

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Сопротивление материалов»

**ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ  
С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Методические рекомендации  
по проведению учебно-исследовательской лабораторной работы

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2018

УДК 620.178.32 (076.5)

Составитель: В.И. Авилкин

**Испытание металлических образцов на растяжение с компьютерной обработкой результатов:** методические рекомендации по проведению учебно-исследовательской лабораторной работы. – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 16 с.

Методические рекомендации ставят своей задачей ознакомление студентов, изучающих общий курс дисциплин сопротивление материалов, техническая механика, архитектурно-строительная механика, теоретическая и прикладная механика, строительная механика, с вопросами экспериментального определения основных механических характеристик прочности и пластичности материала.

В методических рекомендациях изложены основные теоретические положения, необходимые для проведения лабораторной работы, дано описание испытательной установки, образца и эксперимента, изложен порядок проведения и обработки результатов испытаний.

Методические рекомендации предназначены для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной) технических направлений подготовки (специальностей), в частности, для студентов, обучающихся по направлениям 08.03.01 – Строительство; 07.03.02 – РР; 07.03.01 – Архитектура; 07.03.04 – ГР; 23.03.03 – АС; 29.03.04 – ТХОМ и специальностям 08.05.01 – СУЗ; 27.05.01 – ПГ; 23.05.01 – ПТО.

УДК 620.178.32(076.5)

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент С.В. Литвинов  
Ответственный за выпуск профессор кафедры «Сопротивление материалов»  
канд. техн. наук, доцент В.Д. Еремин

---

В печать 08.06 2018 г.  
Формат 60×84/16. Объем 1,0 усл.п.л.  
Тираж 50 экз. Заказ № 202

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

.....

© Донской государственный  
технический университет, 2018

# ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ РЕЗУЛЬТАТОВ

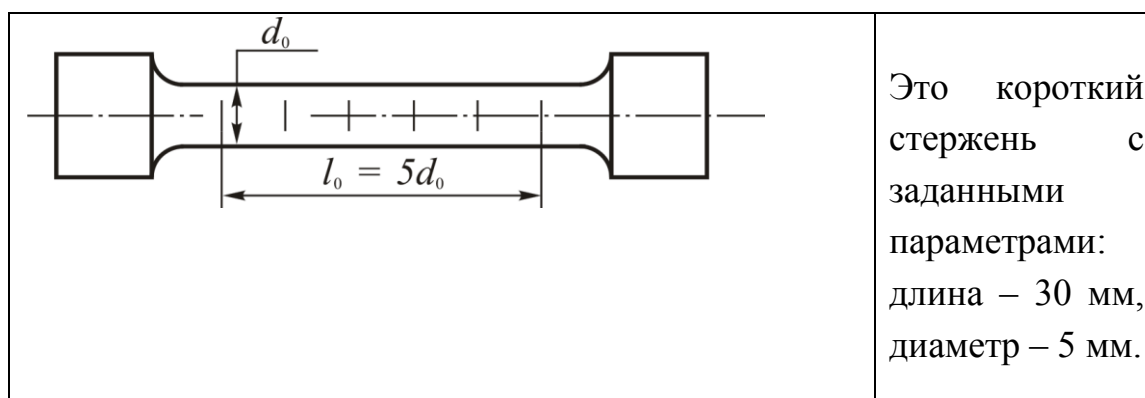
## 1. Цель работы

Ознакомление студентов, изучающих общий курс сопротивления материалов, с вопросами экспериментального определения основных механических характеристик прочности и пластичности материала.

Настоящая учебно-исследовательская лабораторная работа ставит своей задачей:

1. Построить и изучить диаграммы зависимости между внешней силой и деформацией стержня при растяжении (диаграммы растяжения).
2. Изучить вопросы экспериментального определения основных механических характеристик прочности и пластичности материала испытуемого образца.

## 2. Образец для испытания на растяжение



## 3. Основные теоретические положения

### 3.1. Диаграмма растяжения

Испытание на растяжение – одно из наиболее известных испытаний материала. Его используют для определения основных механических характеристик.

