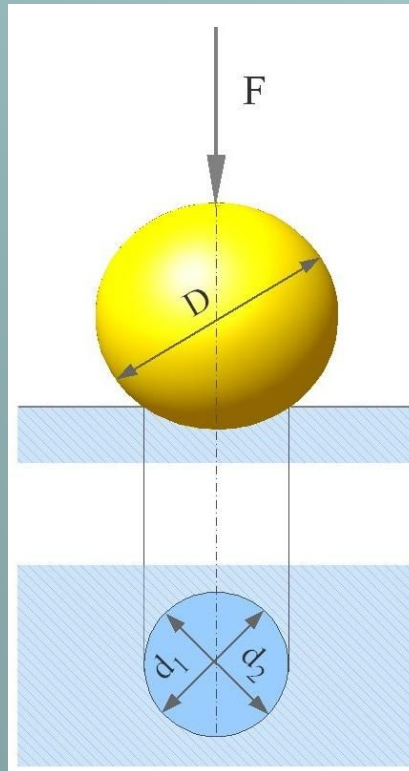


# Лабораторная работа

## Тема 3. Физико-механические свойства материалов

### Занятие 3.4. Определение твердости материалов.



## Цели занятия:

1. **Учебная:** ознакомить обучающихся с устройством и принципом работы пресса типа Бринелля и прибора типа Роквелла, а также с основными методиками определения твёрдости конструкционных материалов.
2. **Воспитательная:** сформировать у обучающимся мотивацию на обучение и повысить уровень общетехнической грамотности.
3. **Развивающая:** научить обучающихся самостоятельно определять твердость конструкционных материалов по методу Бринелля и Роквелла и грамотной работе с таблицами по определению твёрдости.

## **Учебные вопросы:**

- 1. Определение твердости по методу Бринелля;**
- 2. Определение твердости по методу Роквелла.**

# Элементы и детали механизмов, а также изделия к которым предъявляются требования высокой твердости поверхностного слоя



Рис. 1. Аварийно-спасательный инструмент. (Губки гидравлических ножниц).



Рис. 2. Узлы пожарной техники (Зубчатые колёса коробки отбора мощности)

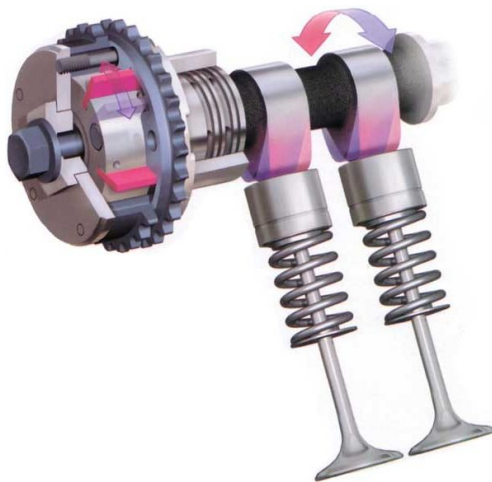


Рис. 3. Кулачки и клапана двигателя.



