

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Волгоградский государственный технический университет**

**ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ
МЯГКОЙ И ЖЕСТКОЙ СТАЛИ
С ПОСТРОЕНИЕМ
ДИАГРАММ РАСТЯЖЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Сост. В. И. Клименко

Волгоград. ВолгГТУ. 2018

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный
технический университет», 2018

Испытание на растяжение мягкой и жесткой стали с построением диаграмм растяжения [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе / сост. В. И. Клименко ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Волгогр. гос. технич. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (0,22 Мбайт). — Волгоград : ВолгГТУ, 2018. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: РС 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. Официальный сайт Волгоградского государственного технического университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Приведено описание кинематической схемы испытательной машины и механическим приводом, применяющейся для определения механических характеристик металлов, методика проведения эксперимента и вычисления основных характеристик прочности и пластичности.

Для студентов 2-го и 3-го курса дневной и заочной форм обучения всех специальностей.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Опытное изучение поведения образца из стали в процессе растяжения. Определение характеристик прочности и пластичности.

2. ОБОРУДОВАНИЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, ИСПЫТУЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ

Ниже на рис.2 приведена схема испытательной машины Р-5, создающей наибольшее усилие 5000кгс (50кН) и наименование основных ее частей.

3. ДИАГРАММА РАСТЯЖЕНИЯ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали показана на рис. 1. Эта диаграмма называется также машинной диаграммой. На машинной диаграмме можно отметить ряд характерных точек, с ординатами соответствующих нагрузок, по значениям которых определяются характеристики прочности.

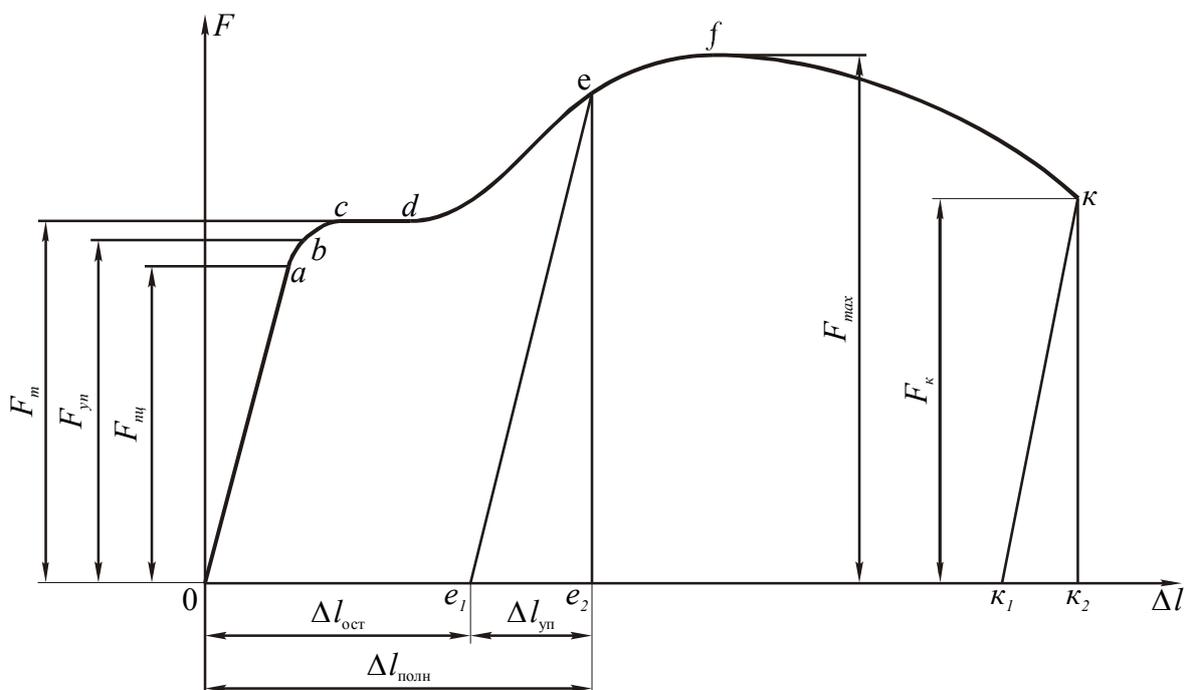


Рис. 1.

