



«Новые методы определения твёрдости материалов»

Лекция 34

Lec_34_metod_opr_tverd_3MC_LNA_23_12_2015

Эталоны твёрдости.

**Профессор Мощенок В.И.
Доцент Лалазарова Н.А.**

Содержание



34.1. Понятие эталона.



34.2. История эталонов.



34.3. Классификация эталонов.



34.4. Эталоны твёрдости.



34.5. Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса



Список литературы



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы

34.1. Понятие эталона

Одной из главных задач метрологии является обеспечение единства измерений. Решение этой задачи невозможно без создания эталонной базы измерений.

Попытки решения задачи обеспечения единства измерений привели более двухсот лет назад во Франции к идее создания метрической системы,

а затем – к подписанию рядом стран метрической конвенции в 1875 году. Именно с тех пор в метрологическую практику вошло слово «эталон».

Слово **"эталон"** — французского происхождения (etalon); в буквальном смысле означает образец, мерило, идеальный или узаконенный образец чего-либо. В словаре синонимов русского языка оно стоит в одном ряду с такими словами, как образец, пример, образчик. В этом широком значении слово "эталон" и производные от него слова находят употребление в самых различных областях практической деятельности.

Понятие эталона

При наличии в стране большого парка рабочих средств измерений различной точности возникает необходимость в создании системы образцов разной степени точности для данной измеряемой физической величины, и тем самым — к иерархической соподчиненности образцов единицы в такой системе.

Именно по такому иерархическому принципу разрабатываются в нашей стране так называемые

поверочные схемы для средств измерений отдельных физических величин.

Непременным элементом любой из действующих сейчас поверочных схем является **государственный эталон Украины** единицы данной величины, обеспечивающий централизованное воспроизведение и хранение единицы для передачи ее размера всем остальным средствам измерений в соответствии с утвержденной поверочной схемой. Все остальные разновидности эталонов называют вторичными.

Понятие эталона

Первичный эталон — эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью. Первичные эталоны подразделяются на национальные (государственные), международные и специальные.

Вторичный эталон — эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Национальный эталон — эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны.

Первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории Украины, называется **государственным первичным эталоном**. Оба термина имеют адекватное значение. Термин "национальный эталон" применяется тогда, когда хотят подчеркнуть соподчиненность государственного эталона международному. **Международный эталон** — эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Понятие эталона

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных **сличениях** национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами,

а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей.



Международное бюро весов и мер, Париж

Сличению подлежат как эталоны основных величин системы СИ, так и производных.

Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны — один раз в 3 года.

34.2.История эталонов

Самыми первыми официально утвержденными эталонами были прототипы метра и килограмма, изготовленные во [Франции](#), которые в 1799 г. были переданы на хранение в Национальный архив [Франции](#), поэтому их стали называть "метр Архива" и "килограмм Архива". С 1872 г. килограмм стал определяться как равный массе "килограмма Архива".

принятый в 1791 г. Национальным собранием [Франции](#) эталон метра, равный одной десятиллионной части четверти дуги парижского меридиана, в 1837 г. пришлось пересмотреть.

Французские ученые установили, что в четверти меридиана содержится не 10 млн., а 10 млн. 856 метров.

В этой связи ученые Петербургской академии наук в 1872 г. предложили создать международную комиссию для решения вопроса о целесообразности внесения изменений в эталон метра. Комиссия решила не создавать новый эталон, а принять в качестве исходной единицы длины "метр Архива", хранящийся во [Франции](#). В 1875 г. была принята Международная метрическая конвенция, которую подписала и Россия.

История эталонов

Уже в XX в. (1967 г.) были опубликованы исследования более точного измерения парижского меридиана, которые показали, что четверть меридиана равна 10 млн. 1954,4 метра.

Таким образом, "метр Архива" всего на 0,2 мм короче меридионального метра.



Международный эталон метра, использовавшийся с 1889 по 1960 год.

В 1889 г. был изготовлен 31 экземпляр эталона метра из платино-иридиевого [сплава](#).

