

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)**

**Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине**

Сопротивление материалов
(для всех специальностей и форм обучения)

Разработчик

Панкратов А.А., доцент

Оглавление

| | |
|---|---|
| 1. Общие организационно-методические указания..... | 3 |
| 2. Список рекомендуемой литературы | 4 |
| 3. Методические указания к изучению тем дисциплины..... | 5 |

1. Общие организационно-методические указания

1.1. Лабораторные работы проводятся в соответствии с расписанием занятий в специализированной аудитории, оснащенной оборудованием для проведения работ

1.2. Целями лабораторных работ является: углубление практических навыков по изучаемым вопросам и рассмотрение ряда теоретических и практических вопросов, не изучавшихся на лекционных и практических занятиях.

1.3. Лабораторные работы являются неотъемлемой частью изучения дисциплины, общий объём её изучения в часах определяется с учётом объёма лабораторных работ.

1.4. Важнейшим фактором успешного и эффективного проведения лабораторных работ является своевременная подготовка, особенно проработка теоретического материала по соответствующей теме, а также последующая защита.

1.5. Настоящие методические указания предназначены для руководства в проведении лабораторных работ и составлении отчета.

1.6. В настоящих указаниях представлены темы, изучаемые студентами в процессе аудиторных занятий, а также некоторые дополнительные вопросы для более глубокого изучения дисциплины.

1.7. Дополнительные методические указания и разъяснения по конкретным вопросам могут быть получены непосредственно у преподавателя в часы индивидуальных вечерних консультаций.

2. Список рекомендуемой литературы

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. - М., Наука, 1986.-608 с.
2. Феодосьев В.М. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / В. И. Феодосьев. - 10-е изд., перераб. и доп. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана , 1999. - 592 с.
3. Степин, П. А. Сопротивление материалов: учебник / П. А. Степин. - Изд. 13-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. - 319 с.
4. Дарков, А. В. Сопротивление материалов: учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений : репр. изд. / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. - Изд. 5-е, перераб. и доп. - Москва : Альянс, 2014. - 622, [2] с.
5. Александров А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин; под ред. А. В. Александрова. - 4-е изд., испр. - Москва : Высш. шк., 2004. - 560 с.
6. Махорин Н.И. . Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. - Мурманск, МГАРФ, 1992.- 199 с.
7. Суднин В.М. Основы расчетов на прочность, жесткость и устойчивость. - Мурманск, МГАРФ, 1995.- 180с.
8. Сопротивление материалов: пособие по решению задач / И. Н. Миролюбов [и др.]. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2004. - 508 с.
9. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. - М., Наука, 1975.-288 с.
10. Ободовский Б.А., Ханин С.Е. Сопротивление материалов в примерах и задачах. - Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1971.-312 с.

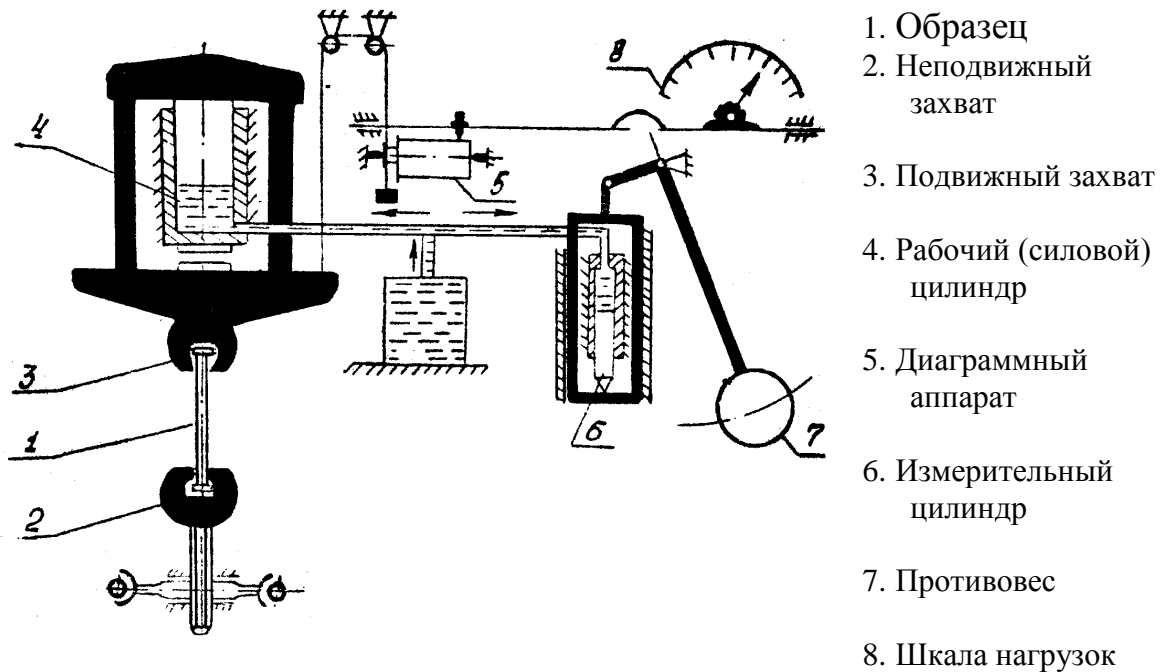
3. Методические указания к изучению тем дисциплины

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

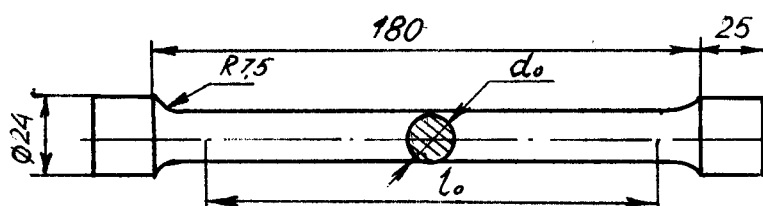
Цель работы: изучение поведения материала в процессе растяжения, определение его механических характеристик.

Испытательная машина: гидравлическая машина ГМС-50.

