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

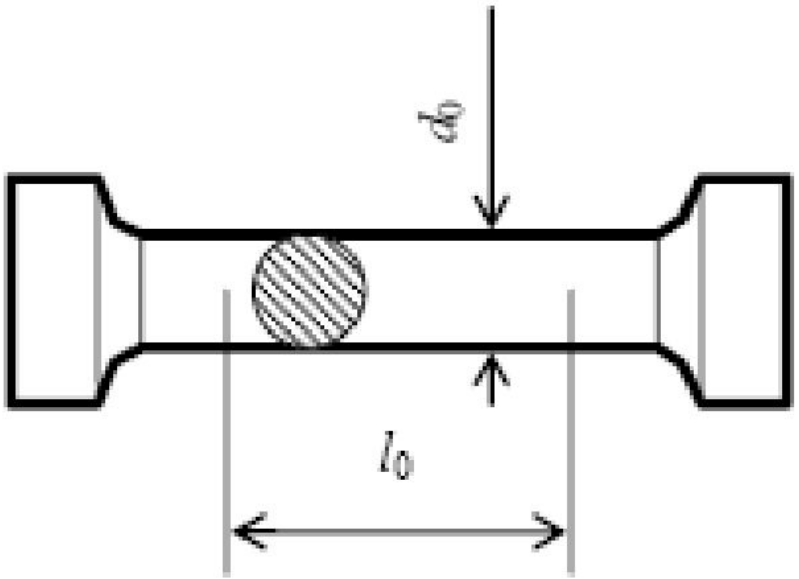
Требования к испытанию. *В соответствии со стандартом нагружение выполнять со скоростью 1 мм в минуту, не допускать перекосов и толчков, соблюдать технику безопасности.*

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



$l_0 = 30$ мм $\quad d_0 = 6$ мм

$l_0 / d_0 = 5$

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

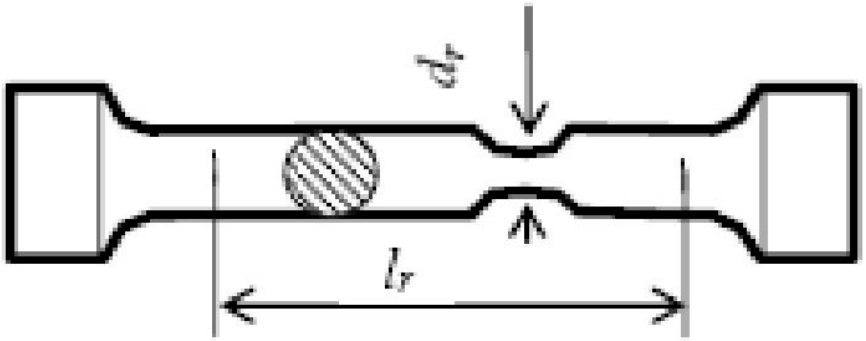
$l_r = 41{,}0$ мм;

$d_{r1} = 2{,}5$ мм; $\quad d_{r2} = 2{,}7$ мм;

