

Лабораторная работа 1.3.1.

Определение модуля Юнга основе исследований деформаций растяжения и изгиба .

I.Определение модуля Юнга по измерениям растяжения проволоки.

Аннотация

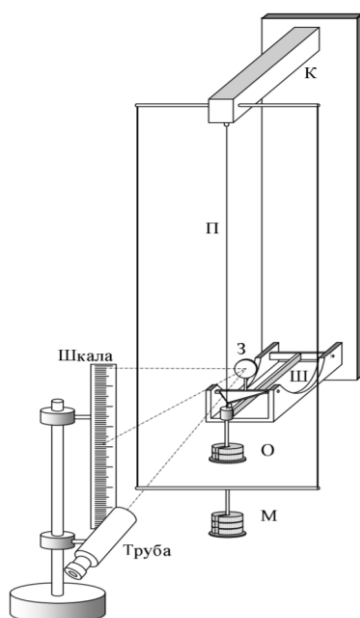
Цель работы: экспериментально получить зависимость между напряжением и деформацией (закон Гука) для одноосного растяжения проволоки. По результатам измерений вычислить модуль Юнга.

Теоретические сведения

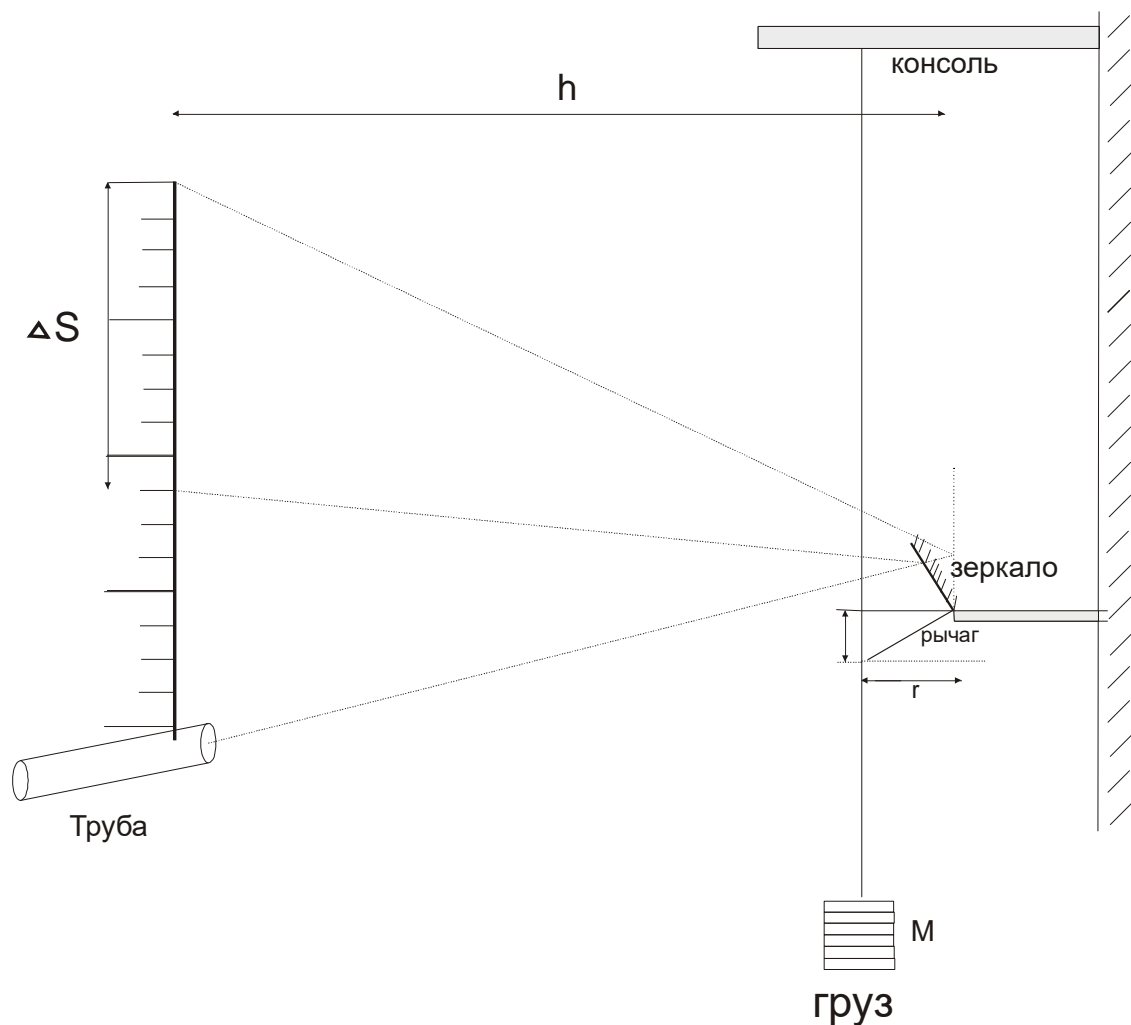
1)Для определения модуля Юнга используется прибор Лермантова, схема которого изображена на рисунке. Верхний конец проволоки П, изготовленной из исследуемого материала, прикреплен к консоли К, а нижний – к цилиндру, которым оканчивается шарнирный кронштейн Ш. На этот же цилиндр опирается рычаг r , связанный с зеркальцем З. Таким образом, удлинение проволоки можно измерить по углу поворота зеркала.

Натяжение проволоки можно менять, перекладывая грузы с площадки кронштейна К на точность измерения, так как нагрузка на нем все время остается постоянной.

При проведении эксперимента следует иметь в виду, что проволока П при отсутствии нагрузки всегда несколько изогнута, что не может не сказаться на результатах, особенно при небольших нагрузках. Проволока вначале не столько растягивается, сколько распрямляется.



Устройство прибора Лермантова:



Где: l -длина проволоки, r -длина рычага, Δl -удлинение проволоки, α -угол отклонения зеркала, h -расстояние от шкалы до зеркала, ΔS -изменение по шкале.

Используемое оборудование

В работе используются: прибор Лермантова, проволока из исследуемого материала, зрительная труба со шкалой, набор грузов, линейка.

Методика измерений

1. Будем навешивать грузы на проволоку, которая будет удлиняться. Из-за удлинения зеркала, связанное с проволокой рычагом, повернется на какой-то угол α , а значит и видимая часть шкалы в трубе сместится на какую-то величину ΔS . Рассчитаем как зависит изменение по шкале от удлинения проволоки:

α -малый, тогда $\alpha \approx \frac{\Delta l}{r}$, а $\Delta S \approx 2\alpha \cdot h = \frac{2\Delta l \cdot h}{r}$, следовательно $\Delta l \approx \frac{n \cdot r}{2h}$.

Результаты измерений

2. Определим l, r, h, d:

$$r = 20 \text{ мм}$$

$$l = 1760 \text{ мм}$$

$$h = 1380 \text{ мм}$$

$$d = 0,55 \text{ мм}, S = \frac{\pi d^2}{4} \approx 0,240 \text{ мм}^2$$

$$\sigma l = 0,5 \text{ мм}$$

$$\Delta l = \frac{r n}{2 h} \text{ (изменение длины нити)}$$

σ предел = 900 н/мм² (разрушающее напряжение)

$$P_{max} = 0,3 S \sigma_{np} = 64,8 \text{ Н (Предельный вес)}$$

3. Определим максимальную рабочую нагрузку:

$F_{max} = 0,3 \sigma \frac{\pi d^2}{4} = 64,8 \text{ Н}$, значит нельзя нагружать на проволоку больше 6,5 кг. Проверим эту формулу, нагрузив 3 кг на проволоку. Сняв нагрузку, увидим, что появилось остаточное удлинение (0,3 мм). Так что не будем нагружать на проволоку больше 2,5 кг.

5. Снимем зависимость удлинения проволоки (Δl) от массы грузов (М) при увеличении и уменьшении нагрузки на проволоку:

6. По данным из таблиц построим график $\Delta l(P)$:

1 измерение



2 измерение



3 измерение



Обсуждение результатов

7. По углу наклона графика найдем k (жесткость проволоки). Используя метод наименьших квадратов (эксель)

$$K = 16100 \text{ Н/м}$$

$$\sigma_k = 935 \text{ Н/м}$$

Определим модуль юнга по формуле $E = k \frac{l}{s} = \frac{4}{\pi} \frac{kl}{d^2} = 1,19 \cdot 10^{11}$

Расчет погрешности при косвенном измерении

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{\sigma_k^2}{k} + \frac{\sigma_l^2}{l}} = 6 \cdot 10^9 - 5\% \text{ от } E$$

Заключение

$$E = (11,9 \pm 0,6) \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

8. Сравним полученное экспериментальное значение модуля юнга с табличным. Предположительно это медь.

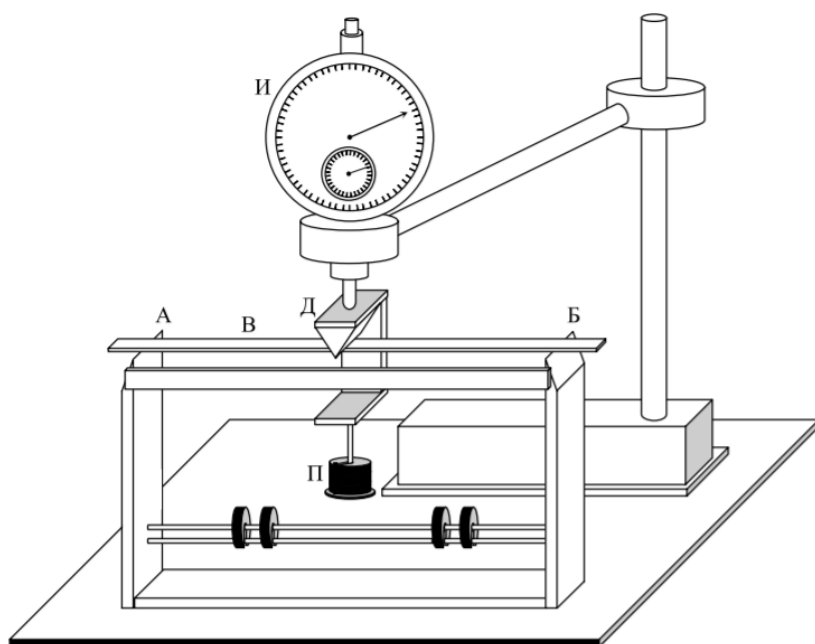
II. Определение модуля Юнга по измерениям изгиба балки.

Аннотация 2

Цель работы: экспериментально получить зависимость между напряжением и деформацией (закон Гука) для чистого изгиба. По результатам измерений вычислить модуль Юнга.

Теоретические сведения 2:

2) Экспериментальная установка состоит из прочной стойки с опорными призмами А и Б. На ребра призм опирается исследуемый стержень (балка) В. В середине стержня на призме Д подвешена площадка П с грузами. Измерять стрелу прогиба можно с помощью индикатора И, укрепляемого на отдельной штанге. Полный оборот большой стрелки индикатора соответствует 1 мм и одному делению малого циферблата.



Используемое оборудование

Стойка для изгибания балки, индикатор для измерения величины прогиба, набор исследуемых стержней, грузы, линейка, штангенциркуль.

Методика измерений

Модуль Юнга E материала связан со стрелой прогиба y_{\max} (то есть с перемещением середины стержня) соотношением:

$$E = \frac{Pl^3}{4ab^3y_{\max}}$$

Здесь P – это нагрузка, вызывающая прогиб стержня, l – расстояние между призмами А и Б, a и b – ширина и высота сечения стержня.

Чтобы исключить ошибки, возникающие вследствие прогиба стола при изменении нагрузки на стержень, грузы перед началом эксперимента следует расположить на рейке над нижней полкой опорной стойки.

Формула была выведена при условиях, что, во-первых, ребра опорных призм А и Б находятся на одной горизонтали (высоте), во-вторых, Сила Р приложена точно посередине балки.