Схема машины



Форма и размеры образца



Результаты испытаний

| Параметр | Размеры образца | | Нагрузки | | |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----|---|
| | до испытания | после испытания | обозначение | кг | Н |
| Диаметр, мм | $d_0 = 12,5$ | $d_k =$ | $P_T (P_{0,2})$ | | |
| Длина, мм | $l_0 = 125$ | $l_k =$ | P_{max} | | |
| Площадь сечения, мм ² | $A_0 =$ | $A_u =$ | P_p | | |

Характеристики прочности

Предел текучести $\sigma_T = \frac{P_T}{A_0} =$

Предел прочности $\sigma_B = \frac{P_{max}}{A_0} =$

Истинное напряжение

в момент разрыва $\sigma_p = \frac{P_p}{A_u} =$

Характеристики пластичности

Относительное остаточное удлинение при разрыве

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% =$$

Относительное поперечное сужение шейки

$$\psi = \frac{A_0 - A_u}{A_0} \cdot 100\% =$$

Вывод:

Диаграмма растяжения

P , кН

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Δl , мм

" ____ " _____ 20__ г. Работу выполнил _____
 Отчет принял _____

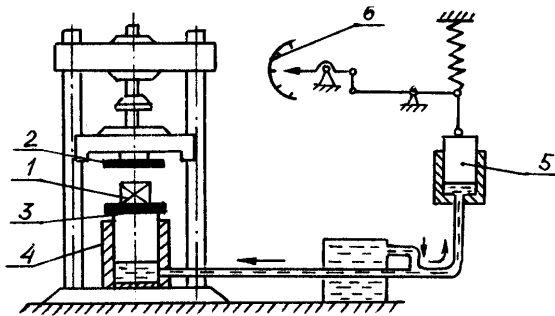
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА СЖАТИЕ

Цель работы: определение предела прочности при сжатии различных материалов и изучение характера их разрушения.

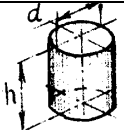

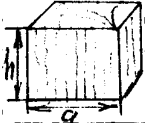
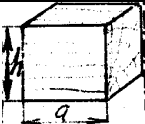
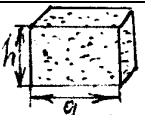
Испытательная машина: пресс ПСУ-50

Схема машины



1. Образец
2. Верхняя плита
3. Нижняя плита
4. Рабочий (силовой) цилиндр
5. Измерительный цилиндр
6. Шкала нагрузок

Журнал наблюдений

| №№ пп | Материал | Размеры, мм | | | Площадь поперечного сечения A , мм ² | Разрушающая нагрузка, P_p | | Предел прочности $\sigma_{пл}$, МПа | Вид образца | |
|----------|------------------------------|-------------|-----|-----|---|-----------------------------|---|--------------------------------------|---|-----------------|
| | | a | d | h | | кг | Н | | до испытания | после испытания |
| 1 | Сталь | — | 10 | 15 | | | | |  | |
| 2 | Чугун | — | 10 | 15 | | | | |  | |
| 3 | Дерево вдоль волокон | 30 | — | — | | | | |  | |
| 4 | Дерево поперек волокон | 30 | — | — | | | | |  | |
| 5 | Цемент | 70 | — | — | | | | |  | |

" _____ " _____ 20__ г. Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3
ИСПЫТАНИЕ МАТЕРИАЛА НА РАСТЯЖЕНИЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ
МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА

Цель работы: определение упругих характеристик материала – модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона μ .

Испытательная машина: универсальная машина УММ-5.

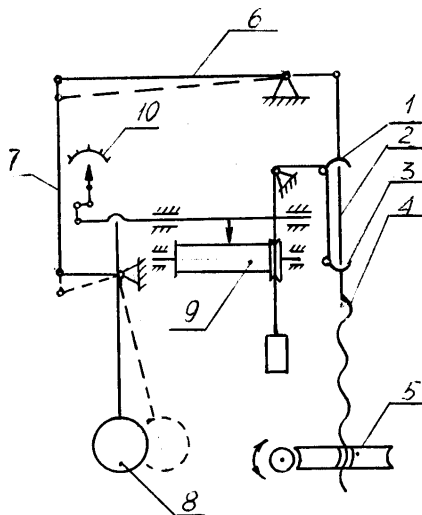
Измерительные приборы: ИД-70 (измеритель деформации), электротензометры.

Цена деления $k = 2,5 \cdot 10^{-5}$ мм

База датчиков $a = 20$ мм

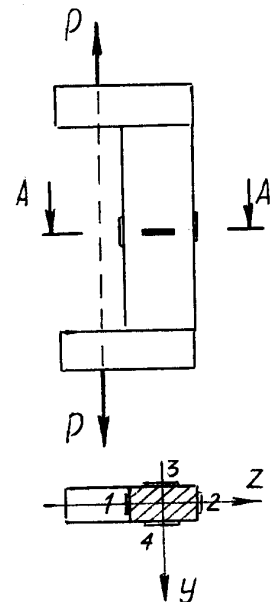
Площадь поперечного сечения пластины $A = 70 \cdot 6 \text{ мм}^2 = 420 \text{ мм}^2$

Схема машины



- 1, 3. Универсальные захваты
2. Образец
4. Винт
5. Привод винта
6. Рычаг
7. Тяга
8. Маятник
9. Диаграммный аппарат
10. Шкала нагрузок

Схема испытаний



Результаты испытаний

| Номер замера | Нагрузка, P | | Продольная деформация | | | | Приращение длин $\Delta l_i = \Delta C^{(i)} \cdot \kappa$, мм | Поперечная деформация | | | | |
|--------------|-------------|---|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--|
| | | | тензомер №1 | | тензомер №2 | | | тензомер №1 | | тензомер №2 | | $\Delta C' = \frac{1}{2}(\Delta C_3 + \Delta C_4)$ |
| | кг | Н | отсчет C_1 | разность ΔC_1 | отсчет C_2 | разность ΔC_2 | $\Delta C^{(i)} = \frac{1}{2}(\Delta C_1 + \Delta C_2)$ | отсчет C_3 | разность ΔC_3 | отсчет C_4 | разность ΔC_4 | |
| 1 | 1000 | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1500 | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2000 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2500 | | | | | | | | | | | |
| 5 | 3000 | | | | | | | | | | | |

$\Delta P =$

$\Sigma \Delta C^{(i)} =$

$\Sigma \Delta l_i =$

$\Sigma \Delta C' =$

Среднее абсолютное удлинение образца, приходящееся на ступень нагружения:

$$\Delta l_{cp} = \frac{\sum \Delta l_i}{4} =$$

Модуль продольной упругости стали:

$$E = \frac{\Delta P \cdot a}{\Delta l_{cp} \cdot A} =$$

Относительная продольная деформация:

$$\varepsilon = \frac{\kappa \cdot \sum \Delta C^{(i)}}{a} =$$

Относительная поперечная деформация:

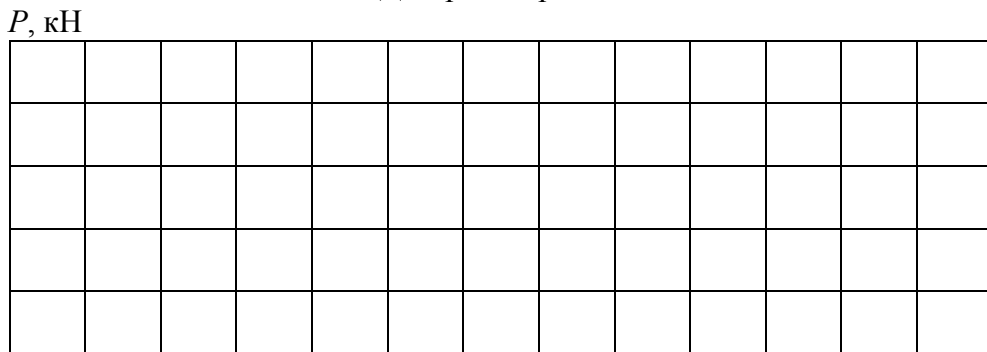
$$\varepsilon' = \frac{\kappa \cdot \sum \Delta C'}{a} =$$

Коэффициент Пуассона

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \right| =$$

Модуль сдвига $G = \frac{E}{2(1 + \mu)} =$

Диаграмма растяжения



" " 20 г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ СДВИГА СТАЛИ
ПО УГЛУ ЗАКРУЧИВАНИЯ

Цель работы: ознакомление с методикой экспериментального определения модуля сдвига для малоуглеродистой стали.

Испытательная машина: машина Амслера АМ-1.

Измерительные приборы: зеркальные приборы типа Мартенса для измерения угла поворота.

Схема машины АМ-1

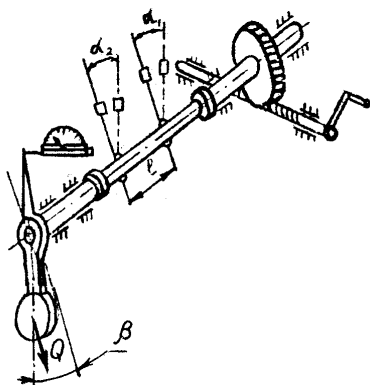
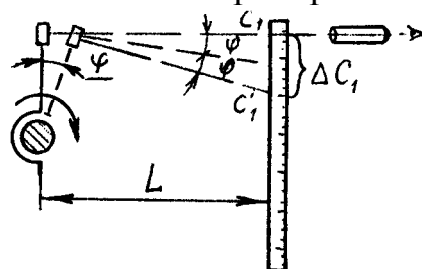


Схема прибора



Расстояние от зеркала до линейки
 $L = 1500$ мм

Цена деления шкалы $\kappa = \frac{1}{2L} =$

Данные образца:

Материал – сталь Ст.3

Модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа

Коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$

Расчетная длина $l = 200$ мм

Диаметр образца $d = 12,25$ мм

Полярный момент инерции поперечного сечения $I_p = \frac{\pi d^4}{32} =$

Результаты испытаний

| №№ пп | Крутящий момент | | Прибор №1 | | Прибор №2 | | $\Delta C_i =$ $= \Delta C_1 - \Delta C_2,$ мм | $\Delta \varphi_i = \kappa \Delta C_i,$ рад | $\varphi_i,$ рад |
|----------|--------------------|-----|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|--|--|---------------------|
| | кг·см | Н·м | отсчет $C_1,$ мм | разность ΔC_1 | отсчет $C_2,$ мм | разность ΔC_2 | | | |
| 1 | 60 | | | | | | | | |
| 2 | 75 | | | | | | | | |
| 3 | 90 | | | | | | | | |
| 4 | 105 | | | | | | | | |
| 5 | 120 | | | | | | | | |
| 6 | 135 | | | | | | | | |
| 7 | 150 | | | | | | | | |

$$\Delta M_k =$$

Среднее значение угла закручивания, приходящееся на ступень нагружения:

$$\Delta \varphi_{cp} = \frac{\sum \Delta \varphi_i}{6} =$$

Модуль сдвига из опыта: $G_0 = \frac{\Delta M_k \cdot l}{\Delta \varphi_{cp} \cdot I_p} =$

Модуль сдвига из теории чистого сдвига: $G_T = \frac{E}{2(1 + \mu)}$

Расхождение результатов $\delta = \left| \frac{G_0 - G_T}{G_T} \right| \cdot 100 =$

Диаграмма кручения

$M_k,$ Н·м

| | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

$\varphi \cdot 10^{-3},$ рад

" _____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ИЗГИБЕ

Цель работы: изучение распределения напряжений по высоте двутавровой балки при чистом изгибе и опытная проверка теории чистого изгиба.

Испытательная машина: ЦДМ-10

Схема установки

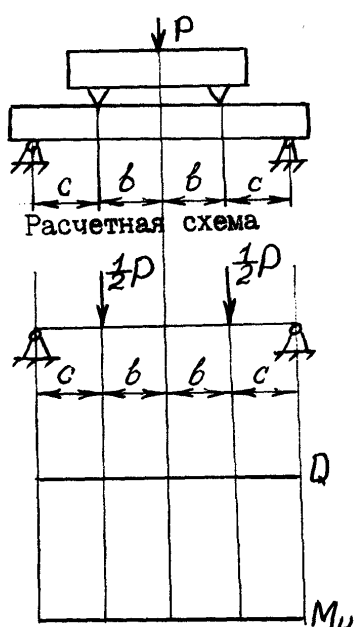
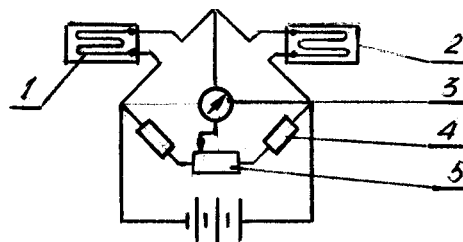


Схема измерительного прибора



1. Рабочий датчик
2. Компенсационный датчик
3. Гальванометр
4. Сопротивление
5. Реохорд