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

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

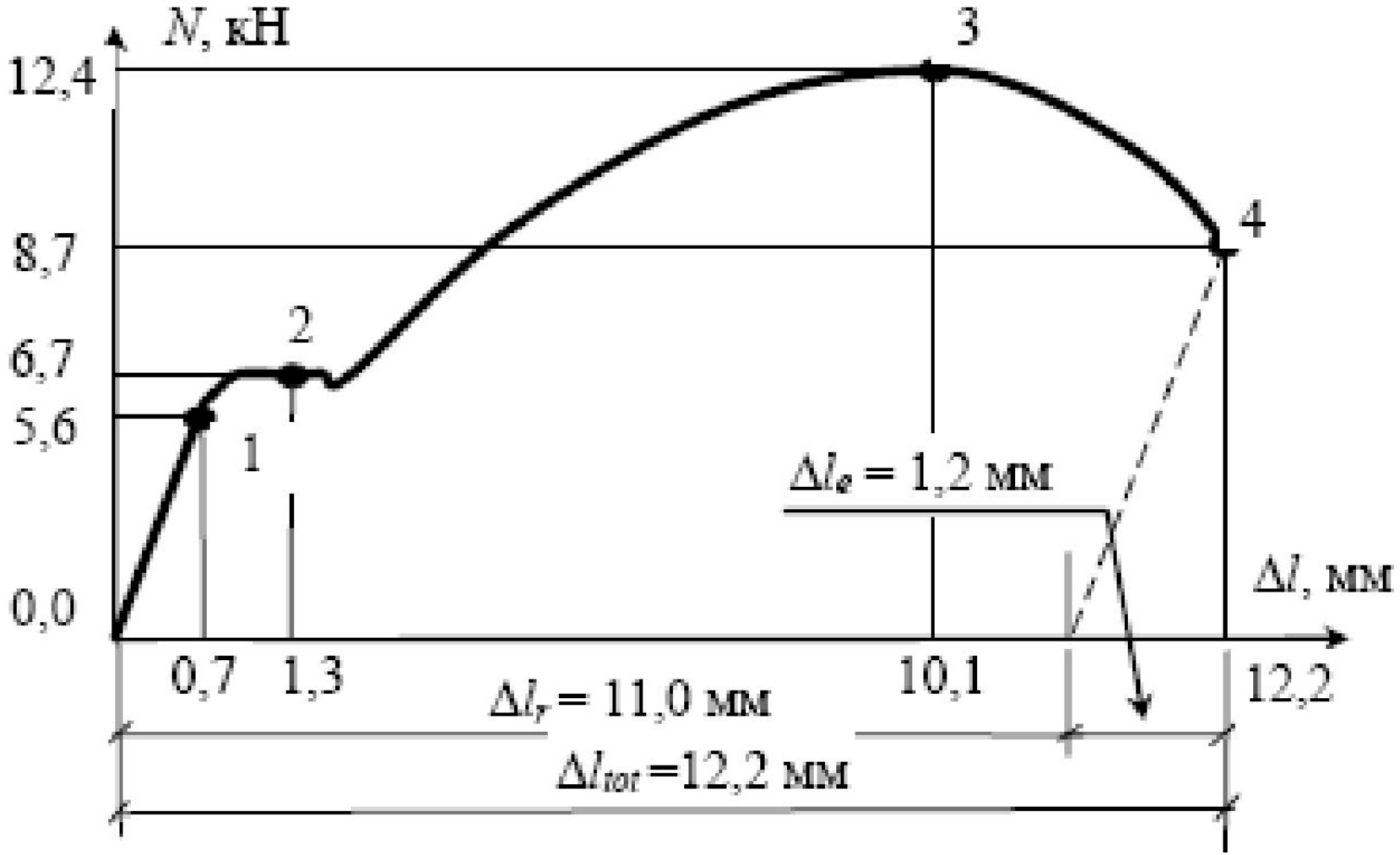
Схема образца после испытания



Усилия и деформации в характерных точках диаграммы растяжения

1	2	3	4
N_{pr} = 5,6 кН	N_y = 6,7 кН	N_u = 12,4 кН	N_0 = 8,7 кН
Δl_{pr} = 0,7 мм	Δl_y = 1,3 мм	Δl_u = 10,1 мм	Δl_{tot} = 12,2 мм

Машинная диаграмма растяжения



Р е з у л ь т а т ы и с п ы т а н и я

Деформации в характерных точках диаграммы напряжений

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

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

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

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

Характеристики прочности

предел пропорциональности

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

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

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

относительное остаточное сужение

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

Удлинение к моменту разрыва

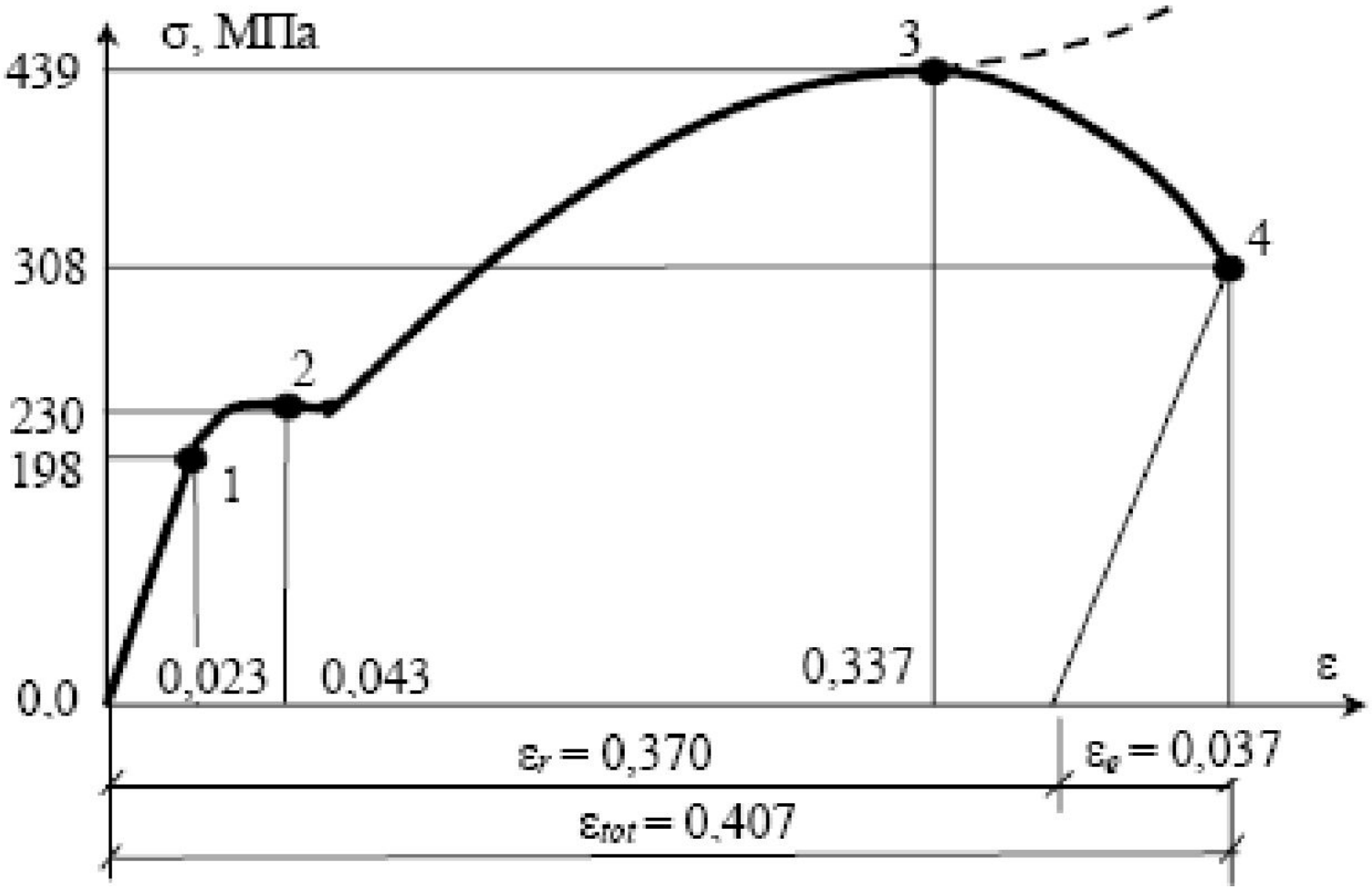
полное	$\Delta l_{tot} = 12{,}2$ мм;
упругое	$\Delta l_e = 1{,}2$ мм;
остаточное	$\Delta l_r = 11{,}0$ мм.