Оказалось, что эталон № 6 при [температуре](#) 0°C точно соответствует длине "метра Архива", и именно этот экземпляр эталона по решению I Генеральной конференции по мерам и [весам](#) был утвержден как международный эталон метра, который хранится в г. Севре ([Франция](#)). Остальные 30 эталонов были переданы разным государствам. Россия получила № 28 и № 11, причем в качестве государственного был принят эталон № 28.

История эталонов

Новейшие достижения науки позволили в 1983 г. на XVII Генеральной конференции мер и весов принять новое определение метра как длины пути, проходимого светом за $1/299792458$ доли секунды в условиях вакуума.

Не менее интересна история эталона единицы массы. "Килограмм Архива", который был принят за эталон массы в 1872 г.,

Международный эталон килограмма



Представляет собой цилиндр, изготовленный из сплава платины и иридия, хранится в городе Севре, недалеко от Парижа

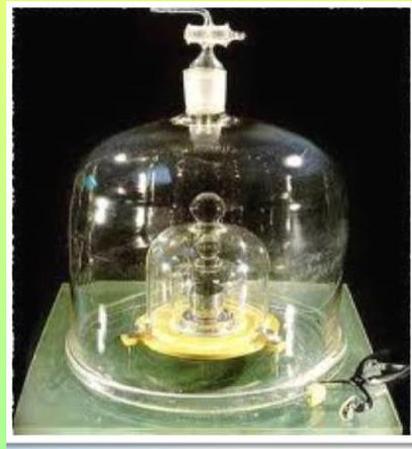
представляет собой платиновую цилиндрическую гирю, высота и диаметр которой равны по 39 мм.

Прототипы (вторичные эталоны) для практического применения были сделаны из платино-иридиевого сплава, За международный прототип килограмма была принята платино-иридиевая гиря, по точности в наибольшей степени соответствующая массе "килограмм Архива".

История эталонов

По решению I Генеральной конференции по мерам и весам России из 42 экземпляров прототипов килограмма были переданы № 12 и № 26, причем № 12 утвержден в качестве государственного эталона массы (см. рис. 28.1). Прототип № 26 использовался как вторичный эталон.

Национальный (государственный) эталон массы хранится на кварцевой подставке под двумя стеклянными колпаками в стальном сейфе, температура воздуха поддерживается в пределах $20 \pm 3^\circ\text{C}$,



относительная влажность 6 5%. Один раз в 10 лет с ним сличаются два вторичных эталона.

При сличении с международным эталоном наш национальный эталон массы получил значение $1,0000000877$ кг.

Для передачи размера единицы массы от прототипа № 12 вторичным эталонам используются специальные весы. Погрешность воспроизведения килограмма составляет $2 \cdot 10^{-9}$.

История эталонов

За 100 с лишним лет существования описанного прототипа килограмма, конечно, были попытки создать более современный эталон на основе фундаментальных физических констант масс различных атомных частиц (протона, электрона и т.д.).

Однако на современном уровне научно-технического прогресса пока не удалось воспроизвести этим



новейшим методом массу килограмма с меньшей погрешностью, чем существующая.

Отклонения массы эталонов, определяемые при международных сличениях, показывают достаточную степень ее стабильности.

34.3. Классификация эталонов

Первичному эталону соподчинены **вторичные и рабочие (разрядные)** эталоны. Размер воспроизводимой единицы вторичным эталоном сличается с государственным эталоном.

Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и в свою очередь служат для передачи размера



менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Эталон-копия представляет собой вторичный эталон, предназначенный для хранения единицы и передачи ее размера рабочим эталонам. Он не всегда может быть физической копией государственного эталона.

Классификация эталонов

Эталон сравнения — вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличаемы друг с другом. Примером эталона сравнения может служить группа нормальных элементов, применяемая для сличения государственного эталона вольты России с эталоном вольты Международного бюро мер и весов.

Примером эталона
сравнения может
служить группа
нормальных
элементов,



применяемая для
сличения
государственного эталона
вольты России с эталоном
вольты Международного
бюро мер и весов.