В качестве материала, для образца, используют чаще всего малоуглеродистую сталь, но возможны испытания и других материалов:

Основной задачей испытания на растяжение является построение диаграммы растяжения, представляющей собой зависимость между силой и удлинением образца (рис. 1)

$$F = f(\Delta l).$$

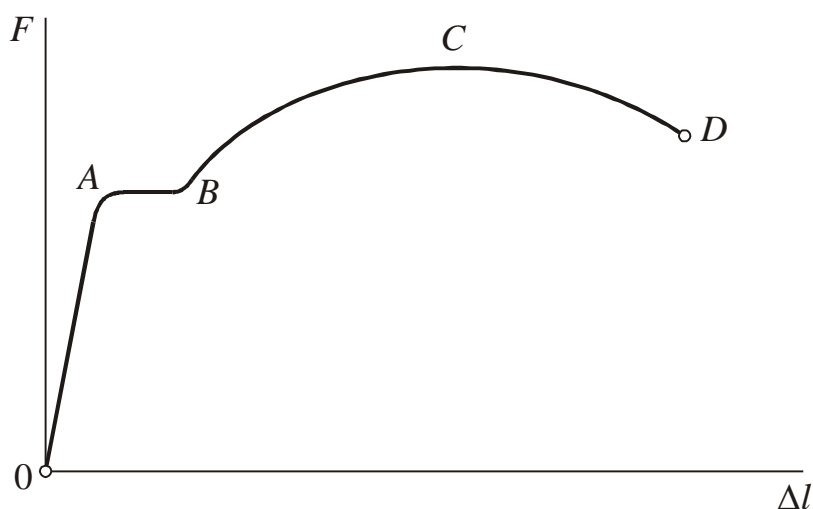


Рис. 1

График данной кривой, построенной для образца из малоуглеродистой стали, условно может быть разделен на четыре зоны:

Зона **OA** называется *зоной упругости*. Эта зона имеет вид наклонной прямой, поскольку материал подчиняется закону Гука, то есть

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}.$$

Зона **AB** называется *зоной общей текучести*, а участок **AB** диаграммы – *площадкой текучести*. Здесь происходит существенное удлинение образца без заметного увеличения нагрузки. Наличие площадки текучести для большинства материалов не является характерным. Например, для высококачественных легированных сталей данный участок попросту отсутствует.

Зона **BC** называется *зоной упрочнения*. Здесь удлинение образца сопровождается увеличением нагрузки, но неизмеримо более медленным, чем на упругом участке. В стадии упрочнения на образце намечается место будущего разрыва, так называемая шейка (рис. 2).

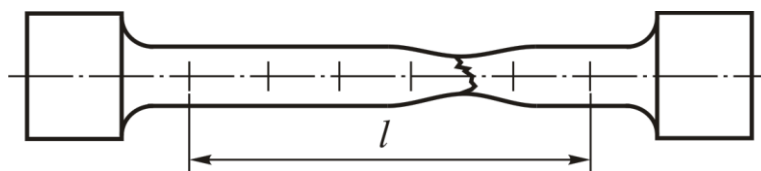


Рис. 2

В конце участка упрочнения (точка **C** диаграммы) растягивающая сила **F** принимает максимальное значение.

Зона **CD** называется *зоной местной текучести*. Здесь при дальнейшем удлинении образца, которое происходит уже в ограниченной области, сила **F**

уменьшается. Наконец, точка **D** диаграммы соответствует разрушению образца.

У многих материалов разрушение происходит без заметного образования шейки (рис. 3).