Рис. 4. Подшипники качения



Рис. 5. Режущий инструмент

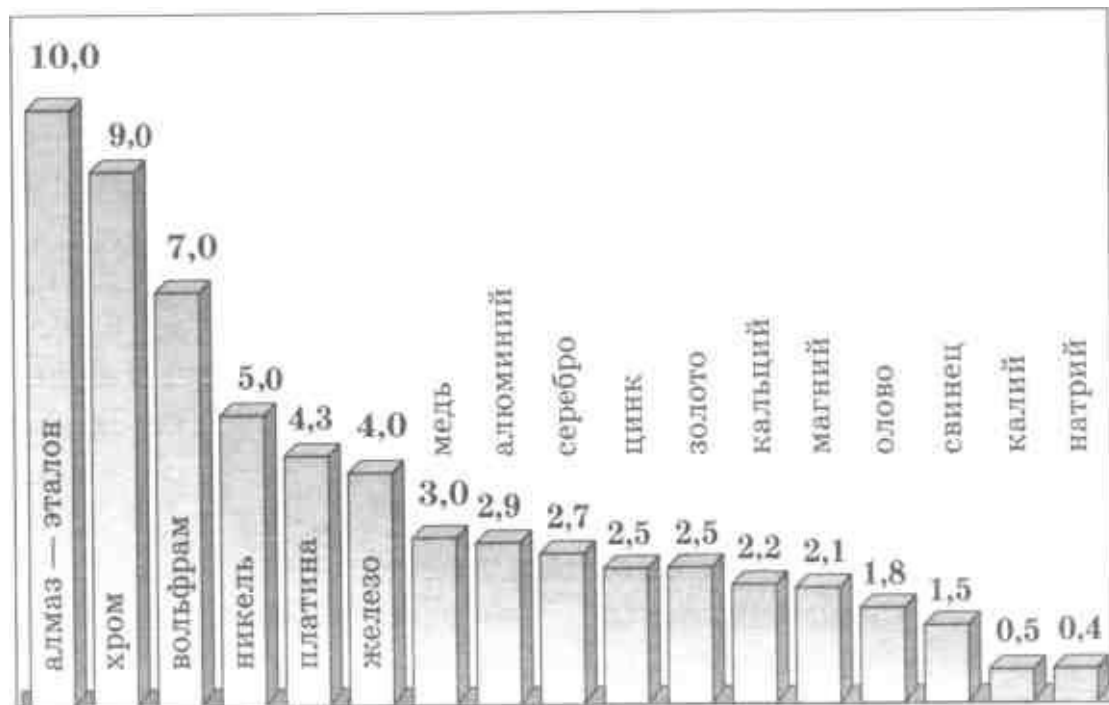
# Определение твердости материалов

**Твёрдость** — свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого стандартного тела — индентора.

## Методы определения твердости материалов

1. Бринелля;
2. Роквелла;
3. Супер Роквелла;
4. Виккерса;
5. Шора;
6. Мооса;
7. Царапанья;
8. Кузнецова — Герберта — Ребиндера;
9. Метод Польди;
10. Метод Бухгольца.

## Относительная твердость металлов



# Определение твердости по методу Бринелля

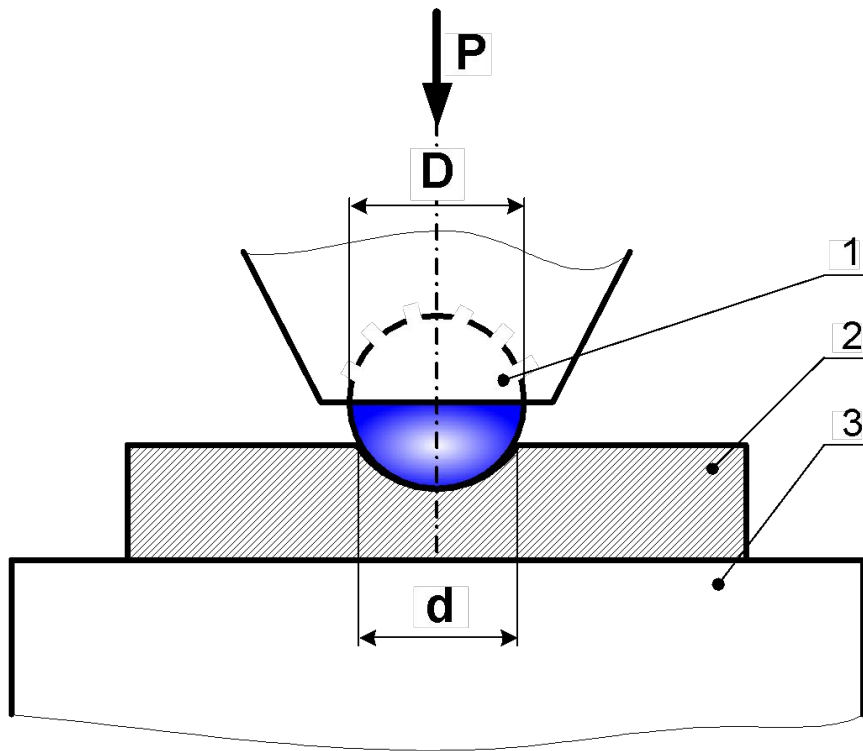


Рис. 1. Схема испытаний материалов на твердость по методу Бринелля:

- 1 — индентор;
- 2 — образец из испытуемого материала;
- 3 — опорный столик прессы Бринелля.

Йоганн Август  
Бринелль  
(шведский инженер,  
металлург)

1900 г. Швеция.



Формула для расчёта твердости по методу Бринелля

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D \times (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad [H / \text{мм}^2]$$

Обозначение твердости по методу Бринелля

HB – *Hardness Brinell*

HB – стальной шарик (HB < 450)

HBW – твердосплавной шарик (HB > 450)

