ кНм};$$

$$Q_{yS} = Y_B = 5,5 \text{ кН}.$$

Расчетная схема балки и эпюры внутренних сил



Результаты теоретического расчета

Результаты теоретического расчета приведены в таблице

| Величина | Точка S_1 | Точка S_2 | Величина | Точка S_1 | Точка S_2 |
|---------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|
| σ_z , МПа | 0 | 15,12 | σ_{\max} , МПа | 7,85 | 18,10 |
| S_x^0 , МПа | 62,30 | 58,30 | σ_{\min} , МПа | -7,85 | -2,98 |
| τ_{yz} , МПа | 7,85 | 7,35 | α_0 , град | 45 | 22,09 |
| τ_{\max} , МПа | 7,85 | 10,54 | — | — | — |

С р а в н е н и е р е з у л ь т а т о в

Отличие напряжений и углов поворота главных площадок опытных и теоретических результатов выражено в процентах и приведено в таблице.

| Точки | $S_1 (S_2)$ | | | | S_2 | | | |
|---------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | σ_{\max} МПа | σ_{\min} МПа | τ_{\max} МПа | α_0 , град | σ_{\max} МПа | σ_{\min} МПа | τ_{\max} МПа | α_0 , град |
| Опытные | 7,73 | -7,73 | 7,73 | 45 | 17,94 | -3,59 | 10,77 | 21,10 |
| Теоретические | 7,85 | -7,85 | 7,85 | 45 | 18,10 | -2,98 | 10,54 | 22,09 |
| Отличие, % | 1,53 | 1,53 | 1,53 | 0 | 1,28 | 20,47 | 2,18 | 4,48 |

В ы в о д ы

В результате опытных и теоретических исследований установлено, что материал деформируется в упругой стадии и по закону Гука.

Сравнение результатов испытания и теоретических расчетов показало, что их отличие не превышает 5% за исключением меньшего экстремального напряжения в точке S2.