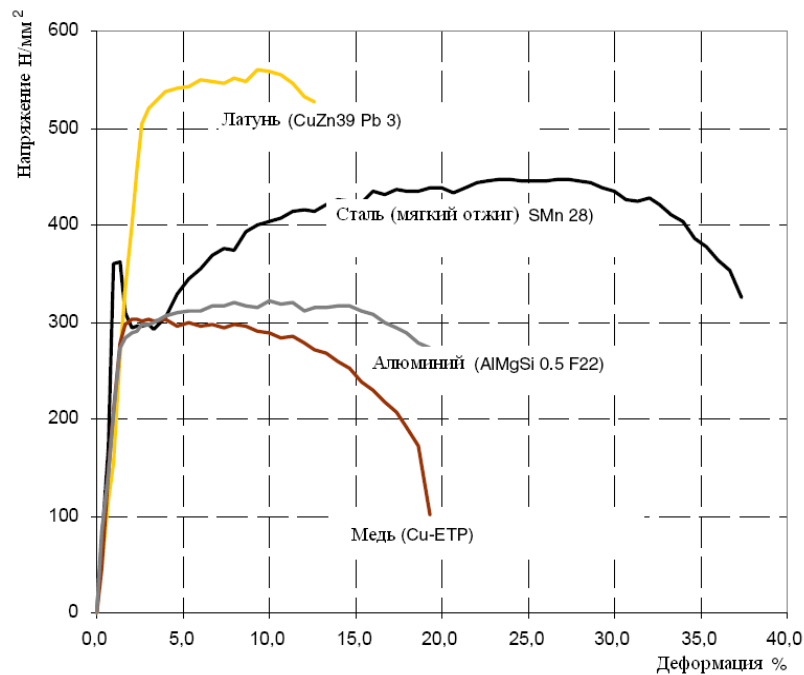


Рис. 3

### 3.2. Упрочнение материала

Если стальной образец нагрузить до некоторой точки **K** зоны упрочнения диаграммы, а затем разгрузить (прямая **KL**), то такой образец при повторном нагружении будет вести себя особым образом (рис. 4).

Прежде всего, при снятии нагрузки, удлинение образца уменьшится, но не исчезнет полностью. Общее удлинение образца представляется отрезком

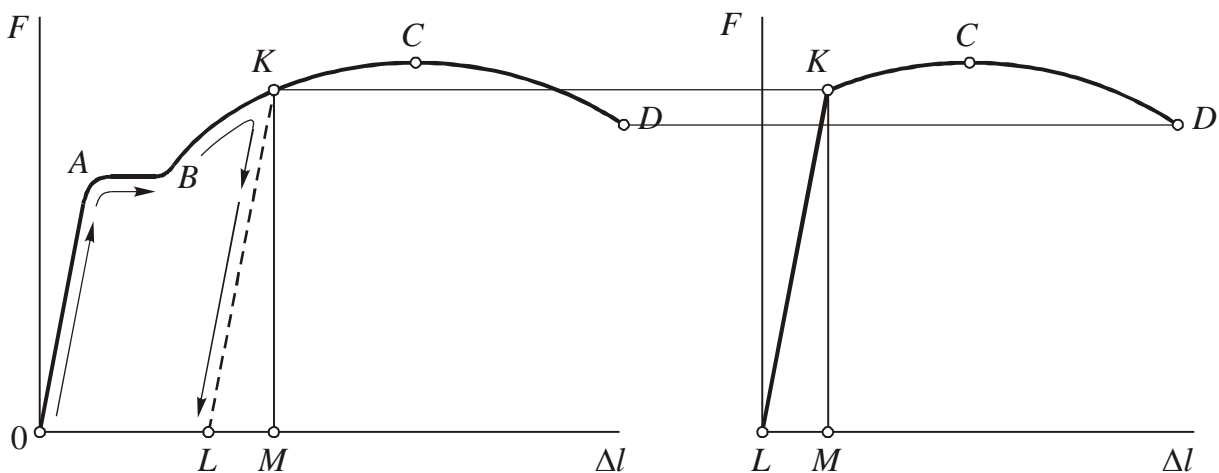


Рис. 4

$OM = OL + LM$ , где  $OL$  представляет собой остаточное, или пластическое удлинение;  $LM$  – упругое удлинение, которое исчезает после снятия нагрузки.

На диаграмме повторного нагружения упругая зона будет полностью соответствовать прямой  $KL$ . Далее диаграмма пойдет по кривой  $KCD$ . Поскольку точка  $K$  существенно выше точки  $A$ , можно сделать вывод о том, что материал *вытянулся и упрочнился*.

*В результате предварительной вытяжки материал приобретает способность воспринимать, без остаточных деформаций, бóльшие нагрузки.*

Явление повышения упругих свойств материала, в результате предварительного пластического деформирования, носит название *наклепа*, или *нагартовки* и широко используется в технике. В некоторых случаях, например, при штамповке деталей, материал должен быть максимально пластическим и наклеп нежелателен. Для снятия наклепа материал подвергают *отжигу* (нагрев с медленным охлаждением).

### 3.3. Механические характеристики материала

Хотя диаграмма растяжения  $F = f(\Delta l)$  и характеризует конкретный образец, но значения ее особых точек не носят абсолютного характера, поскольку зависят от площади сечения и длины образца. Чтобы опыты над образцами различных размеров давали сопоставимые результаты, эти размеры желательно исключить из рассмотрения. Последнее легко сделать, если перейти от зависимости  $F = f(\Delta l)$  к  $\sigma = \overset{f}{f}(\varepsilon)$ , то есть к зависимости напряжений от относительных удлинений в сечениях образца.