База датчика $a = 20$ мм

Цена деления

шкалы реохорда $\kappa = 3,45 \cdot 10^{-5}$ мм

Исходные данные:

$$c = 250 \text{ мм}$$

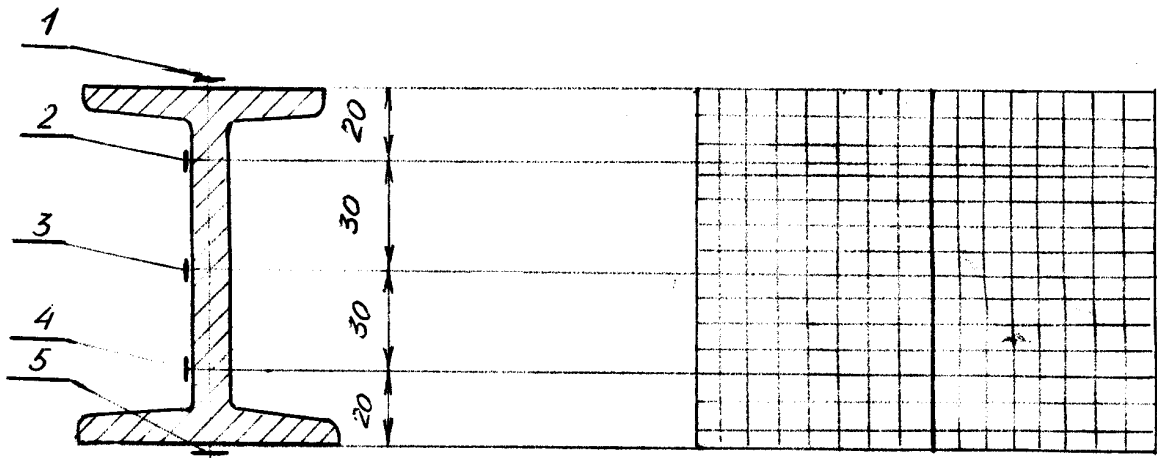
$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$I_z = 245 \cdot 10^4 \text{ мм}^4$$

$$W_z = 49 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

Поперечное сечение балки с указанием мест постановки датчиков

Эпюра нормальных напряжений (сплошной линией – данные опыта, пунктиром – теоретические)



Результаты испытаний

| Нагрузка, P | | Датчик №1 | | Датчик №2 | | Датчик №3 | | Датчик №4 | | Датчик №5 | |
|---------------|---|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| кг | Н | отсчет C_1 | разность ΔC_1 | отсчет C_2 | разность ΔC_2 | отсчет C_3 | разность ΔC_3 | отсчет C_4 | разность ΔC_4 | отсчет C_5 | разность ΔC_5 |
| 1000 | | | | | | | | | | | |
| 2000 | | | | | | | | | | | |
| 3000 | | | | | | | | | | | |
| 4000 | | | | | | | | | | | |
| 5000 | | | | | | | | | | | |
| | | | $\sum \Delta C_1$ | | $\sum \Delta C_2$ | | $\sum \Delta C_3$ | | $\sum \Delta C_4$ | | $\sum \Delta C_5$ |

Расчетная нагрузка $P =$

Расчетный изгибающий момент $M_u = \frac{P}{2} \cdot c =$

Экспериментальное определение напряжений

$$\sigma_0^{(1)} = \varepsilon^{(1)} \cdot E = \frac{\sum \Delta C_1 \cdot \kappa}{a} \cdot E =$$

$$\sigma_0^{(2)} = \varepsilon^{(2)} \cdot E = \frac{\sum \Delta C_2 \cdot \kappa}{a} \cdot E =$$

$$\sigma_0^{(3)} = \varepsilon^{(3)} \cdot E = \frac{\sum \Delta C_3 \cdot \kappa}{a} \cdot E =$$

$$\sigma_0^{(4)} = \varepsilon^{(4)} \cdot E = \frac{\sum \Delta C_4 \cdot \kappa}{a} \cdot E =$$

$$\sigma_0^{(5)} = \varepsilon^{(5)} \cdot E = \frac{\sum \Delta C_5 \cdot \kappa}{a} \cdot E =$$

Теоретическое определение напряжений

$$\sigma_{Теор}^{(5)} = -\sigma_{Теор}^{(1)} = \frac{M_u}{W_z} =$$

$$\sigma_{Теор}^{(4)} = -\sigma_{Теор}^{(2)} = \frac{M_u}{I_z} \cdot y_4 =$$

$$\sigma_{Теор}^{(3)} = \frac{M_u}{I_z} \cdot y_3 =$$

| Номер датчика | Напряжение, МПа | | Расхождение результатов, % |
|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| | из опыта | теоретическое | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

" ____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ПЛОСКОМ
ИЗГИБЕ КОНСОЛИ

Цель работы: определение прогибов и углов поворота сечений балки при плоском изгибе.

Измерительные приборы: стрелочный индикатор, зеркальный прибор для измерения угла поворота ($L = 1000$ мм).

Схема установки

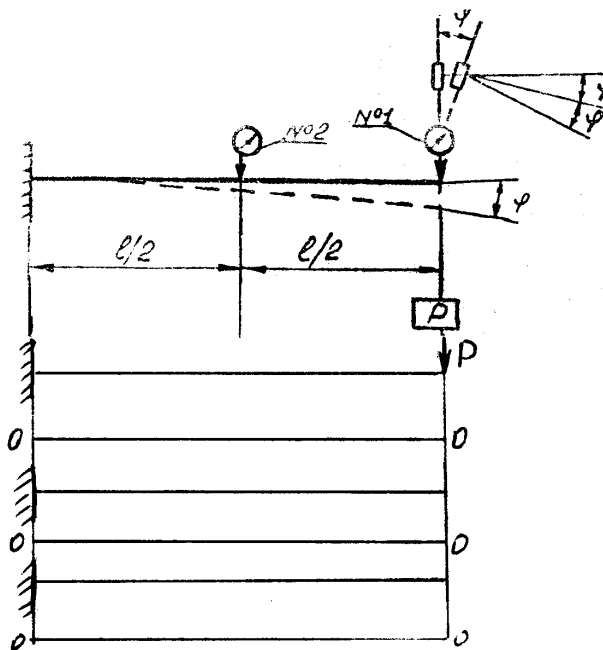
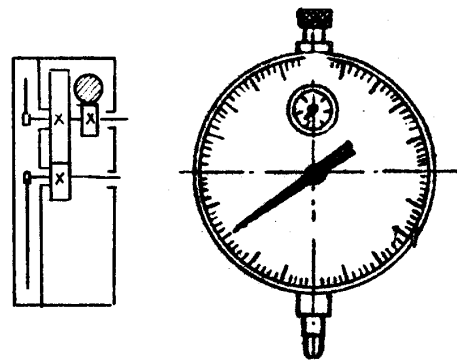


