



**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ПРИ ПЛОСКОМ
ИЗГИБЕ БАЛКИ И БРУСА
БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ**

1986

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Харьковский ордена Ленина авиационный институт
им. Н.В. Куковского

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ БАЛКИ И БРУСА С ДВУХ СТОРОН
КРИВИЗНЫ

Методические указания к лабораторной работе

Харьков ХАИ 1966

Утверждена методической комиссией
факультета № I 19 декабря 1985 года
(протокол № 2)

Составители: Г.Д. Корнялов,
И.И. Бирюли

- Цель работы: 1. Исследовать при плоском изгибе напряженно-деформированное состояние балки и бруса большой кривизны экспериментальным способом.
2. Сравнить полученные экспериментальные данные с теоретическими.

1. Общие положения.

В данной лабораторной работе рассматривается деформация "плоский изгиб", при которой происходит изменение кривизны продольной оси бруса. В эксперименте реализуется плоский изгиб при следующих условиях: брус имеет плоскость симметрии, все внешние нагрузки расположены в силовой плоскости, силовая плоскость совпадает с плоскостью симметрии бруса. При этом на участках бруса может быть как чистый плоский изгиб, когда в поперечных сечениях бруса действует только изгибающий момент, так и поперечный плоский изгиб, когда в поперечных сечениях бруса действуют изгибающий момент и поперечная сила.

Эксперимент проводится на брусках: прямоугольным до изгиба, т.е. балке, и имеющим начальную кривизну.

Для криволинейного бруса необходимо оценить выполнение критерия, по которому брус относится к брусу большой кривизны:

$$h/R_0 \geq 1/5,$$

где h — высота сечения в плоскости кривизны;

R_0 — радиус кривизны продольной оси бруса, соединяющий центром тяжести поперечных сечений бруса.

При проведении эксперимента необходимо оценить положение нейтрального слоя, деформация которого равна нулю, по отношению к центральному слою, так как для балок при плоском изгибе нейтральная ось (линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения) должна совпадать с одной из главных центральных осей инерции сечения, (рис. 1), а в бруске большой кривизны нейтральная ось смещена к центру кривизны (рис. 2).

Нормальные напряжения, действующие в любой точке попереч-

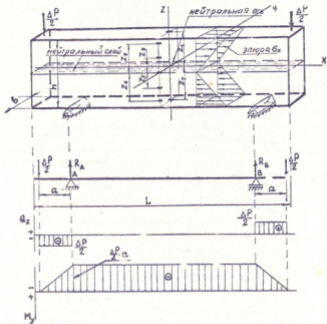


Рис. 1. Балка с прямоугольной осью

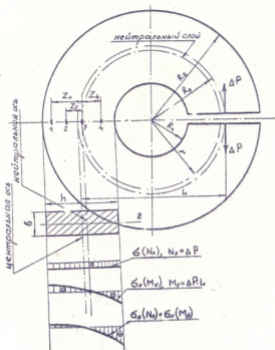


Рис. 2. Блос большой кривизны

ного сечения балки при ее изгибе, определяем по формуле

$$\sigma(z) = \frac{M_y \cdot z}{J_{н.о.}}$$

где M_y - изгибающий момент в данном сечении; $J_{н.о.}$ - осевой момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси; z - координата произвольной точки поперечного сечения, в которой определяется напряже- ние (отсчитывается от нейтральной оси).

Величину смещения z_0 нейтральной линии при изгибе бруса большой кривизны по отношению к центральной оси находим из выражения

$$z_0 = R_0 - z = R_0 - \frac{h}{\ln \frac{R_2}{R_1}},$$

где R_0 - радиус кривизны продольной оси бруса; z - радиус кривизны нейтрального слоя, R_1 и R_2 - соответствен- но внутренний и наружный радиусы; h - высота сечения, равная $R_2 - R_1$.

Нормальные напряжения, действующие в поперечных сечениях бруса большой кривизны, определяем по формуле

$$\sigma = \sigma(N_x) + \sigma(M_y) = \frac{N_x}{F} + \frac{M_y}{S_{н.о.}} \frac{z}{z+z_0},$$

где N_x - продольная сила в рассматриваемом сечении, равная ΔP ; M_y - изгибающий момент, равный $\Delta P \cdot L$; z - координата точки, в которой определяется напряжение (отсчитывается от нейтральной оси); $S_{н.о.}$ - статический момент площади поперечного сечения,

$$S_{н.о.} = F \cdot z_0,$$

где F - площадь сечения, равная δh .

II. Описание испытательной машины

Экспериментальные исследования следует проводить на 30-тонной рычажной разрывной машине (рис. 3), имеющей ручной привод и рычажный противовес 7 для настройки. Испытуемая балка

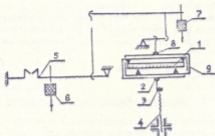


Рис. 3. Схема испытательной машины

I с помощью приспособления 9 закреплена в захватах машины 2, 8. Вращая рукоятку машины по часовой стрелке, через червячное колесо приводим в движение винт 4 и гайку 3, соединенную с нижним захватом машины. Перемещение нижнего захвата 2 через приспособление 9, верхний захват 8 и систему рычагов вызывает подъем рычага 5. Перемещением груза 6 восстанавливаем горизонтальное положение рычага 5. Системой рычагов, связывающих верхний захват 8 с рычагом 5, состоит из жестких конструктивных элементов, деформация которых мала. Поэтому возвращение рычага 5 в горизонтальное положение вызывает изгиб балки I. Положение груза 6 на рычаге 5 фиксирует определенное значение силы, действующей на испытываемую балку I.

