



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»
21.03.01 «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 $\sigma_{пц}$, предела текучести физического σ_T , истинного сопротивления разрыву S_K , временного сопротивления материала σ_B , относительного удлинения δ и относительного сужения после разрыва Ψ).

Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

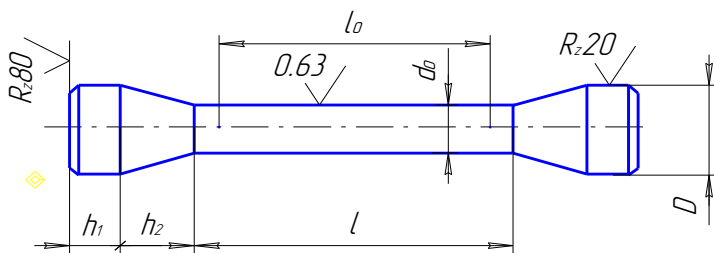


Рис. 1

Вид испытываемого образца (рис. 1): $D = 12$ мм, $h_1 = 10$ мм, $h_2 = 8$ мм, $l = l_0 + (0,5 \div 2)d_0$.

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

$$d_0 = \quad \text{мм}$$

Расстояние l_0 измеряем между двумя рисками, нанесенными на поверхность образца:

$$l_0 = \quad \text{мм.}$$

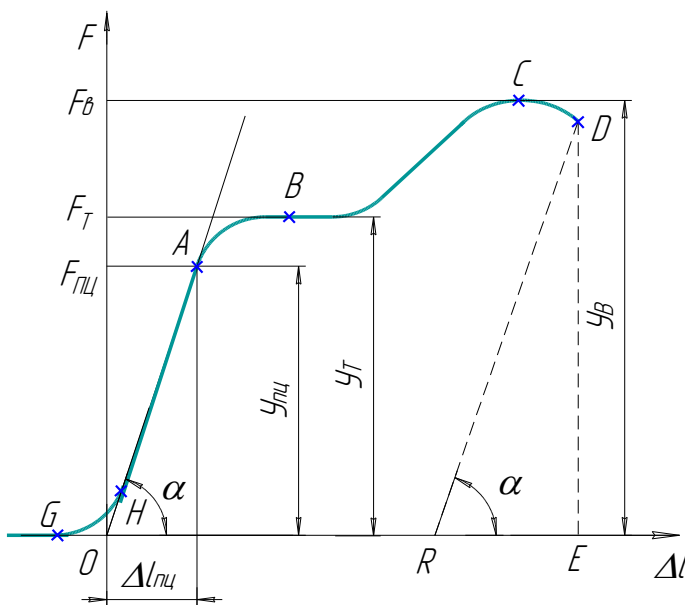


Рис. 2

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 $U_{пц}$, U_T , U_B с точностью до 1 мм на диаграмме, полученной при испытании образца

$$U_{пц} = \quad \text{мм; } U_T = \quad \text{мм;}$$

$$U_B = \quad \text{мм.}$$

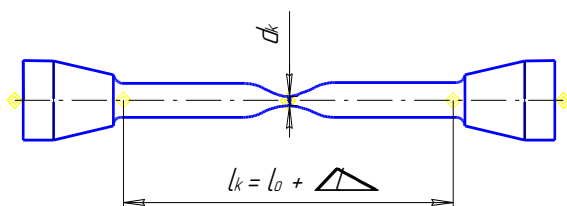


Рис. 3.

4. Замеряем размеры образца после испытания (рис. 3): длину ℓ_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, 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 σ_T , Па

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

временное сопротивление σ_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 δ , %

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

относительное сужение образца после разрыва ψ , %

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

Данные и результаты лабораторной работы сводим в табл. 1.

Вычисление $\sigma_{ПЦ}$, σ_T , σ_B производим с точностью до 1 МПа, вычисление δ и ψ производим с точностью до 0,5 %.

