Энгельсский технологический институт

имени
ГАГАРИНА Ю.А.

Д.А. Тихонов, А. А. Гильман

ЖУРНАЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

к лабораторным работам по «Сопротивлению материалов»
для студентов направлений

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

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2025 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

<u>Цель работы:</u> 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 $\sigma_Т$, истинного сопротивления разрыву $S_К$, временного сопротивления материала $\sigma_В$, относительного удлинения δ и относительного сужения после разрыва Ψ.

Порядок выполнения лабораторной работы и обработка результатов опыта

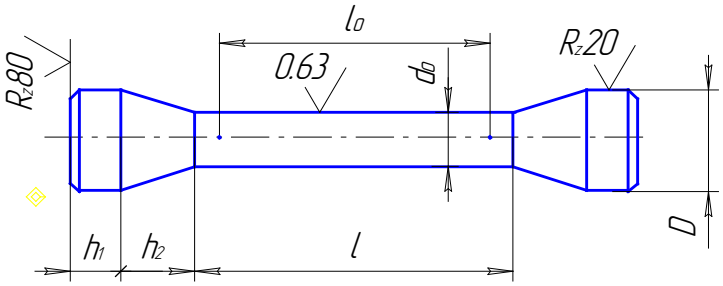

Рис. 1

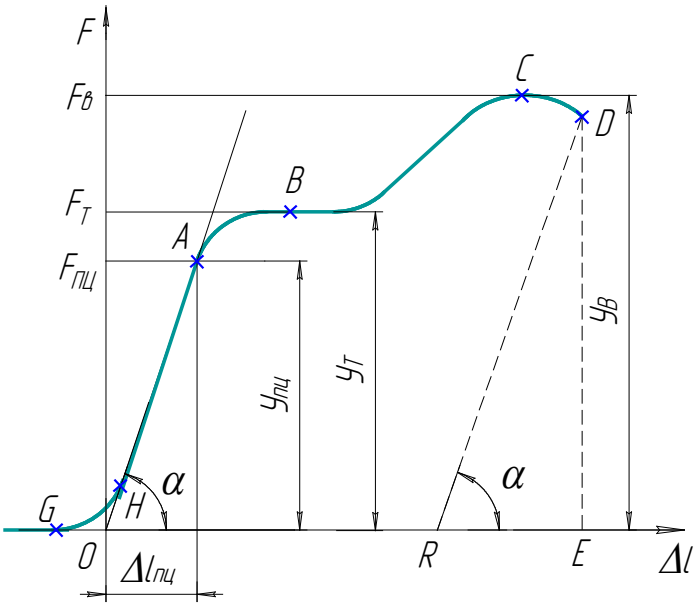

Рис. 2

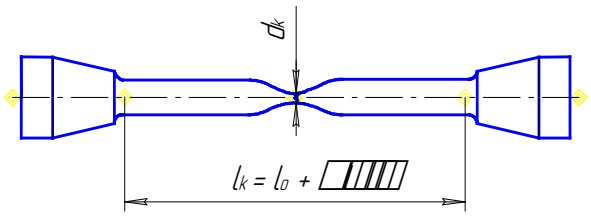

Рис. 3.

Вид испытываемого образеца (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 = мм

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

ℓ_0 = мм.

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

$F_В$ = Н.

3. По диаграмме растяжения (рис. 2) замеряем размеры $У_{ПЦ}$, $У_Т$, $У_В$ с точностью до 1 мм на диаграмме, полученной при испытании образца

$У_{ПЦ}$ = мм; $У_Т$ = мм;

$У_В$ = мм.

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

$\ell_K =$ мм; $d_K =$ мм.

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

$$m_2 = \frac{F_B}{У_B} =$$

6. Находим значения нагрузок $F_{ПЦ}$ и $F_Т$, Н:

$$F_{ПЦ} = m_2 \cdot У_{ПЦ} =$$

$$F_Т = m_2 \cdot У_Т =$$

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

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

$$A_К = \frac{\pi d_К^2}{4} \cdot 10^{-6} =$$

8. Вычисляем:

предел пропорциональности $\sigma_{ПЦ}$, Па

$$\sigma_{ПЦ} = \frac{F_{ПЦ}}{A_0} =$$

предел текучести $\sigma_Т$, Па

$$\sigma_Т = \frac{F_Т}{A_0} =$$

временное сопротивление $\sigma_В$, Па

$$\sigma_В = \frac{F_В}{A_0} =$$

истинное сопротивление разрыву $S_К$, Па

$$S_к = \frac{F_в}{A_к} =$$

относительное удлинение образца δ, %

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

относительное сужение образца после разрыва ψ, %

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

Данные и результаты лабораторной работы сводим в табл. 1.