Эталон-свидетель — вторичный эталон, применяемый для проверки сохранности государственного эталона и для замены его в случае порчи или утраты. Эталон-свидетель применяется лишь тогда, когда государственный эталон является невоспроизводимым.

Классификация эталонов

В состав эталонов включают:

- средства воспроизведения единицы (первичные измерительные преобразователи, измерительные установки);

- средства хранения размеров единицы (меры);
- средства передачи размеров единицы (компараторы, эталоны сравнения);

- средства хранения и передачи размеров единицы (измерительные приборы);

- другие СИ и технические средства (средства контроля условий измерений, вычислительные средства, системы питания, измерительные принадлежности и др.).

Конструктивно эталоны могут быть оформлены в виде измерительных установок, называемых в этом случае **поверочными установками**. **Основные метрологические требования к эталонам** должны обеспечивать высокую точность результатов измерений при воспроизведении единицы, хранении и (или) передаче ее размера.

34.4. Эталоны твёрдости

Меры твёрдости эталонные первого и второго разрядов (далее – меры) предназначены для воспроизведения твёрдости металлов по всем стандартизированным шкалам твердости.

Меры применяются при проверке и калибровке приборов для измерения твёрдости металлов (далее — твердомеров).



Меры твёрдости по Виккерсу

Меры изготавливаются в виде плиток прямоугольной или круглой формы из углеродистой или легированной стали по ГОСТ 9031-75 "Меры твердости образцовые. Технические условия".

Меры предназначены для воспроизведения твёрдости металлов по шкалам Роквелла, Супер-Роквелла, Бринелля, Виккерса и Шора соответственно.

Эталоны твёрдости

По ГОСТ 9031 на боковую поверхность эталонной меры твердости наносится:

- товарный знак фирмы-производителя ;

- месяц поверки;
- порядковый номер меры, присвоенный органом государственной метрологической службы, производившей первичную поверку;



Меры твёрдости по Роквеллу

- значение твердости меры с обозначением шкалы твердости.



На рабочую поверхность (в правый нижний угол) наносится Государственное поверочное клеймо, принадлежащее органу государственной метрологической службы, производившему поверку.

Эталоны твёрдости

- минимальный разброс показаний твердости по поверхности;
- долговременная стабильность;

Соответствие международным и национальным стандартам

- ISO 6506, ISO 6507, ISO 6508
- ASTM E92, ASTM E384, ASTM E18, ASTM E10



Меры твёрдости по Роквеллу

Эталонные меры твердости первого и второго разрядов являются средством измерения твердости, подлежащим обязательной поверке.

Первичная и периодическая поверка мер осуществляется органами государственной метрологической службы, аккредитованными на право поверки средств измерения твердости. Межповерочный интервал — 2 года. В соответствии с действующими государственными поверочными схемами, меры первого разряда градуируются только на государственных эталонах твердости. По мерам первого разряда поверяются твердомеры-компараторы (рабочие эталоны твердости 1 разряда). Меры второго разряда градуируются на твердомерах-компараторах, применяемые в органах, аккредитованных на право поверки средств измерений твёрдости. По мерам второго разряда поверяются рабочие средства измерений твердости (стационарные, переносные и портативные твердомеры).

Эталоны твёрдости

Единство измерений твердости металлов базируется на созданных в 1999 году в ННЦ «Институт метрологии» государственных первичных эталонах твердости по шкалам Бринелля, Виккерса, Роквелла, Суперроквелла.



Кроме передачи единиц твердости территориальным органам ЦОВМ, ННЦ «Институт метрологии» освоил изготовление рабочих эталонов единиц твердости 1-го и 2-го разрядов, которыми уже оснащены большое количество промышленных предприятий.

