

Лабораторная работа 1.3.1

"Определение модуля Юнга на основе исследования деформаций растяжения и изгиба"

Белов Михаил Б01-302

3 ноября 2023 г.

Аннотация:

Цель лабораторной работы заключается в экспериментальном получении зависимости между напряжением и деформацией (закон Гука) для простейших напряженных состояний упругих тел: одноосного растяжения и чистого изгиба; вычислении модуля Юнга.

Теоретические сведения:

Закон Гука:

$$\delta = E \cdot \epsilon,$$

где E – модуль Юнга, δ – механическое напряжение, ϵ – относительное удлинение упругой деформации.

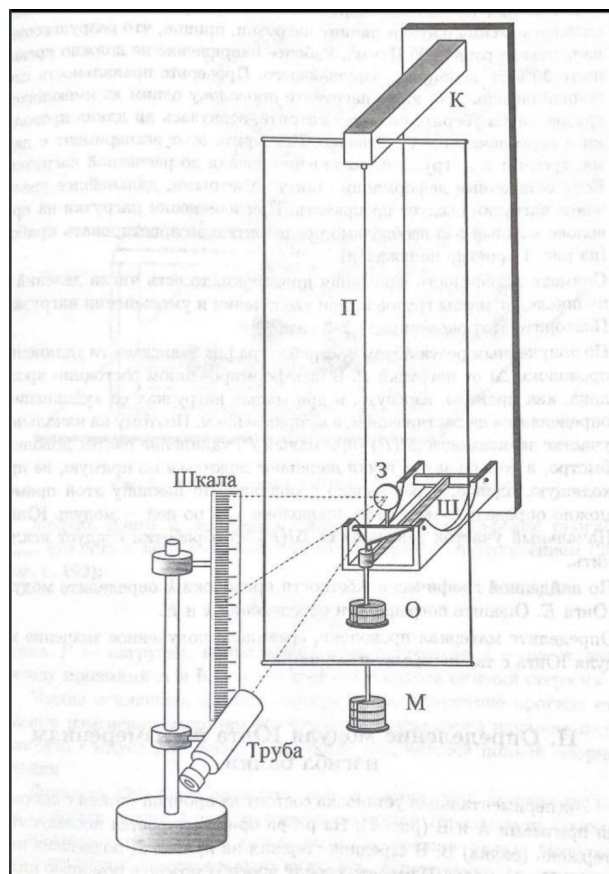
Механическое напряжение рассчитывается по формуле:

$$\delta = \frac{F}{S},$$

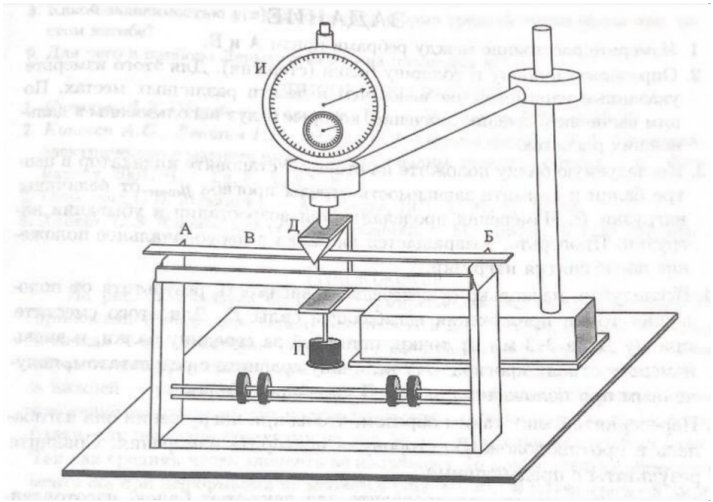
где S – поперечное сечение тела.

