



**Д.А. Тихонов, А. А. Гильман**

**ЖУРНАЛ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ  
МАТЕРИАЛОВ**

к лабораторным работам по «Сопропротивлению материалов»  
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроитель-  
ных производств»  
18.03.01 «Химическая технология»  
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2024 г.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

## ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

**Цель работы:** установление опытным путем зависимости между нагрузкой и удлинением образца при растяжении до момента его разрыва; определение величины основных механических характеристик материала образца (предела пропорциональности  $\sigma_{\text{плц}}$ , предела текучести физического  $\sigma_T$ , истинного сопротивления разрыву  $S_K$ , временного сопротивления материала  $\sigma_B$ , относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения после разрыва  $\Psi$ ).

### Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

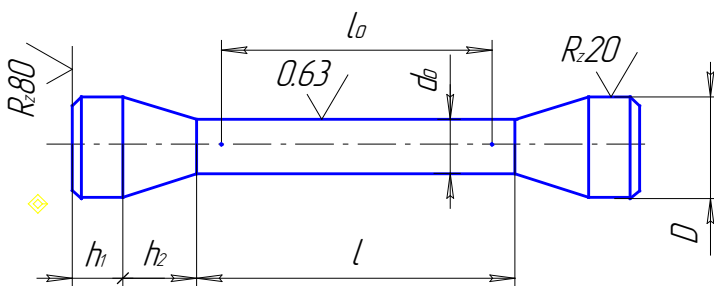


Рис. 1

Вид испытываемого образца (рис. 1):  $D = 12$  мм,  $h_1 = 10$  мм,  $h_2 = 8$  мм,  $\ell = \ell_0 + (0,5 \div 2)d_0$ .

1. Измеряем размеры образца (линейные – с точностью до 0,1 мм, диаметр  $d_0$  с точностью 0,01 мм).

$$d_0 = \quad \text{мм}$$

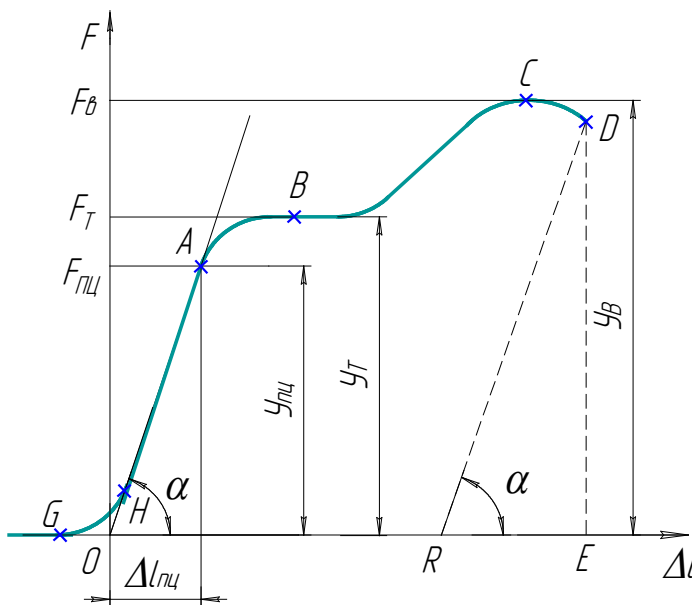


Рис. 2

Расстояние  $\ell_0$  измеряем между двумя рисками, нанесенными на поверхность образца:

$$\ell_0 = \quad \text{мм.}$$

2. После испытания записываем величину разрушающей нагрузки  $F_B$  с точностью до величины минимального деления шкалы силоизмерителя:

$$F_B = \quad \text{Н.}$$

3. По диаграмме растяжения (рис. 2) замеряем размеры  $y_{\text{плц}}$ ,  $y_T$ ,  $y_B$  с точностью до 1 мм на диаграмме, полученной при испытании образца

$$y_{\text{плц}} = \quad \text{мм; } y_T = \quad \text{мм;}$$

$$y_B = \quad \text{мм.}$$

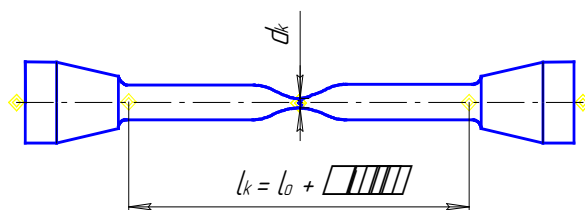


Рис. 3.

4. Замеряем размеры образца после испытания (рис. 3): длину  $\ell_K$  с точностью до 0,1 мм и минимальный диаметр  $d_K$  с точностью до 0,01 мм.

$$\ell_K = \quad \text{мм}; \quad d_K = \quad \text{мм}.$$

5. Определяем масштаб записи нагрузки  $F$ ,  $m_2$ , Н/мм:

$$m_2 = \frac{F_B}{Y_B} =$$

6. Находим значения нагрузок  $F_{\text{пц}}$  и  $F_T$ , Н:

$$F_{\text{пц}} = m_2 \cdot Y_{\text{пц}} =$$

$$F_T = m_2 \cdot Y_T =$$

7. Вычисляем первоначальную и конечную площади поперечного сечения образца,  $\text{м}^2$ :

$$A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot 10^{-6} =$$

$$A_K = \frac{\pi d_K^2}{4} \cdot 10^{-6} =$$

8. Вычисляем:

предел пропорциональности  $\sigma_{\text{пц}}$ , Па

$$\sigma_{\text{пц}} = \frac{F_{\text{пц}}}{A_0} =$$

предел текучести  $\sigma_T$ , Па

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0} =$$

временное сопротивление  $\sigma_B$ , Па

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_0} =$$

истинное сопротивление разрыву  $S_K$ , Па

$$S_K = \frac{F_B}{A_K} =$$

относительное удлинение образца  $\delta$ , %

$$\delta = \frac{\ell_K - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100 =$$

относительное сужение образца после разрыва  $\psi$ , %

$$\psi = \frac{A_0 - A_K}{A_0} \cdot 100 =$$

Данные и результаты лабораторной работы сводим в табл. 1.

Вычисление  $\sigma_{ПЦ}$ ,  $\sigma_T$ ,  $\sigma_B$  производим с точностью до 1 МПа, вычисление  $\delta$  и  $\psi$  производим с точностью до 0,5 %.

Таблица 1

### Протокол механических испытаний

| Материал<br>образца | Размеры образца        |                                    |                        |                        |                                    |                        | Усилия,<br>кН   |                |                | Напряжения,<br>МПа |                |                |                | Относительные<br>деформации,<br>% |   |
|---------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|---|
|                     | до<br>испытания        |                                    |                        | после<br>испытания     |                                    |                        |                 |                |                |                    |                |                |                |                                   |   |
|                     | d <sub>0</sub> ,<br>мм | A <sub>0</sub> ,<br>м <sup>2</sup> | ℓ <sub>0</sub> ,<br>мм | d <sub>K</sub> ,<br>мм | A <sub>K</sub> ,<br>м <sup>2</sup> | ℓ <sub>K</sub> ,<br>мм | F <sub>ПЦ</sub> | F <sub>T</sub> | F <sub>B</sub> | σ <sub>ПЦ</sub>    | σ <sub>T</sub> | σ <sub>B</sub> | S <sub>K</sub> | δ                                 | ψ |
|                     |                        |                                    |                        |                        |                                    |                        |                 |                |                |                    |                |                |                |                                   |   |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### ИСПЫТАНИЕ ДЕРЕВА НА СЖАТИЕ

**Цель работы:** опытное определение величин временного сопротивления при сжатии вдоль и поперек волокон.

#### Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

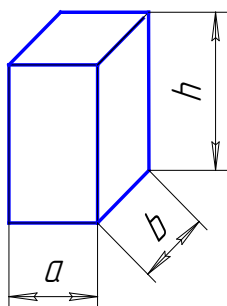


Рис. 4

Вид испытываемого образца (рис. 4). Для образца, испытываемого на сжатие вдоль волокон и для образца, испытываемого на сжатие поперек волокон, выполнить:

1. Замеряем размеры образцов  $a$ ,  $b$ ,  $h$  до испытания с точностью до 0,1 мм.

$a_1 =$  мм;  $b_1 =$  мм;  $h_1 =$  мм;

$a_2 =$  мм;  $b_2 =$  мм;  $h_2 =$  мм.

Вычисляем площади поперечных сечений образцов,  $\text{м}^2$

$$A_1 = a_1 \cdot b_1 \cdot 10^{-6} =$$

$$A_2 = a_2 \cdot b_2 \cdot 10^{-6} =$$

2. Вставляем первый образец между захватами машины и производим испытание образца на сжатие вдоль волокон. Постепенно увеличивая нагрузку, доводим образец до разрушения. Записываем величину разрушающей нагрузки  $F_{B1} =$  Н с точностью до величины минимального деления шкалы силоизмерителя.

Вставляем второй образец между захватами машины и производим испытание образца на сжатие поперек волокон. Постепенно увеличивая нагрузку, доводим образец до разрушения. Записываем величину разрушающей нагрузки  $F_{B2} =$  Н.

3. Вычисляем временные сопротивления  $\sigma_{B1}$  и  $\sigma_{B2}$ , Па

$$\sigma_{B1} = \frac{F_{B1}}{a_1 \cdot b_1} =$$

$$\sigma_{B2} = \frac{F_{B2}}{a_2 \cdot b_2} =$$

3. Результаты вычислений заносим в табл. 3.

Таблица 2

Протокол механических испытаний.

| Материал образца       | Размеры образца |          |          |                    | Разрушающая нагрузка $F_B$ , Н | Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа ( $\sigma_{12}$ ) |
|------------------------|-----------------|----------|----------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                        | $a$ , мм        | $b$ , мм | $h$ , мм | $A$ , $\text{м}^2$ |                                |                                                            |
| Дерево вдоль волокон   |                 |          |          |                    |                                |                                                            |
| Дерево поперек волокон |                 |          |          |                    |                                |                                                            |

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

#### ИСПЫТАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ ОБРАЗЦОВ НА СКАЛЫВАНИЕ ВДОЛЬ ВОЛОКОН

**Цель работы:** определение временного сопротивления древесины при сдвиге вдоль волокон.

#### Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

Вид образца и приспособления для проведения испытаний (рис. 5.).

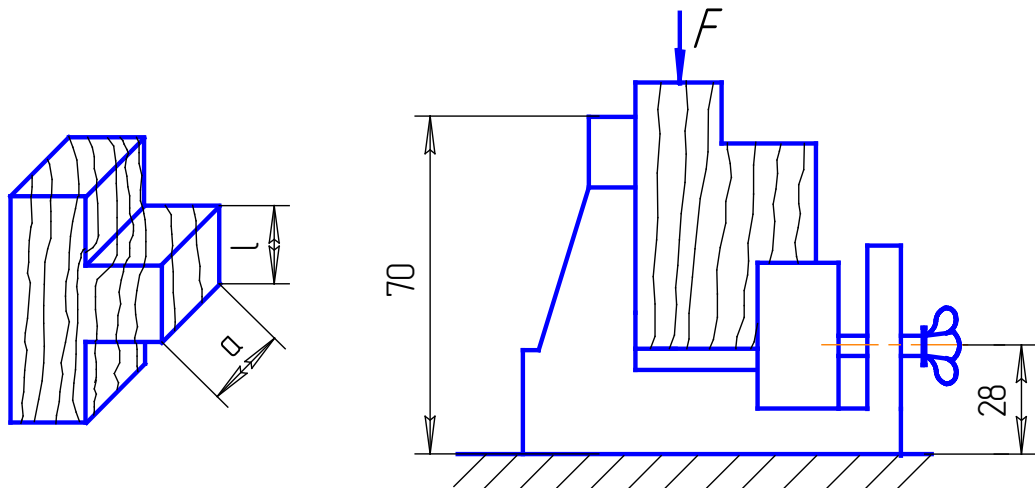


Рис. 5

1. Перед испытанием образец измеряем с точностью до 0,1 мм.

$a =$  мм;  $l =$  мм

2. Устанавливаем образец в приспособление так, чтобы длинная часть образца плотно прилегала к вертикальной опорной стенке, и прижимаем винтом между опорной стенкой и подвижной опорой. Приспособление устанавливаем между нижним и верхним захватами универсальной испытательной машины и прикладываем нагрузку. Скорость нагружения – 4 мм/мин.

По шкале машины фиксируем разрушающую нагрузку  $F_B =$  Н.

3. Вычисляем временное сопротивление  $\tau_B$ , Па

$$\tau_B = \frac{F_B}{a \cdot l} =$$

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

### ИСПЫТАНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА СРЕЗ

**Цель работы:** определение временного сопротивления стали при срезе.

**Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта**

Вид приспособления для испытания на срез (рис. 6) и образец для испытаний (рис. 7).

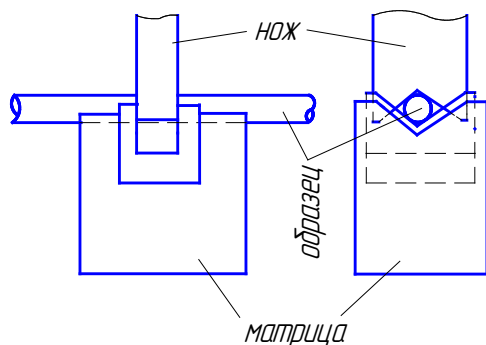


Рис. 6

1. Измеряем диаметр стальной проволоки

$$d = \quad \text{мм.}$$

2. Матрицу приспособления устанавливаем на опорную плиту нижнего захвата универсальной испытательной машины УММ-5. При этом нож должен совпадать с вырезом матрицы. Сближаем захваты машины. Опорная плита верхнего захвата давит на нож, который входит в вырез матрицы и перерезает образец по двум плоскостям (рис. 7).

По шкале машины фиксируем разрушающую нагрузку  $F_B = \quad \text{Н.}$

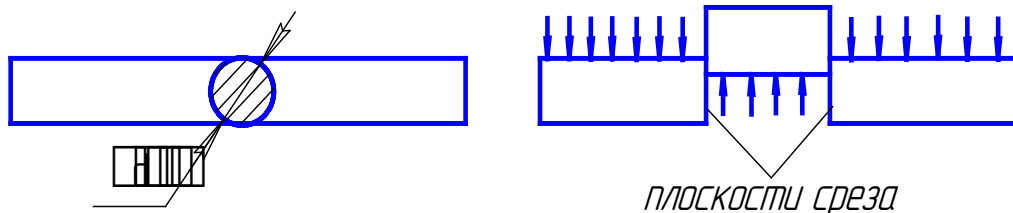


Рис. 7

2. Подсчитывают площадь среза  $A_{\text{ср}}, \text{ м}^2$ :

$$A_{\text{ср}} = 2A = 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi d^2}{2} =$$

где  $A, \text{ м}^2$  – площадь одного поперечного сечения образца.

3. Подсчитываем временное сопротивление  $\tau_B, \text{ МПа}$ , при срезе

$$\tau_B = \frac{F_B \cdot 10^{-6}}{A_{\text{ср}}} =$$

4. Все полученные расчетом данные заносим в табл. 4.

Таблица 3

Протокол механических испытаний.

| Материал образца | Размеры образца         |                          | Площадь среза $A_{\text{ср}}, \text{ м}^2$ | Разрушающая нагрузка $F_B, \text{ кН}$ | Временное сопротивление при срезе $\tau_B, \text{ МПа}$ |
|------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                  | диаметр $d, \text{ мм}$ | площадь $A, \text{ м}^2$ |                                            |                                        |                                                         |
|                  |                         |                          |                                            |                                        |                                                         |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

### ИСПЫТАНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА КРУЧЕНИЕ ДО РАЗРУШЕНИЯ

**Цель работы:** опытное определение механических характеристик и угла закручивания стального образца при кручении.

#### Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

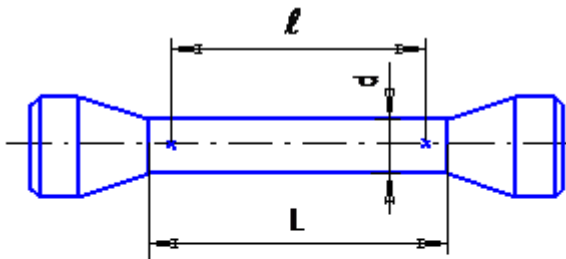


Рис. 8



Рис. 9

Вид стального образца до проведения испытаний (рис. 8) и после проведения испытаний (рис. 9).

1. Измеряем диаметр образца с точностью до 0,01 мм и расчетную длину образца  $\ell$  с точностью до 0,1 мм.

$$d = \quad \text{мм}; \quad \ell = \quad \text{мм}$$

2. Вдоль боковой поверхности образца мелом прочеркиваем прямую линию и вставляем образец в захваты испытательной машины.

Проводим испытание и находим угол закручивания образца и максимальный крутящий момент, величину которого отмечаем по контрольной стрелке силоизмерительного устройства после разрушения образца.

$$M_B = \quad \text{Н/м}; \quad \varphi = \quad \text{рад.}$$

3. Полярный момент сопротивления поперечного сечения образца  $W_P$ , м<sup>3</sup>

$$W_P = \frac{\pi d^3}{16} \cdot 10^{-9} =$$

4. Временное сопротивление кручению  $\tau_B$ , МПа

$$\tau_B = \frac{M_B}{W_P} =$$

5. Удельный угол закручивания  $\Theta$ , радиан на 1 пог. м

$$\theta = \frac{\varphi}{\ell} =$$

6. Полученные результаты вносим в табл. 4.

Таблица 4

## Протокол механических испытаний.

| Материал<br>образца | Размеры образ-<br>ца |                |                            | Максимальный<br>крутящий<br>момент,<br>кНм | Временное со-<br>противление<br>кручению,<br>МПа | Угол закручивания<br>(остаточный) |                                           |
|---------------------|----------------------|----------------|----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
|                     | d,<br>мм             | $\ell$ ,<br>мм | $W_P$ ,<br>см <sup>2</sup> |                                            |                                                  | полный                            | удельный                                  |
|                     |                      |                |                            |                                            |                                                  | $\varphi_B$ ,<br>радиан           | $\theta_B$ ,<br>радиан<br>на 1 пог.<br>м. |
|                     |                      |                |                            | $M_B$                                      | $\tau_B$                                         |                                   |                                           |
|                     |                      |                |                            |                                            |                                                  |                                   |                                           |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СТАЛИ G ПРИ СДВИГЕ

**Цель работы:** проверка закона Гука при кручении и определение модуля упругости G стали при сдвиге.

#### Ход лабораторной работы и обработка результатов опыта

Испытания проводим на опытной установке, изображенной на рис. 13.

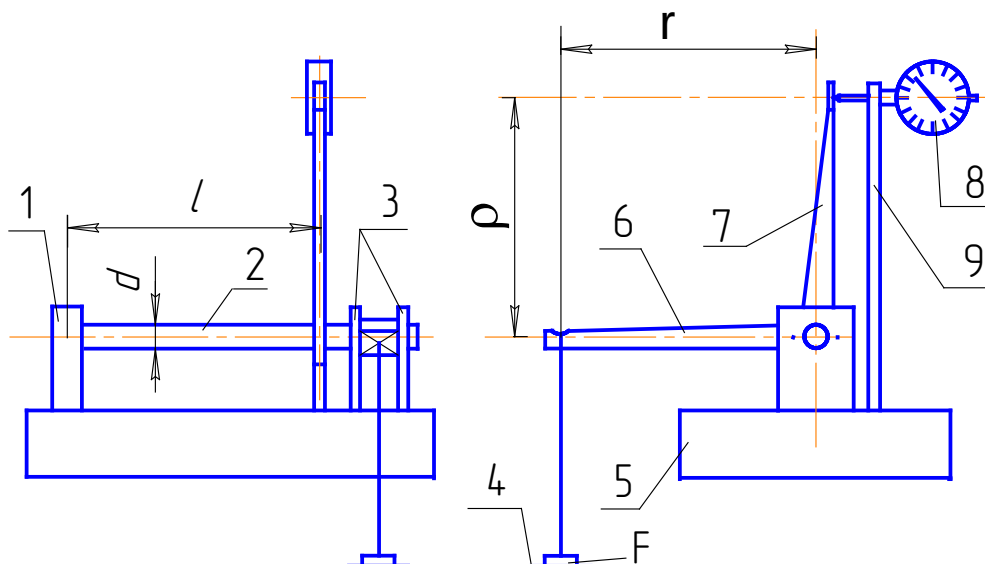


Рис. 13

1. Измеряем:

диаметр вала  $d =$  см.,

длину вала  $\ell =$  см,

длину плеча толкателя  $\rho =$  см,

длину плеча грузового рычага  $r =$  см.

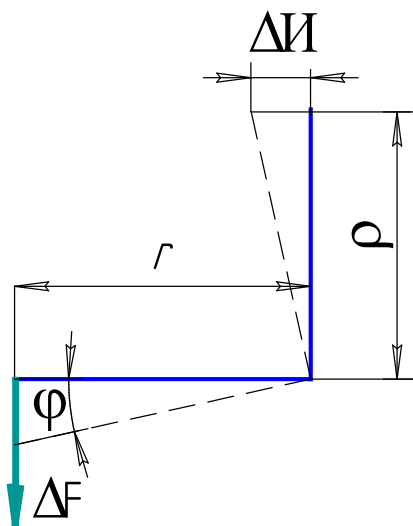


Рис. 14

2. Закрепляем индикатор 8 в держателе 9 с помощью отвертки. На грузовой поддон 4 установки помещаем последовательно грузы весом 2 Н, записывая показания индикатора. При нагружении поддона грузовой

рычаг создает на валу крутящий момент, а сечение вала, где закреплен толкатель, поворачивается на угол  $\varphi$ . Стрелка индикатора показывает величину горизонтального перемещения пятки толкателя. Результаты испытаний заносим в табл. 6.

## Протокол механических испытаний

| №<br>п/п                                                                           | Вес<br>груза,<br>Н | Крутящий<br>момент<br>$M_K$ , Нм | Разность смежных значе-<br>ний $\Delta M_K$ , Нм | Количество<br>делений<br>по индикатору И                                       | Разность смеж-<br>ных отсчетов по<br>индикатору $\Delta И$ |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 2                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 3                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 4                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 5                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 6                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| 7                                                                                  |                    |                                  |                                                  |                                                                                |                                                            |
| Среднеарифметическое значение<br>$\Delta M_{KCP} = \frac{\sum \Delta M_{Ki}}{6} =$ |                    |                                  |                                                  | Среднеарифметическое значение<br>$\Delta И_{CP} = \frac{\sum \Delta И_i}{6} =$ |                                                            |

3. Далее подсчитываем:

угол закручивания вала  $\varphi$ , рад (рис. 14)

$$\varphi = \frac{0.01 \cdot \Delta И_{CP}}{\rho \cdot 10} =$$

полярный момент инерции поперечного сечения вала  $J_p$ , м<sup>4</sup>

$$J_p = 0.1 \cdot d^4 \cdot 10^{-8} =$$

модуль сдвига  $G$ , Па:

$$G = \frac{\Delta M_{KCP} \cdot 10^{-2} \cdot \ell \cdot 10^{-2}}{\varphi \cdot J_p} =$$