Державний первинний еталон одиниць твердості за шкалами Роквелла і Супер-Роквелла

Державний первинний еталон одиниць твердості за шкалами Роквелла і Супер-Роквелла			
Шифр еталона за реєстром	ДЕТУ 02-04-99		
Номинальне значення або діапазон значень одиниці вимірювань, яку відтворює або зберігає еталон	(70-93) HRA (25-100) HRB (20-67) HRC (70-94) HRN15 (40-86) HRN30 (20-78) HRN45 (62-93) HRT15 (15-82) HRT30 (10-72) HRT45	Середній квадратичний відхил результату вимірювань	Не перевищує 0,08 HR Не перевищує 0,16 HR
Рік створення еталона	1999	Невилучена систематична похибка	Не перевищує 0,25 HR Не перевищує 0,5 HR
Місце створення	ННЦ „Інститут метрології”		
Організація-зберігач	ННЦ „Інститут метрології”		
Документ на державну повірочну схему, яку очолює еталон	ДСТУ 3869-99 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань твердості за шкалами Роквелла і Супер-Роквелла		
Вчений зберігач	Довженко Яків Сергійович, начальник лабораторії ННЦ „Інститут метрології”		

Державний первинний еталон одиниць твердості за шкалами Брінелля та Віккерса

Державний первинний еталон одиниць твердості за шкалами Брінелля та Віккерса			
Шифр еталона за реєстром	ДЕТУ 02-03-99		
Номинальне значення або діапазон значень одиниць вимірювань, яку відтворює або зберігає еталон	(8 - 450) HB (95 - 650) HBW (8 - 2000) HV	Середній квадратичний відхил результату вимірювань	Не перевищує $1 \cdot 10^{-3}$ Не перевищує $2 \cdot 10^{-3}$ (9,8 - 19,6) Н $1 \cdot 10^{-3}$ (49 - 980,7) Н
Рік створення еталона	1999	Невилучена систематична похибка	Не перевищує $3 \cdot 10^{-3}$ Не перевищує $6 \cdot 10^{-3}$ (9,8 - 19,6) Н $3 \cdot 10^{-3}$ (49 - 980,7) Н
Місце створення	ННЦ „Інститут метрології”		
Організація-зберігач	ННЦ „Інститут метрології”		
Документ на державну повірочну схему, яку очолює еталон	ДСТУ 3870-99 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань твердості за шкалами Брінелля і Віккерса		
Вчений зберігач	Довженко Яків Сергійович, начальник лабораторії ННЦ „Інститут метрології”		

Паспорта на меры твёрдости (ХНАДУ)

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Кафедра технологии металлов и материаловедения

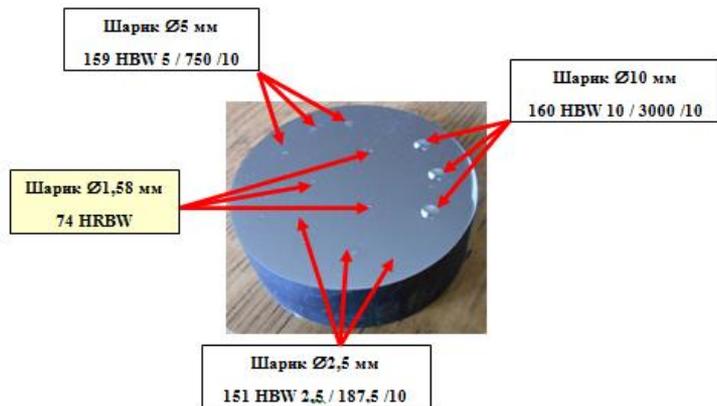
ПАСПОРТ

универсальной образцовой меры твёрдости
из стали 45 химического состава:
0,43 % C, 0,75 % Mn, 0,25 % Si, S и P ≤ 0,35 %
Термическая обработка - отжиг.
Микроструктура стали - феррит и перлит.



160 HBW 10 / 3000 / 10

74 HRBW



Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Кафедра технологии металлов и материаловедения