Методика измерений:

Лабораторная работа состоит из двух частей: в первой используется прибор Лермантова:



А во втором используется установка для измерения изгиба балки:



Результаты измерений:

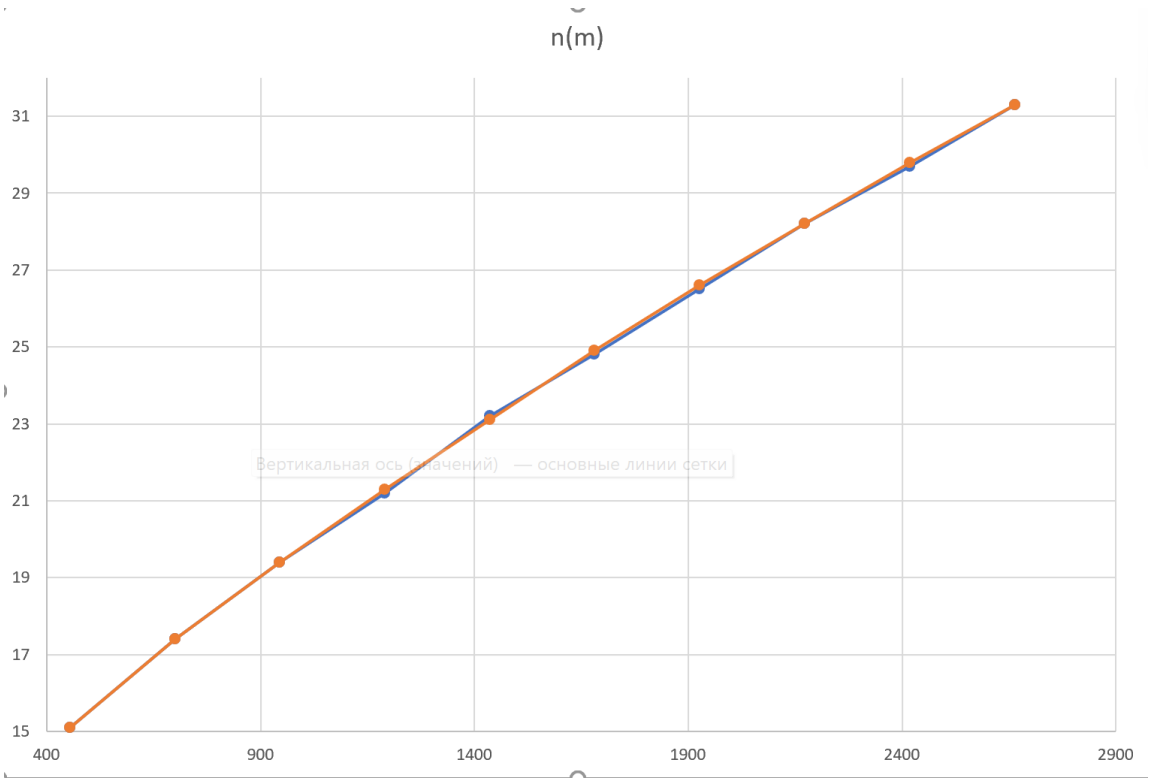
Первый эксперимент:

В первом эксперименте трижды повторяется измерения растяжения проволоки при последовательном увеличении и уменьшении давления.

Результаты замеров:

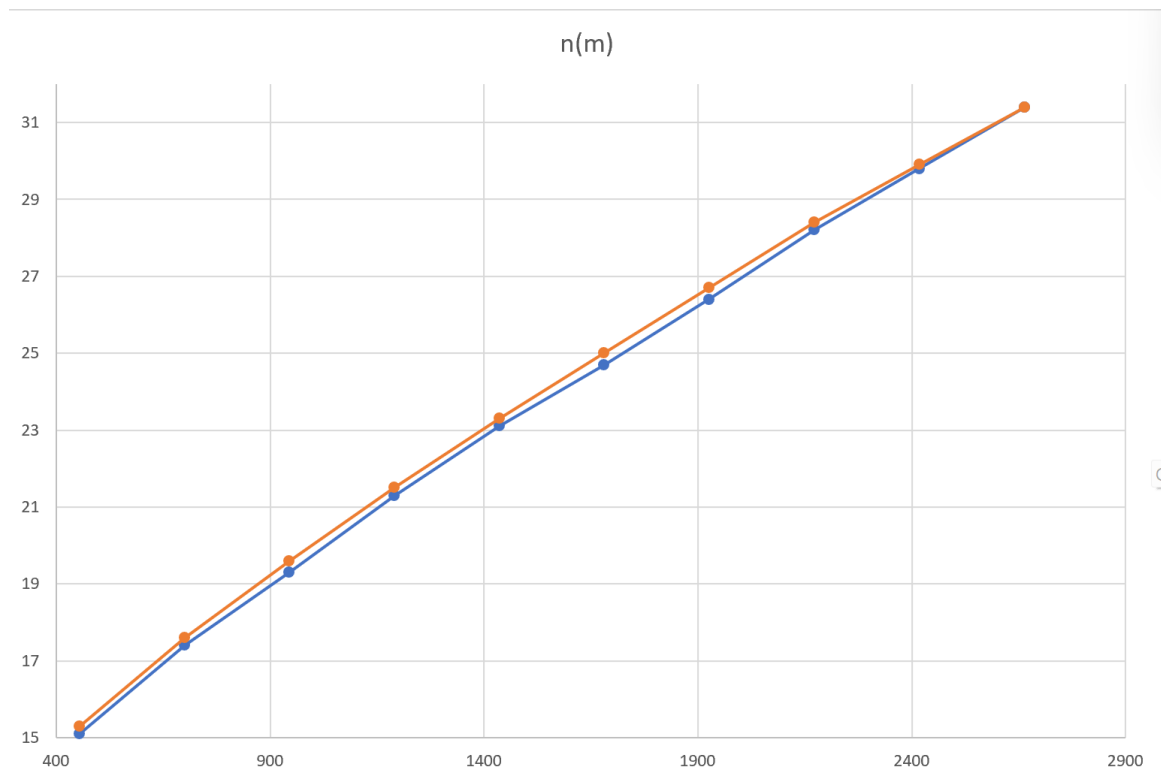
№ эксп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	455,3	700,5	945,3	1190,6	1436,1	1681	1926,7	2172,5	2417,8	2663,7
n	15,1	17,4	19,4	21,2	23,2	24,8	26,5	28,2	29,7	31,3

№ эксп.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n	2663,7	2417,8	2172,5	1926,7	1681	1436,1	1190,6	945,3	700,5	455,3
l	31,3	29,8	28,2	26,6	24,9	23,1	21,3	19,4	17,4	15,1