# Определение твердости по методу Бринелля



Рис. 1. Пресс Бринелля

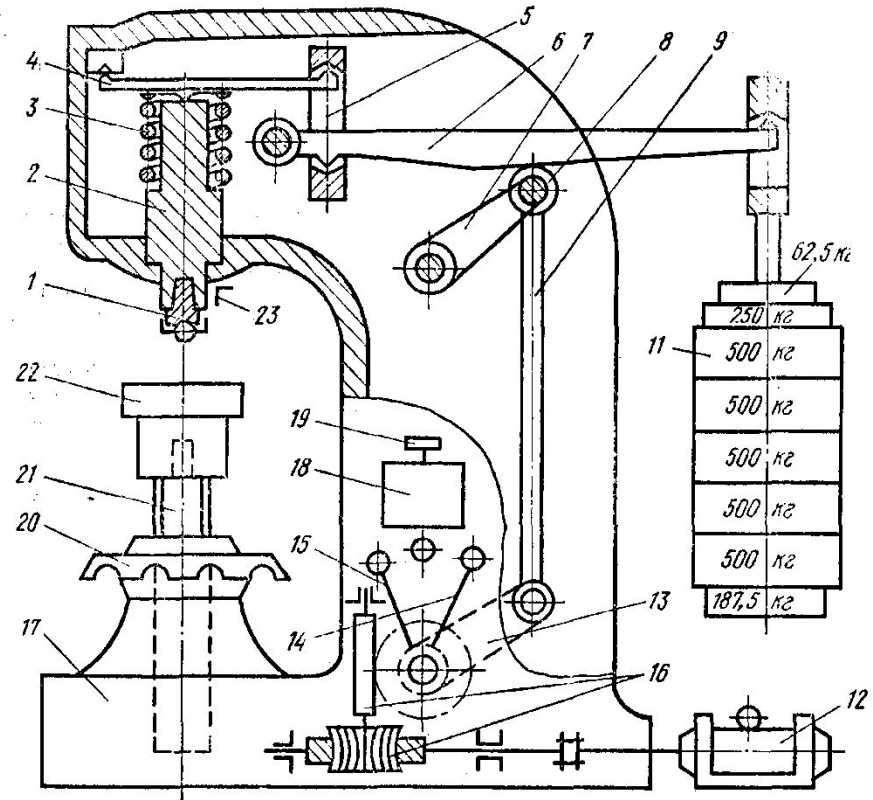


Рис. 2. Схема устройства прибора для определения твёрдости по Бринеллю: 1 — оправка с шариком (наконечник); 2 — шпиндель; 3 — пружина; 4 — малый грузовой рычаг; 5 — серьга; 6 — большой грузовой рычаг; 7 — качающийся рычаг; 8 — опорный ролик; 9 — шток; 10 — подвеска для грузов; 11 — грузы (гири); 12 — электродвигатель; 13 — кривошип; 14 — неподвижный упор автоматического выключателя; 15 — подвижный упор автоматического выключателя; 16 — червячный редуктор; 17 — станина прибора; 18 — переключатель; 19 — пусковая кнопка; 20 — маховик с гайкой; 21 — подъёмный винт; 22 — столик для плоских образцов; 23 — неподвижный упор .

