

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Мелиоративно-строительный факультет

Кафедра сельского строительства и обустройства территорий

Рабочий журнал
к виртуальным лабораторным работам на ПК
по дисциплине «Сопротивление материалов»

Выполнил: студент __ курса __ группы _____

Проверил: _____

Горки
БГСХА
20__

Лабораторная работа 1

РАСТЯЖЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С ПОСТРОЕНИЕМ ДИАГРАММЫ

Машина: Разрывная ГМС-50

Диаметр образца – 2 см

Расчетная длина – 0,2 м

Марка стали –

Марка чугуна –

Таблица значений, снятых с диаграммы, построенной самописцем в осях F , Δl

| № | Координаты точки на диаграмме | Значение для стали | Значение для чугуна |
|---|--|--------------------|---------------------|
| 1 | Сила в кН, соответствующая пределу пропорциональности, $F_{пц}$ | | |
| 2 | Сила в кН, соответствующая пределу текучести, F_T | | |
| 3 | Сила в кН, соответствующая пределу временного сопротивления, $F_{вр}$ | | |
| 4 | Сила в кН, соответствующая разрыву образца, F_p | | |
| 5 | Абсолютная деформация в <u>м</u> , соответствующая пределу пропорциональности, $\Delta l_{пц}$ | | |
| 6 | Абсолютная деформация в <u>м</u> , соответствующая пределу текучести, Δl_T | | |
| 7 | Абсолютная деформация в <u>м</u> , соответствующая пределу временного сопротивления, $\Delta l_{вр}$ | | |
| 8 | Абсолютная деформация в <u>м</u> , соответствующая разрыву образца, Δl_p | | |

Обработка результатов эксперимента

Площадь поперечного сечения образца до испытания:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \text{_____ см}^2.$$

Лабораторная работа 2

СЖАТИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА С ПОСТРОЕНИЕМ ДИАГРАММЫ

Машина: ПГ-100А

Диаметр образца – 2 см

Высота – 0,02 м

Марка стали –

Марка чугуна –

Таблица значений, снятых с диаграммы, построенной самописцем в осях $F, \Delta\ell$

| № | Координаты точки на диаграмме | Значение для стали | Значение для чугуна |
|---|---|--------------------|---------------------|
| 1 | Сила в кН, соответствующая пределу пропорциональности, $F_{\text{пн}}$ | | |
| 2 | Сила в кН, соответствующая пределу текучести, $F_{\text{т}}$ | | |
| 3 | Сила в кН, соответствующая разрушению образца, $F_{\text{р}}$ | | |
| 4 | Абсолютная деформация в м, соответствующая пределу пропорциональности, $\Delta\ell_{\text{пн}}$ | | |
| 5 | Абсолютная деформация в м, соответствующая пределу текучести, $\Delta\ell_{\text{т}}$ | | |
| 6 | Абсолютная деформация в м, соответствующая разрушению образца, $\Delta\ell_{\text{р}}$ | | |

Обработка результатов эксперимента

Площадь поперечного сечения образца до испытания

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \text{_____ см}^2$$

Лабораторная работа 3

ИСПЫТАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ОБРАЗЦОВ НА СЖАТИЕ

Машина: ПГ-100А

Образец: еловый кубик размером $0,05 \times 0,05 \times 0,05$ м

Таблица значений, снятых с диаграммы, построенной самописцем в осях $F, \Delta l$

| № | Координаты точки на диаграмме | Вдоль волокон | Поперек волокон |
|---|---|---------------|-----------------|
| 1 | Сила в кН, соответствующая пределу пропорциональности, $F_{\text{пц}}$ | | |
| 2 | Сила в кН, соответствующая разрушению образца, $F_{\text{р}}$ | | |
| 3 | Абсолютная деформация в м, соответствующая пределу пропорциональности, $\Delta l_{\text{пц}}$ | | |
| 4 | Абсолютная деформация в м, соответствующая разрушению образца, $\Delta l_{\text{р}}$ | | |

Обработка результатов эксперимента

Площадь поперечного сечения образца $A = 5 \times 5 = 25 \text{ см}^2$

Таблица вычисления координат точек диаграммы сжатия в осях σ, ε

| № | Значение для стали | Вдоль волокон | Поперек волокон |
|---|--|---------------|-----------------|
| 1 | Предел пропорциональности в кН/см ² , $\sigma_{\text{пц}} = \frac{F_{\text{пц}}}{A}$ | | |
| 2 | Напряжение при разрушении в кН/см ² , $\sigma_{\text{р}} = \frac{F_{\text{р}}}{A}$ | | |
| 3 | Относительная деформация, соответствующая пределу пропорциональности, $\varepsilon_{\text{пц}} = \frac{\Delta l_{\text{пц}}}{l}$ | | |
| 4 | Относительная деформация, соответствующая разрушению, $\varepsilon_{\text{р}} = \frac{\Delta l_{\text{р}}}{l}$ | | |

Диаграммы в осях $F, \Delta l$

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|
| F | | | | | | | | | | | | | | | | Вдоль волокон |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Поперек волокон |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Δl |