Таблица 1

Протокол механических испытаний

Материал образца	Размеры образца						Усилия, кН			Напряжения, МПа				Относительные деформации, %	
	до испытания			после испытания											
	d ₀ , мм	A ₀ , м ²	ℓ ₀ , мм	d _к , мм	A _к , м ²	ℓ _к , мм	F _{ПЦ}	F _Т	F _В	σ _{ПЦ}	σ _Т	σ _В	S _к	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

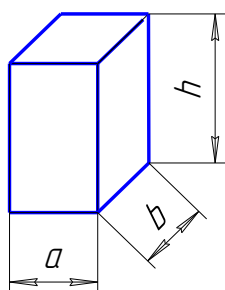


Рис. 4

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, 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 σ_{B1} и σ_{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 σ_B , МПа (σ_{12})
	a , мм	b , мм	h , мм	A , 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.).

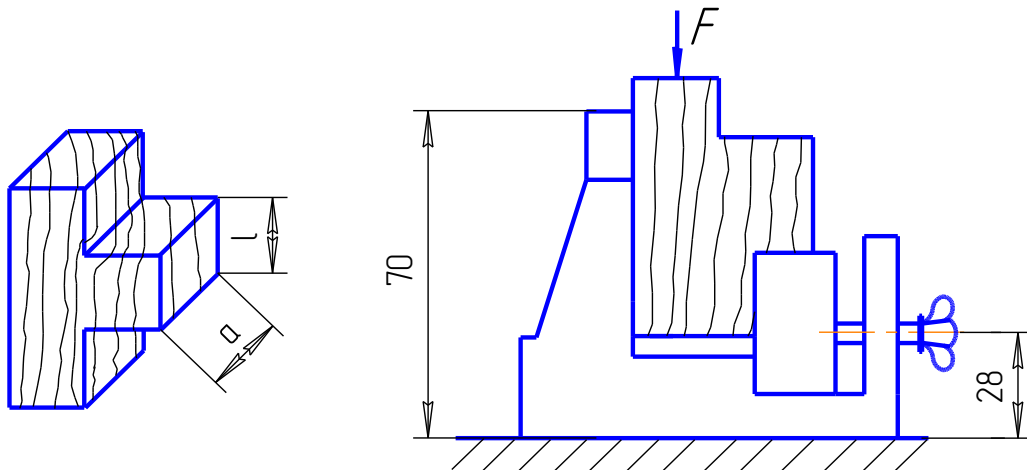


Рис. 5

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 τ_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).

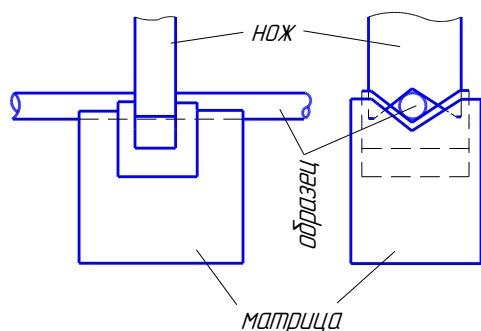


Рис. 6

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 $F_B = \quad \text{Н.}$

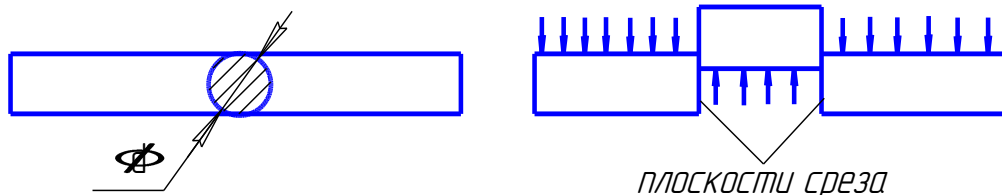


Рис. 7

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

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

где A , м^2 – площадь одного поперечного сечения образца.

3. Подсчитываем временное сопротивление τ_B , 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 $A_{\text{ср}}$, м^2	Разрушающая нагрузка F_B , кН	Временное сопротивление при срезе τ_B , МПа
	диаметр d , мм	площадь A , 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

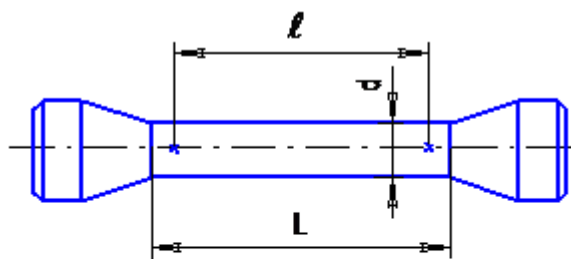


Рис. 8



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 ℓ 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^3

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

4. Временное сопротивление кручению τ_B , МПа

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

5. Удельный угол закручивания Θ , радиан на 1 пог. м

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

6. Полученные результаты вносим в табл. 4.