# Определение твердости по методу Бринелля

## Методика определения твердости по методу Бринелля

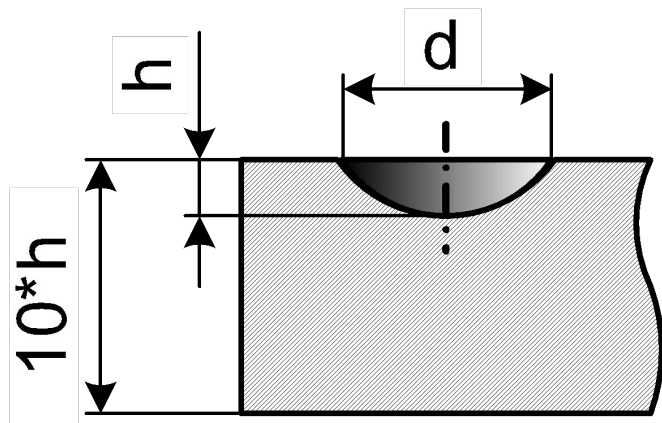


Рис. 1. Зависимость толщины испытываемого образца от глубины отпечатка

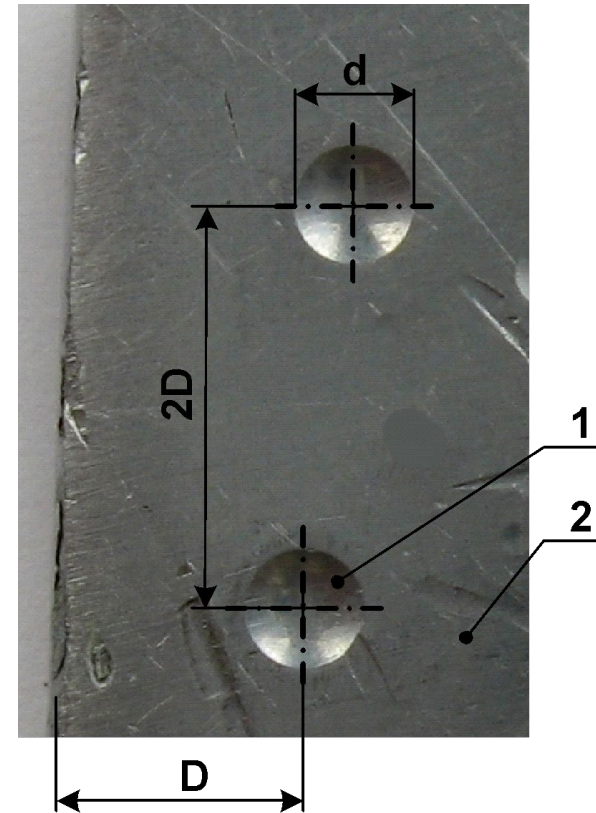


Рис. 2. Отпечатки индентора в испытываемом материале:

- 1 — отпечаток (лунка);
- 2 — испытываемый образец;
- $d$  — диаметр отпечатка (лунки);
- $D$  — диаметр шарика (индентора)



# Определение твердости по методу Бринелля

## Методика измерения отпечатка определения твердости по методу Бринелля

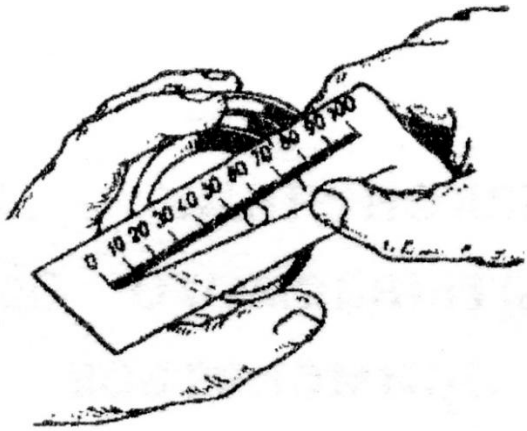


Рис. 1. Определение диаметра отпечатка с помощью шаблона



Рис. 2. Общий вид микроскопа МПБ-2 (лупы Бринелля):

- 1 — колонка;
- 2 — установочное кольцо;
- 3 — тубус;
- 4 — окуляр;
- 5 — объектив;
- 6 — труба тубуса.

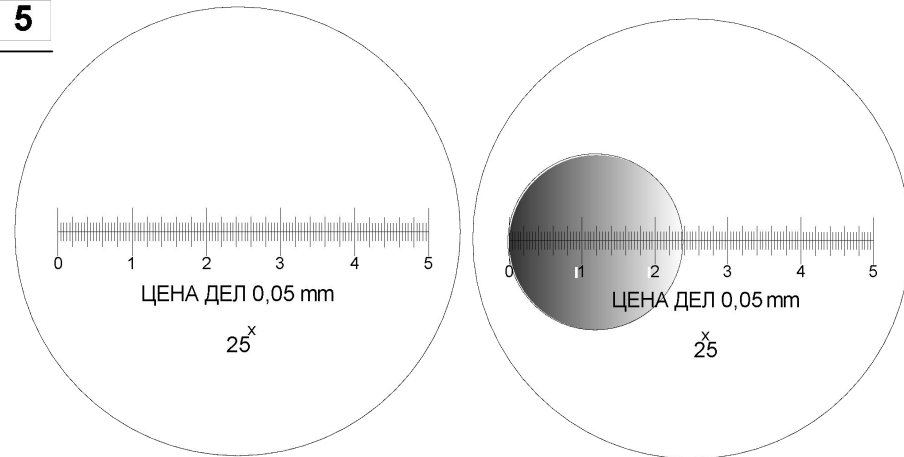


Рис.3. Установка шкалы микроскопа для измерения диаметра отпечатка.

# Определение твердости по методу Бринелля

## Протокол испытания материалов на твёрдость по методу Бринелля

Материал образца	Усилие на шарик, Р, кг.	Диаметр шарика (индентора) D, мм	Время выдержки под нагрузкой Т, с	Диаметр отпечатка d, мм			Твердость, НВ		Временное сопротивление $\sigma_b$ (МПа)
				Измерение			по формуле	по ГОСТ	
				1	2	Среднее значение			
Образец №1 (сталь)	3000	10	10	3,0	3,1				
Образец №2 (сталь)	3000	10	10	4,5	4,55				
Образец №3 (сталь)	3000	10	10	3,6	3,65				

# Соотношения числа твердости по Бринеллю (НВ) и предела прочности при растяжении (временного сопротивления) $\sigma_B$ (МПа)