С этой целью разделим растягивающую силу на начальную площадь сечения, а абсолютное удлинение на первоначальную рабочую длину образца.

Ясно, что это приведет к изменению масштаба диаграммы, но не к изменению ее формы в целом. Отметим на новой диаграмме особые точки.

Значения напряжений в этих точках уже не будут зависеть от размеров образца, а потому их можно считать характеристиками самого материала (рис. 5).

Наиболее важными характеристиками являются:

$\sigma_{\text{п}}$  – *предел пропорциональности. Это наибольшее напряжение, до достижения которого материал следует закону Гука.*

$\sigma_{\text{у}}$  – *предел упругости. Это наибольшее напряжение, до достижения которого материал не получает остаточных деформаций.* Как предел пропорциональности, так и предел упругости трудно поддаются определению,

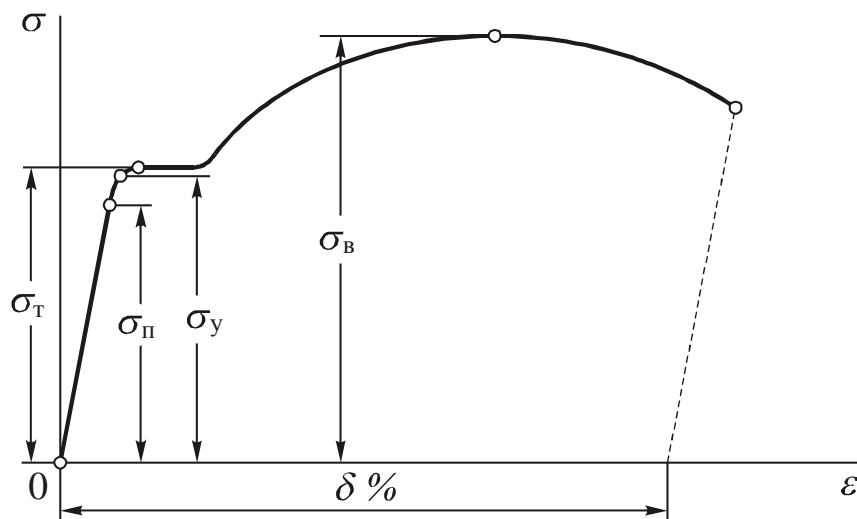


Рис. 5

поскольку закон Гука линейен лишь в какой-то степени приближения, да и абсолютно упругих материалов не бывает в природе.

$\sigma_T$  – *предел текучести*. Это напряжение, при котором происходит рост деформации без заметного увеличения нагрузки. Предел текучести сравнительно легко определяется, поэтому является более достоверной характеристикой по сравнению с двумя предыдущими.

$\sigma_B$  – *предел прочности* (временное сопротивление). Отношение максимальной силы, которую способен выдержать образец, к его начальной площади поперечного сечения называют *пределом прочности*. Следует отметить, что реальное напряжение, при котором образец разрушается, всегда выше предела прочности, так как площадь поперечного сечения при растяжении уменьшается. Особенно эта нестыковка заметна для пластических материалов, образцы из которых сильно сужаются в шейке.

Еще одной важной характеристикой является *удлинение при разрыве*, которое представляет собой величину *средней остаточной деформации*, которая образуется к моменту разрыва на определенной стандартной длине образца

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

Так же, к характеристике пластичности относится *относительное остаточное сужение* после разрыва

