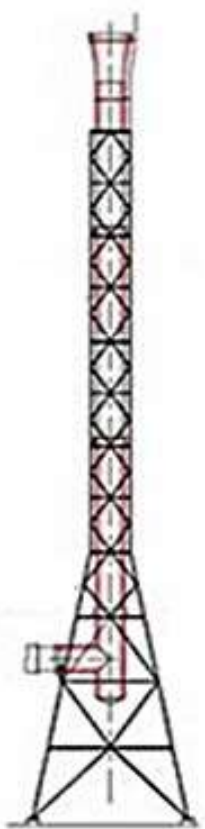


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЦЕНТРАЛЬНО- СЖАТОГО БРУСА

*Выполнили : М.А. Корнилова,
А.Л. Крылова, студ. ТЭФ 3-1**;
рук. В.И. Шапин, к.т.н, проф.;
С.В. Вихрев, инж.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИВАНОВО 2016

Иллюстрация устойчивости



Постановка задачи

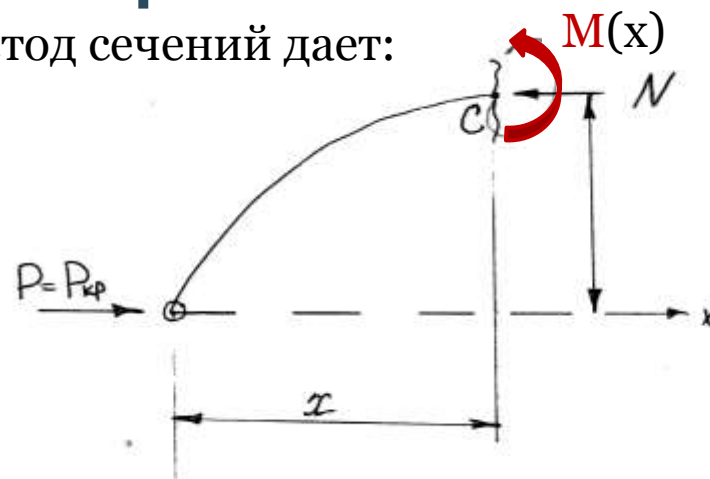
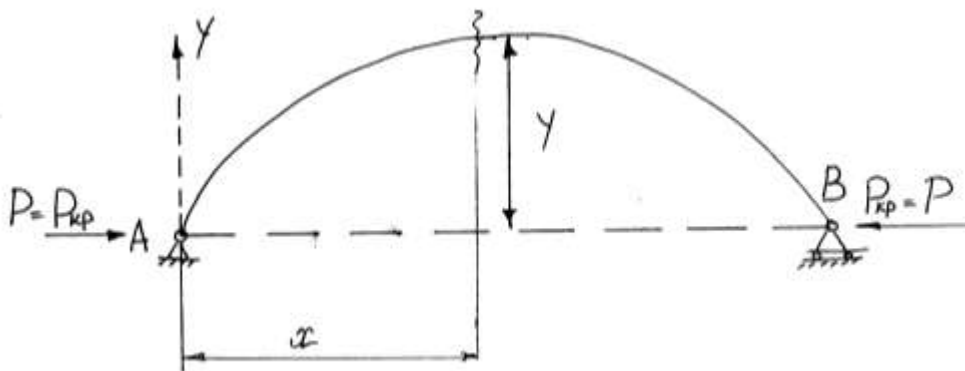
В настоящей работе рассматривалась следующая постановка задачи: выполнить экспертную проверку работы 2-х учебных экспериментальных стендов по исследованию устойчивости прямолинейной формы равновесия стального бруса и экспериментальное исследование устойчивости бруса прямоугольного сечения с двумя участками жёсткости.

Леонард Эйлер (1707÷1783)-
великий математик и
механик, родился в
Швейцарии, более 30 лет
проработавший в России.



Задача Эйлера

Метод сечений дает:



$$M_c(N) = 0$$

$$\sum M_c = M(x) + P_y = 0 \Rightarrow M(x) = -P_y$$

Тогда известное дифференциальное уравнение изогнутой оси бруса приобретает вид:

$$EJ_{min} \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x) = -P_y \quad \text{или:} \quad \frac{d^2 y}{dx^2} + k^2 y = 0 \quad \text{где,} \quad k^2 = \frac{P}{EJ_{min}} \Rightarrow k = \sqrt{\frac{P}{EJ_{min}}}$$

Интеграл уравнения:

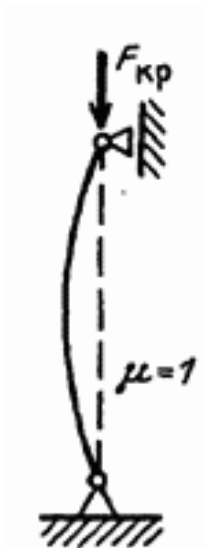
$$y = a \sin(kx) + b \cos(kx)$$

Граничные условия:

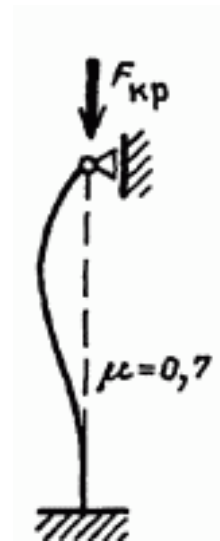
- 1) т. А, $x=0$, прогиб $y=0$
- 2) т. В, $x=l$, прогиб $y=0$

Формула Эйлера

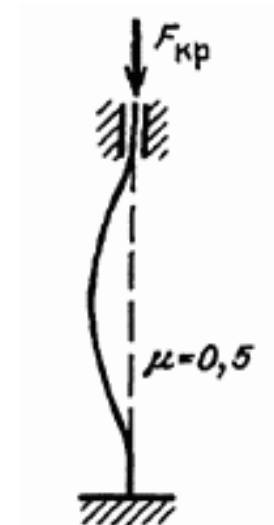
$$P_{кр} = \frac{\pi^2 n^2 E J_{min}}{(\mu l)^2}$$



Ш-Ш



Ш-Ж



Ж-Ж

Экспериментальный стенд №1



Экспериментальный стенд включает в себя следующие элементы: основание с регулируемыми опорами, цилиндрическую стойку, испытуемый образец, опорные узлы, рычаг, подвес с гирями, стрелочный индикатор, упор, накладки из дюралюминия.

Размеры бруса: $36 \times 2 \times 500$ мм

Потеря устойчивости



Ш — Ш

$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 30 \pm 5, \text{ кг}$$

Ш — Ж

$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 55 \pm 5, \text{ кг}$$

Ж — Ж

$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 80 \pm 5, \text{ кг}$$

Таблица сравнения экспериментальной и расчётной критической силы



	Шарнир/шарнир	Шарнир/жёстко	Жёстко/жёстко
$P_{\text{кр}}^{\text{э}}, \text{кг}$	30 ± 5	55 ± 5	80 ± 5
$P_{\text{кр}}^{\text{р}}, \text{кг}$	19,2	39,18	76,8
% расх.	36	29	4

Экспериментальный стенд №2



Размеры бруса: 50×1×454 мм

Потеря устойчивости



Ш — Ш

$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 2 \pm 0,5, \text{ кг}$$

Ш — Ж

$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 4 \pm 0,5, \text{ кг}$$

Ж — Ж

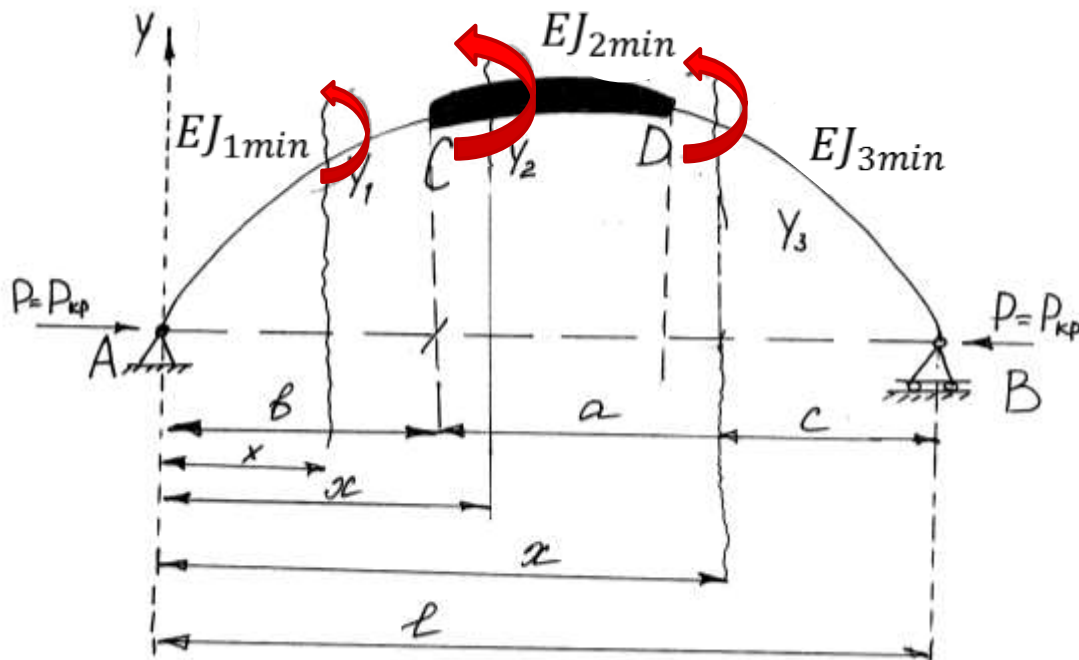
$$P_{\text{кр}}^{\text{Э}} = 10,5 \pm 0,5, \text{ кг}$$

Таблица сравнения экспериментальной и расчётной критической силы



	Шарнир/шарнир	Шарнир/жёстко	Жёстко/жёстко
$P_{\text{кр}, \text{кг}}^{\text{Э}}$	$2 \pm 0,5$	$4 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,5$
$P_{\text{кр}, \text{кг}}^{\text{р}}$	4	8	16
% расх.	63	50	34

Ступенчатый брус



$$1) EJ_{1min} \frac{d^2 y_1}{dx^2} = -Py_1$$

$$2) EJ_{2min} \frac{d^2 y_2}{dx^2} = -Py_2$$

$$3) EJ_{3min} \frac{d^2 y_3}{dx^2} = -Py_3$$

Граничные условия:

1) т. A, $x=0$, прогиб $y_1=0$

2) т. C, $x=b$, прогиб $y_1=y_2$

3) т. C, $x=b$, равны углы поворота $y_1'=y_2'$

4) т. D, $x=b+a$, прогибы $y_2=y_3$

5) т. D, $x=b+a$, равны углы поворота $y_2'=y_3'$

6) т. B, $x=l$, прогиб $y_3=0$



Размеры накладки: $50 \times 0,5 \times 300$ мм

Таблица сравнения экспериментальной критической силы без накладок и с накладками, стенд №1

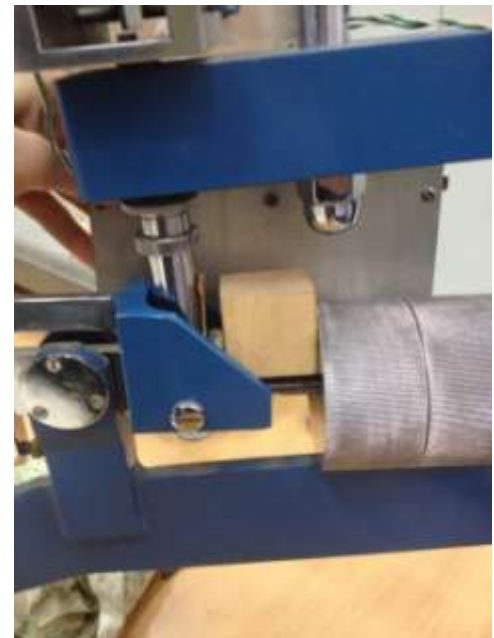
	Шарнир/шарнир	Шарнир/жёстко	Жёстко/жёстко
$P_{кр. без н}^э$, КГ	40	25	80
$P_{кр. с н}^э$, КГ	70	50	155

Таблица сравнения экспериментальной критической силы без накладок и с накладками, стенд №2

	Шарнир/шарнир	Шарнир/жёстко	Жёстко/жёстко
$P_{кр. без н.}^Э$, КГ	$2 \pm 0,5$	$4 \pm 0,5$	$10,5 \pm 0,5$
$P_{кр. с н.}^Э$, КГ	3	6	13
$P_{кр. с н.}^Р$, КГ	-	-	14,3

Рекомендации

- 1. Устранить конструктивные недостатки:
 - 1.1) изготовление прямого бруса;
 - 1.2) ввести ограничитель изгиба;
 - 1.3) для стенда №1 ввести измеритель уровня и убрать люфты;
- 2. После реконструкции стенда ввести в лабораторный практикум дополнения:
 - 2.1) ступенчатый брус различной конфигурации;
 - 2.2) устойчивость биметаллической конструкции бруса;
- 3. Уменьшить дискретность нагрузки;
- 4. Повторить испытания;
- 5. Подготовить теоретическую и расчетную базу для исследования устойчивости ступенчатого, в том числе биметаллического, бруса.



Эйлерята учатся летать



Благодарим за внимание! ☺