Наименование материала	Значение твердости по Бринеллю (НВ)	Временное сопротивление $\sigma_B$ (МПа)
Серый чугун	-	$\sigma_B \approx (НВ\ 40)/6$
Сталь	при $НВ\ 125 \div 175$	$\sigma_B \approx 3,4\ НВ$
Сталь	при $НВ$ более 175	$\sigma_B \approx 3,5\ НВ$
Латунь, бронза	отожжённая	$\sigma_B \approx 5,5\ НВ$
Латунь, бронза	наклёпанная	$\sigma_B \approx 4,0\ НВ$
Алюминий (Алюминиевые сплавы)	( $НВ\ 20 \div 45$ )	$\sigma_B \approx 3,3 \div 3,6\ НВ$
Дуралюмины (деформируемые)	отожжённый сплав	$\sigma_B \approx 3,6\ НВ$
Дуралюмины (деформируемые)	после закалки и старения	$\sigma_B \approx 3,5\ НВ$
Цинковые сплавы	-	$\sigma_B \approx 0,9\ НВ$

# Определение твердости по методу Роквелла\*

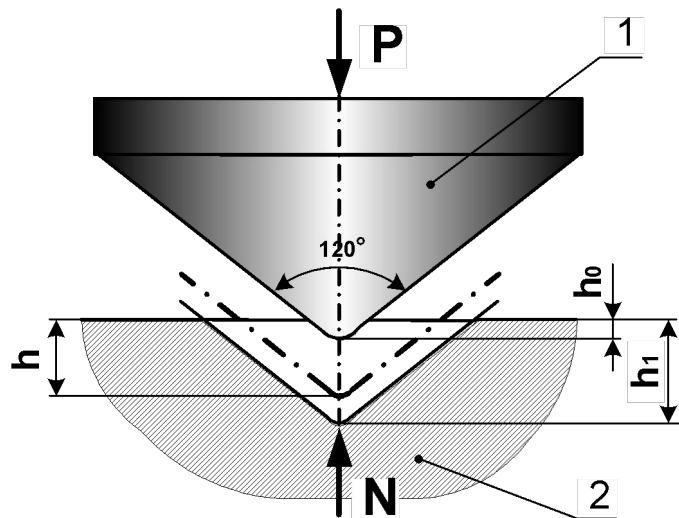


Схема определения твердости по методу Роквелла при вдавливании в испытуемый образец алмазного конуса:

$h_0$  — углубление конуса под действием предварительной нагрузки  $P_0 = 100$  Н;

$h_1$  — углубление конуса под действием общей нагрузки  $P = P_0 + P_1$ ;

$h$  — глубина остаточного вдавливания индентора после снятия нагрузки  $P$ ;

$N$  — сила реакции опоры от действия прикладываемой нагрузки  $P$ ;

1 — индентор (конус);

2 — испытуемый образец

Единицы измерения  
[Условная величина]

Обозначение  
[HRC, HRB, HRA]

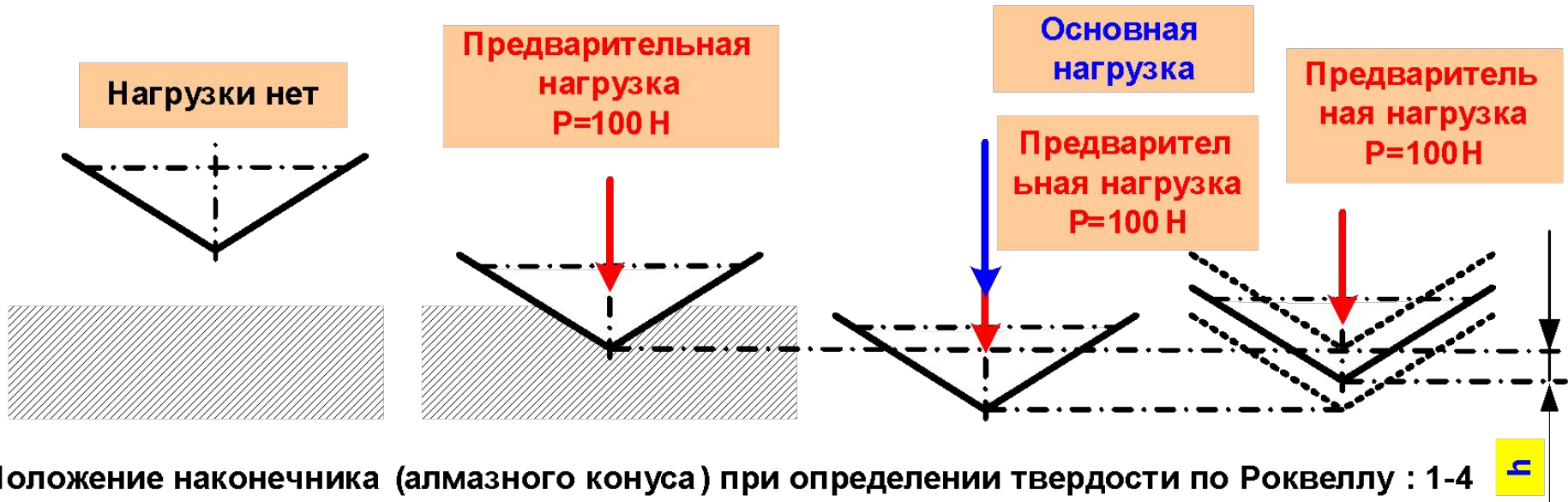
1916 г.



