

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина»

Кафедра теоретической и прикладной механики

Разработка лабораторного стенда для определения жесткости опор

Выполнила:

Исмаилова В.Р.

студентка гр. 4-33

Руководитель:

к.т.н., доцент Огурцов Ф.Б.

Содержание:

- Введение
- Разработка конечно-элементной модели лабораторного стенда
- Расчет деформаций при различных видах нагружения
- Экспериментальное исследование стенда
- Разработка материалов для методических указаний к лабораторной работе
- Заключение
- Список литературы

1. Введение

- Описание станда
- За базу, для исследования был выбран станд, который представляет собой полую прямоугольную балку с двумя упругими опорами на концах. Внешний вид станда представлен на рис.1



Рис.1. Внешний вид станда

- Упругая опора представлена в виде металлической модели, которая разрешает вертикальные и угловые перемещения.
- Внешний вид упругой опоры представлен на рис.2



Рис.2. Вид опоры

Постановка задачи эксперимента

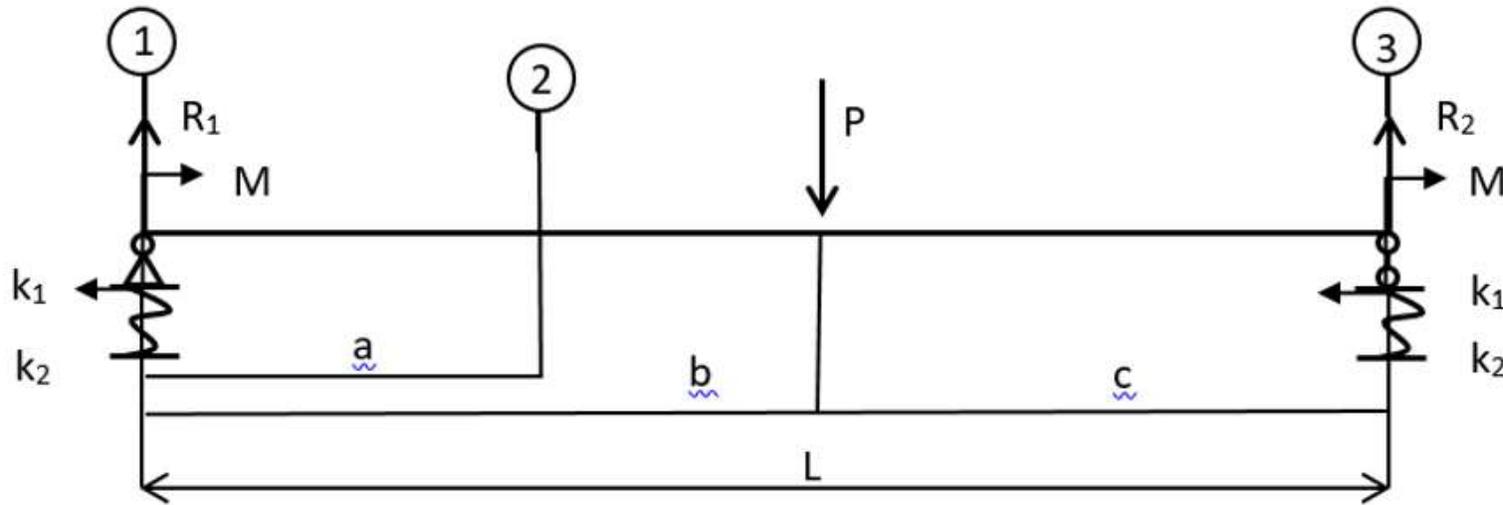


Рис.4 Расчетная схема

Цель работы: определить жесткости пружин (k_1 , k_2) при полученных значениях прогибов от первого, второго и третьего датчиков.

Конструкция представляет собой балку длиной L , которая находится на упругом основании по краям. Задана точка приложения силы.

Разработка конечно-элементной модели лабораторного стенда

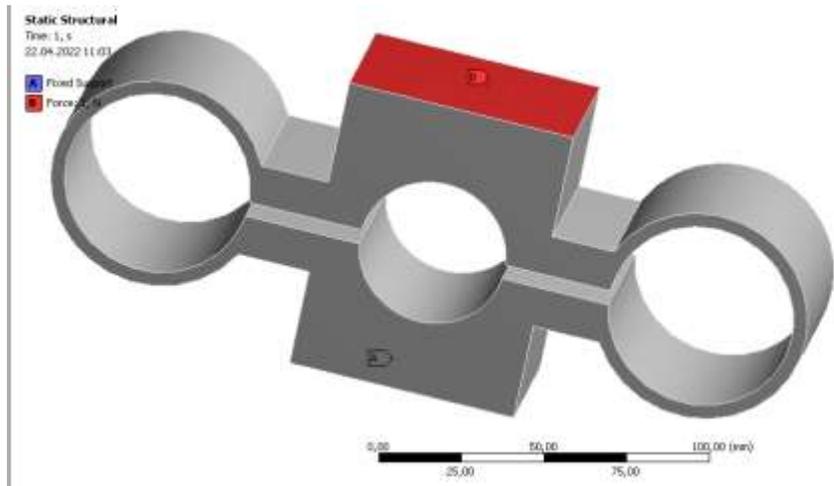


Рис.5. Модель пружины с заданными граничными условиями и распределенной нагрузкой по всей поверхности.

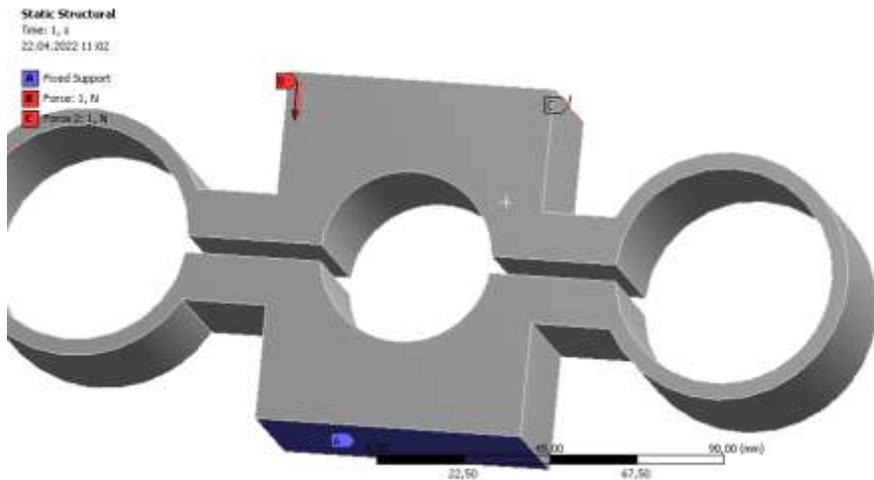


Рис.6. Модель пружины с заданными граничными условиями и распределенной нагрузкой направленной в разные стороны по краям.

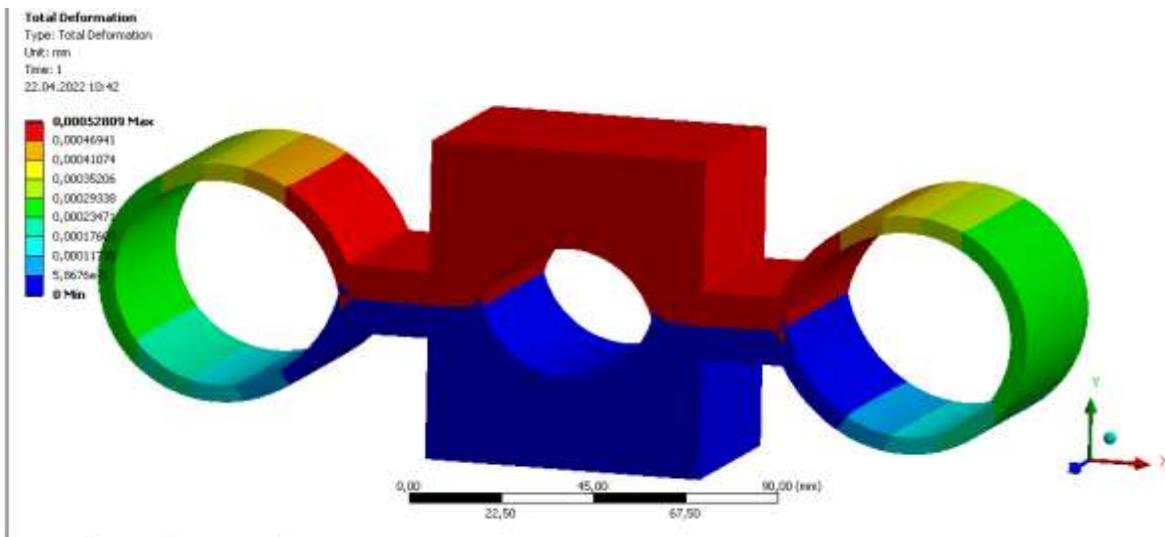


Рис.7. Эпюра деформации

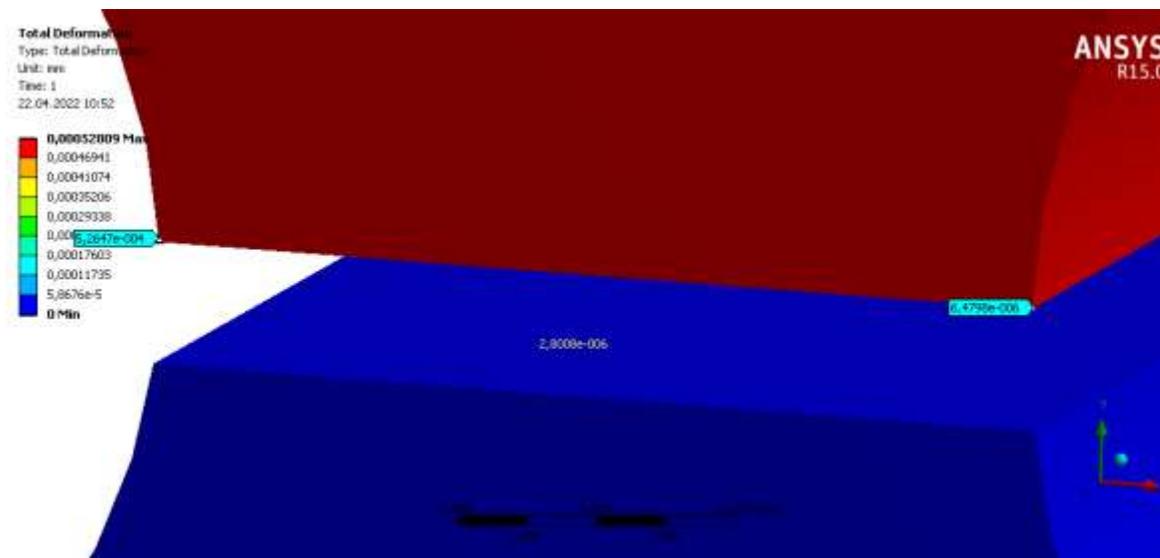


Рис.8. Точечные перемещения на определенном отрезке

Перемещение пружины: $L = 5,2647 * 10^{-4}$ (мм)

Зная перемещение пружины и приложенную нагрузку, по закону Гука $F = k * L$,

$$k = \frac{F}{L} = \frac{1}{5,2647 * 10^{-4}} = 1.899 \text{ (кН/мм)}$$

Где k – жесткость пружины, L – ее удлинение, а F – приложенная нагрузка.