III. Измерение деформаций и определение напряжений

Измерение деформаций производится с помощью электрических тензочувствительных элементов. Принцип их действия основан на том, что при растяжении или сжатии чувствительного элемента тензочувствительного элемента — тензодатчика, наклеенного на испытываемую балку,

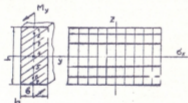
происходит изменение электрического сопротивления, которое прямо пропорционально его деформации.

При плоском изгибе все слои балки, параллельные нейтральному, работают в условиях чистого растяжения или сжатия. По измеренным деформациям согласно закону Гука определится напряжение

$$\sigma = \varepsilon \cdot E(z).$$

IV. Порядок выполнения и оформления работы

1. Заполнить табл. 1 геометрических и физических параметров. Определить теоретические значения напряжений.
2. Согласно теоретическим данным эскизы распределения нормальных напряжений по сечениям балки и бруса большой кривизны (рис. 4, 5).
3. Измерить деформации и заполнить табл. 2.
4. Сравнить теоретические и экспериментальные данные, указать точки экспериментальных значений напряжений на эскизах.



$$\begin{aligned} \Delta P &= 10 \text{ кН} \\ a &= 0,18 \text{ м} \\ h &= 0,07 \text{ м}; \\ b &= 0,025 \text{ м} \\ E &= 2,1 \cdot 10^{10} \text{ МПа} \end{aligned}$$

Рис. 4. Сечение балки

V. Контрольные вопросы

1. При каких условиях реализуется деформация "плоский изгиб"?
2. Что такое чистый изгиб бруса?

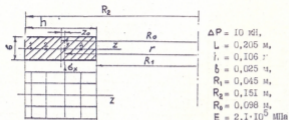


Рис. 5. Сечение бруса большой кривизны

Таблица I

Тип бруса	Номера точек и их координаты, см						
	1	2	3	4	5	6	7
Прямойлинейная балка	$z_1 = 3,5$	$z_2 = 3,0$	$z_3 = 1,5$	$z_4 = 0$	$z_5 = -1,5$	$z_6 = -3,0$	$z_7 = -3,5$
$\sigma_x = \frac{M_y \cdot z_i}{J_{x,0}}$							
Брус большой кривизны	$z_1 = -6,1$	$z_2 = -3,2$	$z_3 = 0$	$z_4 = 3,3$	-	-	-
$\sigma_x = \frac{N_x}{F} + \frac{M_y \cdot z_i}{S_{x,0} z + z_i}$							

3. Что называется поперечным плоским изгибом?
4. Какой брус называется балкой?
5. Что называется нейтральным слоем бруса?
6. Назовите критерий отнесения криволинейного бруса к брусу большой кривизны.

Таблица 2

Р кН	Δl мм	Номера точек						
		1	2	3	4	5	6	7
5	10							
15	10							
25								
Δn								
$\rho = \Delta n \cdot C$								
$\Delta \sigma^y = \Delta \xi \cdot E$								
$\delta = \frac{\sigma^y - \sigma^z}{\sigma^y} \cdot 100\%$								
Брус большой кривизны								
5								
15	10							
25	10							
Δn								
$\Delta \delta = \Delta n \cdot C$								
$\Delta \sigma^y = \Delta \xi \cdot E$								
$\delta = \frac{\sigma^y - \sigma^z}{\sigma^y} \cdot 100\%$								

7. Как проходит нейтральная ось в балке с прямолинейной осью?

8. Как проходит нейтральная ось в брус большой кривизны?

9. По какой формуле определяются теоретически нормальные напряжения, действующие в прямолинейной балке при ее изгибе?

10. По какой зависимости определяются нормальные напряжения в брус большой кривизны при действии в его сечении изгибающего момента и предельной силы?

11. Что называется нейтральной осью или нейтральной линией?

12. По какой схеме передается усилие на испытуемую балку в 30-тонной разрывной машине?

13. На чем основан принцип работы электрического тензометра?

14. Почему при определении нормальных напряжений по изменению деформаций используется закон Гука?

15. Расскажите о порядке выполнения и оформления работы.

Георгий Леонидович Корнялов,
Иван Иванович Барда

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПРИ ПЛОСКОМ ИЗГИБЕ БАЛКИ И БРУСА БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ

Редактор Н.М. Сиккульская
Корректор Т.В. Сивченко

Подписано в печать 26.06.86 г.

Формат 60x84/1/16. Бум. офс. № 2. Цр. печ.

Усл.печ.... 0,6. Уч.-изд. л. 0,73. Т. 300 экз. Заказ 290 . Бесплатно

Харьковский авиационный институт

310191, Харьков-191, ул. Чкалова, 17

Ротапринт типография ХАИ

310191, Харьков-191, ул. Чкалова, 17