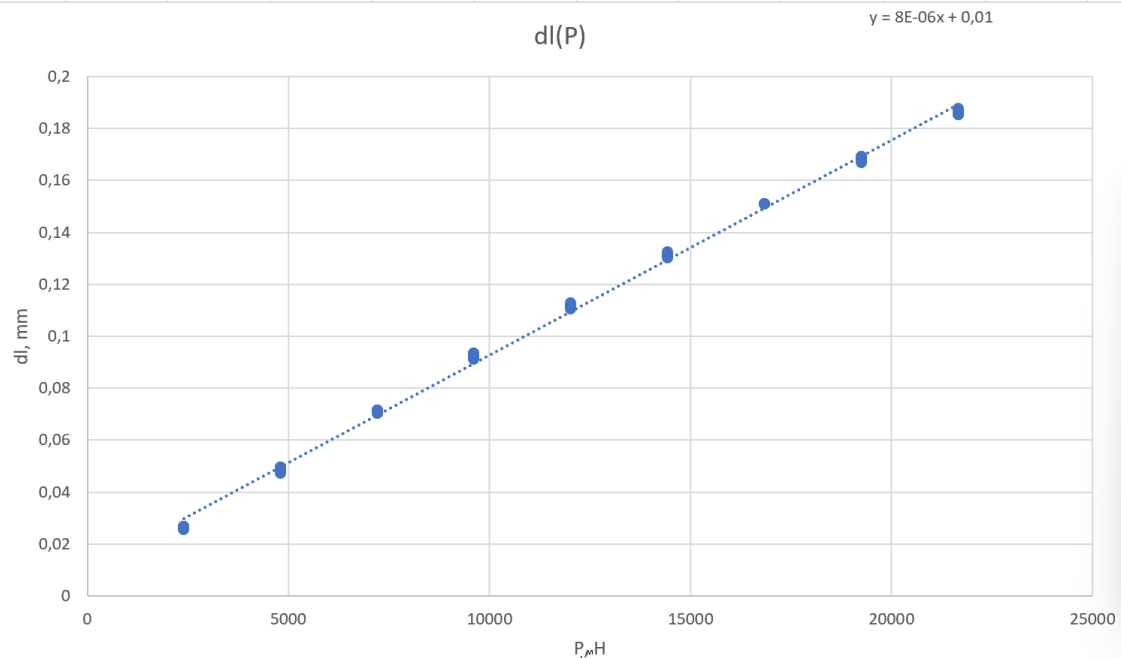
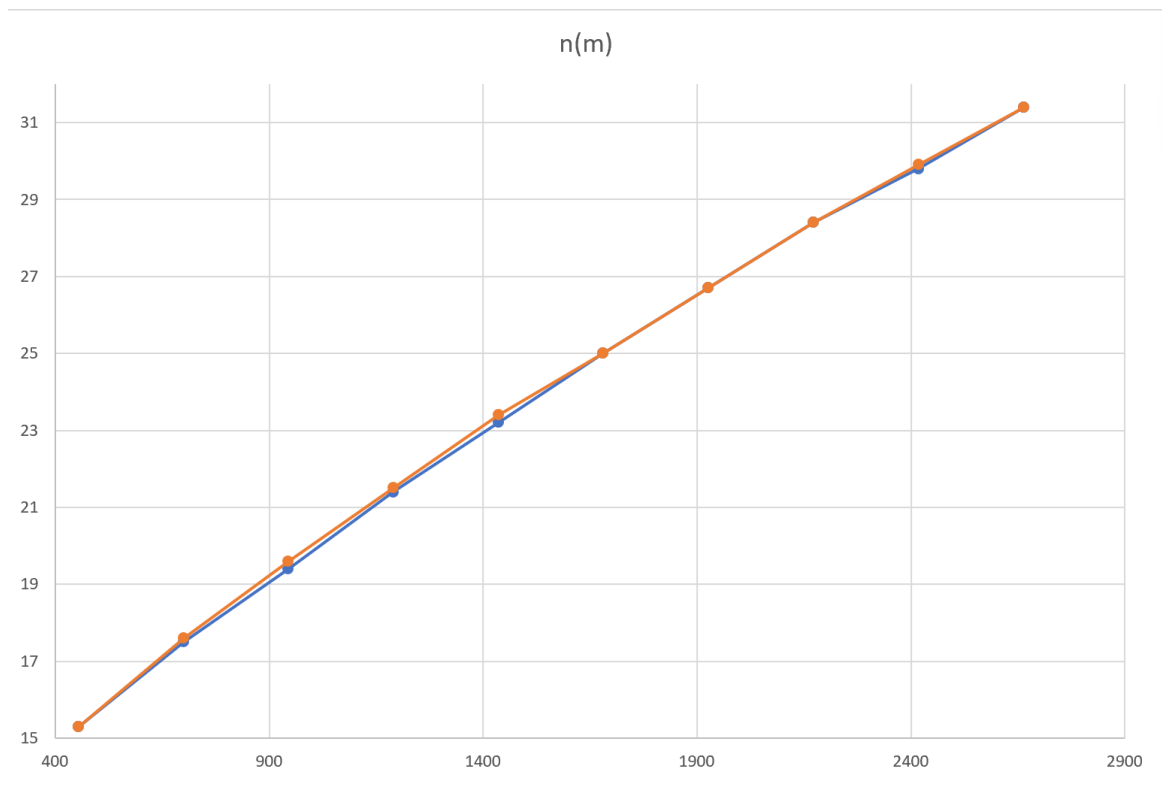
N эксп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	455,3	700,5	945,3	1190,6	1436,1	1681	1926,7	2172,5	2417,8	2663,7
n	15,1	17,4	19,3	21,3	23,1	24,7	26,4	28,2	29,8	31,4

N эксп.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n	2663,7	2417,8	2172,5	1926,7	1681	1436,1	1190,6	945,3	700,5	455,3
l	31,4	29,9	28,4	26,7	25,0	23,3	21,5	19,6	17,6	15,3