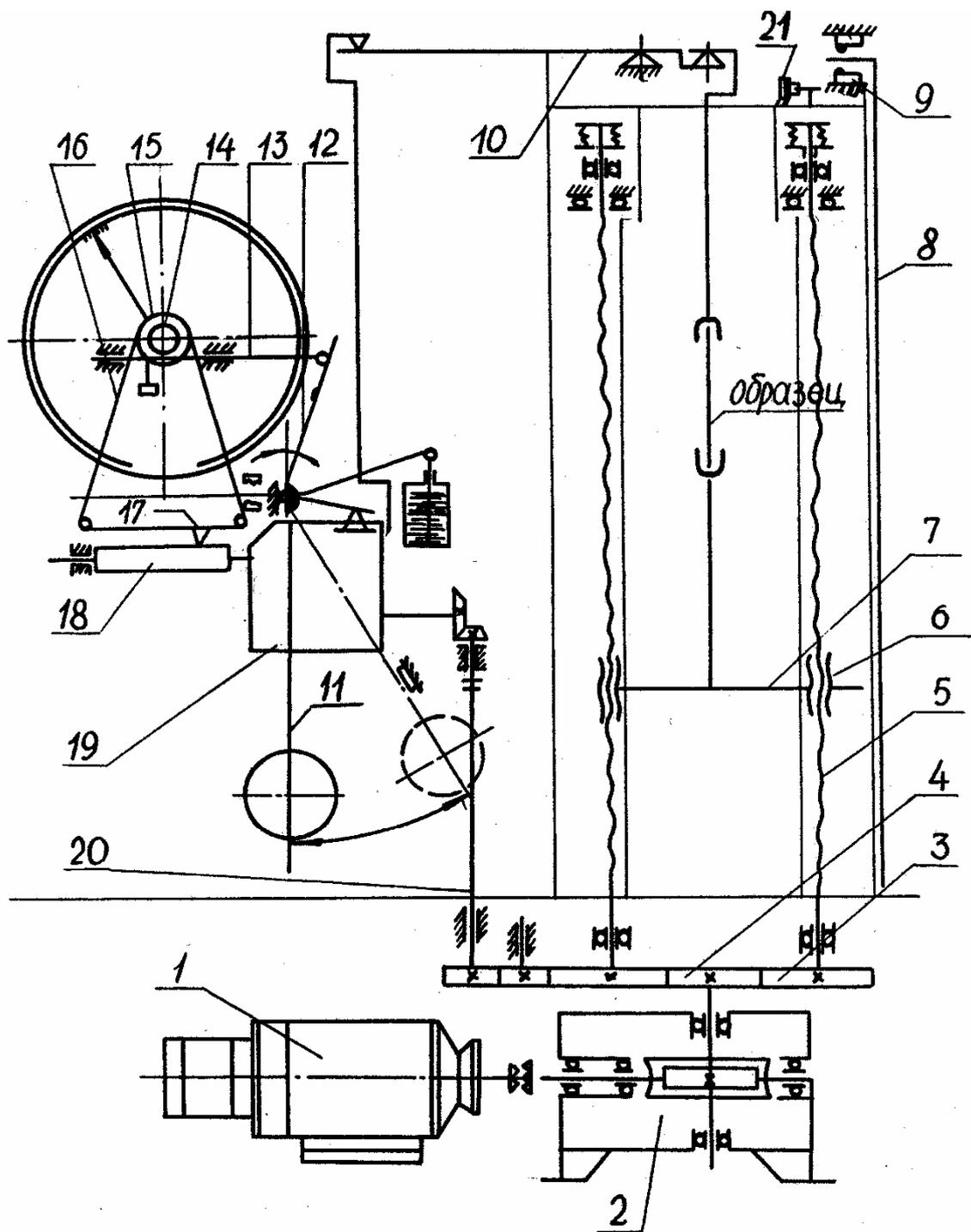


Рис. 2. 1 — двигатель; 2 — редуктор; 3, 4 — шестерни; 5 — винт; 6 — гайки; 7 — подвижная траверса; 8 — шток; 9 — микровыключатели; 10 — рычаг силоизмерителя; 11 — маятник; 12 — поводок; 13 — зубчатая рейка; 14 — шестерня; 15 — шкив; 16 — гибкий тросик; 17 — перо самопишущего прибора; 18 — барабан лентопротяжного механизма; 19 — масштабный преобразователь; 20 — шарнирный валик

$$\sigma_{nc} = \frac{F_{nc}}{A_0} \text{ — предел пропорциональности;}$$

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} \text{ — предел упругости;}$$

$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0}$ — физический предел текучести;

$\sigma_{\varphi} = \frac{F_{\max}}{A_0}$ — временное сопротивление или предел прочности при рас-

тяжении;

A_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца.

На участке Oa наблюдается линейная зависимость между F и Δl (между напряжениями и деформациями), т. е. справедлив закон Гука. Пределом пропорциональности называется наибольшее напряжение, при котором справедлив закон Гука.

Выше точки a диаграмма искривляется, закон Гука нарушается, деформация начинает расти быстрее роста напряжений. На криволинейном участке диаграммы можно отметить точку b , соответствующую пределу упругости $\sigma_{уп}$. Пределом упругости называется максимальное напряжение, которое может выдержать материал, не обнаруживая признаков остаточной деформации при разгрузке.