Схема индикатора



Характеристики консоли:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$d = 20 \text{ мм}$$

$$l = 926 \text{ мм}$$

$$I_z = \frac{\pi d^4}{64} =$$

Результаты испытаний

| №№ п/п | Нагрузка, P | | Индикатор №1 | | Индикатор №2 | | Зеркальный прибор | |
|-----------|---------------|---|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| | кг | Н | отсчет C_1 , мм | разность ΔC_1 | отсчет C_2 , мм | разность ΔC_2 | отсчет C_3 , мм | разность ΔC_3 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Расчетная нагрузка $P =$

Экспериментальное определение деформаций

Прогиб на конце консоли $y_1 = \Sigma \Delta C_1 =$

Прогиб посередине консоли $y_2 = \Sigma \Delta C_2 =$

Угол поворота на конце консоли $\varphi_1 = \frac{\Sigma \Delta C_3}{2L} =$

Теоретическое определение деформаций

Прогиб конца консоли $y_{1T} = \frac{Pl^3}{3EI_z} =$

Прогиб посередине консоли $y_{2T} = \frac{5Pl^3}{48EI_z} =$

Угол поворота конца консоли $\varphi_T = \frac{Pl^2}{2EI_z} =$

Расхождение результатов

для y_1 : $\delta_1 = \frac{y_1 - y_{1T}}{y_{1T}} \cdot 100\% =$

для y_2 : $\delta_2 = \frac{y_2 - y_{2T}}{y_{2T}} \cdot 100\% =$

для φ : $\delta_3 = \frac{\varphi - \varphi_T}{\varphi_T} \cdot 100\% =$

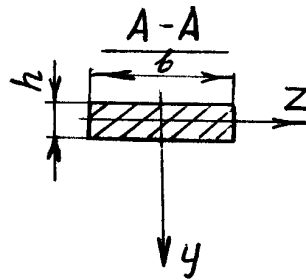
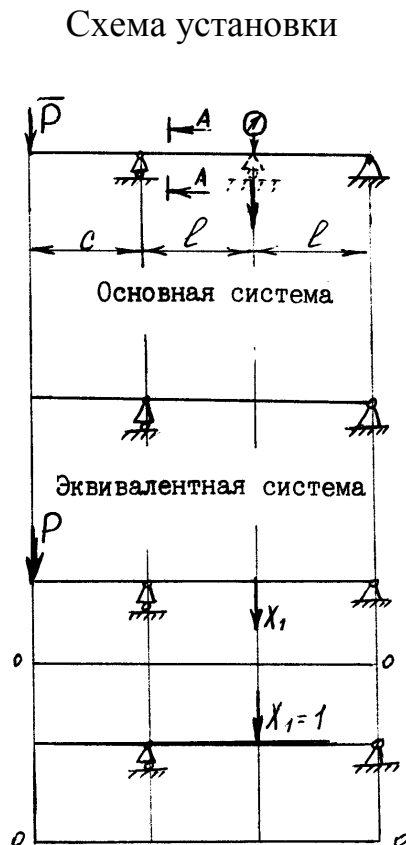
" _____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДНЕЙ ОПОРЫ ДВУХПРОЛЕТНОЙ
НЕРАЗРЕЗНОЙ БАЛКИ С КОНСОЛЬЮ

Цель работы: проверка на опыте результатов аналитического расчета реакции опоры статически неопределимой балки.



$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$b = 40 \text{ мм}$$

$$h = 6 \text{ мм}$$

$$l = 300 \text{ мм}$$

$$c =$$

$$P = 30 \text{ Н}$$

Аналитический расчет:

$$X_1 \delta_{11} + \Delta_{1p} = 0; \quad X_1 = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}}$$

$$\Delta_{1p} =$$

$$\delta_{11} =$$

$$X_T = -\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} =$$

Опытное определение реакции средней опоры:

$$X_{on} =$$

Расхождение опытного результата с аналитическим в %:

$$\delta = \frac{X_{on} - X_T}{X_T} \cdot 100\% =$$

" " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

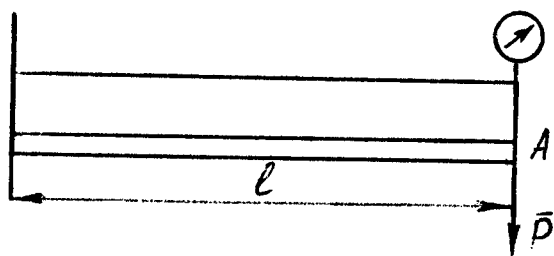
Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

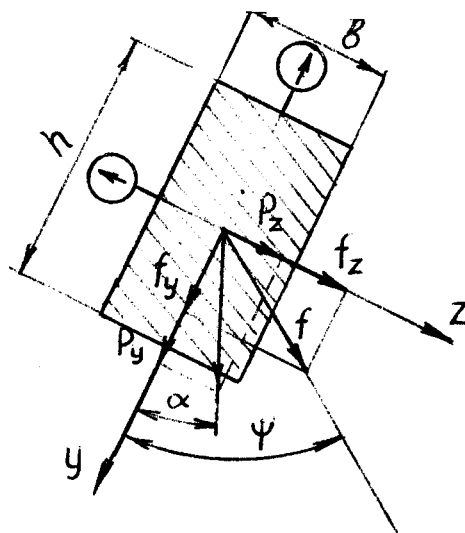
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ КОСОМ ИЗГИБЕ КОНСОЛИ

Цель работы: опытное определение составляющих прогиба балки в направлениях главных осей и сравнение их величин с теоретическими значениями.

Схема установки



Поперечное сечение балки



Характеристики балки

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$e = 5,8 \text{ мм}$$

$$h = 21,5 \text{ мм}$$

$$l = 397 \text{ мм}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$I_z = \frac{bh^3}{12} =$$

$$I_z = \frac{e^3h}{12} =$$

Результаты испытаний

| Нагрузка, P | Перемещение, f_y | | Перемещение, f_z | |
|---------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| | отсчет C_1 , мм | разность ΔC_1 | отсчет C_2 , мм | разность ΔC_2 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Расчетная нагрузка $P =$

Экспериментальное определение деформаций

Составляющие прогиба свободного конца консоли в направлениях главных осей $f_y = \Sigma \Delta C_1 =$; $f_z = \Sigma \Delta C_2 =$

Результирующий прогиб

$$f_0 = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} =$$

Теоретическое определение деформаций.