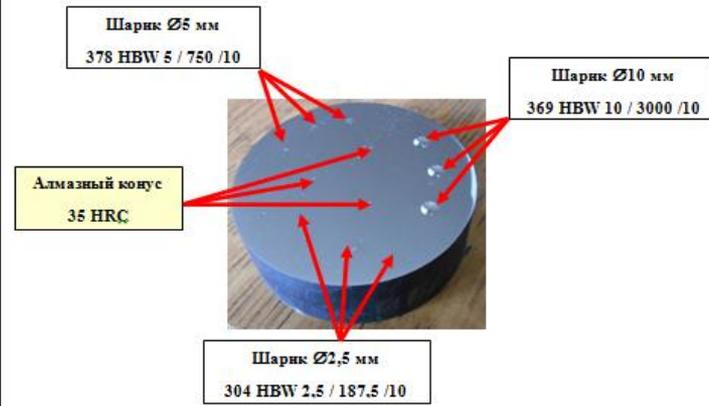
ПАСПОРТ

универсальной образцовой меры твёрдости
из стали 40X химического состава:
0,43 % C, 0,9 % Cr, 0,75 % Mn, 0,25 % Si, S и P ≤ 0,35 %
Термическая обработка – закалка и высокий отпуск.
Микроструктура стали – сорбит отпуска.



369 HBW 10 / 3000 / 10

35 HRC



34.5. Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

ДСТУ ISO 6507-3:2008 Металеві матеріали. Визначення твердості за Віккерсом. Частина 3. Калібрування еталонних зразків.

Толщина каждой металлической меры, подлежащей калибровке, должна быть не менее 5 мм



Эталонные меры должны быть размагничены в конце производственного процесса.

На рабочей поверхности не должно быть царапин, препятствующих измерению отпечатков. Шероховатость (ГОСТ 2789) Ra не должна превышать 0,00005 мм для рабочей поверхности и 0,0008 мм - для опорной поверхности. Базовая длина должна быть равна 0,80 мм.

Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

Эталонный твердомер Виккерса необходимо подвергать калибровке. Поэлементную калибровку эталонного твердомера необходимо проводить с интервалом, не превышающим 12 мес.

- а) проверку испытательной нагрузки - испытательной силы;
- б) проверку наконечника;
- в) проверку измерительного прибора;
- г) проверку испытательного цикла или при невозможности проведения по крайней мере
- д) проверку зависимости нагрузки от времени.

- Каждое значение прилагаемой нагрузки (силы) должно соответствовать
- номинальному значению испытательной нагрузки (силы), предусмотренному ГОСТ Р ИСО
- 6507-1, с допустимым отклонением:
 - $\pm 0,1\%$ - для нагрузки (силы) 1,961 Н;
 - $\pm 0,5\%$ - для нагрузки (силы) $< 1,961$ Н.

Испытательную нагрузку (силу) измеряют одним из следующих способов:

- с помощью динамометра в соответствии с ГОСТ 9500;
- посредством уравнивания с использованием эталонных грузов с погрешностью не более $\pm 0,2\%$ или иным методом, обеспечивающим такую же точность.

Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

Алмазный наконечник Виккерса должен соответствовать следующим требованиям:

а) все четыре грани алмазной пирамиды должны быть отполированными, без поверхностных дефектов и иметь плоскостность поверхности с погрешностью до 0,0003 мм;

б) угол между противоположными гранями при вершине алмазной пирамиды должен составлять $136 \pm 0,1^\circ$.

Угол между осью алмазной пирамиды и осью оправки наконечника (перпендикулярно к посадочной плоскости) должен быть менее $0,3^\circ$;

в) вершина алмазного наконечника должна быть исследована с помощью измерительного микроскопа с высокой разрешающей способностью или, предпочтительно, с помощью интерференционного микроскопа. Если четыре грани не сходятся в одной точке, значение длины линии перемычки между противоположными гранями должно соответствовать значениям, приведенным в таблице 1;

Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

г) должно быть подтверждено, что углы четырехугольника, сформированного пересечением граней с плоскостью, перпендикулярной к оси алмазной пирамиды, составляют $90^\circ \pm 0,2^\circ$.