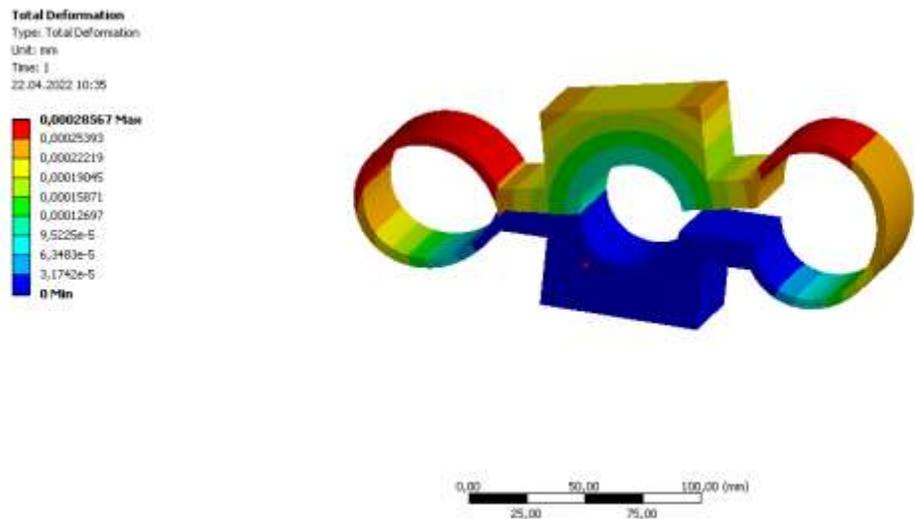


Рис.9. Эпюра деформации

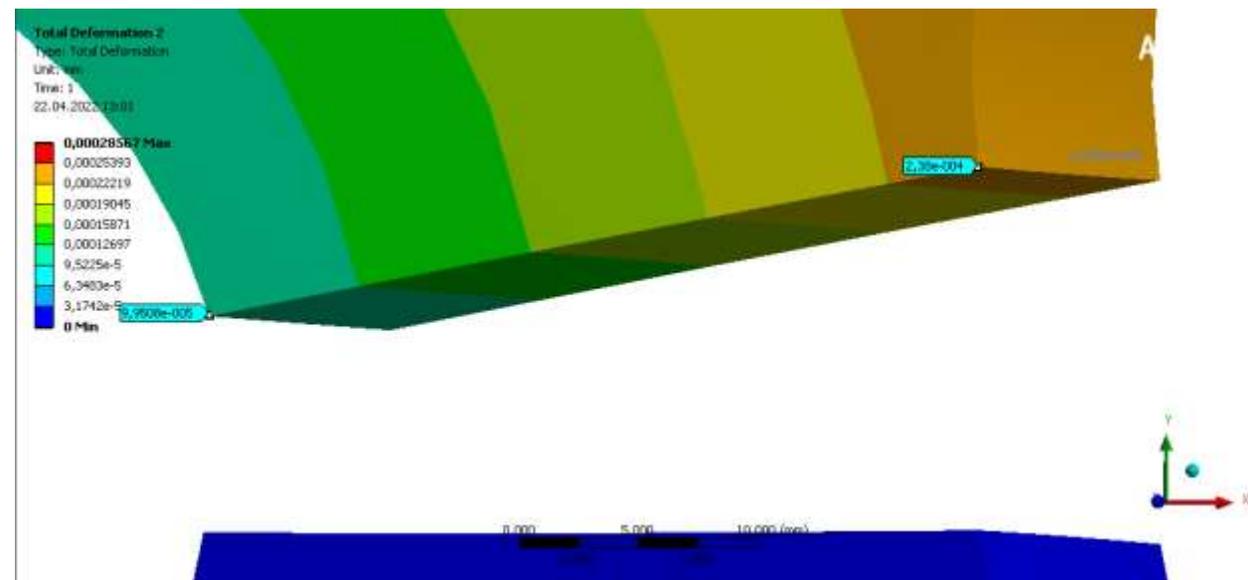


Рис.10. Точечные перемещения на определенном отрезке

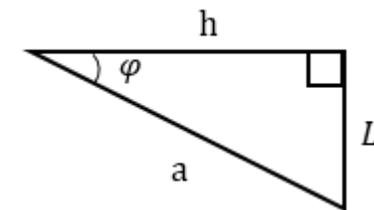
Возникает изгибающий момент M , следовательно, угловая жесткость будет рассчитана как:

$$k_{\varphi} = \frac{M}{\varphi}, \quad M = P * h = 0.32829 \text{ (Н*м)}$$

Геометрически определяем максимальное отклонение от нормали.