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 $$\sigma_0' = \frac{N_0}{A_г} = \frac{8{,}7 \cdot 10^3}{5{,}31 \cdot 10^{-6}} = 1638 \text{ МПа}.$$

Диаграмма напряжений



Определение марки стали

Марка стали (*определена по нижнему нормативному пределу*)

Ст 3 кп (σ_{yn} = 235 МПа)

Нормативное сопротивление

$R_n = \sigma_{yn}$ = 235 МПа

Расчетное сопротивление

$R_y = R_n/\gamma_n$ = 235/1,05 = 224 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.

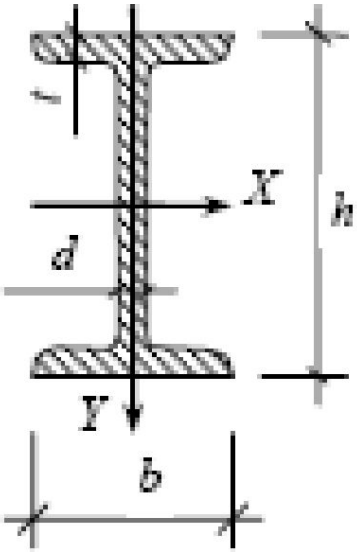
И с х о д н ы е д а н н ы е

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

$h = 160$ мм; $d = 5$ мм;

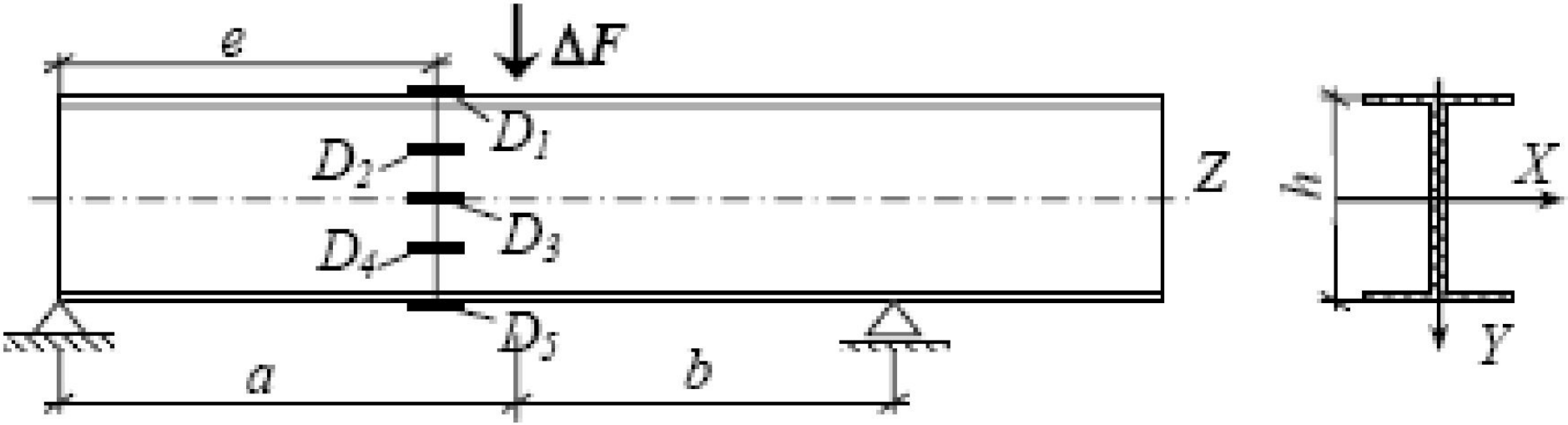
$I_x = 873$ см^4; $W_x = 109$ см^4;

$E = 206$ ГПа.