Таблица 1

Диапазон испытательной нагрузки (силы) F , Н	Предельно допустимая длина линии перемычки a , мм
$F \geq 49,03$	0,001
$1,961 \leq F < 49,03$	0,0005
$0,09807 \leq F < 1,961$	0,00025

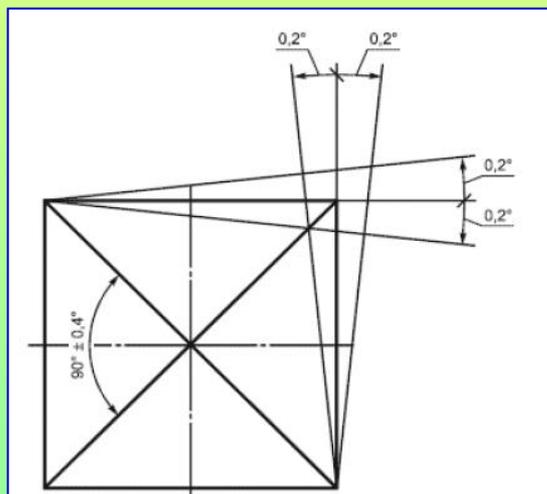


Рисунок 1 - Допустимые отклонения в квадратных поперечных сечениях алмазной пирамиды

Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

Меры твердости должны быть калиброваны на эталонном твердомере при температуре (23 ± 5) °С.

Время от первоначального приложения нагрузки (силы) до достижения максимальной испытательной нагрузки, а также скорость опускания наконечника должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Диапазон испытательной нагрузки (силы) F , Н	Время приложения испытательной нагрузки (силы), с	Скорость опускания наконечника, мм/с
$F < 1,961$	≤ 10	От 0,05 до 0,2
$1,961 \leq F < 49,03$	≤ 10	От 0,05 до 0,2
$F \geq 49,03$	От 6 до 8	От 0,05 до 1

Калибровка эталонных мер твёрдости на эталонном твердомере Виккерса

На каждой эталонной мере должны быть выполнены пять отпечатков, равномерно распределенных по всей рабочей поверхности.

Среднее значение средних арифметических значений измеренных диагоналей отпечатков $d_1 \dots d_5$, расположенных в порядке возрастания, составляет

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5}$$

Неоднородность меры твердости U при определенных условиях калибровки определяют по разности

$$U = d_5 - d_1$$

где $U_{rel} = \frac{100(d_5 - d_1)}{\bar{d}}$ (3)

и выражают в процентах U_{rel} . Предельно допустимое значение неоднородности эталонной меры приведено в таблице 4.

Таблица 4

Твердость меры	Предельно допустимое значение неоднородности U_{rel} , %		
	Шкалы		
	До HV 0,2 ^a	От HV 0,3 до HV 5	От HV 10 до HV 100
Не более 225 HV	4,0 или 0,001 мм ^b	3,0	2,0
Более 225 HV		2,0	1,0

^a Для значений твердости
^b В зависимости от того, что больше.

Использование эталонной меры при калибровке твердомеров

При калибровке твердомеров мера твердости используется только для испытательной нагрузки (силы), по которой она была калибрована.

Использование меры после калибровки должно быть ограничено сроком в пять лет, а для алюминиевых и медных сплавов - должно быть сокращено до двух-трех лет.

Список литературы к лекции 32

1) <http://www.metrology.kharkov.ua/index.php?id=55>

2) ДСТУ ISO 6507-1:2007. Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT)

3) ДСТУ ISO 6507-3:2008 Металеві матеріали. Визначення твердості за Віккерсом. Частина 3. Калібрування стандартних зразків (ISO 6507-3:2005, IDT)

4) ДСТУ ГОСТ 8.335:2009 Метрологія. Міри твердості еталонні. Методика повірки (ГОСТ 8.335-2004, IDT).

5) http://do.pnzgu.ru/depozit/ti2_kvs.pdf



Контрольные вопросы

1) Что такое эталон?

2) Что такое первичный эталон?

3) Что такое вторичный эталон?

4) Где хранятся эталоны твёрдости Украины?

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить по литературным источникам методику поверки твердомеров Бринелля.
2. Изучить по литературным источникам методику поверки твердомеров Роквелла.
3. Изучить по литературным источникам методику поверки твердомеров Виккерса.



Кафедра технології металлов и матеріалознавства

Лалазарова Наталиа Алексеевна

E-mail: lalaz1991@mail.ru

г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М

Tel.(8-057)707-37-92