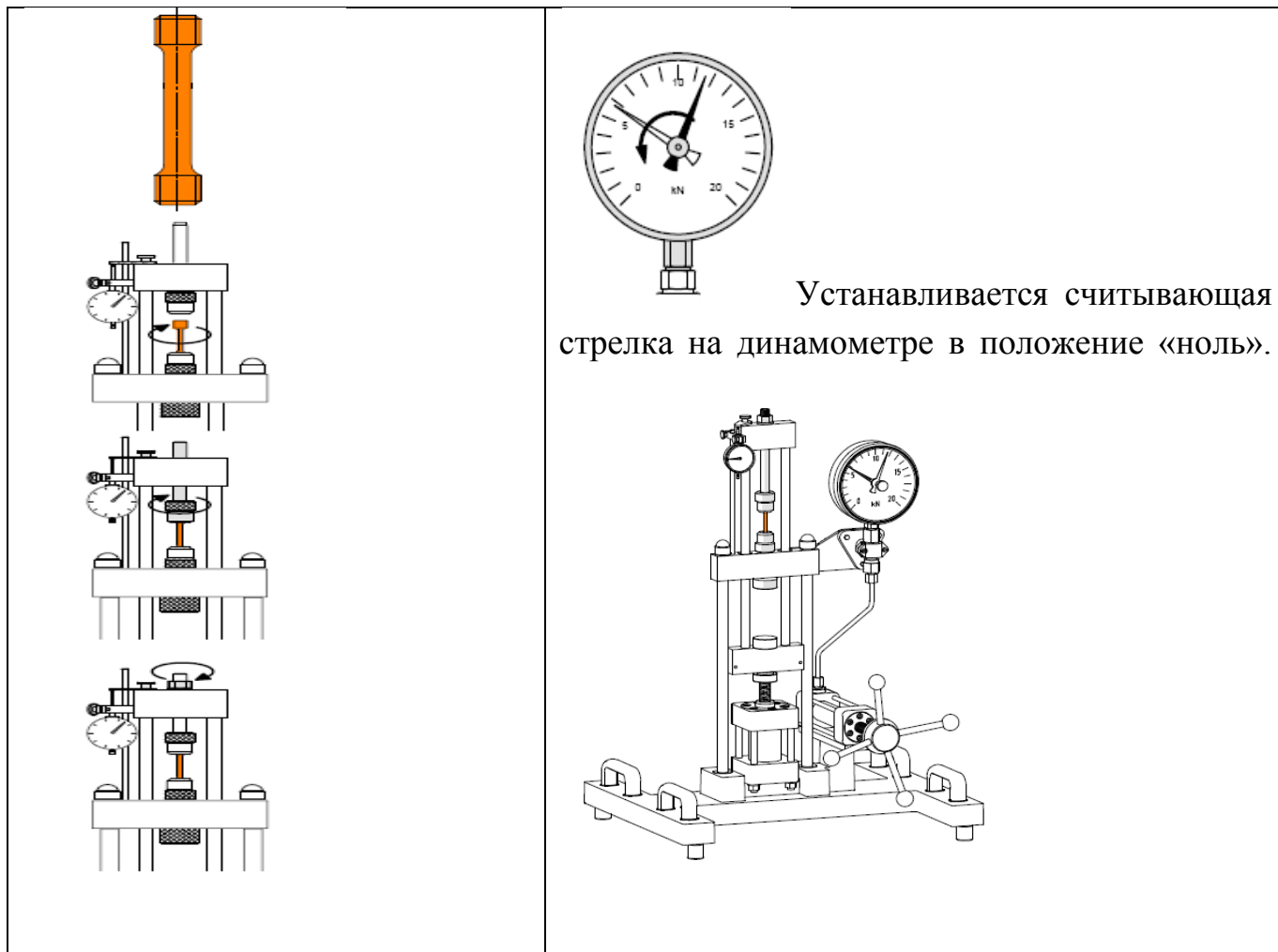
$$\psi = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100\% .$$

#### 4. Подготовка эксперимента


Для проведения эксперимента используются круглые образцы с резьбой М10, изготовленные из алюминия, меди, латуни или стали.

**Образец для растяжения** – это пропорциональный цилиндрический стержень, длина рабочей части – 30мм, диаметр – 5 мм.

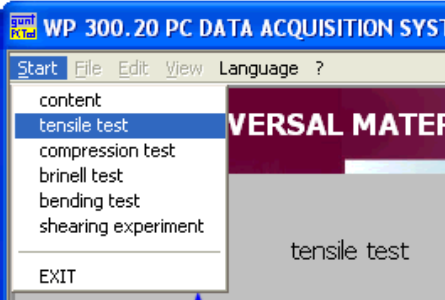
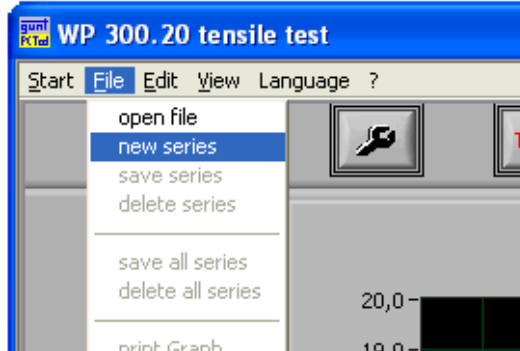
- Образец вкручивается в нижний захват, вручную, до упора.
- Верхний захват накручивается до упора на образец.
- Плотно закручивается гайка верхнего захвата.




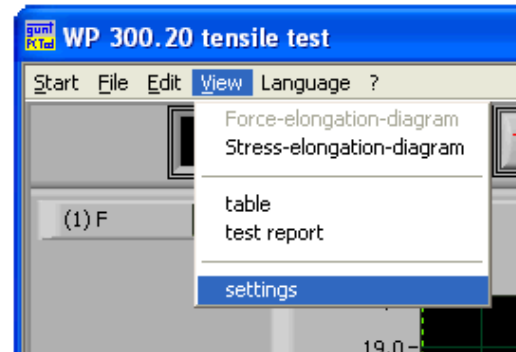
## 5. Проведение опыта

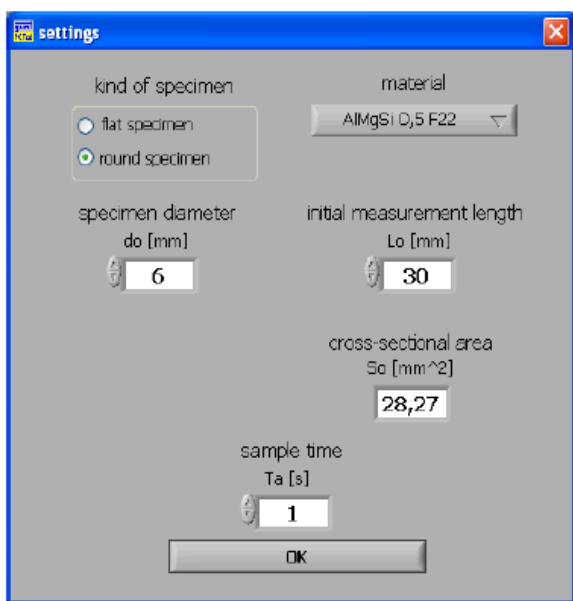
	<p>Запустите программу WP 300.20 Системы сбора и обработки данных</p>
---	---



	<p>- Запустите программное приложение для сбора данных измерений для испытания на растяжение через меню Старт (Start) - Испытания на растяжение (tensile test).</p>
	<p>Создайте новый проект для нового эксперимента через меню Файл (File) - Новая серия (new series).</p>

	<p>В диалоговом окне, которое откроется, введите название эксперимента в поле Имя (name). Вы можете выбрать любое имя. Например: Испытание на растяжение</p> <p>Вы можете также добавить примечания в поле Примечание (comment), где записываются особенности этого эксперимента. Далее, нажмите ОК.</p>
---	--

	<p>В меню Вид (View) – нажимаем строку Настройки (setting) и открываем диалоговое окно, в котором указывается информация об образце и частота проведения измерений.</p>
---	---



Здесь должно быть отмечено: round specimen – круглый образец выбран материал (material) – после нажатия на кнопку (из предложенных, в открывающемся окне). Если материал не указан среди перечисленных, вы можете сами добавить новый вид материала с помощью опции – Определить (Define). Исправьте значения диаметра и длины.

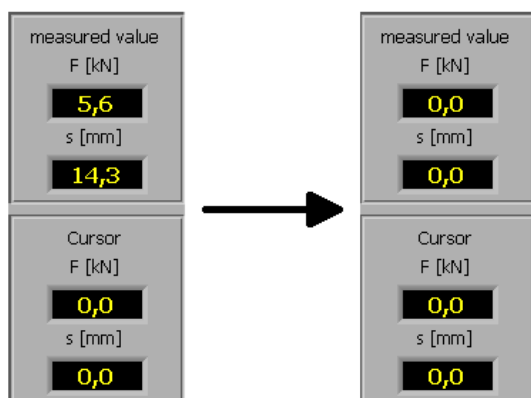
Диаметр  $d_0$ , мм - 5 (specimen diameter)

Начальная длина  $l_0$ , мм – 30 (initial measurement length)

Площадь поперечного сечения ( $A_0$ )  $S_0$ , мм<sup>2</sup> определится автоматически.

В поле Время  $T_a$  (sample time) введите время между двумя измерениями в сек – 1 (здесь рекомендуется увеличить время между измерениями).

Далее, нажмите ОК.



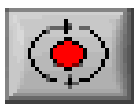
Проект готов. Датчик значения должен быть откалиброван.