Результаты измерений

1.Измерим расстояние l между А и Б

$$l=50\pm 0,5\text{см}$$

2.Измерим с помощью штангенциркуля поперечные размеры a и b стержней:

металлический стержень:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a, \text{мм}$	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,15	21,15	21,15
$b, \text{мм}$	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,0

$$\underline{a}=21,1\text{мм} , \Delta a =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{a}}= 0,022\text{мм} , a =21,1\pm 0,1\text{мм}$$

$$\underline{b}= 4,02\text{мм} , \Delta b =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{b}}= 0,013\text{мм} , b =4,0\pm 0,1\text{мм}$$

1-й деревянный стержень:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a, \text{мм}$	20,3	20,2	20,3	20,3	20,1	20,2	20,0	20,1	20,1	20,4
$b, \text{мм}$	9,4	9,3	9,5	9,5	9,5	9,5	9,4	9,4	9,5	9,4

$$\underline{a}= 20,2\text{мм} , \Delta a =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{a}}=0,037\text{мм} , a = 20,2 \pm 0,1\text{мм}$$

$$\underline{b}= 9,44\text{мм} , \Delta b =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{b}}= 0,021\text{мм} , b = 9,4 \pm 0,1\text{мм}$$

2-й деревянный стержень:

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a, \text{мм}$	20,1	20,1	20,1	20,2	20,2	20,1	20,2	20,2	20,3	20,3
$b, \text{мм}$	10,4	10,5	10,6	10,5	10,3	10,5	10,4	10,5	10,5	10,6

$$\underline{a}= 20,21\text{мм} , \Delta a =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{a}}= 0,022\text{мм} , a = 20,2 \pm 0,1\text{мм}$$

$$\underline{b}= 10,48\text{мм} , \Delta b =0,1\text{мм} , \sigma_{\underline{b}}= 0,027\text{мм} , b = 10,5 \pm 0,1\text{мм}$$

4.Рассмотрим имеющиеся у нас грузы (таблицы в Excel):

3. Положим металлическую балку на стойку. Установим индикатор в центре балки. Будем навешивать грузы и измерять стрелы прогиба. Снимем зависимость стрелы прогиба y_{max} от величины нагрузки P . Проведем измерения при возрастании и убывании нагрузки для обычного положения балки, для смещенного на 0,5-0,7 см(чтобы узнать, возникает ли погрешность при неточной установке призмы), а так же для перевернутого:

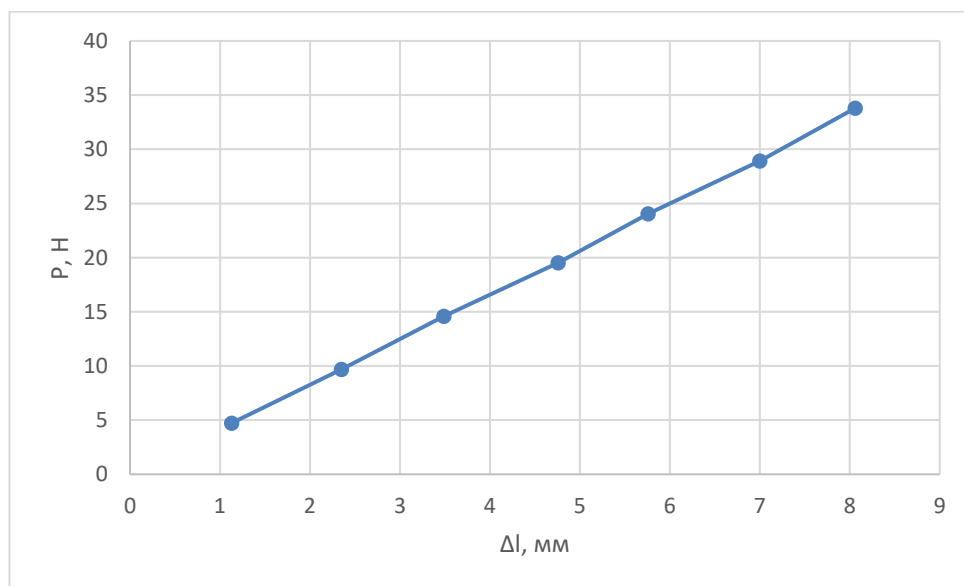
4.Проведем аналогичные измерения для деревянных балок:

таблицы в Excel

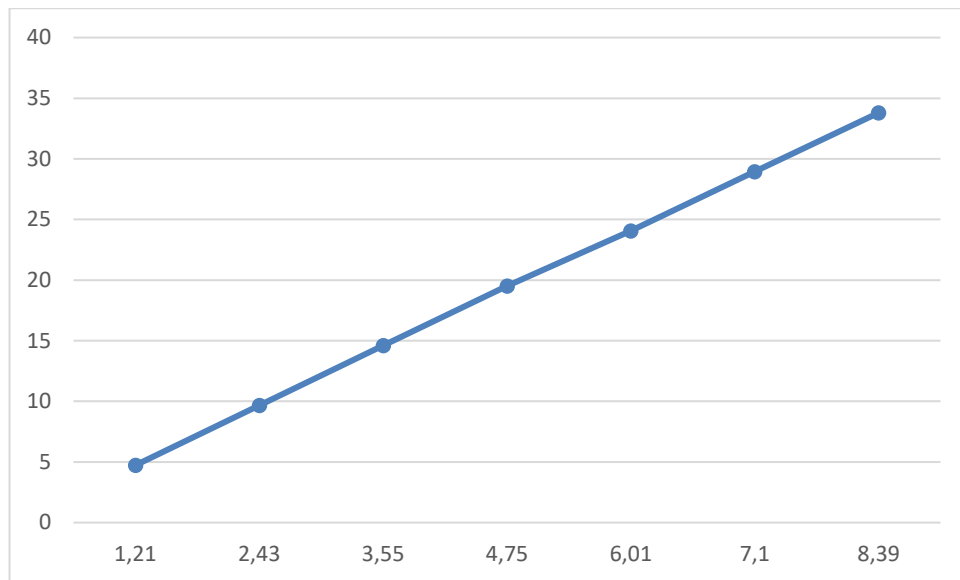
5.Построим графики для каждого материала(нагрузка -прогиб):

1) Металлическая балка:

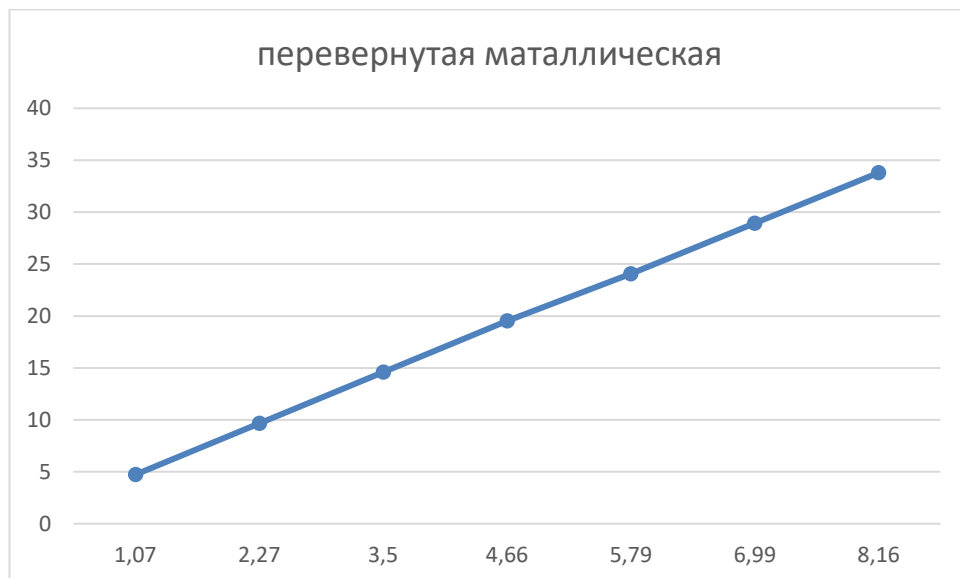
Повышение нагрузки:



Понижение нагрузки

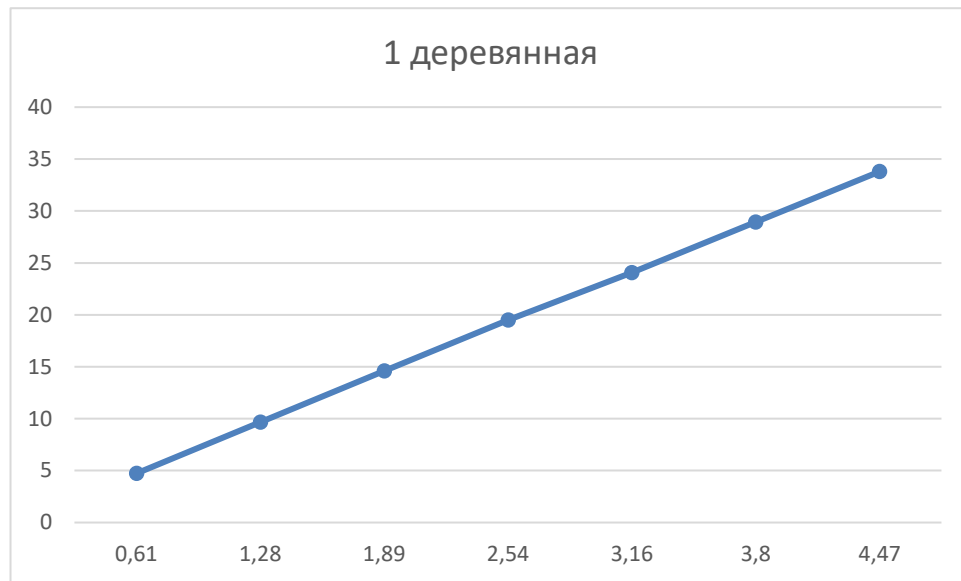


Перевернутая:



1) 1-я деревянная балка:

Повышение нагрузки:

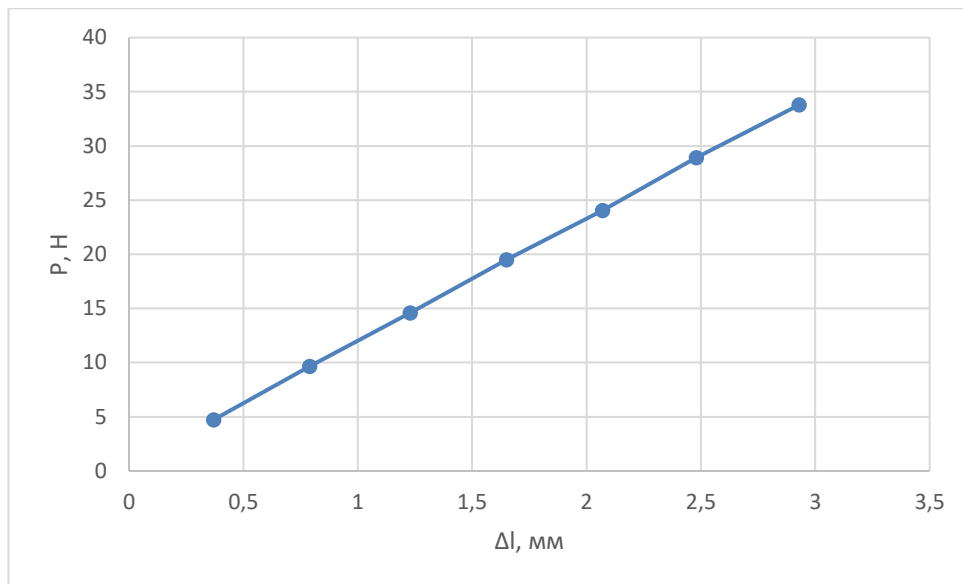


Перевернутая:



3) 2-я деревянная балка:

Повышение/понижение нагрузки:



Перевернутая/неперевернутая:



Обсуждение результатов

6. Найдем модуль Юнга для каждого материала по формуле $E = \frac{Pl^3}{4ab^3y_{max}}$, где $\frac{P}{y_{max}}$ - найдем из графиков:

Металл $\underline{E} = 9,32 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $\Delta E = 0,53 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $E = (9,32 \pm 0,5) \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$

1-е дерево $\underline{E} = 1,36 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $\Delta E = 0,11 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $E = (1,36 \pm 0,1) \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$

2-е дерево $\underline{E} = 1,5 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $\Delta E = 0,064 \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ $E = (1,5 \pm 0,6) \cdot 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2};$

Выводы

7.Сравним полученные данные с табличными: металлическая балка предположительно состоит из бронзы,1-я деревянная балка - из сосны ;2-я из березы.