Таблица 4

Протокол механических испытаний.

Материал образца	Размеры образ- ца			Максимальный крутящий момент, кНм	Временное со- противление кручению, МПа	Угол закручивания (остаточный)	
	d, мм	ℓ , мм	W_P , см ²			полный	удельный
				M_B	τ_B	φ_B , радиан	θ_B , радиан на 1 пог. м.

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.

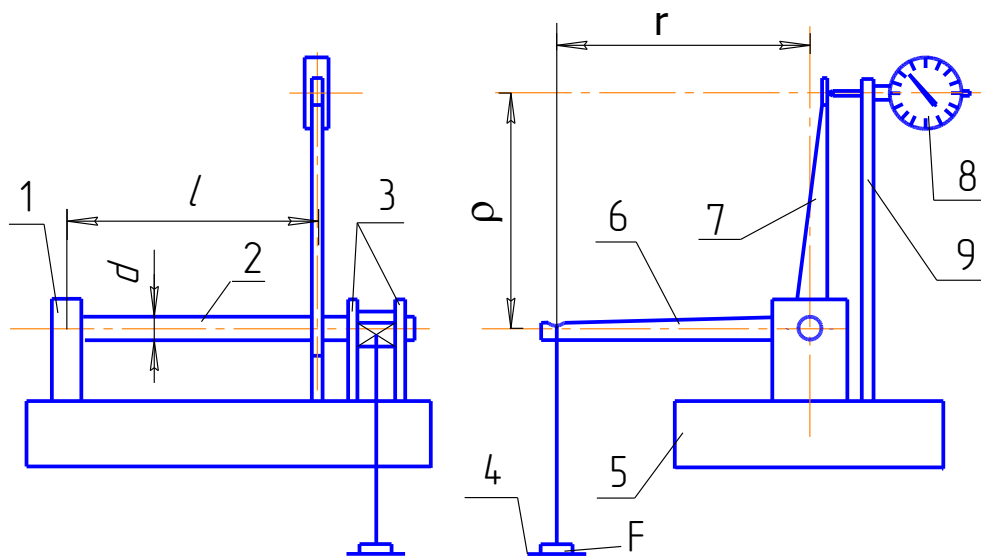


Рис. 13

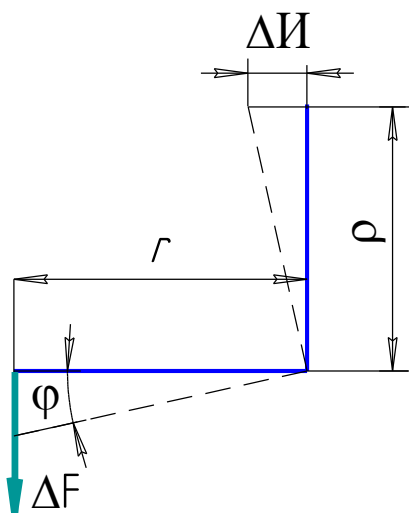


Рис. 14

1. Измеряем:

диаметр вала $d =$ см.,

длину вала $l =$ см,

длину плеча толкателя $\rho =$ см,

длину плеча грузового рычага $r =$ см.

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 ϕ . Стрелка индикатора показывает величину горизонтального перемещения пятки толкателя. Результаты испытаний заносим в табл. 6.

Протокол механических испытаний

№ п/п	Вес груза, Н	Крутящий момент М _к , Нм	Разность смежных значе- ний ΔМ _к , Нм	Количество делений по индикатору И	Разность смеж- ных отсчетов по индикатору ΔИ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Среднеарифметическое значение $\Delta M_{\text{ксп}} = \frac{\sum \Delta M_{\text{ки}}}{6} =$				Среднеарифметическое значение $\Delta I_{\text{сп}} = \frac{\sum \Delta I_i}{6} =$	

3. Далее подсчитываем:

угол закручивания вала φ, рад (рис. 14)

$$\varphi = \frac{0.01 \cdot \Delta I_{\text{сп}}}{\rho \cdot 10} =$$

полярный момент инерции поперечного сечения вала J_p, м⁴

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

модуль сдвига G, Па:

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