N эксп.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	455,3	700,5	945,5	1190,6	1436,1	1681	1926,7	2172,5	2417,8	2663,7
n	15,3	17,5	19,4	21,4	23,2	25,0	26,7	28,4	29,8	31,4

N эксп.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n	2663,7	2417,8	2172,5	1926,7	1681	1436,1	1190,6	945,3	700,5	455,3
l	31,4	29,9	28,4	26,7	25,0	23,4	21,5	19,6	17,6	15,3



Из закона Гука:

$$k = \frac{P}{\delta l} \approx 120000 \frac{H}{m}$$

$$E = \frac{l \cdot k}{S} \approx 850 \cdot 10^9 \frac{H}{m^2}$$

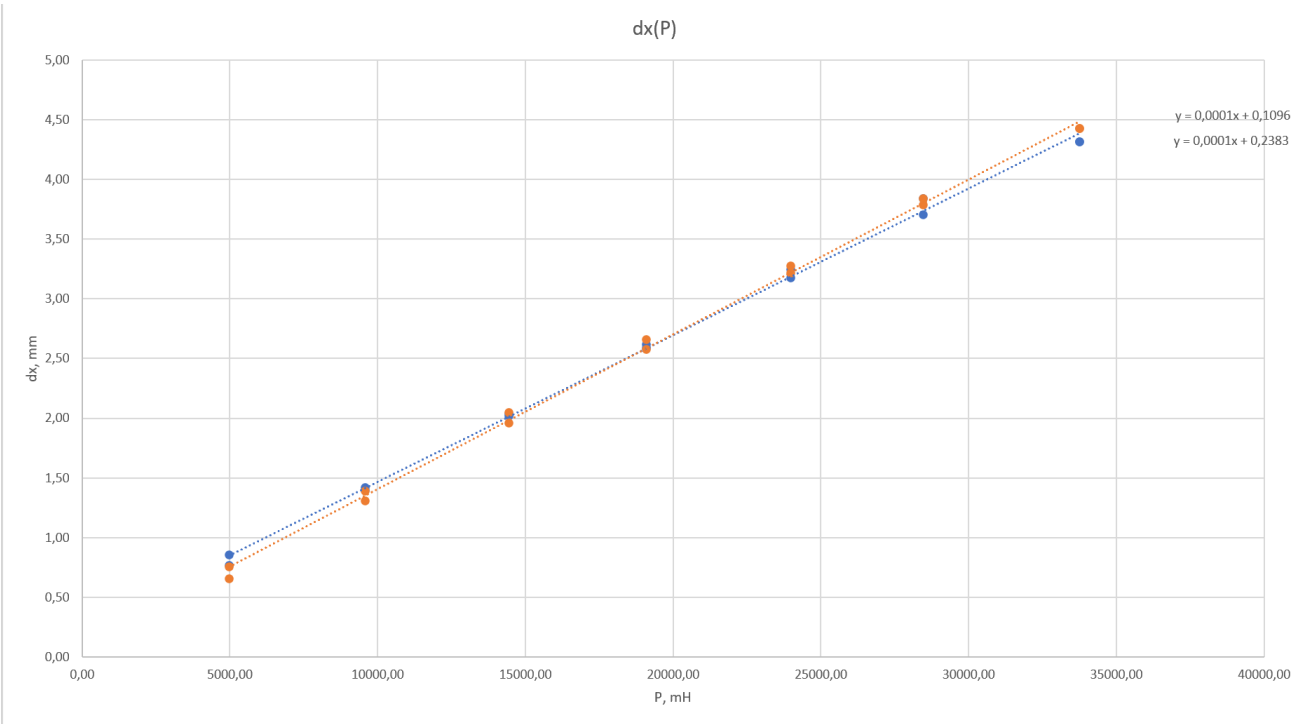
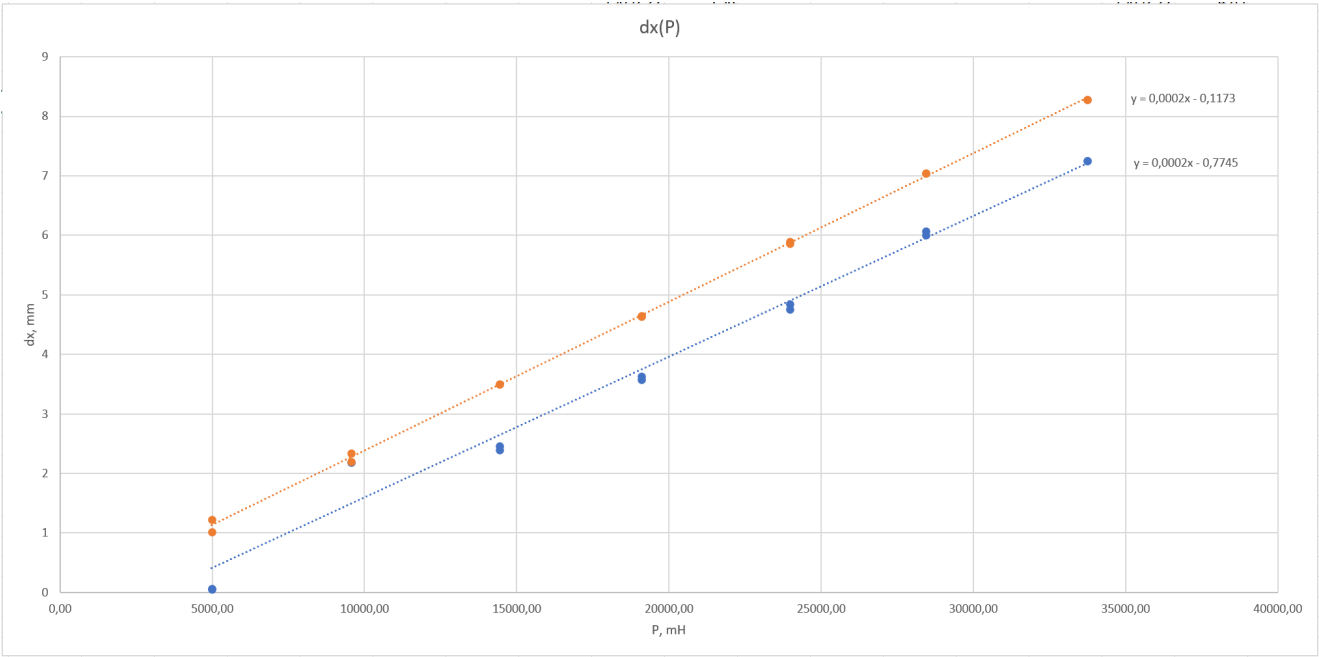
Погрешности можно посчитать по формулам:

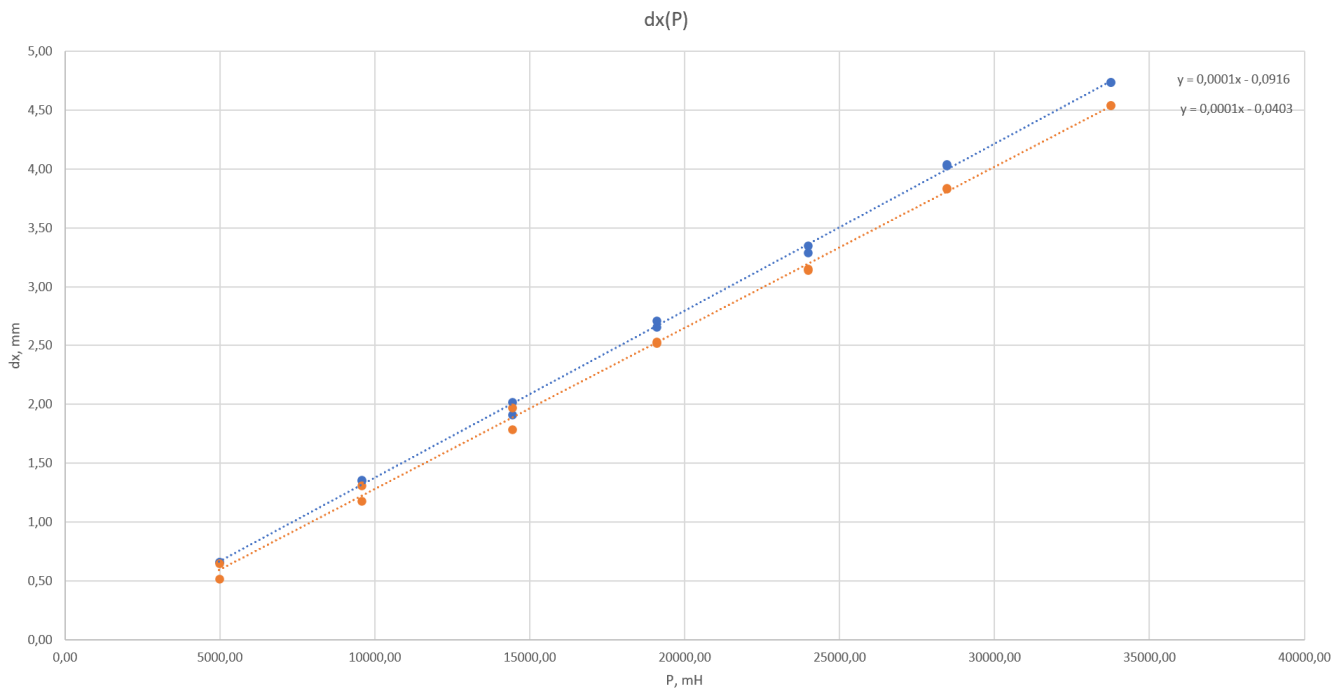
$$\delta k = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\frac{\langle \Delta l^2 \rangle}{\langle P^2 \rangle} - k^2)} \approx 17000$$

$$\delta E = E \cdot \sqrt{\frac{\delta k}{k} + \frac{\delta l}{l} + \frac{\delta S}{S}} \approx 2 \cdot 10^9$$

Второй эксперимент:

Трижды повторим измерения при последовательном увеличении и уменьшении давления на балку на обеих сторонах составим графики зависимости прогиба балки от нагрузки:





На этих графиках синим и оранжевым цветом обозначены полученные результаты для разных сторон балки.

Модуль Юнга материала можно рассчитать по формуле:

$$E = \frac{k \cdot l^3}{4 \cdot a \cdot b^3},$$

где $k = \frac{P}{\delta y} = \tan \alpha$

Погрешности можно посчитать по формулам:

$$\delta k = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot (\frac{\langle \Delta l^2 \rangle}{\langle P^2 \rangle} - k^2)}$$

$$\delta E = E \cdot \sqrt{\frac{\delta k}{k} + 3 \cdot \frac{\delta l}{l} + \frac{\delta a}{a} + 3 \cdot \frac{\delta b}{b}}$$

Таким образом получим значения:

Латунная балка							
k_1	k_2	E_1	E_2	δk_1	δk_2	δE_1	δE_2
4140	3998	$379 \cdot 10^9$	$365,7 \cdot 10^9$	170	25	$1,6 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$
Деревянная балка							
k_1	k_2	E_1	E_2	δk_1	δk_2	δE_1	δE_2
7697	8300	$47 \cdot 10^9$	$50 \cdot 10^9$	89	370	$0,5 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^9$
Стальная балка							
k_1	k_2	E_1	E_2	δk_1	δk_2	δE_1	δE_2
7285	7044	$733 \cdot 10^9$	$708 \cdot 10^9$	87	61	$8,7 \cdot 10^9$	$6,1 \cdot 10^9$

Обсуждение результатов и вывод:

Таким образом мы экспериментально измерили модуль Юнга нити в первом эксперименте и модуль юнга трёх балок из различных материалов во втором. А так же проверили закон Гука.

В первом эксперименте мы получили значение модуля Юнга $E \approx 850 \cdot 10^9 \frac{H}{m^2}$ при этом погрешность составила порядка 0,2%. Что можно назвать очень хорошей точностью.

Во втором эксперименте мы получили значения закона Гука для латуни, дерева и стали. Погрешность в этом эксперименте составила от 0,04% в случае стали до 4,6% для дерева.

Во всех экспериментах значения модуля Юнга превысило табличные значения в 3-4 раза.