Индентор для прибора Роквелла

\* Назван по имени американского металлурга *С. Л. Роквелла* (S. P. Rockwell).

# Определение твердости по методу Роквелла



Положение наконечника (алмазного конуса) при определении твердости по Роквеллу : 1-4 последовательность нагружения .

# Определение твердости по методу Роквелла



Рис. 1. Общий вид прибора Роквелла



Рис. 2. Индикатор часового типа на приборе Роквелла

# Определение твердости по методу Роквелла

## Протокол испытания материалов на твёрдость по методу Роквелла

Материал образца	Усилие на конусе (шарике), Р, Н	Тип наконечника (алмазный конус/стальной шарик)	Твердость, HRC				Твердость, HB	Твердость, HV
			Измерение			Среднее значение		
			1	2	3			
Образец №1	1500	Алмазный конус	63,8	64,5	66,0			
Образец №2	1500	Алмазный конус	43,2	45,0	46,7			



К сертификату  
РОСС SE.SA03.A09833

**СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ СЛУЖЕБНОГО  
И ГРАЖДАНСКОГО ОРУЖИЯ**

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«Экспертно-криминалистический центр  
Министерства внутренних дел Российской Федерации»

Испытательная лаборатория холодного и метательного оружия  
(Аттестат аккредитации: РОСС RU. 0001.21МЖ33 от 7 июня 1998 г.)

125130, г. Москва, ул. Э. и А. Космодемьянских, 5

Тел. (095) 156-50-26, 156-50-27

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЛИСТОК**

К ПРОТОКОЛУ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
№ 4765 С-2618 от 20 сентября 2001 г.



Нож «MORA 2000», изготовленный фирмой «K.J. Eriksson», Швеция. Испытанный образец является ножом туристическим и не относится к гражданскому холодному оружию. Соответствует требованиям ГОСТ Р 51501-99 «Ножи туристические и специальные спортивные. Общие технические условия».

**Технические характеристики:**

общая длина, мм	235	длина рукоятки, мм	120
длина клинка, мм	115	ширина рукоятки (в ср. части), мм	32
наибольшая ширина клинка, мм	24	толщина рукоятки (в ср. части), мм	21
толщина клинка, мм	2,4	твердость клинка, HRC	54,2

Примечание. Толщина клинка не более 2,4 мм.



Заместитель начальника  
ГУ ЭКЦ МВД России

Ю.М. Джалан

# Ножницы гидравлические

Профессиональная серия



Паспорт модели:  
**НГО-85 (КВТ)**  
**НГО-105 (КВТ)**  
**НГО-120 (КВТ)**

**Технические характеристики**

Параметры/Инструмент	НГО-85	НГО-105	НГО-120
Тип ножниц	Открытого типа	Открытого типа	Открытого типа
Максимальный диаметр разрезаемого кабеля, мм	85	105	120
Максимальное усилие, т	6,5	13,7	13,7
Твердость лезвий, HRC	48...52	48...52	48...52
Диапазон рабочих температур	-15°...+50 °С	-15°...+50 °С	-15°...+50 °С
Рабочая жидкость	Гидравлическое всесезонное масло «КВТ»		
Длина, мм	460	540	620
Вес, кг	5,4	10,5	12,9
Габариты упаковки, мм	490x250x130	600x300x130	660x340x130
Ножницы совместимы с любыми гидравлическими помпами «КВТ» с объемом рабочей жидкости не менее 0,8 л			



# Определение твердости по методу Виккерса\*



Рис. 1. Прибор для определения твердости по Виккерсу.