Вычисление $\sigma_{ПЦ}$, $\sigma_Т$, $\sigma_В$ 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	$\ell_К$, мм	$F_{ПЦ}$	$F_Т$	$F_В$	$\sigma_{ПЦ}$	$\sigma_Т$	$\sigma_В$	$S_К$	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

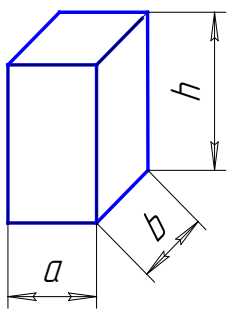

Рис. 4

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

$A_1 = a_1 \cdot в_1 \cdot 10^{-6} =$ $A_2 = a_2 \cdot в_2 \cdot 10^{-6} =$

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

$$\sigma_{B1} = \frac{F_{B1}}{a_1 \cdot b_1} = \qquad \sigma_{B2} = \frac{F_{B2}}{a_2 \cdot b_2} =$$

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

<u>Цель работы:</u> 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.).

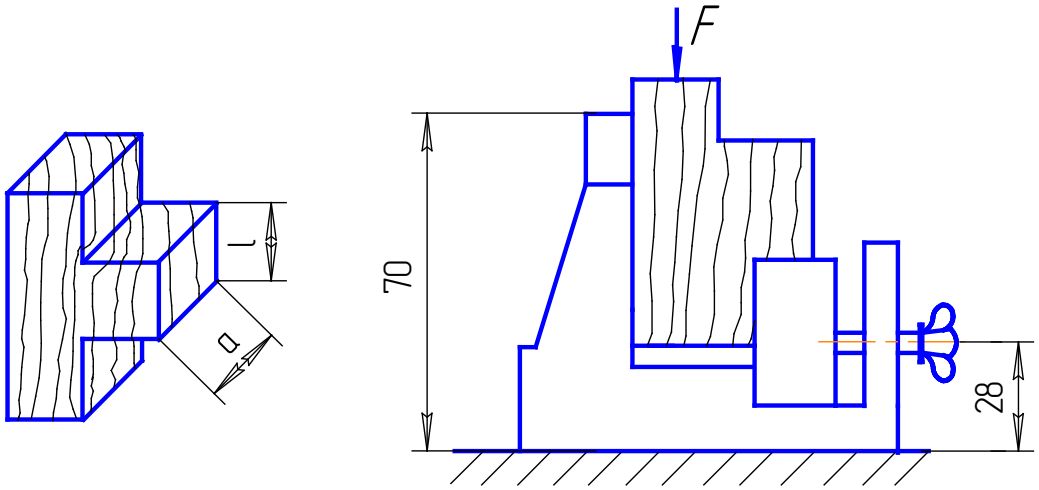

Рис. 5

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

а = 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

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ИСПЫТАНИЕ СТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НА СРЕЗ

<u>Цель работы:</u> 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).

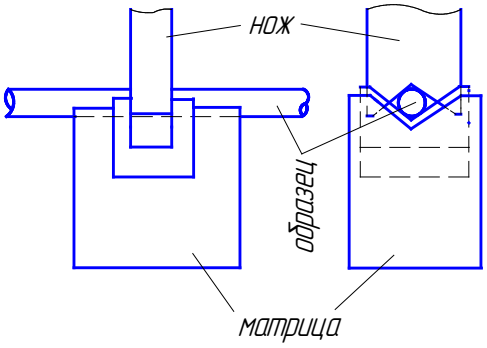

Рис. 6

1. Измеряем диаметр стальной проволоки

d = 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 = Н.

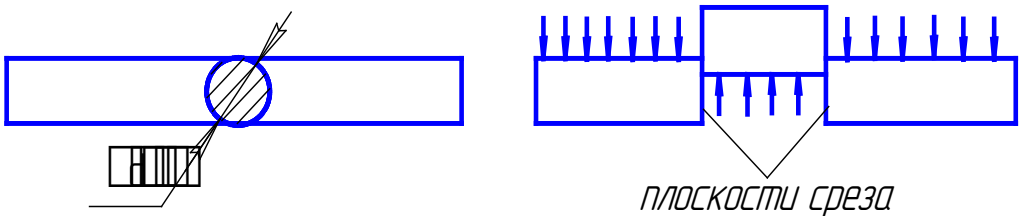

Рис. 7

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

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

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

3. Подсчитываем временное сопротивление τ_B, МПа, при срезе

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

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

Таблица 3

Протокол механических испытаний.