На участке cd диаграмма имеет горизонтальный (или почти горизонтальный) участок, которому соответствует предел текучести σ_T . Участок cd диаграммы называется площадкой текучести. Физическим пределом текучести называется напряжение, при котором деформации растут без увеличения нагрузки. Необходимо отметить, что точки a , b , c диаграммы растяжения малоуглеродистой стали достаточно близко расположены между собой, поэтому в ряде случаев достаточно ограничиться определением σ_T . Начиная с точки d диаграммы, деформация происходит при дальнейшем увеличении нагрузки, происходит упрочнение металла. Упрочнение металла в результате прохождения пластической деформации называется наклепом.

Если в точке e диаграммы остановить процесс нагружения и разгрузить образец, то линия разгрузки пойдет по линии ee_1 , которая параллельна участку Oa диаграммы. При последующем нагружении пластическая деформация начнется при достижении точки e диаграммы, т. е. наблюдается значительное повышение предела текучести. Необходимо отметить, что при очень точных измерениях деформаций на линиях разгрузки — нагрузки можно отметить “отступление” от прямолинейной зависимости. При этом образуется небольшая петля вследствие необратимых потерь энергии деформации. Она носит название петли гистерезиса.

Отметим, что полная деформация $\Delta l_{полн}$ в точке e равняется сумме упругой и остаточной деформации:

$$\Delta l_{полн} = \Delta l_{уп} + \Delta l_{ост}.$$

В точке f диаграммы нагрузка принимает наибольшее значение F_{\max} , напряжение $\sigma_{в}$, соответствующее этой нагрузке, называется временным сопротивлением или пределом прочности. Двойственность определения связана с особенностями поведения пластичных и хрупких материалов при растяже-

нии. Для пластичных материалов, к которым в данном случае относится и малоуглеродистая сталь, при достижении F_{\max} разрушение не происходит и в этом случае подходит определение “временное сопротивление”. Для хрупких материалов разрушение имеет место на восходящей ветви диаграммы растяжения при достижении F_{\max} , поэтому в данном случае подходит определение “предел прочности”.

Временным сопротивлением (или пределом прочности) σ_B называется отношение наибольшей нагрузки, выдерживаемой образцом до разрушения к первоначальной площади его сечения.

До достижения точки f диаграммы деформация происходит равномерно, т. е. продольные и поперечные деформации образца равномерно распределяются по его расчетной длине. После достижения точки f диаграммы, начинает образовываться местное сужение — шейка. В точке k образец разрушается. Истинное сопротивление разрыву образца можно определить как отношение:

$$S_k = \frac{F_k}{A_k},$$

где F_k — нагрузка в момент разрушения образца, A_k — площадь поперечного сечения в шейке разрушенного образца.

При разрыве образца в наименьшем сечении в центре образца образуется поперечная трещина, а остальное сечение разрушается путем сдвига под углом 45° к оси стержня, так что на одной части разорванного образца образуется выступ, а на другой — кратер. Такая форма разрушения образцов из малоуглеродистой стали показывает, что разрушение связано со сдвигом по площадкам, наклоненным под углом 45° к оси стержня, где касательные напряжения будут наибольшими. Истинное сопротивление разрыву S_k имеет большее значение, чем σ_B .

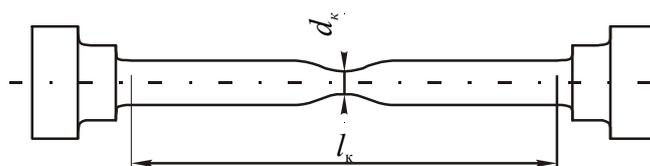


Рис. 3.

После деформации и разрушения образца (рис. 4) можно, составив две части, определить значение полного удлинения образца lk и диаметр в шейке разрушенного образца dk (рис. 2.) и найти характеристики пластичности: относительное остаточное удлинение

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

и относительное остаточное уменьшение площади поперечного сечения в шейке после разрыва

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100, \%$$

Для “жесткой” стали (например, углеродистая сталь после закалки и низкого отпуска, а также для некоторых других металлов) диаграмма растяжения не имеет площадки текучести, и в этом случае определяется условный предел текучести, как напряжение, соответствующее остаточному удлинению.

$$\Delta l_{\text{ост}} = 0,2\% l_0,$$

где l_0 — первоначальная длина образца; $\sigma_{0,2} = \frac{F_{0,2}}{A_0}$ — условный предел текучести.