- Слегка натяните образец в захватах (до 0,5 кН), чтобы минимизировать влияние потерь.

Нажав, далее, кнопку



Обнулите значения всех табло.

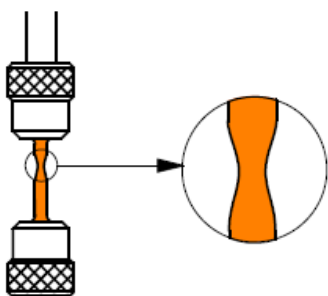


Нажмите на кнопку «старт» в программе для начала эксперимента.

*Образец надо растягивать медленно и равномерно, поворачивая маховик. Увеличение усилия должно происходить постепенно, в течение 5 - 10 мин.*

$F$ , кН	$d$ , мм

После прохождения предела текучести, следует замерять, с помощью штангенциркуля, текущий диаметр образца и записывать в таблицу.

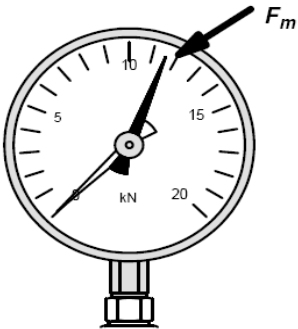
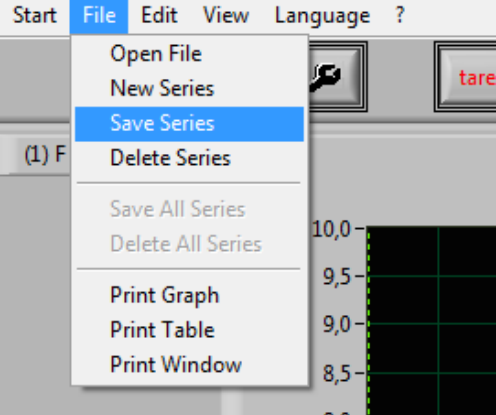
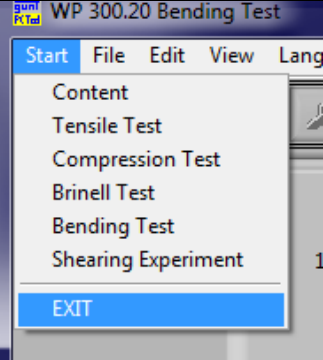


При появлении на образце «шейки», увеличение нагрузки следует замедлить и вычисление текущего диаметра проводить чаще.

Если есть необходимость остановить эксперимент, нажмите на кнопку «конец»:



Сохраните результаты измерений.

	<p>После разрыва образца, зафиксируйте максимальную величину нагрузки по показаниям динамометра и запишите.</p> <p>Сохраните результаты измерений.</p>
	<p>Для сохранения результатов эксперимента, через меню Файл (File) – сохранить серию (save series), задать имя файла и сохранить его на рабочем столе или в документах.</p>
	<p>После сохранения файла, выйти из программы через меню Старт (Start) – ВЫХОД (EXIT).</p>

После завершения испытаний следует извлечь образец из захватов разрывной машины, плотно приложить друг к другу по месту разрыва и измерить длину расчетной части образца после разрыва, а так же диаметр образца в месте разрыва.

Для обработки результатов испытания, студентам будет доступна диаграмма зависимости усилия от абсолютной деформации и таблица испытания.

Необходимо построить зависимость  $\sigma - \delta, \%$ , а так же часть кривой истинной диаграммы напряжений, на основе вычисленных значений диаметра в процессе нагружения.

Значения предела текучести и предела прочности записываются отдельно.

Для просмотра результатов эксперимента, необходимо войти через меню

Старт (Start) – Испытания на растяжение (tensile test). Потом через меню Файл (File) – Открыть файл (Open File), попадаем в библиотеку файлов и открываем нужный.

## **6. Основные правила техники безопасности**



### **ВНИМАНИЕ!**

Силовая рама испытательной машины может представлять опасность, поскольку при разрушении образца происходит неконтролируемое резкое движение.

Держитесь на достаточном расстоянии от нагруженных частей установки!!!  
(верхняя перекладина, траверсы и нижняя перекладина).

Никогда не создавайте нагрузку более 20 кН. Устройство не предназначено для больших нагрузок. Любое усилие свыше 20кН приведет к серьезным повреждениям гидравлических и механических устройств.

Устройство генерирует достаточно большие нагрузки, поэтому всегда проверяйте правильность крепления и положения образцов перед началом эксперимента.

## **7. Контрольные вопросы**

1. Назовите основные характеристики прочности материала.
  2. Что называется пределом пропорциональности, пределом текучести, пределом прочности.
  3. Назовите характеристики пластичности материала.
  4. Как строится диаграмма зависимости напряжений от деформаций.
  5. Чем отличается истинная диаграмма напряжений от условной.
  6. Показать и назвать характерные точки диаграммы зависимости напряжений от деформаций.
  7. Как изменяются свойства пластичного материала, если он подвергается предварительной вытяжке за предел текучести с последующей
- Приложение 1

/Образец/

## ОТЧЕТ

по лабораторной работе № \_\_\_\_\_

### «Испытание металлических образцов на растяжение с компьютерной обработкой результатов»

Дата проведения работы \_\_\_\_\_

Наименование машины \_\_\_\_\_

Эскиз испытываемого образца

#### Журнал испытаний

##### 1. Характеристика испытываемого образца:

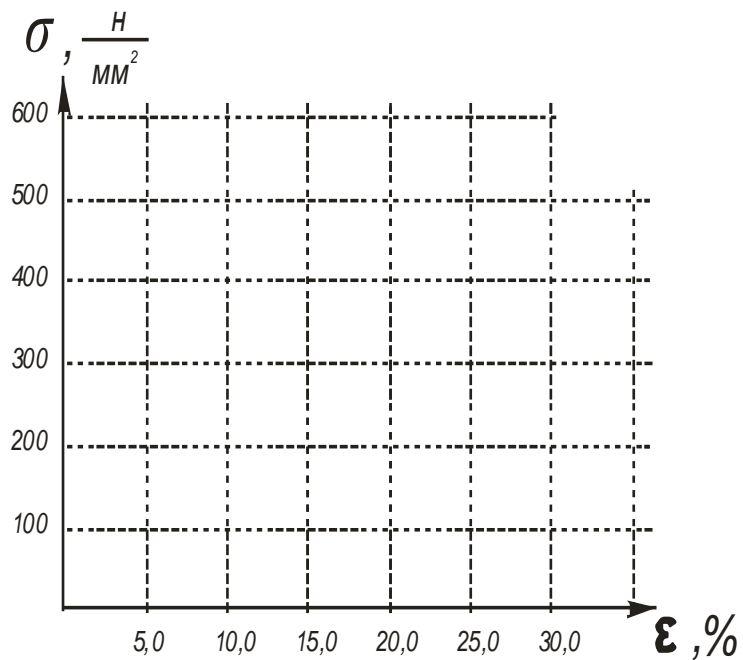
- Материал \_\_\_\_\_
- Диаметр \_\_\_\_\_
- Длина \_\_\_\_\_
- Площадь поперечного сечения \_\_\_\_\_

##### 2. Обработка данных испытаний

- Усилие, соответствующее пределу пропорциональности \_\_\_\_\_
- Предел пропорциональности \_\_\_\_\_
- Усилие, соответствующее пределу текучести \_\_\_\_\_
- Предел текучести \_\_\_\_\_
- Усилие, соответствующее пределу прочности \_\_\_\_\_
- Предел прочности \_\_\_\_\_
- Усилие, в момент разрыва: \_\_\_\_\_
- Напряжение при разрыве, условное \_\_\_\_\_
- Напряжение при разрыве, истинное \_\_\_\_\_
- Диаметр образца после разрыва \_\_\_\_\_
- Относительное остаточное сужение после разрыва \_\_\_\_\_
- Длина образца после разрыва \_\_\_\_\_
- Относительное остаточное удлинение после разрыва \_\_\_\_\_
- Таблица значений, после прохождения предела текучести:

$F, \text{ кН}$	$d, \text{ мм}$

– Диаграмма  $\sigma - \delta, \%$ ,



На диаграмме  $\sigma - \delta, \%$  необходимо показать часть кривой истинной диаграммы напряжений на основе вычисленных значений диаметра в процессе нагружения.

*/Образец оформления  
титального листа лабораторной работы/*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Сопротивление материалов»**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
по сопротивлению материалов  
на тему  
«Испытание металлических образцов на растяжение  
с компьютерной обработкой результатов»**

**Выполнил студент группы \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Принял \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Ростов-на-Дону  
2018 год**