Материал образца	Размеры образца		Площадь среза $A_{ср}$, 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

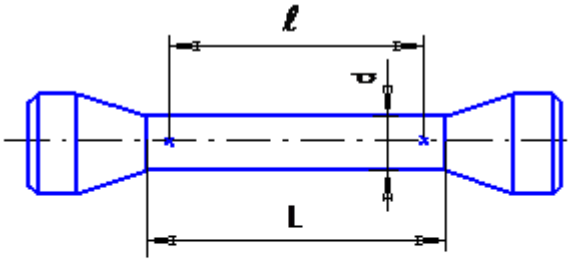

Рис. 8

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 = мм; ℓ = 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 = Н/м; φ = 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 образца			Максимальный крутящий момент, кНм	Временное сопротивление кручению, МПа	Угол закручивания (остаточный)	
						полный	удельный
	d, мм	ℓ, мм	W_P, $см^2$	M_B	τ_B	φ_B, радиан	θ_B, радиан на 1 пог. м.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СТАЛИ G ПРИ СДВИГЕ

<u>Цель работы:</u> 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.

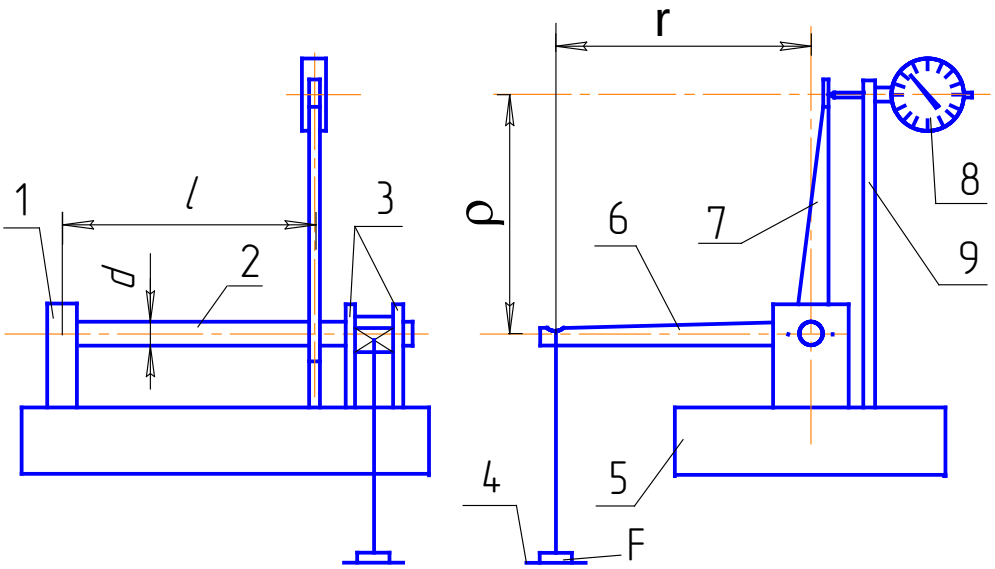

Рис. 13

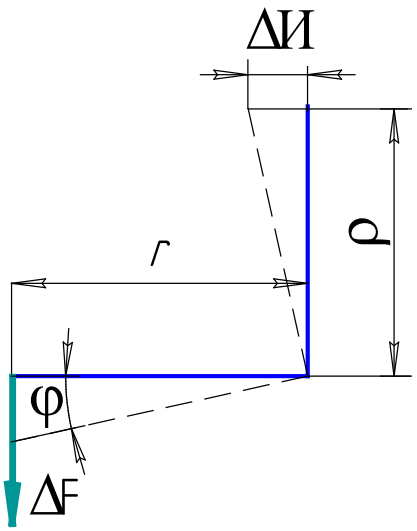

Рис. 14

1. Измеряем:

диаметр вала d = см.,

длину вала ℓ = см,

длину плеча толкателя ρ = 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.

Таблица 5

Протокол механических испытаний

№ п/п	Вес груза, Н	Крутящий момент M_K , нм	Разность смежных значений ΔM_K, Нм	Количество делений по индикатору И	Разность смежных отсчетов по индикатору ΔИ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
Среднеарифметическое значение $\Delta M_{KCP} = \frac{\sum \Delta M_{Ki}}{6} =$				Среднеарифметическое значение $\Delta И_{CP} = \frac{\sum \Delta И_i}{6} =$	

3. Далее подсчитываем:
угол закручивания вала φ, рад (рис. 14)

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

полярный момент инерции поперечного сечения вала J_P, м^4

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

модуль сдвига G, Па:

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