Составляющие прогиба балки в направлениях главных осей:

$$f_y = \frac{P_y l^3}{3EI_z} = \frac{P \cdot \cos \alpha \cdot l^3}{3E \cdot I_z} =$$

$$f_z = \frac{P_z l^3}{3EI_y} = \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot l^3}{3E \cdot I_y} =$$

Результирующий прогиб свободного конца консоли:

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} =$$

Направление прогиба

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{I_z}{I_y} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \left(\frac{I_z}{I_y} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) =$$

Расхождение опытных результатов с теоретическими в %

для $f_y =$

для $f_z =$

для $f =$

" _____ " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В КРИВОЛИНЕЙНОМ СТЕРЖНЕ

Цель работы: экспериментальная проверка теоретической формулы для определения напряжений в кривом стержне.

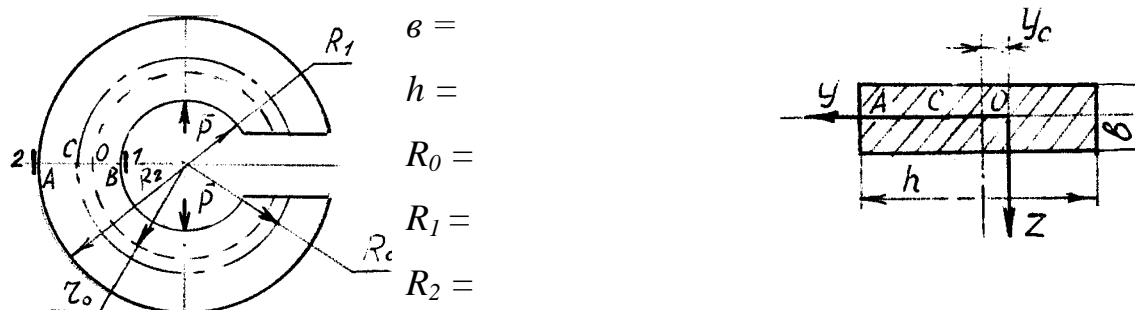
Испытательная машина: УММ-5

Измерительный прибор: ИД-70 (измеритель деформации), электротензометры.

Цена деления шкалы $\kappa = 2,5 \cdot 10^{-5}$ мм

База датчика $a = 20$ мм

Схема установки и исходные данные:



Результаты испытаний:

| Нагрузка, P | | Датчик № 1 | | Датчик № 2 | |
|---------------|---|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| кг | Н | отсчет C_1 | разность ΔC_1 | отсчет C_2 | разность ΔC_2 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Расчетная нагрузка $P =$

Экспериментальное определение напряжений:

$$\sigma_A = \frac{\kappa \cdot \sum \Delta C_2}{a} \cdot E =$$

$$\sigma_B = \frac{\kappa \cdot \sum \Delta C_1}{a} \cdot E =$$

Теоретическое определение напряжений

$$\sigma = \sigma_{расм.} + \sigma_{изг.} = \frac{N_x}{F} + \frac{M_z}{S_z} \cdot \frac{y}{r_0 + y} =$$

Внутренние усилия в брус

$$N_x = P =$$

$$M_z = P \cdot R_0 \cdot \sin \alpha = P \cdot R_0 \cdot \sin 90^\circ =$$

Радиус нейтрального слоя при чистом изгибе кривого бруса

прямоугольного сечения $r_0 = \frac{h}{\ln \frac{R_2}{R_1}} =$

Статический момент площади сечения относительно нейтральной оси

$$S_z = F (R_0 - r_0) =$$

Напряжения в рассматриваемой точке с учетом кривизны бруса

$$y_A =$$

$$y_B =$$

$$\sigma_A = \frac{N}{F} + \frac{M_z \cdot y_A}{S_z \cdot (r_0 + y_A)} = \frac{N}{F} + \frac{M_z \cdot y_A}{S_z \cdot R_2} =$$

$$\sigma_B = \frac{N}{F} + \frac{M_z \cdot y_B}{S_z \cdot (r_0 + y_B)} = \frac{N}{F} + \frac{M_z \cdot y_B}{S_z \cdot R_1} =$$

Сравнение экспериментальных и теоретических результатов в %

для σ_A :

для σ_B :

" _____ " _____ 20__ г.

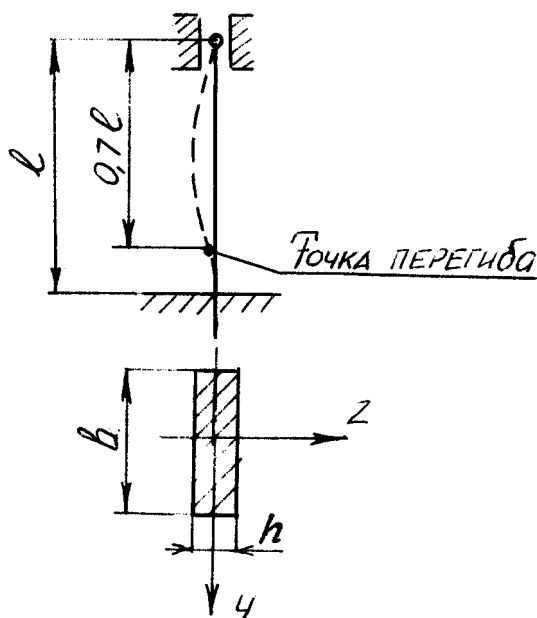
Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ ДЛЯ СЖАТОГО СТЕРЖНЯ

Цель работы: изучение явления потери устойчивости сжатой стойки и экспериментальное определение критической нагрузки на стойку.