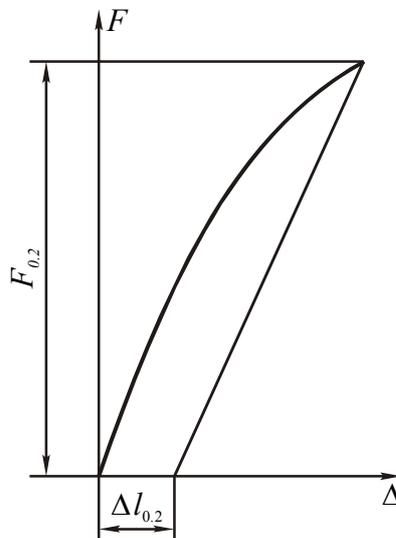


Рис. 4

Условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$ называется такое напряжение, при достижении которого остаточная деформация составляет 0,2%.

Аналогично условному пределу текучести $\sigma_{0,2}$ определяется условный предел упругости $\sigma_{0,05}$.

$$\sigma_{0,05} = \frac{F_{0,05}}{A_0}$$

Условным пределом упругости называется такое напряжение, при достижении которого остаточная деформация составляет 0,05%. Отметим, что испытания на растяжение проводятся в соответствии с ГОСТ 1497 — 84.

Для проведения теоретических исследований, например операций глубокой штамповки, при решении задач образования больших деформаций, строится так называемая диаграмма истинных напряжений, в которой учитывается сужение площади поперечного сечения A_0 и местное увеличение деформаций.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Перед началом испытаний выполнить обмер образца и результаты занести в таблицу.

Начальный диаметр	d0=
Начальная длина рабочей части образца	l0=
Диаметр в шейке разрушения образца	dk=
Длина рабочей части образца после разрушения	lk=

2. Произвести испытание образца с записью диаграммы растяжения. Определить нагрузки, соответствующие пределу текучести, пределу прочности и точке разрыва.

3. Выполнить обмер образца после разрушения, данные занести в таблицу.

4. Определить площадь поперечного сечения образца до разрыва и после разрыва.

$$A_0 = \quad A_k =$$

5. Определить предел текучести.

$$\sigma_m = \frac{F_m}{A_0} =$$

6. Определить предел прочности

$$\sigma_\epsilon = \frac{F_{\max}}{A_0} =$$

7. Определить истинное сопротивление разрыву

$$S_k = \frac{F_k}{A_k} =$$

8. Определить относительное остаточное удлинение

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} 100\%$$

9. Определить относительное остаточное сужение

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} 100\% =$$

10. Полученные результаты занести в таблицу.

Наименование характеристики	
Предел текучести , МПа	
Предел прочности, МПа	
Истинное сопротивление разрыву, МПа	
Относительное остаточное удлинение, %	
Относительное остаточное сужение, %	

5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Запрещается работать на машине лицам, незнакомым с настоящей инструкцией по эксплуатации.

2. При установке образца и эксплуатации соблюдать правила обслуживания электроустановок.

3. Все монтажные и ремонтные работы производить только при отключенной от сети машине.

4. Запрещается:

- работать на незаземленной машине;
- вынимать из захватов нагруженный образец;
- эксплуатировать машину с открытым приводом и открытой дверью шкафа;
- работать без ограждения зоны, испытания;
- производить испытания на машине с неисправными защитой от перегрузок и ограничением хода подвижной траверсы;
- включать ускоренный ход для испытания образцов.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется полной (абсолютной, продольной деформацией? Что представляет собой относительная продольная деформация? Каковы размерности абсолютной и относительной продольных деформаций?

2. Что называется модулем продольной упругости E ? Как влияет величина E на деформации бруса?

3. Как формулируется закон Гука? Как записываются формулы абсолютной и относительной продольных деформаций бруса?

4. В каких координатах строится диаграмма растяжения?

5. Что называется пределом пропорциональности, пределом упругости, пределом текучести, пределом прочности (или временным сопротивлением)? Что представляет собой площадка текучести?

6. Какие деформации называются упругими а какие остаточными или пластическими?
7. Какое явление называется наклепом?
8. Что называется условным пределом текучести? Для каких материалов определяется эта механическая характеристика?
9. Что называется условным пределом упругости? Что называется остаточным относительным удлинением образца и остаточным относительным сужением шейки образца? Какое свойство материала они характеризуют?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Степин, П. А.* Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учеб. для вузов / П. А. Степин. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 320 с. (ЭБС "Лань")
2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : пособие по решению задач / И. Н. Миролубов [и др.]. — 9-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 512 с. (ЭБС "Лань")
3. *Кукса, Л. В.* Сопротивление материалов. Курс лекций с примерами решения задач [Текст] : в 2 ч. : [для строит. вузов всех направлений и форм обучения]. Ч. 1 / Л. В. Кукса, Е. Е. Евдокимов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т. — 2-е изд., перераб. и доп. — Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2015. — 224, [2] с.

Публикуется в авторской редакции

Минимальные систем. требования:
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 10.12.2018
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 0,3. Объем данных 0,22 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru