

Полякова Татьяна Алексеевна  
Ангарский автотранспортный техникум.

# **Механические свойства металлов и сплавов**

# I. Прочность

- *Способность металла(сплава) сопротивляться разрушению под действием внешних нагрузок*



# Деформации:

- **СТАТИЧЕСКИЕ-**  
Нарастающие медленно от 0 до некоторого максимального значения и далее остаются постоянными

**ДИНАМИЧЕСКИЕ-**  
Возникающие в результате удара, когда действие нагрузки исчисляется долями секунд

# Пример нагрузок



## Статические нагрузки

1. Здания на фундаменте;
2. Механическое оборудование, закрепленное на определенном месте;

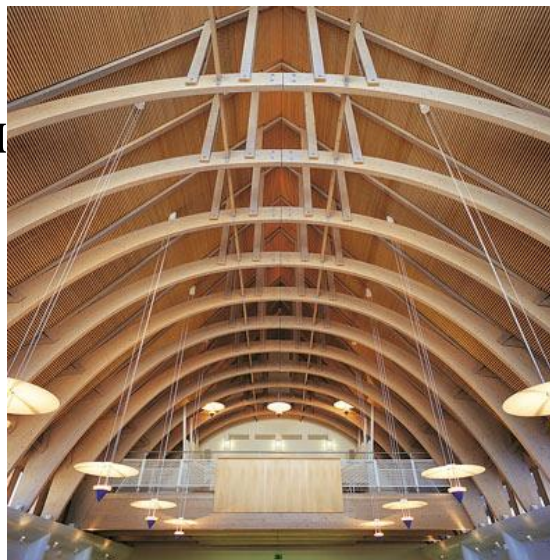
## Динамические нагрузки

1. Создают люди в зданиях;
2. Грузовые автомобили на мосту;
3. Станки в цеху;
4. Гидротурбина в машинном зале

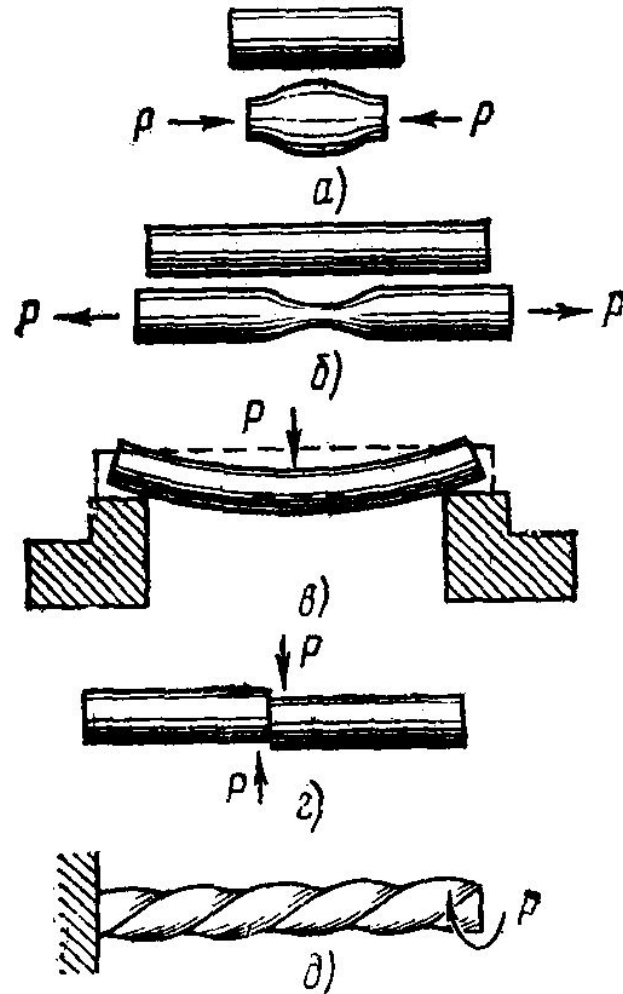
ГЭС;

## Нагрузки, которые нельзя оценить

1. Удар ветра;
2. Температурные колебания;
3. Землетрясение;



# Виды деформации:



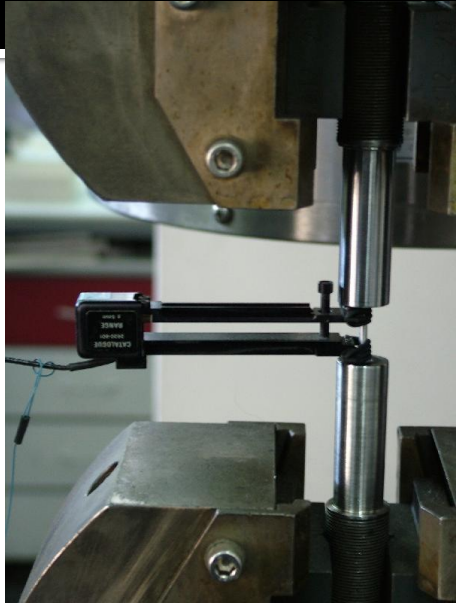
- Сжатие
- Растяжение
- Изгиб
- Срез
- Кручение

# Разрывная машина- устройство для проведения испытания образца на прочность

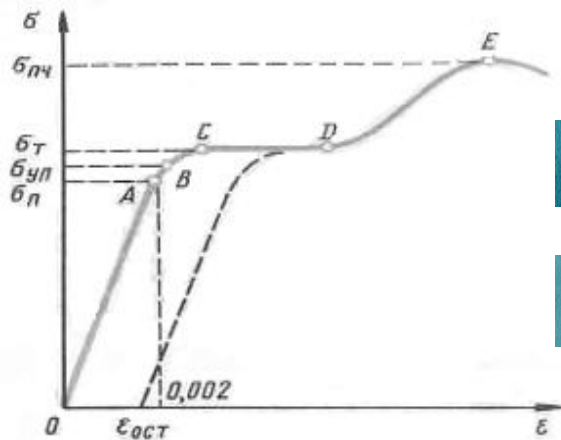
- Образец выполняют по ГОСТам- испытывают на *сжатие и растяжение*



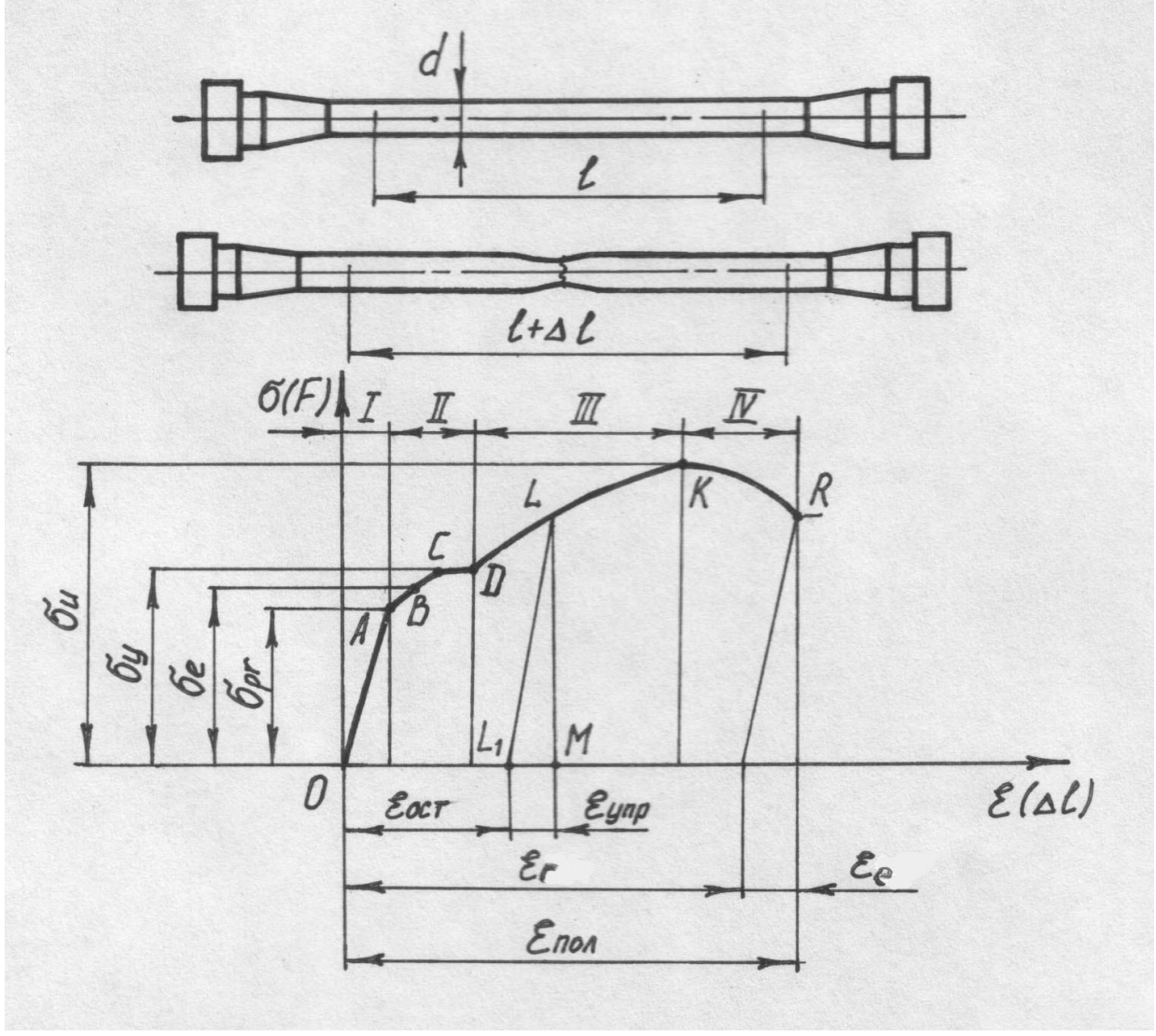
# Диаграмма условных напряжений (Растяжение)



- Напряжение-  $\sigma$  ( $\sigma = P/A_0$ , где  $A_0$  — исходная площадь поперечного сечения) и линейной деформации  $\varepsilon$  ( $\varepsilon = \Delta l/l_0$ ).
- при этом не учитывается изменение площади поперечного сечения образца в процессе испытания.





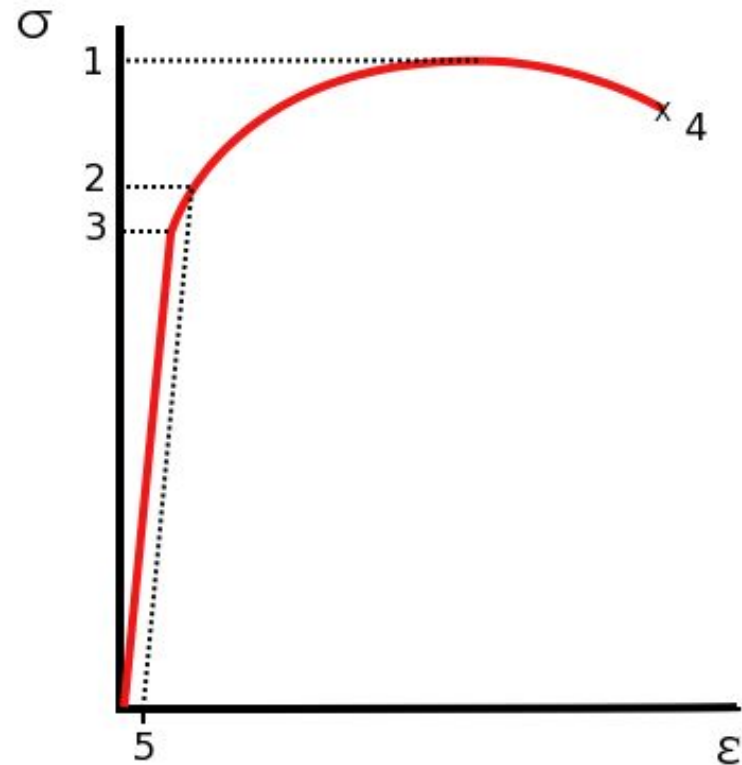




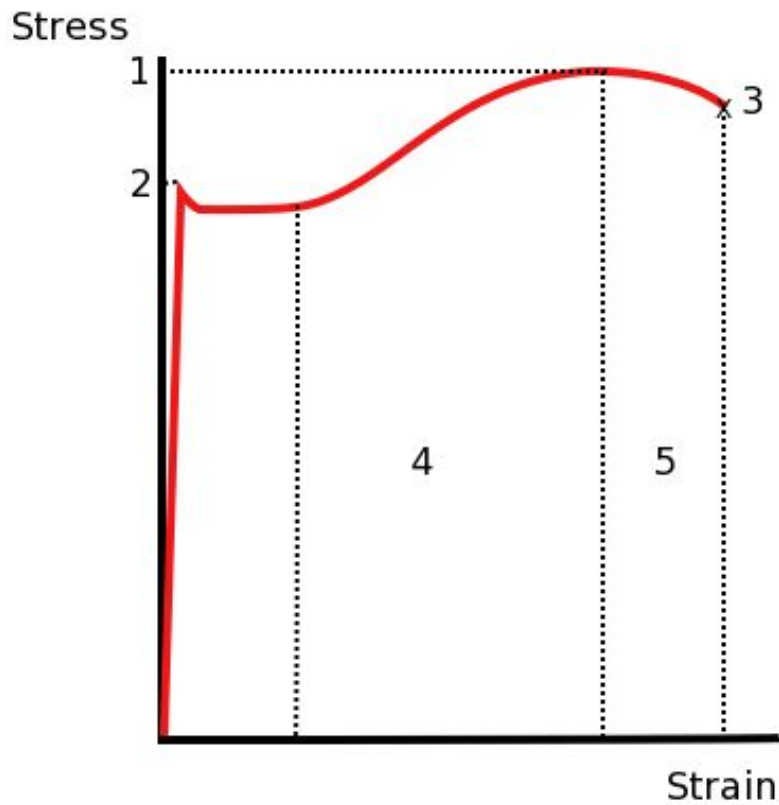
# Типичная диаграмма $\sigma$ — $\varepsilon$ для алюминиевых сплавов



1. Предел прочности
2. Условный предел текучести ( $\sigma_{0.2}$ )
3. Предел пропорциональности
4. Точка разрушения  
(Деформация при условном пределе текучести (обычно, 0,2 %))



# Типичная диаграмма $\sigma$ — $\epsilon$ для малоуглеродистой стали



- 1. Предел прочности (временное сопротивление разрушению)
- 2. Предел текучести (верхний)
- 3. Точка разрушения
- 4. Область деформационного упрочнения
- 5. Образование шейки на образце

# Классификация материалов по остаточному удлинению:

- $\delta = (l_k - l_0)/l_0$ , где  $l_0$  и  $l_k$  — начальная и конечная длина рабочей части образца), обычно вычисляемое в процентах. :
- **пластичные ( $\delta \geq 10 \%$ );**
- **малопластичные ( $5 \% < \delta < 10 \%$ );**
- **хрупкие ( $\delta \leq 5 \%$ ).**

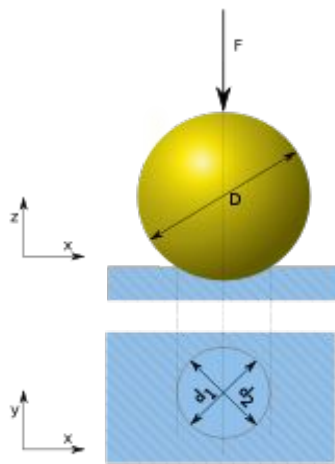
# II. Твердость

- Это свойства металла (сплава) оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела, не получающего остаточной деформации.
- Метод определения твердости металла был предложен шведским инженером Юханом Августом Бринеллем (1849—1925)

# Методика проведения испытания

- Этот метод относится к методам вдавливания. Испытание проводится следующим образом: вначале подводят образец к индентору, затем вдавливают индентор в образец с плавно нарастающей нагрузкой в течение 2-8 с, после достижения максимальной величины, нагрузка на индентор выдерживается в определенном интервале времени (обычно 10-15 с для сталей). Затем снимают приложенную нагрузку, отводят образец от индентора и измеряют диаметр получившегося отпечатка. В качестве инденторов используются шарики из твердого сплава диаметром **1; 2,5; 5 и 10** мм. Величину нагрузки и диаметр шарика выбирают в зависимости от исследуемого материала, который разделен на *5 основных групп*:
  - 1 — сталь, никелевые и титановые сплавы;
  - 2 — чугун;
  - 3 — медь и сплавы меди;
  - 4 — легкие металлы и их сплавы;
  - 5 — свинец, олово.
- Кроме этого, вышеприведенные группы могут разделяться на подгруппы в зависимости от твердости образцов. При выборе условий испытаний следят за тем, чтобы толщина образца, как минимум, в 8 раз превышала глубину вдавливания индентора.

# Твердомеры- проведение испытания на твердость



**Метод Бринелля- вдавливается стальной шарик**

**Метод Роквелла- вдавливается алмазный конус, стальной шарик**

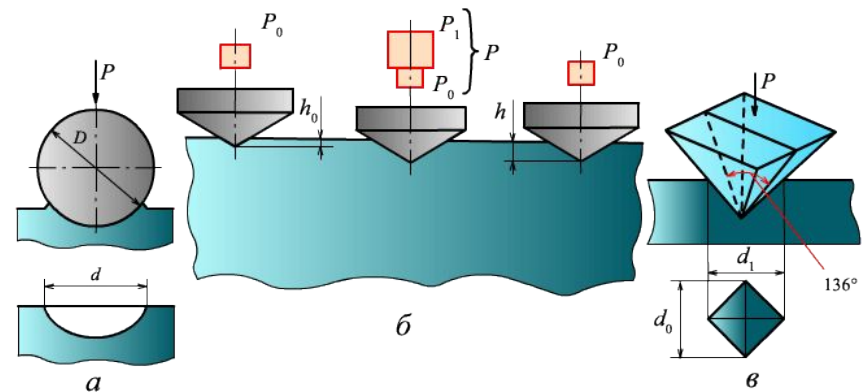
**Метод Виккерса- вдавливается алмазная пирамидка**

- Твёрдость по Бринеллю HB рассчитывается как отношение приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка (метод **восстановленного отпечатка**):  
$$HBW = \frac{0,102F}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

- где **F** — приложенная нагрузка, Н;
- **D** — диаметр шарика, мм;
- **d** — диаметр отпечатка, мм,
- или как отношение приложенной нагрузки к площади внедренной в материал части индентора (метод **невосстановленного отпечатка**):

$$HBW = \frac{0,102F}{\pi Dh}$$

- где **h** — глубина внедрения индентора, мм.



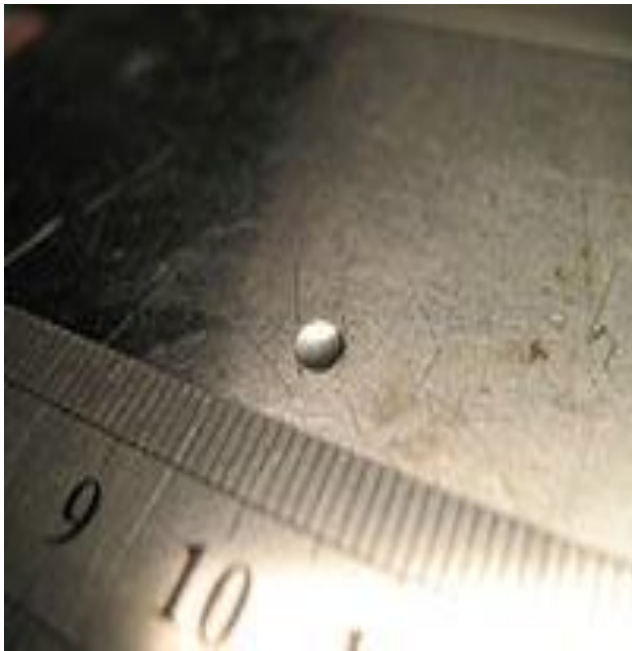


# Пример обозначения твердости по Бринеллю:

**600 HBW 10/3000/20,**

- где **600** — значение твердости по Бринеллю, кгс/мм<sup>2</sup>;
- **HBW** — символьное обозначение твердости по Бринеллю;
- **10** — диаметр шарика в мм;
- **3000** — приблизительное значение эквивалентной нагрузки в кгс (3000 кгс = 29420 Н);
- **20** — время действия нагрузки, с.

# Методика проведения испытаний и расчёт твёрдости



- Отпечаток индентора на эталонном образце. Твёрдость 96,5 HBW 10/1000/10

# Типичные значения твёрдости для различных материалов

| Материал   | Твёрдость                |
|--|--------------------------|
| Мягкое <a href="#">дерево</a> , например <a href="#">сосна</a> | 1,6 HBS 10/100           |
| Твёрдое дерево   | от 2,6 до 7,0 HBS 10/100 |
| <a href="#">Алюминий</a>                                       | 15 HB                    |
| <a href="#">Медь</a>   | 35 HB                    |
| <a href="#">Дюраль</a>   | 70 HB                    |
| Мягкая <a href="#">сталь</a>                                   | 120 HB                   |
| <a href="#">Нержавеющая сталь</a>                              | 250 HB                   |
| <a href="#">Стекло</a>   | 500 HB                   |

# Недостатки методики Бринелля

- Метод можно применять только для материалов с твердостью до 650 НВW.
- Твёрдость по Бринеллю зависит от нагрузки (обратный размерный эффект - reverse indentation size effect).
- При вдавливании индентора по краям отпечатка из-за выдавливания материала образуются навалы и наплывы, что затрудняет измерение как диаметра, так и глубины отпечатка.
- Из-за большого размера тела внедрения (шарика) метод неприменим для тонких образцов.

# Преимущества

- Зная твёрдость по Бринеллю, можно быстро найти предел прочности и текучести материала, что важно для прикладных инженерных задач:
- Так как метод Бринелля — один из самых старых, накоплено много технической документации, где твёрдость материалов указана в соответствии с этим методом.
- Данный метод является более точным по сравнению с методом Роквелла на более низких значениях твёрдости (ниже 30 HRC).
- Также метод Бринелля менее критичен к чистоте подготовленной под замер твёрдости поверхности.

**твердость по Бринеллю обозначают только числовым значением твердости и символом HB или HBW: например, 185 HB, 600 HBW.**

Примеры:

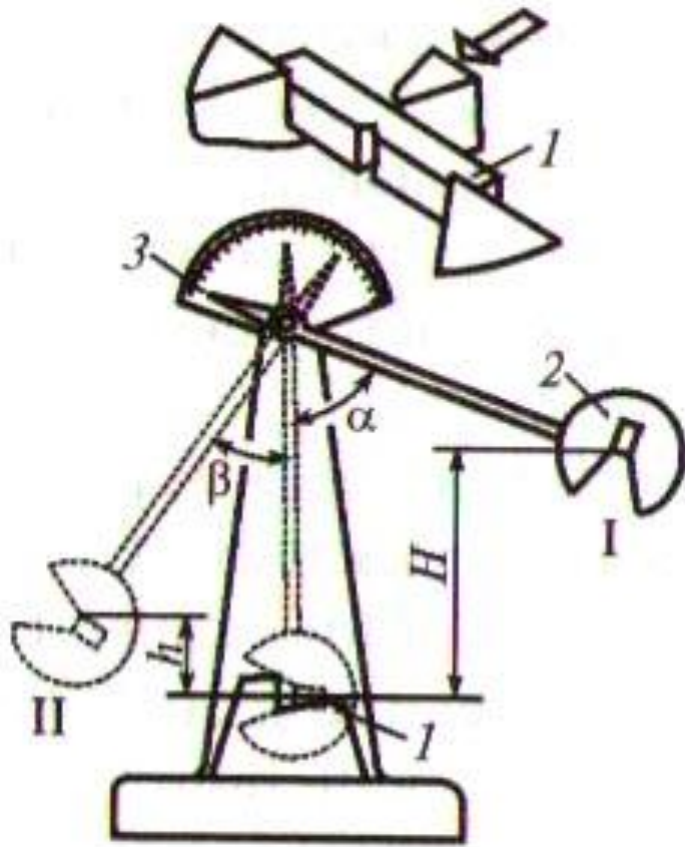
- 250 HB 5/750 /10
- 575 HBW 2,5/187, 5/30 -

# III. Ударная вязкость

- Ударная вязкость характеризует надежность материала, его способность сопротивляться хрупкому разрушению. Испытание проводят на образцах с надрезами определенной формы и размеров. Образец устанавливают на опорах копра надрезом в сторону, противоположную удару ножа маятника, который поднимают на определенную высоту.



# Схема ударного испытания образцов на маятниковом копре



- При падении маятник ударяет по образцу, разрушает его и поднимается в положение II на высоту  $h$ . Для остановки маятника имеется тормоз.

# Расчет вязкости материала

- Выразив высоту маятника в положении до и после удара через длину маятника  $l$  и углы  $\alpha$  и  $\beta$ , получим выражение для определения работы, затраченной на деформацию и разрушение образца:
- $K = Gl (\cos \beta - \cos \alpha)$ ,
- где  $\alpha$  — угол начального подъема маятника;  $\beta$  — угол подъема маятника после разрушения образца, фиксируемый на шкале 3 (см. Рис. 1).
- Масса груза и длина маятника известны. Угол  $\alpha$  является величиной постоянной. Зная угол  $\beta$  по результатам испытаний, определяют работу  $K$  и ударную вязкость  $KC$ .

- Образцы с V-образным надрезом являются основными и их и используют при контроле металлопродукции для ответственных конструкций (транспортных средств, летательных аппаратов др.), а образцы с U-образным надрезом применяют при приемочном контроле металлопродукции; образцы с T-образным надрезом предназначены для испытания материалов, работающих в особо ответственных конструкциях.
- При испытании металлов на удар определяют ударную вязкость, которую обозначают КС. *Ударная вязкость* КС - это отношение работы К разрушения стандартного образца к площади его поперечного сечения F в месте надреза:
- $КС = K/F, \text{ Дж/м}^2$

# Обозначение вязкости

- В зависимости от вида концентратора в образце (U, V, T) в обозначении ударной вязкости вводят третий индекс, согласно виду концентратора: KCU, KCV, KCT.

# Вывод:

| Название испытания       | обозначение  | нагрузки              |
|--------------------------|--|-----------------------|
| Твердость по Бринеллю    | <b>НВ или НВW</b>  | До 650Н               |
| Твердость по Роквеллу    | <b>HRA (шкала А)<br/>HRB (шкала В)<br/>HRC (шкала с)</b> | 588Н<br>980Н<br>1470Н |
| Прочность                | <b>–предел прочности</b>                                 |                       |
| Пластичность<br>Вязкость | <b>Е-удлинение E=l-l<sub>0</sub><br/>КСU, КСV, КСТ</b>   |                       |

# ПРИМЕР- заполни пробелы

- Медь - мягкий пластичный металл розовато-красного цвета, обладающий высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью. В отожженном состоянии она характеризуется пределом прочности при растяжении  $\Sigma = 19,6 - 23,6$  МПа. Твердостью по Бринеллю  $35 - 45$  НВ.  
кировка по прочности
- Алюминий - мягкий пластичный металл серебристо-белого цвета, отличается высокой электропроводностью, коррозионной стойкостью, малой плотностью и хорошо обрабатывается давлением. В отожженном состоянии алюминий обладает малой ..... $\Sigma_{\text{в}} = 78,5 - 118$  МПа и .....  $15-25$  НВ.