Схема установки и исходные данные



Характеристики балки:

Материал – сталь Ст.3

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$b = 34 \text{ мм}$$

$$h = 0,9 \text{ мм}$$

$$l = 340 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{нц}} =$$

$$\mu =$$

Результаты испытаний

Экспериментальное значение критической силы $P_{\text{кр}} =$

Теоретическое значение критической силы

$$\text{Минимальный момент инерции } I_{\text{min}} = I_y = \frac{bh^3}{12} =$$

$$\text{Радиус инерции } i_{\text{min}} = \sqrt{\frac{I_{\text{min}}}{A}} =$$

$$\text{Гибкость стойки } \lambda = \mu \cdot l / i_{\text{min}} =$$

$$\text{Предельная гибкость } \lambda_{\text{пред}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{\text{нц}}}} =$$

$$\text{Критическая нагрузка на стойку } P_{\text{кр}} =$$

Расхождение экспериментального и теоретического значений в % :

" " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

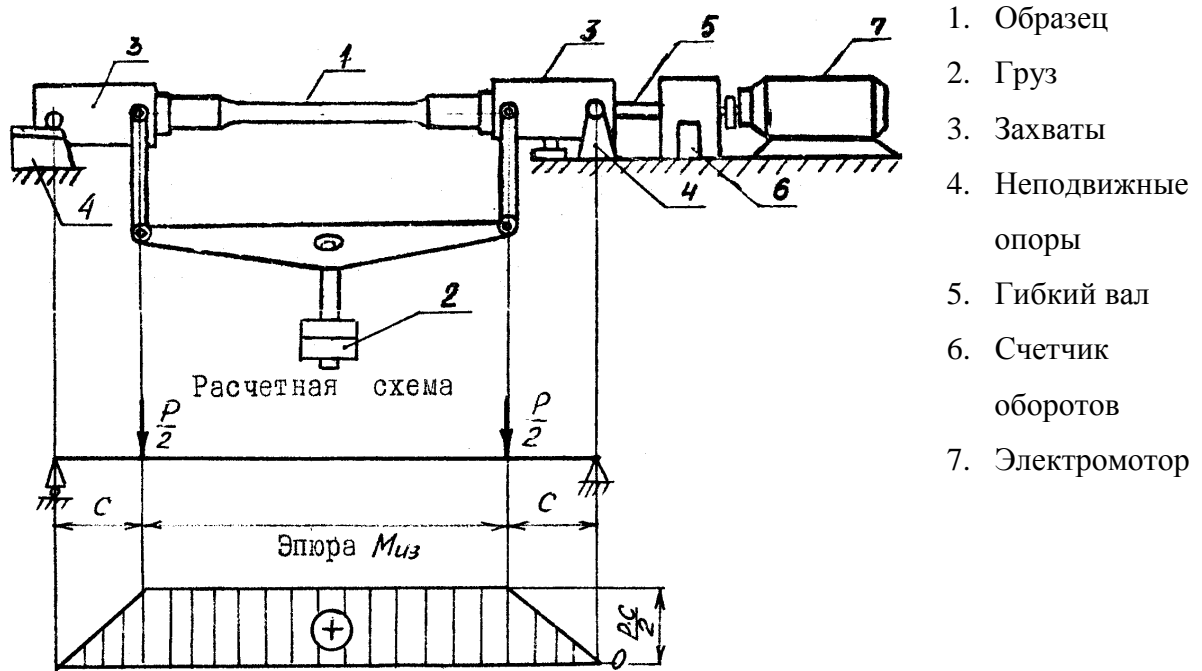
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Цель работы: наблюдение усталостного разрушения металла под действием циклической нагрузки.

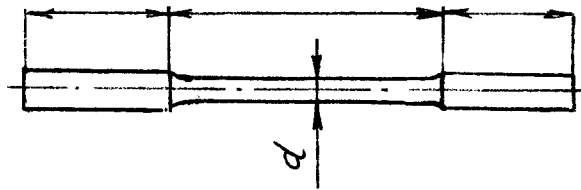
Испытательная машина: НУ.

Схема установки



1. Образец
2. Груз
3. Захваты
4. Неподвижные опоры
5. Гибкий вал
6. Счетчик оборотов
7. Электромотор

Форма и размеры образца



$$c = 10 \text{ см}$$

$$d = 7 \text{ мм}$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} =$$

Материал – сталь Ст.3

Предел прочности $\sigma_B = 358 \text{ МПа}$

Предел текучести $\sigma_T = 0,6\sigma_B =$

Нагрузка $P = 115 \text{ Н}$

Наибольшее значение изгибающего момента $M = \frac{P \cdot c}{2} =$

Напряжение при изломе образца $\sigma = \pm \frac{M}{W_x} =$

Отношение напряжения при изломе к пределу текучести

$$\frac{\sigma}{\sigma_T} =$$

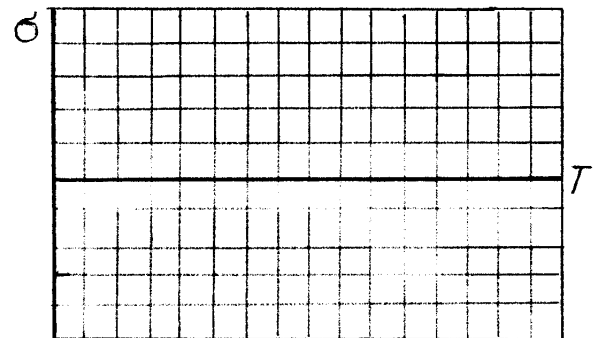
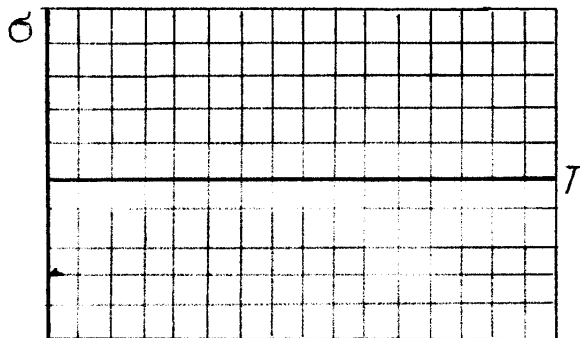
Показания счетчика до испытания $n_1 =$

Показания счетчика после испытания $n_2 =$

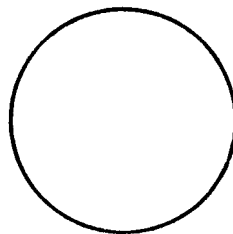
Количество циклов $N = (n_2 - n_1) \cdot 100 =$