Перемещение будет равно

$$L = 1.38 * 10^{-4} \text{ (мм)}, \text{ а рассматриваемый отрезок равен } h=3.2829 \text{ (см)}$$



$$a = 32.829 \text{ (мм)}$$

$$\tan \varphi = \frac{L}{a}, \quad \varphi = 1,5708 \text{ [рад]}$$

$$k_{\varphi} = 78,09 \left(\frac{\text{кН * м}}{\text{рад}} \right)$$

Экспериментальное исследование стенда

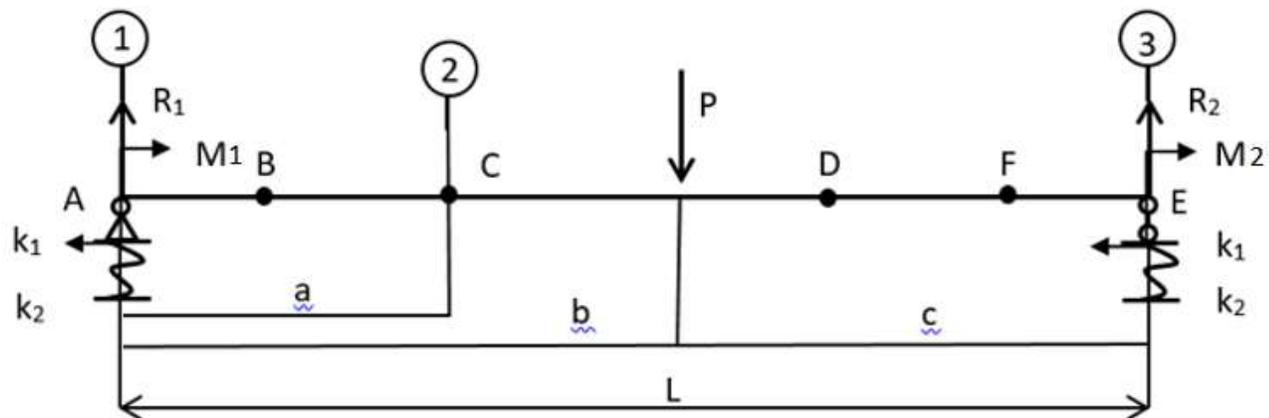


Рис 11. Расчетная схема

Исходные данные:

- длина балки: $L=700$ мм;
- расстояния между точкой приложения сил $b=330$ мм, $c=370$ мм;
- расстояния, между микрометрами и точкой приложения силы:
 - 1 опыт: $a=145$ мм;
 - 2 опыт: $a=290$ мм;
 - 3 опыт: $a=390$ мм;
 - 4 опыт: $a=530$ мм;
- значение приложенной силы: $P=mg$, где m – масса равная 4 кг, g – ускорение свободного падение, равное $9,8$ м/с².

Экспериментальные данные:

Было проведено четыре различных опыта, где прогиб мерился на краях стержня и на самой балке, и прикладывалась масса в 4 кг, но расстояния между микрометрами и точкой приложения силы менялись. Результаты прогибов, измеренных в различных точках приложения второго датчика приведены в таблице.

$y_{(A)}$, МК	$y_{(B)}$, МК	$y_{(C)}$, МК	$y_{(D)}$, МК	$y_{(F)}$, МК	$y_{(E)}$, МК
30	55	100	80	50	24

Таблица 1. Экспериментальные данные

Ход работы:

Запишем уравнения равновесия:

Сумма всех действующих сил равна 0: $\sum F = 0$

$$R_1 + R_2 - P = 0 \quad (1)$$

Сумма всех моментов относительно точки А равна 0: $\sum M_A = 0$

$$-P * (L - c) + R_2 * L + M_1 - M_2 = 0 \quad (2)$$

Воспользуемся методом Бубнова для нахождения прогиба в точках:

$$y(x) = \frac{1}{EJ_z} \left[\frac{-M_1 * x^2}{2} + \frac{R_1 * x^3}{6} - \frac{P * (x - \beta)^3}{6} + C * x + D \right] \quad (3)$$

2. Нахождение жесткости пружин (k_1, k_2)

Из закона Гука известно, что: $F_{\text{упр}} = k * x$, где x – на сколько растянулась пружина

В нашем случае:

$$R_1 = F_{\text{упр}} = k_1 * y(0),$$

$$M_1 = k_{\varphi 1} * \varphi(0)$$

$$R_2 = F_{\text{упр}} = k_2 * y(L),$$

$$M_2 = k_{\varphi 2} * \varphi(L)$$