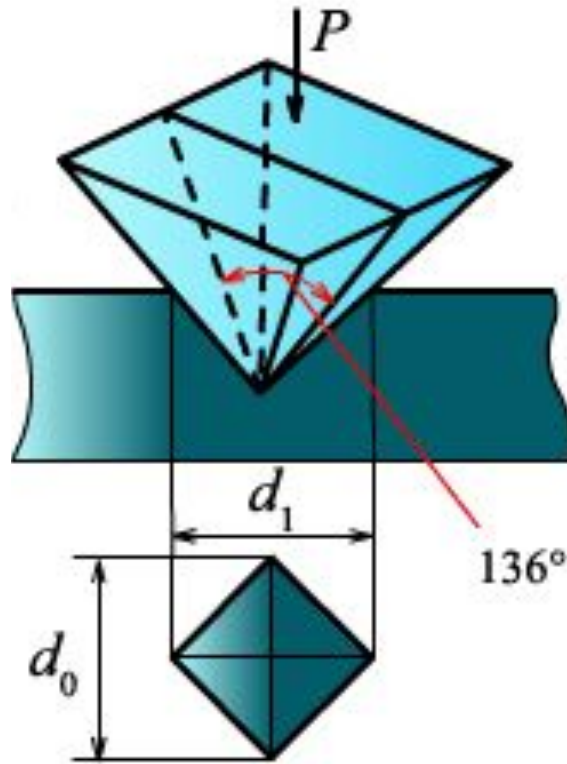


Рис. 2. Схема определения твердости по Виккерсу.

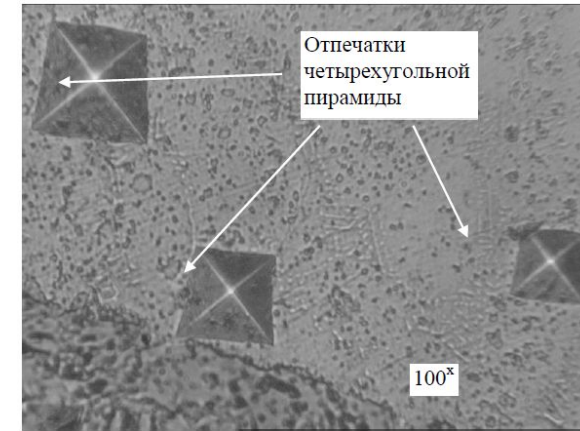


Рис. 3. Отпечатки четырехгранной пирамиды.

**Виккерс\*** - Название от английского военно-промышленного концерна «Vickers Limited».

# Определение твердости по методу Виккерса

Твердость рассчитывается как отношение приложенной нагрузки  $P$  к площади поверхности отпечатка  $F$ :

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2}$$

Обозначение: **HV** – (*Hardness Vickers*);

Единицы измерения: **Безразмерная величина**;

**Преимущество метода Виккерса:**

1. Возможность измерять твердость любых материалов, тонких изделий, поверхностных слоёв.
2. Высокая точность и чувствительность метода.

# Соотношения мер твёрдости Бринелля – Роквелла – Виккерса

Диаметр отпечатка, d, мм	По Бринеллю, HB	По Роквеллу			По Виккерсу, HV	Диаметр отпечатка, d, мм	По Бринеллю, HB	По Роквеллу			По Виккерсу, HV
		HRC	HRA	HRB				HRC	HRA	HRB	
2,00	946					3,55	293	31	66		291
2,05	898					3,60	286	30	66		285
2,10	875					3,65	277	29	65		278
2,15	817					3,70	269	28	65		272
2,20	782	72	89		12200	3,75	262	27	64		261
2,25	744	69	87		11140	3,80	255	26	64		255
2,30	713	67	85		10210	3,85	248	25	63		250
2,35	683	65	84		9670	3,90	241	24	63	100	240
2,40	652	63	83		9400	3,95	235	23	62	99	235
2,45	627	61	82		8030	4,00	229			98	226
2,50	600	59	81		7460	4,05	223			97	221
2,55	578	58	80		6940	4,10	217			97	217
2,60	555	56	79		6490	4,15	212			96	213
2,65	532	54	78		6060	4,20	207			95	209
2,70	512	52	77		5870	4,25	201			94	201
2,75	495	51	76		5510	4,30	197			93	197
2,80	477	49	76		5340	4,35	192			92	190
2,85	460	48	75		5020	4,40	187			91	186
2,90	444	47	74		4740	4,45	183			89	183
2,95	429	45	73		4600	4,50				88	177
3,00	415	44	73		4350	4,55				87	174
3,05	401	43	72		4230	4,60				86	170
3,10	388	41	71		4010	4,65				85	166
3,15	375	40	71		3900	4,70				84	163
3,20	363	39	70		3800	4,75				83	159
3,25	352	38	69		3610	4,80				82	156
3,30	341	37	69		3440	4,85				81	153
3,35	331	36	68		3350	4,90				80	149
3,40	321	35	68		3200	4,95				79	146
3,45	311	34	67		3120	5,00				78	143
3,50	302	33	67		3050						

# Определение твердости по методу МООСа



Рис.1. Фридрих Моос.