Характер изменения напряжения

Вид кривой выносливости



Вид сечения образца в месте излома



" " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

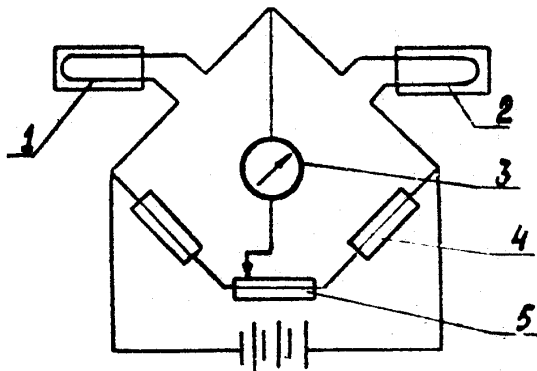
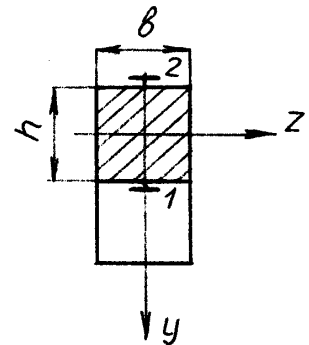
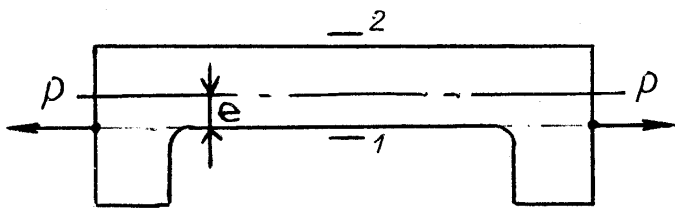
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ РАСТЯЖЕНИИ

Цель работы: определение напряжений при внецентренном растяжении пластины.

Испытательная машина: УММ-5.

Измерительный прибор: ИД-70.

Схема испытания



1. Рабочий датчик
2. Компенсационный датчик
3. Гальванометр
4. Сопротивление
5. Реохорд

База датчиков $a = 20$ мм

Цена деления шкалы тензометра $\kappa = 2,5 \cdot 10^{-5}$ мм

Поперечное сечение пластины:

$$b = 6 \text{ мм}$$

$$h = 70 \text{ мм}$$

$$A = 4,2 \text{ см}^2$$

$$e = 32 \text{ мм}$$

Определение модуля упругости материала пластины

| Нагрузка, P | | Тензомер №1 | | Тензомер №2 | |
|---------------|---|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| кг | Н | отсчет C_1 | разность ΔC_1 | отсчет C_2 | разность ΔC_2 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Расчетная нагрузка $P =$

Модуль продольной упругости $E = \frac{P \cdot a}{\sum \Delta C \cdot \kappa \cdot F} =$

Напряжения в крайних волокнах:

$$\sigma_{\max} = \varepsilon_1 E = \frac{\sum \Delta C_1 \cdot \kappa \cdot E}{a} =$$

$$\sigma_{\min} = \varepsilon_2 E = \frac{\sum \Delta C_2 \cdot \kappa \cdot E}{a} =$$

Теоретическое определение напряжений:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6e}{h} \right) =$$

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{h} \right) =$$

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{h} \right) =$$

Определение положения нейтральной оси:

$$y_P =$$

$$z_P =$$

Сравнение опытных данных с теоретическими в % :

" " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

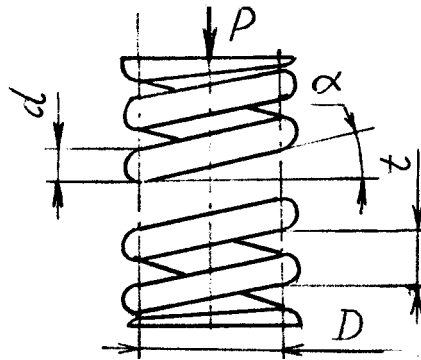
Отчет принял _____

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИНТОВОЙ ПРУЖИНЫ

Цель работы: экспериментальная проверка теоретических положений.

Испытательная машина: ДП-6А.

Схема пружины:



Характеристики пружин:

| №№ п/п | Средний диаметр D , мм | Диаметр проволоки d , мм | Число витков n |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

Материал пружин: сталь, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа

Журнал наблюдений:

| Нагрузка P , кг | Отсчет по линейке C , мм | | | Разность ΔC , мм | | |
|----------------------|----------------------------|---|---|--------------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Расчетная нагрузка $P =$

Результаты испытаний:

Осадка пружин:

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_2 =$$

$$\lambda_3 =$$

Теоретическое определение осадки пружин:

$$\lambda_{1T} =$$

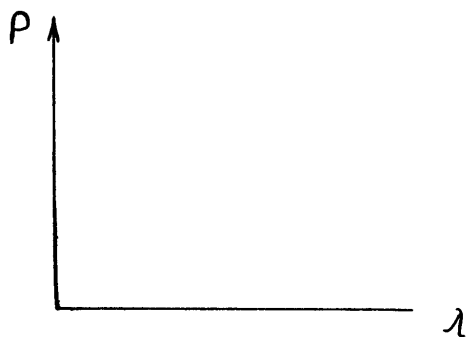
$$\lambda_{2T} =$$

$$\lambda_{3T} =$$

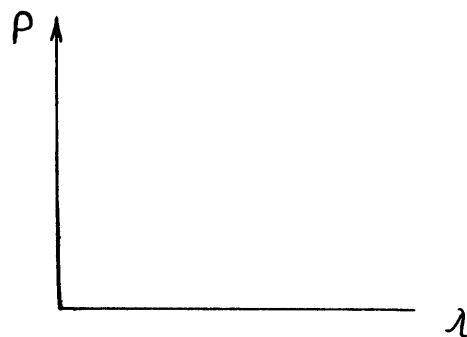
Расхождение опытных результатов с теоретическими в %:

Диаграммы сжатия:

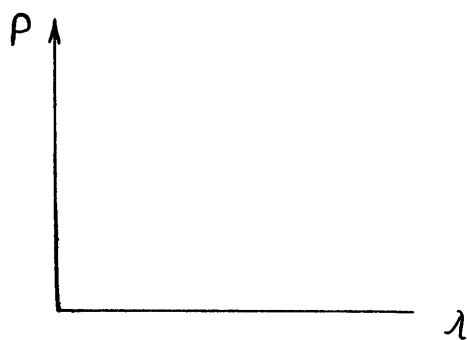
1)



2)



3)



Выводы:

" " _____ 20__ г.

Работу выполнил _____

Отчет принял _____