Измерительные приборы.

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

Схема опытной балки



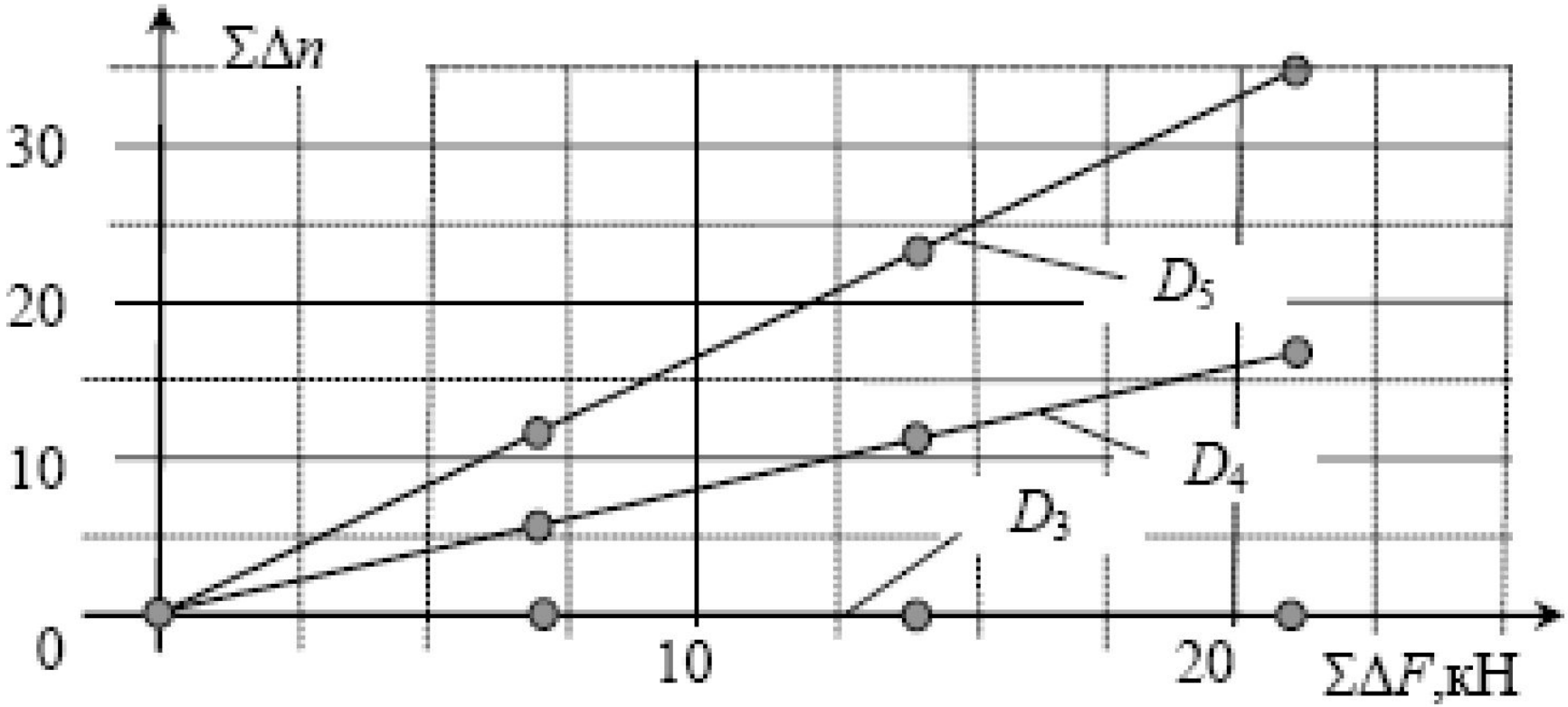
$e = 1$ м; $a = 1{,}3$ м; $b = 0{,}8$ м

О п ы т н ы е д а н н ы е

Таблица опытных данных

Нагрузка, кН		Д1		Д2		Д3		Д4		Д5	
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