Минералогической шкалой твёрдости, шкалой твёрдости Мооса называют как набор стандартных минералов для определения относительной твёрдости методом царапания эталоном испытываемого объекта, так и собственно десятибалльную шкалу относительной твёрдости минералов.

## Шкала твердости Мооса

Тальк Твердость 1 Царапается ногтем	Ортоклаз Твердость 6 Царапается напильником
Гипс Твердость 2 Царапается ногтем	Кварц Твердость 7 Поддается обработке
Кальцит Твердость 3 Царапается ножом	Топаз Твердость 8 Царапает стекло
Флюорит Твердость 4 Царапается ножом	Корунд Твердость 9 Царапает стекло
Апатит Твердость 5 Царапается ножом	Алмаз Твердость 10 Режет стекло



Рис.2. Набор карандашей для определения твердости по Моосу.

# Определение твердости по методу Шора

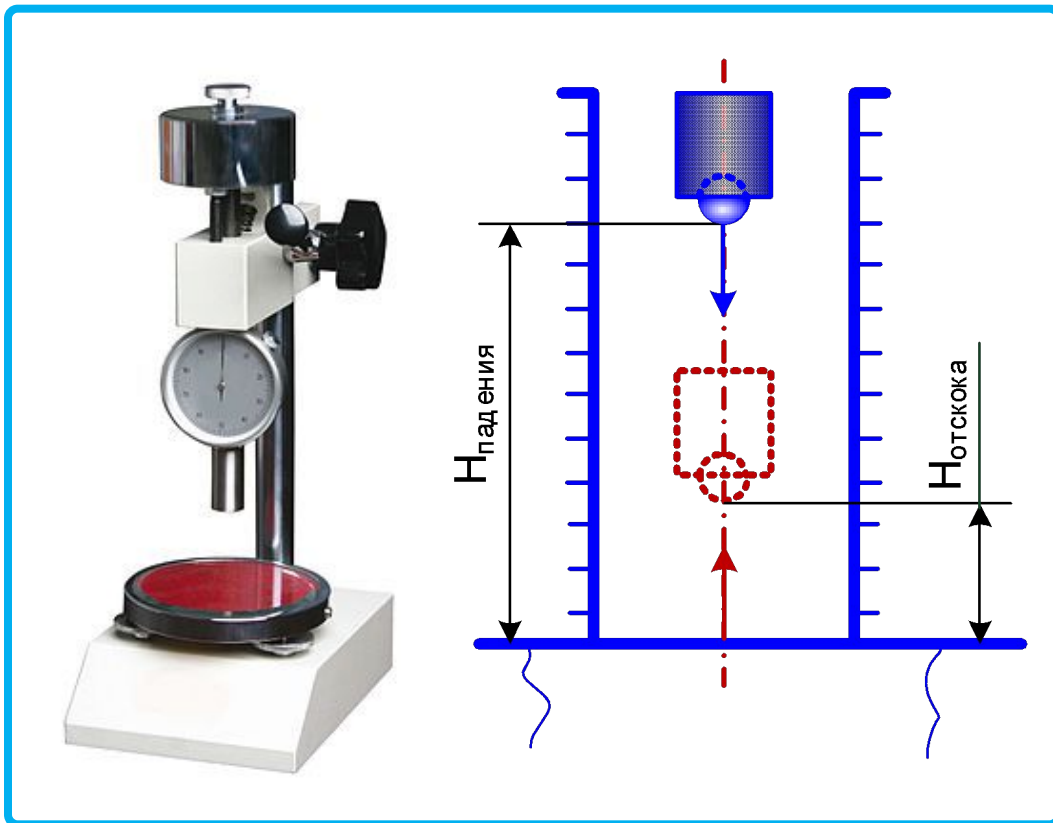


Рисунок 1. Аналоговый дюрومتر Шора, установленный на штативе с устройством пригрузки.



Рис.2. Цифровой дюрومتر Шора



Индекс нагрузки	94 Н
Твердость резины по Шору	60
Глубина протектора, мм	8,0
Страна изготовления	Финляндия
Минимальная цена	1 300 000 руб.

## **Задание**

- 1. Оформить отчет по лабораторной работе в тетради (вычертить схемы, выполнить расчеты, записать вывод).**
- 2. Работу подписать, сфотографировать и выслать на проверку**

**Отчет по лабораторной работе выслать на электронную почту:**

**ledebur@mail.ru**

### **Литература:**

- 1. Пучков, П.В. Материаловедение и технология материалов (Лабораторный практикум): Учебное пособие / П.В.Пучков, В.В. Киселёв. – Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2011. С. 7 – 26.**