Диаграммы в осях σ, ϵ

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|
| σ | | | | | | | | | | | | | | | | Вдоль волокон |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Поперек волокон |
| 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | ϵ |

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА

Машина: Разрывная Р-5

Ширина сечения $b = 3$ см

Высота сечения $h = 0,6$ см

Интервал изменения нагрузки $N = 4$ кН

Журнал испытаний

| Нагрузка F , кН | T_1 | ΔT_1 | T_2 | ΔT_2 | T_3 | ΔT_3 | T_4 | ΔT_4 |
|----------------------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| 4 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| | | $\Delta T_1^{\text{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}$ | | $\Delta T_2^{\text{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}$ | | $\Delta T_3^{\text{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}$ | | $\Delta T_4^{\text{cp}} = \underline{\hspace{2cm}}$ |

Вычисление

1. Абсолютная деформация базы тензометра вдоль и поперек оси:

$$\Delta S_{\text{прод}} = \frac{(\Delta T_1^{\text{cp}} + \Delta T_3^{\text{cp}})}{2} \cdot 10^{-5} =$$

$$\Delta S_{\text{попер}} = \frac{(\Delta T_2^{\text{cp}} + \Delta T_4^{\text{cp}})}{2} \cdot 10^{-5} =$$

2. Вычисляются продольная и поперечная относительные деформации делением на базу $S = 0,02$ м:

$$\epsilon_{\text{прод}} = \frac{\Delta S_{\text{прод}}}{0,02} =$$

$$\epsilon_{\text{попер}} = \frac{\Delta S_{\text{попер}}}{0,02} =$$

3. Вычисляется коэффициент Пуассона

$$\mu = \frac{|\epsilon_{\text{попер}}|}{\epsilon_{\text{прод}}} =$$

4. Вычисляется площадь поперечного сечения стержня-полосы

$$A = b \cdot h = \text{_____} \text{ см}^2$$

5. Вычисляется нормальное напряжение в точках поперечного сечения

$$\sigma = \frac{N}{A} = \text{_____} \text{ кН/см}^2$$

6. Вычисляется модуль упругости

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_{\text{прод}}} = \text{_____} \text{ кН/см}^2$$

Выводы: _____

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 5

ИСПЫТАНИЕ ВАЛОВ НА КРУЧЕНИЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПРИ СДВИГЕ

Машина: Установка на кручение

Материал – сталь; диаметр вала $d = 1,6$ см

**Длина расчетного участка $\ell = 19$ см; расстояние индикатора от
оси вала $R = 0,1$ м; длина рычага $L = 100$ см; $F = 0,01$ кН**

Таблица экспериментальных данных при кручении вала

| Крутящий момент $M_{кр} = F \cdot L$, кН·см | Приращение крутящего момента T , кН·см | Показание индикатора h , м | Приращение показания индикатора Δh , м |
|---|---|---|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | $\Delta h_{ср} = \frac{\sum_i^n \Delta h_i}{n} = \text{---} = \text{---}, \text{ см}$ | |

Угол закручивания: $\Delta\varphi = \frac{\Delta h}{R} = \text{---} = \text{---}$

Полярный момент инерции, см⁴: $I_p = \frac{\pi d^4}{32} = \text{---} = \text{---}$

Модуль упругости при сдвиге, кН/см²:

$$G = \frac{T \cdot l}{\Delta\varphi \cdot I_p} = \text{_____} =$$

Выводы: _____

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 6

ИСПЫТАНИЕ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ

Машина: Установка для испытаний на изгиб

Сечение балки – двутавр № 20а

В дальнейшем расчетные параметры:

$I_x = 2030 \text{ см}^4$ – момент инерции сечения балки относительно нейтральной оси;

$E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$ – модуль упругости материала балки;

$l = 200 \text{ см}$ – пролет балки;

$y_1 = -10 \text{ см}, y_2 = -5 \text{ см}, y_3 = 0 \text{ см}, y_4 = 5 \text{ см}, y_5 = 10 \text{ см}$ – расстояние от центра сечения двутавра до тензодатчиков;

$a = 50 \text{ см}$ – расстояние от оси опоры до расчетного сечения.

Таблица экспериментальных данных при изгибе двутавровой балки

| F | ΔF | T_1 | ΔT_1 | T_2 | ΔT_2 | T_3 | ΔT_3 | T_4 | ΔT_4 | T_5 | ΔT_5 | T_{y1} | ΔT_{y1} | T_{y2} | ΔT_{y2} |
|-----|------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $\Delta T_{\text{ср1}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{ср2}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{ср3}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{ср4}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{ср5}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{уср1}}$ = | _____ | $\Delta T_{\text{уср2}}$ = | _____ |

Экспериментальные величины

Нормальные напряжения $\sigma_i = \frac{\Delta T_{срi} \cdot 10^{-3} \cdot E}{2}$, кН/см²:

$\sigma_1 = \text{---}$; $\sigma_2 = \text{---}$; $\sigma_3 = \text{---}$; $\sigma_4 = \text{---}$; $\sigma_5 = \text{---}$;

Прогиб середины балки $f = \Delta T_{усп1} = \text{---}$, см;

Угол поворота опорного сечения $\varphi = \Delta T_{усп2}/10 = \text{---}$, рад.

Теоретические величины

Приращение изгибающего момента в расчетном сечении

$\Delta M = \Delta F \cdot a/2 = \text{---}$, кН·см;

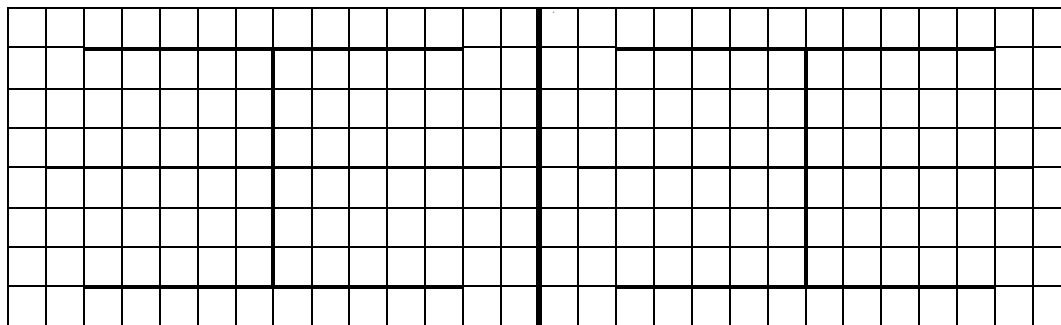
Нормальные напряжения $\sigma_i = \frac{\Delta M \cdot y_i}{I_x}$, кН/см²

$\sigma_1 = \text{---}$; $\sigma_2 = \text{---}$; $\sigma_3 = \text{---}$; $\sigma_4 = \text{---}$; $\sigma_5 = \text{---}$;

Прогиб балки в середине $f = \frac{\Delta F \cdot l^2}{16 \cdot E \cdot I_x} = \text{---} = \text{---}$, см;

Угол поворота опорного сечения $\varphi = \frac{\Delta F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} = \text{---} = \text{---}$, рад.

Эпюры нормальных напряжений по высоте сечения двутавра



Выводы: _____

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ СЖАТИИ СТЕРЖНЯ БОЛЬШОЙ ГИБКОСТИ

Машина: Установка для испытания на продольный изгиб

Ширина поперечного сечения (в плоскости, перпендикулярной плоскости продольного изгиба) $b = 2,2$ см.

Высота поперечного сечения $h = 0,4$ см.

Длина стержня $\ell = 53$ см.

Предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}} = 20$ кН/см².

Модуль упругости материала $E = 2,1 \cdot 10^4$ кН/см².

$$F_0 = 25 \text{ Н} = 0,025 \text{ кН.}$$

Предельная гибкость – безразмерная величина, зависящая от физических свойств материала

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{\text{пц}}}} = \sqrt{\quad} =$$

Таблица результатов экспериментального определения критической силы

| μ | $F_{\text{кр}}$ | Условия закрепления концов стержня |
|-------|-----------------|------------------------------------|
| 1 | | Шарнир + Шарнир |
| 2 | | Заделка |
| 0,7 | | Заделка + Шарнир |
| 0,5 | | Заделка + Заделка |

Теоретическое определение $F_{\text{кр}}$

Площадь поперечного сечения $A = b \cdot h = \quad$ см².

Момент инерции относительно оси, перпендикулярной плоскости выпучивания:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \quad = \quad, \text{ см}^4.$$

Радиус инерции $i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\quad} = \quad$, см.

Таблица вычислений критической силы и напряжения

| μ | $\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}}$ | $F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot l)^2}$ | $\sigma_{кр} = F_{кр}/A$ |
|-------|--|---|--------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 0,7 | | | |
| 0,5 | | | |
| | | | |

Выводы: _____

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____

Лабораторная работа 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА

Машина: Маятниковый копер 30

Ширина сечения $b = 1$ см; высота сечения $h = 1$ см

Глубина надреза $\Delta = 0,2$ см; масса маятника $m \approx 20,4$ кг

Расчетная площадь сечения $A_{расч} = b \cdot (h - \Delta) = \underline{\hspace{2cm}}$ см²

Цена деления шкалы измерителя энергии $\mathcal{E}_0 \approx 3$ Дж

Номера материалов:

1. Сталь углеродистая.
2. Сталь нержавеющая.
3. Чугун серый.
4. Чугун ковкий.
5. Титановый сплав.

Журнал испытаний и результатов

| Номер материала | T_{\max} | T_{\min} | ΔT | $A = \Delta T \cdot \mathcal{E}_0 \cdot 10$, Дж | $a = A / A_{расч}$ Дж/см ² |
|-----------------|------------|------------|------------|--|---------------------------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

Выводы: _____

Подпись студента _____

Подпись преподавателя _____