Р е з у л ь т а т ы и с п ы т а н и я

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

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

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

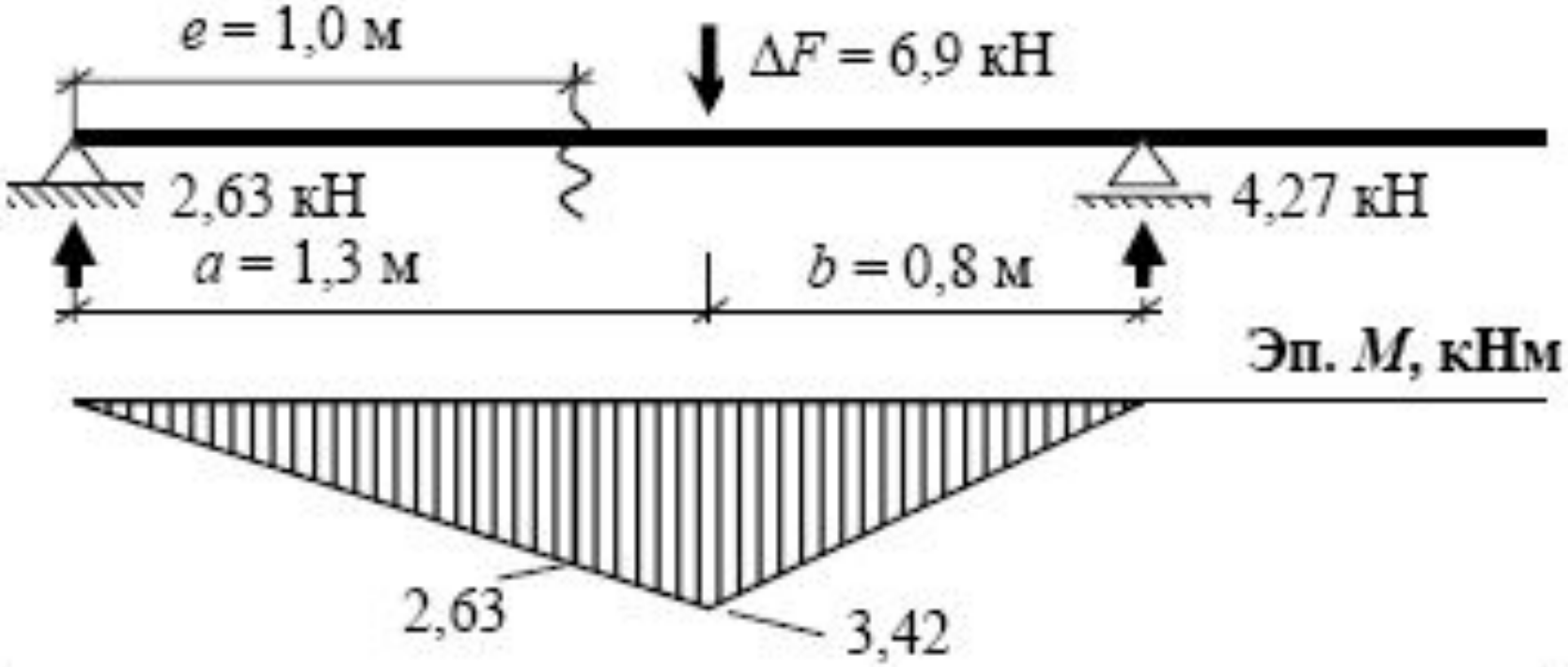
$$\sigma_{m3} = E\varepsilon_{m3} = 206 \cdot 10^9 \cdot 0.0 = 0{,}0 \text{ МПа};$$

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

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

Т е о р е т и ч е с к и й р а с ч е т

Расчетная схема балки и эпюра изгибающих моментов



Нормальные напряжения в исследуемых точках сечения балки

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

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

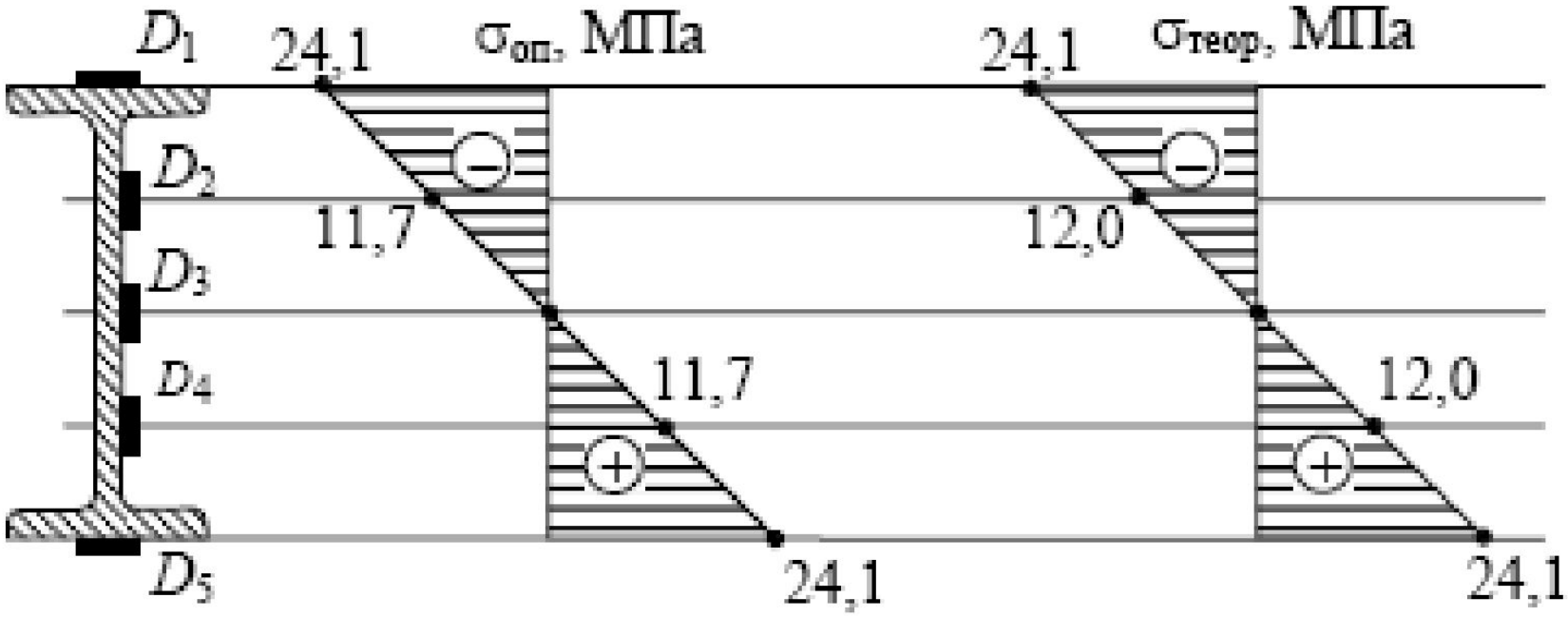
$$\sigma_3 = \frac{M_x}{I_x} y_3 = \frac{2{,}63 \cdot 10^3}{873 \cdot 10^{-8}} \cdot 0{,}0 = 0{,}0 \text{ МПа};$$

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

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

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

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.*

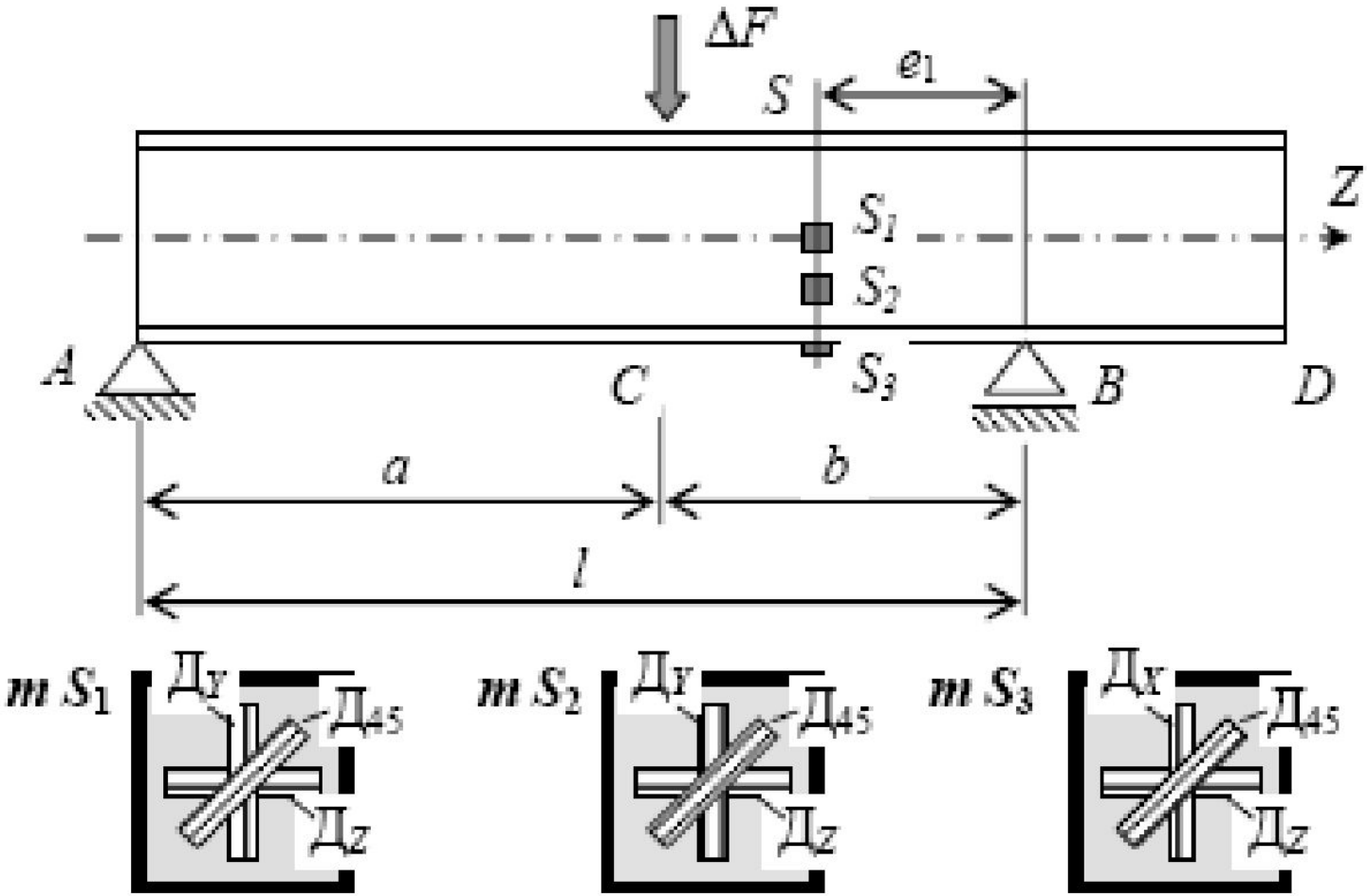
Опытная установка. *Балочный испытатель.*

Объект исследования Стальной прокатный двутавр №16

$h = 160$ мм; $d = 5$ мм; $I_x = 873$ см^4; $W_x = 109$ см^4; $E = 206$ ГПа.

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

Схема опытной балки

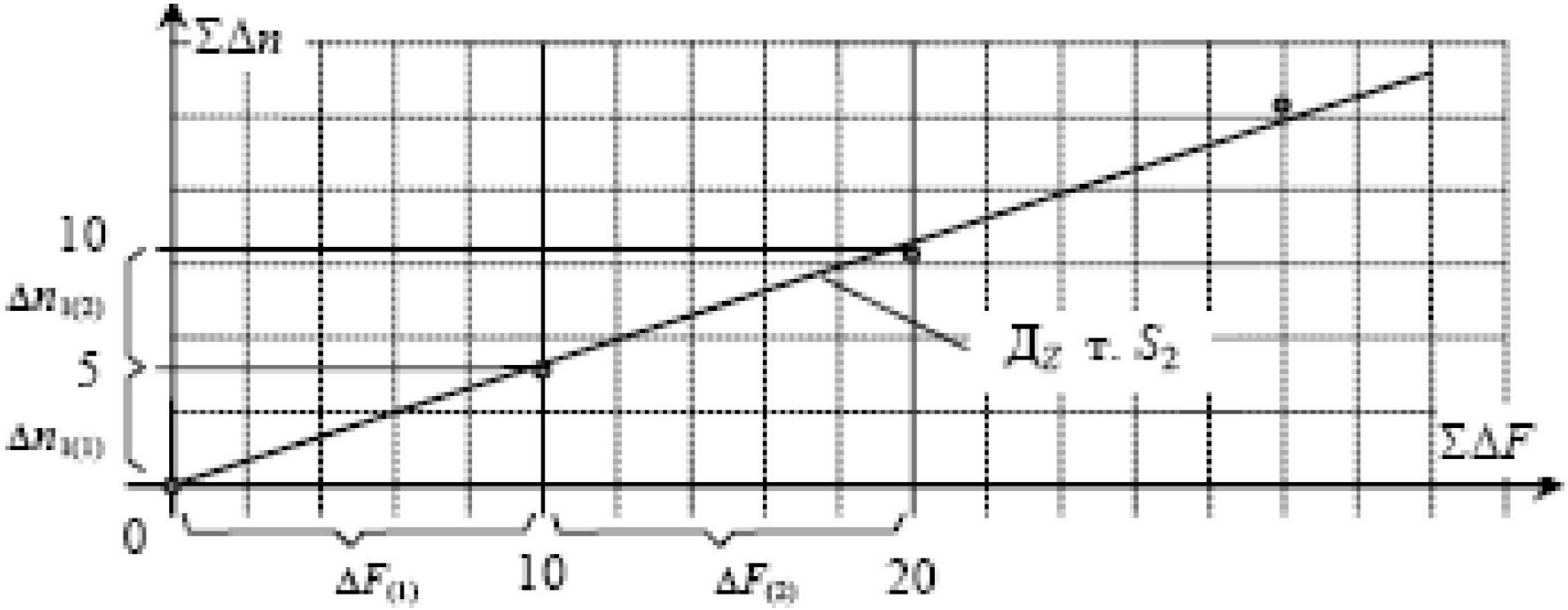


Опытные данные

Таблица опытных данных

Точки		S_1						S_2					
Датчики		$Д_Z$		$Д_Y$		$Д_{45}$		$Д_Z$		$Д_Y$		$Д_{45}$	
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		1001		965		1013		984		1001		965	
	10		0		1		5		5		1		9
20		1001		966		1017		989		1002		974	
	10		-1		-1		6		4		0		9
30		1000		965		1023		993		1002		983	
ΔF_m=10		Δn_{1m}=0		Δn_{2m}=0		Δn_{3m}=5		Δn_{4m}=5		Δn_{5m}=0		Δn_{6m}=9	

Графики зависимости относительной деформаций 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
$\gamma_m \times 10^5$	-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).

Т е о р е т и ч е с к и й р а с ч е т

Реакции опор балки

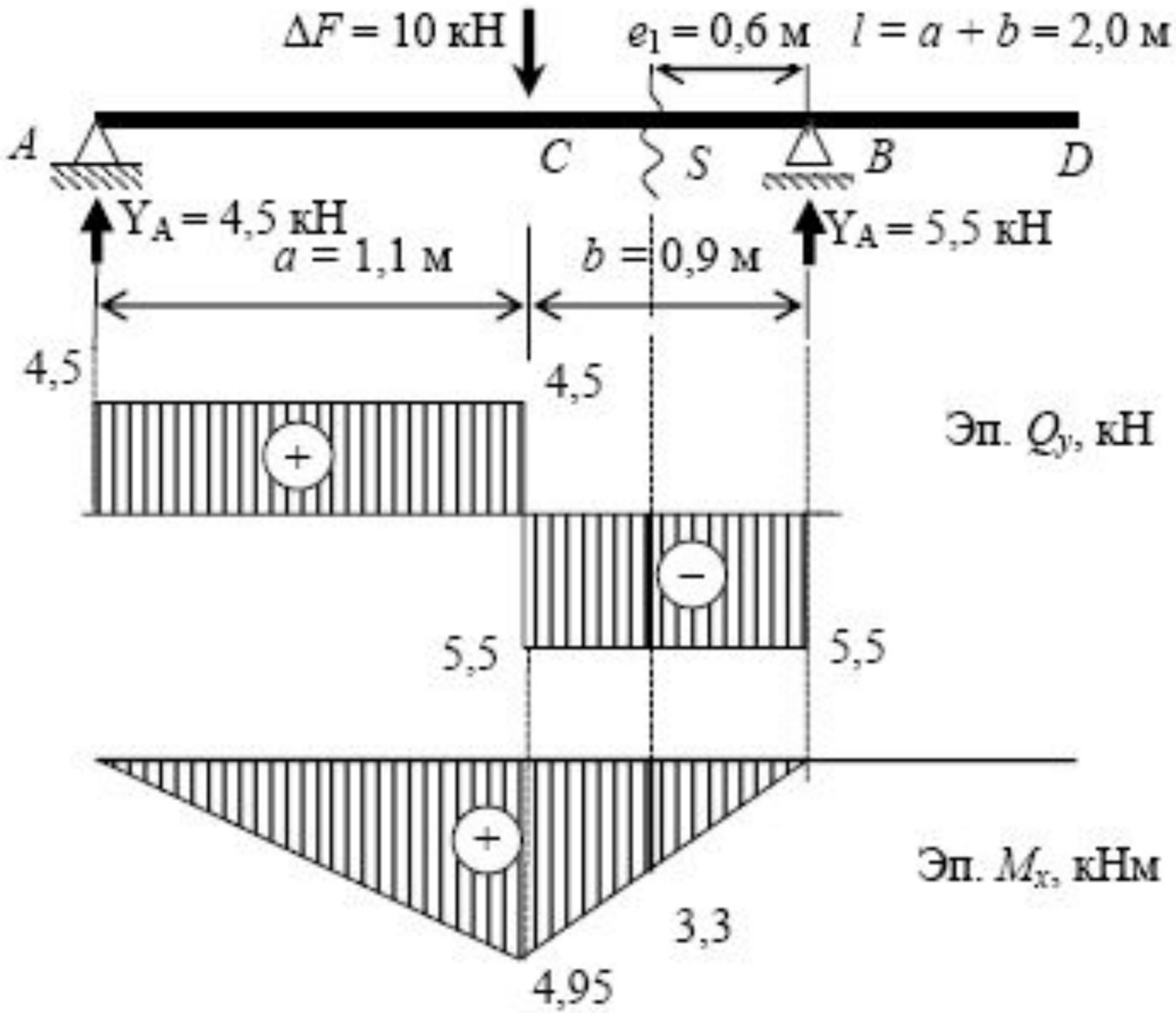
$$Y_A = \Delta F \cdot \frac{b}{a+b} = 10 \cdot \frac{0{,}9}{1{,}1+0{,}9} = 4{,}5\,\text{кНм};$$

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

Изгибающий момент и поперечная сила в расчетном сечении *S*

$$M_{xS} = Y_B \cdot e_1 = 5{,}5 \cdot 0{,}6 = 3{,}3\,\text{кНм}; \qquad Q_{yS} = Y_B = 5{,}5\,\text{кН}.$$

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			
Величина	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.