

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
Иркутский государственный университет путей сообщения  
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
по учебной дисциплине ОП.02 Техническая механика

по специальности

23.02.04. Эксплуатация и ремонт подъемно - транспортных, строительных,  
дорожных машин и оборудования  
*базовая подготовка среднего профессионального образования*

Иркутск, 2023

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.
00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа





РАССМОТРЕНО:  
Цикловой методической  
комиссией общетехнических и  
электротехнических дисциплин  
Протокол № 9  
«25» мая 2023 г.  
Председатель ЦМК: Игнатенко Ж.С.

Разработчик: Л.А.Адамова, преподаватель ФГБОУ ВО ИрГУПС СКТиС

## Содержание

лабораторная работа № 1 Испытание материалов на сжатие

Лабораторная работа №2 Испытание материалов на растяжение

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Испытание материалов на сжатие.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Ознакомление с методами испытаний материалов на сжатие. Получение диаграмм сжатия углеродистой стали, чугуна и древесины. Определение механических характеристик этих материалов. Наблюдения за характером разрушения образцов из указанных материалов.

Теоретическое основание:

Испытание образцов на сжатии - одно из важнейших испытаний исследования механических свойств материалов. При его проведении выявляются количественные характеристики /предел текучести или предел прочности / и качественные зависимости между усилиями и деформациями образца. Испытания проводятся на испытательной машине УММ-20, позволяющей автоматически записывать диаграмму сжатия достаточно точно, определять усилие, при котором происходит разрушение/текучесть/материала. Большое внимание следует уделить наблюдениям за видом образца, так как изменение его формы в процессе нагружения и характер разрушения в значительной степени раскрывают природу материала.

Для пластических материалов (сталь, алюминий, медь) испытания на сжатие являются дополнением к испытаниям этих материалов на растяжение. Углеродистая сталь - высокопластичный материал, допускающий значительные изменения формы образца без образования трещин.

Хрупкие материалы (чугун, цемент, бетон) на сжатие работают значительно лучше, чем на растяжение и обычно применяются в сжатых элементах конструкций.

ЧУГУН - материал хрупкий, с ослабленным сцеплением между его частицами. Поэтому при заметном изменении формы образца возникают трещины, приводящие к разрушению.

Для стали и для чугуна свойственна механическая изотропия: полисе совпадение упругих и пластических характеристик при всевозможных направлениях нагрузки.

Древесина - анизотропный материал растительного происхождения. Ее механические свойства зависят в значительной мере от направления приложенной нагрузки по отношению к направлению волокон в испытываемом образце. Различают три характерных случая нагружения:

- a). усилие направлено вдоль волокон,
- б). усилие - поперек волокон в радиальном направлении,
- в). усилие - поперек волокон в тангенциальном направлении.

Для каждого из этих случаев механические характеристики будут различны. При сжатии образца вдоль оси силой в его поперечных сечениях возникают нормальные напряжения, величина которых определяется по формуле:

$$\sigma_{uc} = \frac{F_{uc}}{A_0} = \frac{4F_{uc}}{\pi d_0^2};$$

где  $A_0$  - площадь поперечного сечения образца до испытания.

При испытаниях на сжатие определяют две механические характеристики материала: предел текучести  $\sigma_y$  и предел прочности  $\sigma_{uc}$

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0};$$

где  $F_y$  - усилие, соответствующее текучести материала.

$F_{uc}$  - максимальное усилие, при котором образец разрушается.

При испытании на сжатие, кроме определения механических характеристик, получают диаграммы сжатия в координатах. Сила- укорочения образца (  $F, \Delta l$  )

Начальной стадии испытания стального образца соответствует прямолинейный участок ОА<sub>I</sub> диаграммы, свидетельствующий о линейной зависимости между усилием и деформацией образца (закон Гука).

Наклон прямой точно совпадает с наклоном прямой в диаграмме растяжения. Это позволяет при сжатии и при растяжении стали принимать одно и то же значение модуля упругости.

Превышение предела пропорциональности, характеризуемого на диаграмме точкой А<sub>I</sub> вызывает в материале рост пластических деформаций. Однако на диаграмме сжатия площадка текучести не обнаруживается.

Это может быть объяснено тем, что в результате деформации материала увеличивается площадь поперечного сечения образца, что в очередь способствует росту нагрузки на данной стадии испытания. Моменту резкого нарастания пластических деформаций соответствует условный предел текучести. Точка В<sub>I</sub> характеризующая этот предел, на диаграмме сжатия может быть получена при пересечении ее с пунктирной линией параллельной линейному участку ОА<sub>I</sub> и отсекающей на оси абсцисс нормативную величину остаточной деформации, равную 0,2% от первоначальной длины образца, На практике расчетов значение предела текучести для стали принимается таким же как и растяжении. Дальнейшее нагружение приводит к увеличению площади поперечного сечения, в результате чего нагрузка на образец нарастает быстрее, чем его продольная деформация. На диаграмме это отражается криволинейным участком В<sub>I</sub>С<sub>I</sub>. Первые признаки изменения формы стального образца наблюдаются за пределом текучести (точка В<sub>I</sub>). В этот период заметен рост поперечных деформаций в средней части образца, который принимает бочкообразную

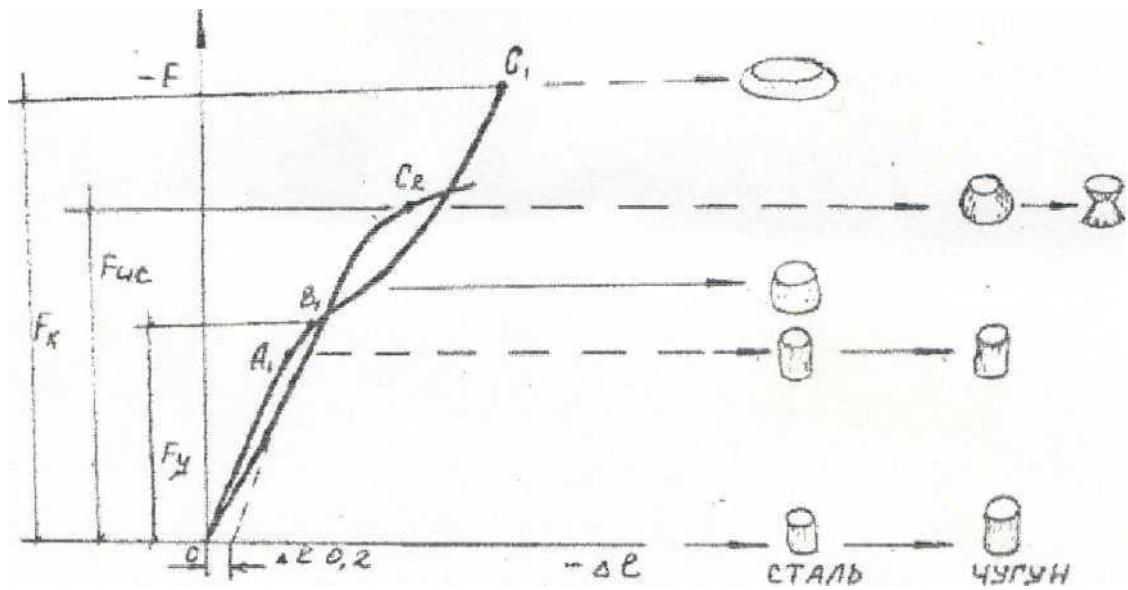
форму. Замедление деформаций у торцов объясняется трением плоскостях опирания. Дальнейшее возрастание нагрузки приводит к значительному уменьшению его высоты, происходит расплощивание образца.

Расплощивание образца из пластического материала при сжатии без разрушения исключает возможность определения предела прочности.

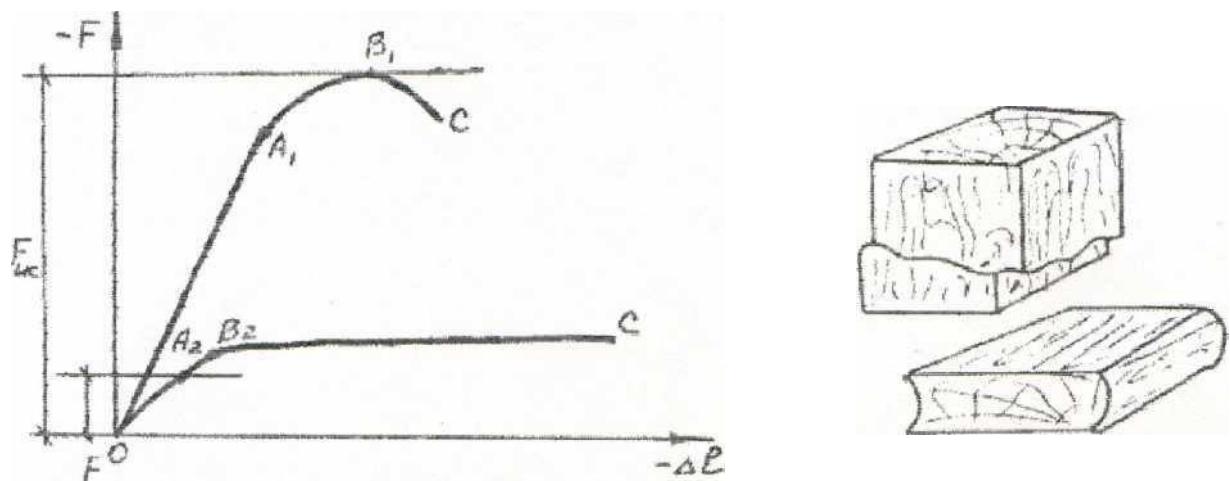
Поэтому условно принимается, что значение пределов прочности при растяжении и сжатии совпадают.

Диаграмма сжатия хрупкого материала - чугуна в значительной, диапазоне изменения нагрузки имеет почти линейную зависимость между усилиями и деформациями вдоль оси.

В начальный период испытания никаких изменений формы образце обнаружить не удается. Изменения формы становятся заметными в тот момент, когда кривая диаграммы становится более пологой. С этого момента сжатый стержень получает небольшие, но заметные поперечные деформации, в результате чего приобретает бочкообразную форму. При дальнейшем возрастании нагрузки на поверхности появляется ряд трещин, наклоненных к оси образца под углом около  $45^\circ$ , что приводит к быстрому разрушению отмеченному на диаграмме точкой  $C_2$ . После удаления легко отделяемых поверхностных слоев металла, оставшаяся часть образца представляется в виде двух конусов, скрепленных вершинами. Такой вид разрушения хрупкого материала может быть объяснен трением в плоскостях оттирания образца. Свободное развитие поперечных деформаций вызывает расслоение образца продольными трещинами. В данном случае трение имеется, и благодаря ему остается не разрушенной масса металла, прилегающая к торцам.



Диаграммы сжатия малоуглеродистой стали и чугуна.  
Изменение формы образцов в результате деформации.



Диаграммы сжатия деревянных образцов вдоль волокон и поперек волокон. Формы образцов после испытания.

Диаграммы сжатия деревянных образцов вдоль и поперек волокон существенно отличаются друг от друга. Значительная часть диаграммы испытаний на сжатие вдоль волокон представлена собой круто восходящую прямую  $OA_1$ , свидетельствующую о справедливости закона Гука, на данной стадии испытаний. В этот период видимых изменений с образцом не происходит.

После точки  $A_1$  диаграмма несколько искривляется. После достижения наибольшей нагрузки, отмеченной на диаграмме точкой  $B_1$ , образец разрушается. В этот момент на боковых его поверхностях можно заметить образование линий сдвига и появление продольных трещин. Разрушение происходит при малых деформациях.

Диаграмму сжатия поперек волокон можно разделить на три участка. Для первого участка  $OA_2$ , характерна近乎 прямолинейная зависимость между нагрузкой и деформацией. При сравнительно малой нагрузке, которой соответствует точка  $A_2$  становится заметным искривлением диаграммы. В этот момент заметно возрастают деформации образца. Для третьего участка  $B_2C_2$  характерен быстрый рост деформации при незначительном возрастании нагрузки (почти прямая линия диаграммы лишь немногого отклоняется от горизонтали). В этот момент образец претерпевает значительные изменения - происходит спрессовывание его волокон.

Согласно требованиям ГОСТа на диаграмме сжатия поперек волокон особо точно определяется положение точки  $A_2$  - переход от прямолинейного или почти прямолинейного участка в явно криволинейный. Значение нагрузки в этот момент используется для вычисления условного предела прочности материала.

## ФОРМА И РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦОВ.

При испытании на сжатие применяются образцы небольшой высоты, которые сжимаются плитами испытательной машины.  
При испытании на сжатие приходится с двумя особенностями:

- силами трения, возникающими между торцами образца и плитами машины;
- и возможностью изгиба образца.

Влияние сил трения уменьшается с увеличением высоты образца, но чтобы избежать искривления необходимо уменьшать длину образцов, т. е. применять короткие образцы.

Для испытания установлены такие формы образцов, которые позволяют уменьшить искажение результатов испытания от изгиба.

Влияние трения можно уменьшить путем смазки опорных поверхностей графитом или парафином.

Для металлов применяют цилиндрической формы образцы с соотношением длины образца  $l_0$ , к его диаметру  $a_0$  от 1 до 3.

$\frac{l_0}{a_0} = 1/3$  Торцы цилиндрического образца должны быть строго

перпендикулярны к его оси. Иначе при испытаниях появится перекос деформируемого образца.

При испытании на сжатие дерева, цемента, бетона, образцы выполняются в виде куба. Наличие сучков и трещин в деревянном образце не допускаются.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Перед началом испытаний в отчет следует записать:

- цену деления шкалы силоизмерительного устройства.
- тип испытательной машины.
- масштаб записи диаграммы по оси нагрузок и по оси деформации.

Производят измерения размеров для металлических образцов ( $l_0$  и  $a_0$ ) для дерева ( $a_0$ ,  $h_0$ ,  $b_0$ ) штангенциркулем с точностью до 0,1 мм.

Испытываемый образец помещают между опорными плитами машины, подготавливают к работе диаграммный аппарат, включают электродвигатель испытательной машины, производят постепенное нагружение образца, все время следя за стрелкой силоизмерительного устройства и формой испытуемого образца.

Кратковременная остановка стрелки или замедление скорости ее движения указывают на то, что материал образца начал пластически деформироваться. Нагрузка соответствующая этому моменту будет  $F_y$ .

Так как образец из пластического материала разрушить не возможно, то испытание такого образца прекращают при достижении нагрузки  $F_k = (3.0/5.0)F_y$

При испытаниях образцов из хрупких материалов необходимо применять ограждения из прозрачной пластмассы. По шкале силоизмерительного устройства фиксируют наибольшую нагрузку  $F_{uc}$

Останавливают электродвигатель, разгружают машину, снимают образец и зарисовывают вид разрушения образца, замеряют размеры после деформации.

При сжатии пластических материалов необходимо, следить за увеличением нагрузки, не допуская перегрузки машин.

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ.

Полученные диаграммы сжатия обрабатывают так же как диаграмму растяжения.

Подсчитав площадь поперечного сечения образца до испытания  $A_0$ , определяют предел текучести стального образца:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

где  $F_y$  - нагрузка, соответствующая пределу текучести материала.

$A_0$  - площадь поперечного сечения образца до его испытания.

Если во время опыта наблюдать остановку стрелки не удалось, то определяют условный предел текучести.

Для чугунного образца определяют предел прочности.

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

где -  $F_{uc}$  наибольшая нагрузка которую может выдержать образец.

Аналогично определяется предел прочности деревянного образца при сжатии вдоль волокон:

$$\sigma_{uc(\omega)} = \frac{F_{uc}}{A_0}$$

где  $F_{uc}$  – наибольшая нагрузка на образец.

$A_0, b_0$  - размеры поперечного сечения образца.

Условный предел текучести при сжатии поперек волокон определяется по формуле

$$\sigma_{yc(\omega)}^y = \frac{F_{yc}}{A_0 h_0}$$

где  $F_{yc}$  - нагрузка соответствующая точке  $A_2$  на диаграмме сжатия дерева  
 $d_0, h_0$  - размеры площадки опирания образца.

По требованиям ГОСТа предел прочности определяется для древесины с влажностью 15% при температуре 20°C.

В случаях, если в момент испытания влажность отлична от нормативного значения, то полученное из опыта значение предела прочности, пересчитывают по формуле:

$$\sigma_{uc(15)} = \sigma_{uc(\omega)} (1 + \alpha(\omega - 15))$$

где  $\omega$  - влажность образца в %

$\alpha$  - качественный коэффициент

$\alpha = 0,05$  - для сосны, бук, березы, ясеня.

$\alpha = 0,04$  - для дуба, ели.

Таблица результатов испытания образцов на сжатие.

Наименование материала	Геометрические размеры		Нагрузка $F_y, \text{Н}$ $F_{uc}, \text{Н}$	Предел прочности $\sigma_{uc}, \text{МПа}$ $\sigma_y, \text{МПа}$	Максимальная деформация $\Delta l (\text{мм})$	Вид образца	
	До испытания	После испытания				До испытания	После испытания
Сталь	$d_0 = \text{мм}$ $l_0 = \text{мм}$ $A_0 = \text{мм}^2$	$d_1 = \text{мм}$ $l_1 = \text{мм}$ $A_1 = \text{мм}^2$					
Чугун	$d_0 = \text{мм}$ $l_0 = \text{мм}$ $A_0 = \text{мм}^2$	$d_1 = \text{мм}$ $l_1 = \text{мм}$ $A_1 = \text{мм}^2$					
Бетон	$d_0 = \text{мм}$ $b_0 = \text{мм}$ $A_0 = \text{мм}^2$	$a_1 = \text{мм}$ $b_1 = \text{мм}$ $A_1 = \text{мм}^2$					
Дерево вдоль	$d_0 = \text{мм}$ $b_0 = \text{мм}$ $A_0 = \text{мм}^2$	$a_1 = \text{мм}$ $b_1 = \text{мм}$ $A_1 = \text{мм}^2$					
Дерево поперёк волокон	$d_0 = \text{мм}$ $h_0 = \text{мм}$ $A_0 = \text{мм}^2$	$a_1 = \text{мм}$ $h_1 = \text{мм}$ $A_1 = \text{мм}^2$					



## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.

1. Работа выполнена на машине. Тип и наименование машины. Цена деления.
2. Схема испытательной машины
3. Таблица записей результатов испытаний образцов на сжатие.
4. Эскизу образцов до и после разрушения, характер их деформаций и разрушений.
5. Диаграммы сжатия.
6. Выводы об испытании на сжатии пластических и хрупких материалов, дерева поперек и вдоль волокон.
7. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Какие механические характеристики определяются при испытаниях на сжатие?
2. Чем отличается диаграмма сжатия пластической стали от диаграммы растяжения?
3. Как определить момент начала текучести пластического материала при сжатии?
4. Каков характер разрушения хрупкого материала (чугуна, бетона) от чего он зависит?
5. Каково различие между диаграммами сжатия древесины вдоль волокон и поперек волокон?
6. Чем обусловлены размеры образцов при испытании на сжатие?
7. Что можно сказать о свойствах материала образца, если при испытании на сжатие он приобрел бочкообразную форму? Чем объясняется это явление?

Методические указания по выполнению  
лабораторной работы №2  
Тема: «Испытание материалов на растяжение».

Цель работы: Изучение поведения материала при растяжении до разрушения. Получение диаграмм растяжения. Определение величин механических характеристик материала образца:

1. Предела пропорциональности  $\sigma_{\text{ПЦ}}$
2. Предела текучести  $\sigma_T$
3. Предела прочности  $\sigma_B$
4. Напряжения при разрыве  $\sigma_p$ , истинное напряжение при разрыве  $\sigma_{p \text{ ист}}$
5. Относительного удлинения при разрыве  $\delta$
6. Относительного сужения поперечного сечения образца при разрыве  $\psi$
7. Относительной удельной работы образца  $\alpha = \frac{A}{V_0}$

Теоретическое обоснование.

Испытания на растяжение проводят при статическом нагружении, т.е. нагрузка к испытываемому образцу прикладывается медленно без толчков, ударов и перекосов, с постепенным нарастанием. Испытательная машина сообщает образцу принудительное удлинение и регистрирует нагрузку, соответствующую этому удлинению. График, изображающий зависимость между нагрузкой и деформацией в процессе статического испытания образца на растяжение плоть до момента его разрушения называется диаграммой растяжения. Эта диаграмма автоматически вычерчивается с помощью диаграммного аппарата испытательной машины.

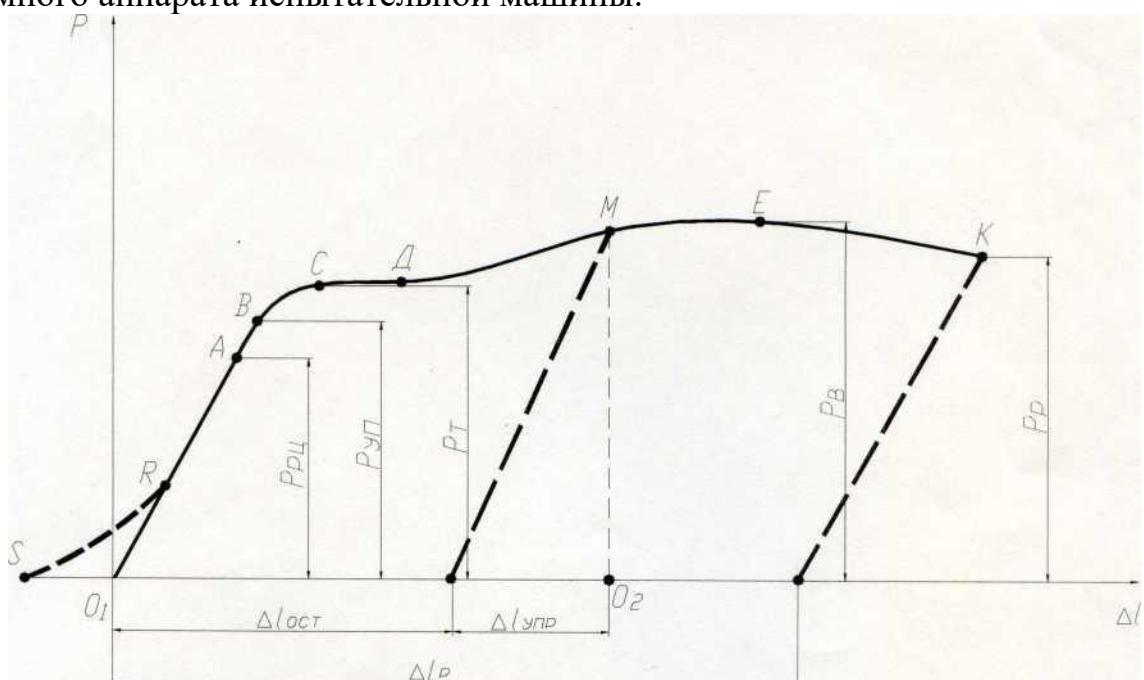


Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.

На участке ОА диаграмма растяжения наблюдается линейная зависимость между удлинением и растягивающей силы. Зона работы материала на этом участке соответствует упругой стадии.

Материал образца в этой стадии испытывает только упругие деформации, т.е. деформации, которые исчезают после снятия нагрузки с образца. Выше точки А прямая пропорциональность между силой и деформацией нарушается, деформации начинают расти быстрее, чем нагрузка.

Нагрузка, при которой нарушается пропорциональность, обозначается через  $P_{\text{ПЦ}}$ , - называется силой соответствующей пределу пропорциональности.

Пределом пропорциональности  $\sigma_{\text{ПЦ}}$  называется наибольшее напряжение, до которого существует прямо-пропорциональная зависимость между нагрузкой и деформацией.

Точка В, соответствует силе на пределе упругости. Пределом упругости  $\sigma_u$  называется максимальное напряжение, при котором в материале не обнаруживается признаков пластической деформации при нагружении.

Предел упругости характеризует начало перехода от упругой деформации к пластической.

При дальнейшем увеличении наступает такое состояние, при котором деформации растут без увеличения нагрузки. На диаграмме этому состоянию соответствует горизонтальный участок СД - площадка текучести.

$P_t$  - сила соответствующая пределу текучести материала.

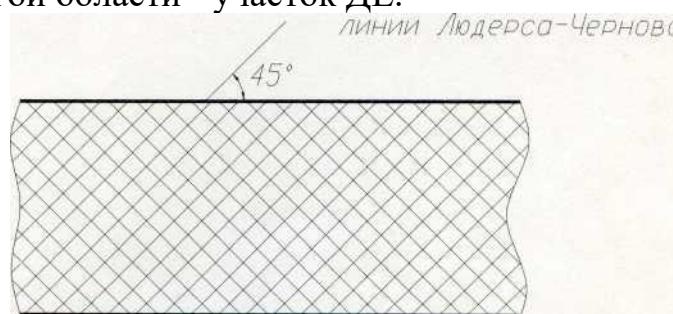
Физическим пределом текучести  $\sigma_t$  называют наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей силы.

Текучесть материала сопровождается значительным развитием пластических деформаций. При этом у образца повышается температура, изменяется электропроводность и магнитные свойства.

Внешним проявлением возникновения пластических деформаций материала является образование темных наклонных линий на поверхности образца, которые составляют с осью образца углы близкие к  $45^\circ$ . Эти линии называются линии Людерса-Чернова. Они представляют следы остаточных деформаций сдвига.

Описанные явления вызывают изменение внутренней структуры материала, что приводит к его упрочнению.

За площадкой текучести опять начинается возрастание нагрузки, но значительно медленнее, чем в упругой области - участок ДЕ.



Растяжение образца на участке ДЕ происходит равномерно, образец, удлиняясь, также равномерно сужается по всей длине. Образец приобретает способность воспринимать возрастающую до некоторого предела нагрузку, которая равна наибольшей силе  $P_b$ . Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей

разрушению образца, называют времененным сопротивлением  $\sigma_B$ .

На участке ЕК на образце появляется местное сужение — шейка. Шейка быстро прогрессирует, дальнейшая деформация образца происходит в зоне шейки. Сечение шейки быстро уменьшается, а напряжение в этом сечении все время растет, хотя растягивающая сила убывает, что вызывает падение нагрузки за точкой Е. Это не означает, что способность материала сопротивляться деформациям уменьшается: наоборот сопротивление продолжает расти, но эффект уменьшения площади оказывается преобладающим.

Вне области шейки напряжение уменьшается и поэтому удлинение остальной части не происходит. В точке К происходит разрушение образца. Сила  $P_p$  - называется разрушающей силой.



Если испытуемый образец нагрузить до точки М больше силы  $P_t$ , а затем постепенно разгрузить, то процесс разгрузки будет изображаться линией МО<sub>1</sub> параллельной ОА. Удлинение, полученное образцом до начала разрушения при нагрузке полностью не исчезает. Оно становится меньше на величину упругой части удлинения  $\Delta l_{upr}$  (отрезок 0<sub>1</sub>0<sub>2</sub>). Остаточное удлинение  $\Delta l_{ost}$  (отрезок 00<sub>1</sub>) называют также пластическим удлинением. Полное удлинение за пределом упругости состоит из двух частей упругой и пластической (остаточной).

$$\Delta l_{полн} = \Delta l_{упр} + \Delta l_{ост}$$

Величина остаточной деформации характеризует пластичность материала. Мерой пластичности материала может служить относительное остаточное удлинение при разрыве

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} * 100\% = \frac{\Delta l_p}{l_0} * 100\%$$

и относительное остаточное сужение в месте шейки.

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} * 100\%$$

где:  $F_0$  и  $l_0$  - площадь поперечного сечения и расчетная длина ненагруженного образца.

$F_1$  и  $l_1$  — площадь поперечного сечения в самом узком месте шейки и длина рабочей части того же образца после разрыва.

$$\sigma_{ПЦ} = \frac{P_{ПЦ}}{F_0} - \text{предел пропорциональности}$$

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} - \text{предел текучести}$$

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0} - \text{предел прочности}$$

$$\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} - \text{напряжение при разрыве.}$$

## ФОРМА И РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦОВ. ИХ ПОДГОТОВКА

## К ИСПЫТАНИЮ.

Для получения **сопоставимых** результатов испытаний применяются длинные образцы круглого сечения стандартного типа ГОСТ 1497-42. Образцы диаметром  $d_0=20$  мм. называют нормальными, а образцы с меньшими диаметрами или некруглого поперечного сечения - пропорциональными.

Длина цилиндрической части образца равная  $11d_0$  называется рабочей длиной. Длина  $l_0=10d_0$  называется расчетной длиной длинного образца. Длина  $l_0=5,0d_0$  - короткого образца. Выразим соотношение расчетной длины через площадь поперечного сечения образца —  $F_0$

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \quad d_0 = \sqrt{\frac{4F_0}{\pi}} = 1,13\sqrt{F_0}$$

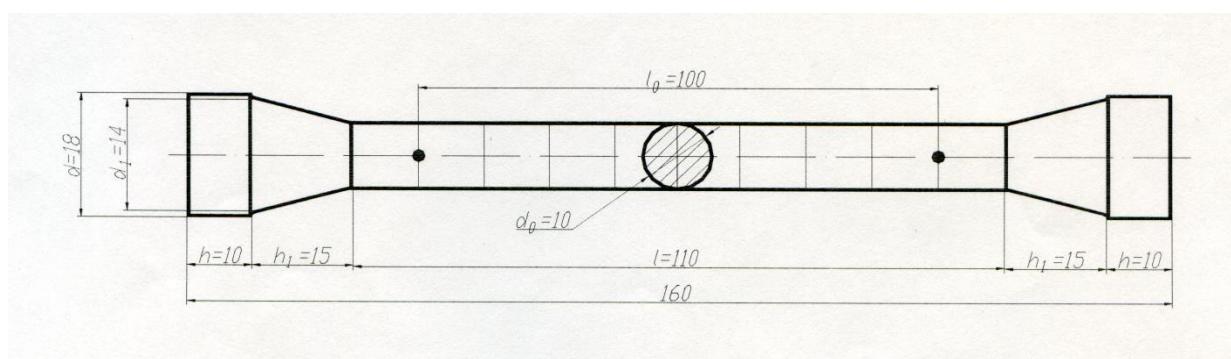
для длинных образцов

$$l_0 = 1,13\sqrt{F_0} \quad (1)$$

для коротких образцов

$$l_0 = 5,65\sqrt{F_0} \quad (2)$$

С помощью соотношений (1) и (2) удобно определять расчетную длину у образцов прямоугольного сечения.



Стандартный металлический образец.

Для измерения образцов пользуются штангенциркулем. Измерение диаметра производят до испытания в трех местах на рабочей части, каждый раз — в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Из полученных размеров для вычисления площади поперечного сечения выбирается наименьшее значение  $d_0$ . По величине  $d_0$ , определяют расчетную длину образца.

Утолщенные концы служат для закрепления образцов в захватах испытательных машин.

Поверхность образца должна быть шлифованной. На расчетной длине образца наносят деления через каждые 10 мм. для построения эпюры удлинений и приведения места разрыва к середине образца.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Каждый студент обязан ознакомиться с устройством и работой машины Р-10, на которой будет производить испытания, в отчет записывать.

Тип машины, предельную нагрузку, создаваемую машиной, цену деления шкалы силой измерительного устройства.

Подготовить образец к испытанию, измерив  $d_0$ ,  $l_0$ , нанеся риски через 10 мм. Закрепить образец в захватах машины. Проверить работу диаграммного аппарата, для чего следует повернуть барабан вхолостую и получить нулевую линию. Включить электродвигатель испытательной машины и наблюдать за процессом растяжения образца и за стрелкой силоизмерительного устройства.

Первую часть испытания, соответствующую прямолинейному участку диаграммы нужно производить медленно, чтобы избежать инерционных явлений, искажающих диаграмму.

По шкале силоизмерительного устройства зарегистрировать силу, соответствующую пределу текучести, при достижении силы соответствующей пределу текучести, стрелка либо на короткое время останавливается, либо резко уменьшает скорость движения. В этот момент на диаграмме растяжения появляется площадка текучести.

Затем сосредоточить все внимание на испытываемом образце, наблюдая появление линий Людерса-Чернова и за появлением и развитием шейки.

По шкале силоизмерительного устройства зафиксировать наибольшую силу  $P_B$  и силу, соответствующую разрыву  $P_r$ .

После разрыва образца надо остановить машину и освободить из захватов обе половинки образца, оберегая от повреждений место разрыва.

Снять с барабана миллиметровую ленту с диаграммой растяжения образца и приступить к обработке результатов испытания.

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ.

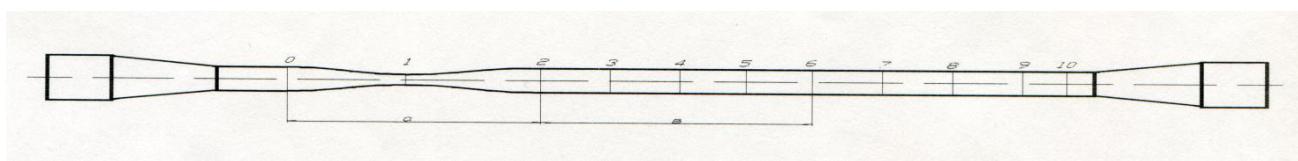
Аккуратно прижав, друг к другу обе половинки образца по месту разрыва так, чтобы оси их образовали прямую линию, измеряют расстояние между рисками  $l_1$  и диаметр шейки в самом узком месте  $d_1$  с точностью до 0,1 мм.

Если разрыв образца произошел близко к концу, то его удлинение будет меньше обычного. Для получения верного результата без проведения повторного опыта, обмер образца после испытания производят следующим образом.

От крайней риски (обозначенной нулем или 10) отмеряют, четное число долей  $n$  так, чтобы место разрыва находилось примерно посередине отмеренного участка. Соответствующую длину обозначают  $\alpha$ . Пусть образец содержит  $m=10$  долей. За расчетную длину образца принимают  $l_1 = \alpha + 2v$ , где  $v$  - длина участка, примыкающего к участку  $\alpha$ , содержащего  $\frac{m-n}{2}$  долей. Относительное удлинение в %

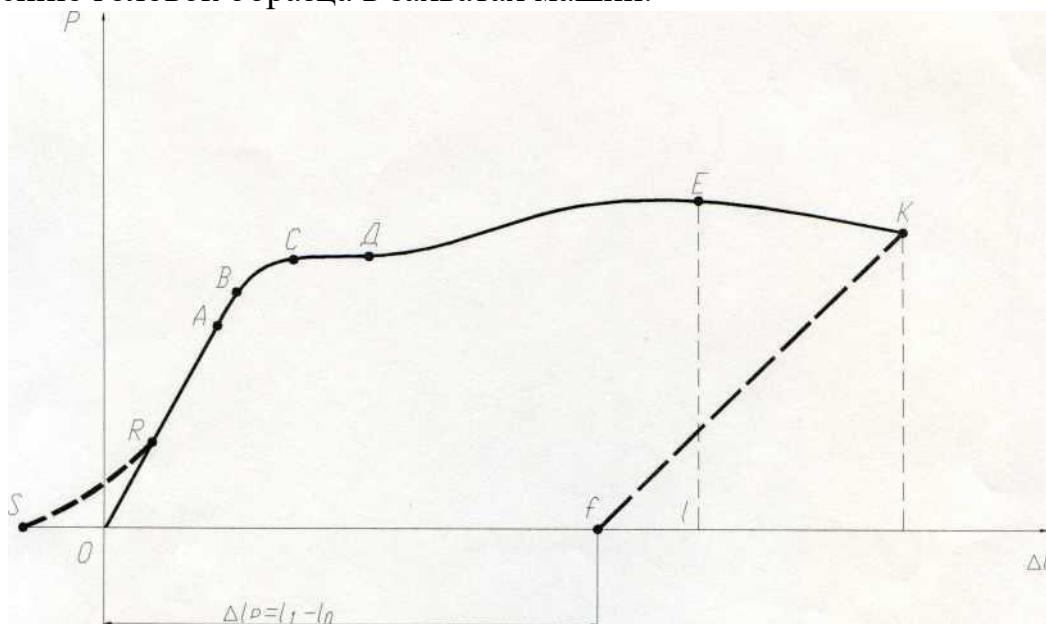
$$\delta = \frac{l_1 - l_2}{l_0} * 100\%$$

Для данного примера  $n=2$        $m=10$        $\frac{m-n}{2} = 4$



## ОБРАБОТКА ДИАГРАММЫ РАСТЯЖЕНИЯ.

Кривая диаграммы растяжения снятая диаграммным аппаратом испытательной машины, отличается от обработанной диаграммы наличием криволинейного участка SR, появление которого соответствует устранению зазоров в механизмах машин, обжатию или скольжению головок образца в захватах машин.



Ось абсцисс диаграммы проводится из точки S. Затем продолжают прямолинейный участок AR до пересечения с осью абсцисс, находя начало координат 0.

Из точки 0 проводим ось Р. Участок диаграммы SR отбрасывают.

Масштаб диаграммы по оси ординат устанавливается путем деления силы соответствующий пределу прочности на величину ординаты Ее

$$m_0 = \frac{P_B}{Ee} [\text{кг}/\text{мм}] \text{ Н}/\text{мм}$$

Масштаб диаграммы по оси абсцисс определяется по формуле:

$$m_a = \frac{l_1 - l_0}{O_f} [\text{мм}/\text{мм}]$$

где:  $l_1 - l_0$  — истинная величина остаточного удлинения образца после разрыва

$O_f$  - отрезок, изображающий величину остаточного удлинения образца при разрыве

на диаграмме.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТРИАЛА.

1. Предел текучести  $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$
2. Предел прочности  $\sigma_B = \frac{P_B}{F_0}$
3. Условное напряжение при разрыве  $\sigma_P = \frac{P_P}{F_0}$

4. Истинное напряжение при разрыве  $\sigma_{P \text{ ист}} = \frac{P_T}{F_1}$
5. Относительное остаточное удлинение  $\delta = \frac{l_1 - l_2}{l_0} * 100\%$
6. Относительное остаточное сужение в месте шейки
- $$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} * 100\% = \frac{d_0^2 - d_1^2}{d_0^2} * 100\%$$
7. Относительная удельная работа образца  $\alpha = \frac{A}{V_0}$

где:  $A = \eta P_B \Delta l_p$  - приближенная площадь диаграммы растяжения ОАВСДЕКf

$V_0 = F_0 l_0$  - объем образца до растяжения

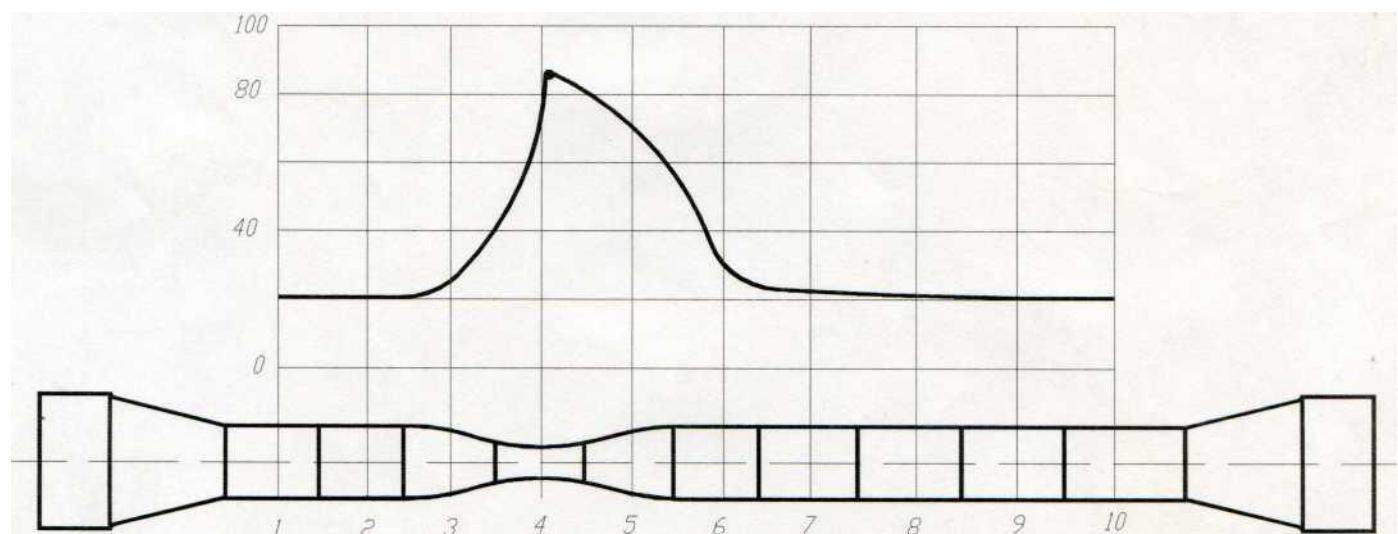
$H = 0,80$  - коэффициент заполнения диаграммы.

С помощью масштабных коэффициентов определим  $P_{\text{ПЦ}}$

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРЫ УДЛИННЕНИЙ. До испытания образец размечают на равные доли по 1 см. После испытания удлинение долей измеряют; они оказываются неодинаковыми. Наибольшие удлинения имеют участки, расположенные вблизи шейки. Величины удлинений долей устанавливаются измерением штангенциркулем. Результаты измерений записывают в таблицу №1. По данным удлинения долей можно построить

№ дол.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Удлинение доли после разрыва										

Эпюра распределения остаточных деформаций по длине образца.



эпюру удлинений в некотором масштабе.

## ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА.

- 1) Указать тип и наименование испытательной машины.
- 2) Указать цену деления силоизмерительного устройства.
- 3) Нарисовать принципиальную схему машины.
- 4) Дать эскиз и размеры образца до испытания.

Диаметр  $d_0$  = мм. Расчетная длина  $l_0$  — мм. Начальная площадь поперечного сечения  $F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$  мм<sup>2</sup>. Диаметр шейки  $d_1$  = мм. Площадь поперечного сечения образца в

месте разрыва  $F_0 = \frac{\pi d_1^2}{4}$  мм<sup>2</sup>. Длина расчетного участка после разрыва  $l_1$  = мм.

- 5) Вид и размеры образца после разрушения.
- 6) Схема диаграммы растяжения с указанием характерных точек.
- 7) Масштаб диаграммы: по оси ординат  $m_0$  = (кг/мм) Н/мм  
по оси абсцисс  $m_0$  = мм/мм
- 8) Результаты наблюдений:

- a) нагрузка, соответствующая пределу текучести  $P_T$  = (кг) Н.
- б) нагрузка, соответствующая пределу прочности  $P_B$  = (кг) Н.
- в) нагрузка, соответствующая разрушению образца  $P_p$  = (кг) Н.

- 9) Результаты испытаний:

а) предел текучести  $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} =$  (кг/мм<sup>2</sup>) МПа.

б) предел прочности  $\sigma_B = \frac{P_B}{F_0} =$  (кг/мм<sup>2</sup>) МПа.

в) напряжение при разрыве  $\sigma_p = \frac{P_p}{F_0} =$  (кг/мм<sup>2</sup>) МПа.

г) истинное напряжение при разрыве  $\sigma_{p\text{ ист}} = \frac{P_p}{F_1} =$  (кг/мм<sup>2</sup>) МПа.

д) относительное остаточное удлинение при разрыве  $\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} * 100\% =$  (кгсм/см<sup>3</sup>).

ж) относительное остаточное сужение при разрыве  $\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} * 100\% =$  (кгсм/см<sup>3</sup>).

з) Относительная удельная работа образца  $\alpha = \frac{A}{V_0} =$  (кгсм/см<sup>3</sup>).

- 10) Схема диаграммы напряжений с указанием характерных точек.

- 11) Марка образца.

- 12) Заполнить таблицу.

- 13) Ответить на вопросы:

- 1) Какой вид имеет диаграмма растяжения из малоуглеродистой стали?
- 2) Какие деформации называются упругими, остаточными?
- 3) Как определить долю упругих и остаточных деформаций при нагружении образца силой превышающей  $P_y$ ?
- 4) Что такое предел пропорциональности, упругости, текучести?
- 5) Что представляет собой площадь диаграммы, построенная в координатах  $P$ ,  $\Delta l$ ?

- 6) Какие механические характеристики определяют способность материала пла-  
стически деформироваться?
- 7) Какой вид имеет истинная диаграмма напряжений?
- 8) При какой нагрузке на образце образуется шейка?

			Наименование машины
			Тип образца
	ММ		Длина $l_0$
	ММ		Диаметр $d_0$
	ММ <sup>2</sup>		Площадь $F_0$
	(КГ) Н	(КГ) Н	Ориентировочное усилие для настройки
	(КГ) Н	(КГ) Н	Усилие на пределе текучести $P_T$
	(КГ) Н	(КГ) Н	Усилие на пределе прочности $P_B$
	ММ		Усилие при разрыве $P_P$
	ММ		Длина после разрыва $l_1$
	ММ		Диаметр шейки $d_1$
	ММ <sup>2</sup>		Площадь шейки $F_1$
	%		Относительное удлинение $\delta$
	%		Относительное сужение $\psi$
	КГ/М М <sup>2</sup>		Предел текучести $\sigma_T$
	КГ/М М <sup>2</sup>		Предел прочности $\sigma_B$
	КГ/М М <sup>2</sup>		Напряжение при разрыве $\sigma_P$
	КГ/М М <sup>2</sup>		Истинное напряжение при разрыве $\sigma_{P\text{ ист}}$