

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
“Полоцкий государственный университет”

В. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ

**ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ  
ЭЛЕКТРОННЫМ МАЛОГАБАРИТНЫМ  
ПЕРЕНОСНЫМ ПРОГРАММИРУЕМЫМ  
ТВЕРДОМЕРОМ ТЭМП-2**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по механике материалов для студентов специальностей  
1-36 01 01 “Технология машиностроения”,  
1-37 01 06 “Техническая эксплуатация автомобилей”

Новополоцк  
ПГУ  
2015

УДК 539.3  
ББК 30.121я73

Одобрены и рекомендованы к изданию методической комиссией факультета машиностроения и автомобильного транспорта в качестве методических указаний (протокол № 3 от 24.03.2015 г.)

Кафедра прикладной механики и графики

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильного транспорта А. Л. ЛИСОВСКИЙ;

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства А. М. ДОЛГИХ

Лабораторная работа

**ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ  
ЭЛЕКТРОННЫМ МАЛОГАБАРИТНЫМ  
ПЕРЕНОСНЫМ ПРОГРАММИРУЕМЫМ  
ТВЕРДОМЕРОМ ТЭМП-2**

**Введение**

Большинство методов определения твердости основано на принципе вдавливания. Вдавливается стальной шарик, алмазный наконечник или четырехгранная пирамида.

*Твердость* – это способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела.

Твердость является одним из важнейших механических свойств металлов. По величине твердости можно судить об их прочностных свойствах, не производя статических испытаний на растяжение, т.к. она связана с пределом прочности металла. Твердость тесно связана с обрабатываемостью: чем тверже металл, тем большее усилие требуется для его обработки. От твердости зависит и износостойкость металлов, т.е. их способность сопротивляться истиранию, разрушению поверхности или изменению размеров под действием трения. Чем тверже поверхность изделия, тем меньше она будет изнашиваться в процессе работы. Вот почему по величине твердости металлов судят о возможности применения их для изготовления различных деталей машин.

**1. Описание лабораторной работы**

**1.1. Цель работы**

Ознакомится с методикой определения твердости металлов и изучение принципа работы твердомера электронного малогабаритного переносного для проведения лабораторной работы.

**1.2. Задание**

Провести испытание на твердость образцов из стали и сплавов цветных металлов различной толщины.

Определить твердость.

Изучить:

- устройство и принцип работы твердомера электронного малогабаритного переносного ТЭМП-2;
- подготовить образцы для испытания;
- определить твердость материала.

### 1.3. Оборудование, приборы, образцы

- Твердомер электронный малогабаритный переносной программируемый ТЭМП-2 (рис. 1).



Рисунок 1 – Твердомер электронный малогабаритный переносной программируемый ТЭМП-4

Твердомер представляет собой портативный электронный программируемый прибор динамического действия, состоящий из датчика и электронного блока. Принцип измерения твердости основан на определении отношения скоростей удара и отскока ударника, преобразуемого электронным блоком в условное число твердости, которое автоматически переводится прибором в требуемые единицы твердости HB, HRC, HSD, HV.

*Основные технические характеристики:*

- Диапазоны измерения твердости по шкалам:
  - Роквелла (22–68) HRC,
  - Бринелля (100–450) HB,
  - Шора (22–99) HSD,
  - Виккерса (100–950) HV
- Время одного измерения 5 с
- Напряжение питания прибора 4,5 В
- Температура эксплуатации от – 15 до + 55°С
- Число измерений для определения среднего значения твердости от 3-х до 99-и
- Время автоматического отключения прибора после проведения последнего измерения 2 мин
- Шероховатость контролируемой поверхности не более Ra 2,5
- Минимальная масса контролируемого изделия 1,5 кг
- Толщина стенки трубопровода или сосуда давления не менее 6 мм
- Диаметр шаровидного индентора 3 мм
- Твердость материала индентора 1600 HV
- Масса прибора 0,4 кг

На лицевой стороне корпуса прибора расположены графический жидкокристаллический индикатор и кнопки управления. Назначение кнопок управления состоит в следующем:

**“MOD”** – *включение прибора* (самоотключение происходит по истечении 2 мин после последнего действия с прибором):

1) *вход в меню выбора режимов работы прибора* при последующих нажатиях кнопки (в каждом режиме выбор кнопками “◀”, “▶”);

2) *шкалы твердости* (HB, HRC, HV);

3) *положение датчика* относительно испытуемого изделия: сверху вниз ( $\pm 45^\circ$ ), горизонтально ( $\pm 45^\circ$ ), снизу вверх ( $\pm 45^\circ$ );

4) *подсветки*: **OFF** – выключена; **ON** – включена постоянно; **15 с** – включение на 15 с после последнего действия (нажатия на любую из кнопок или проведения измерений).

Выход из выбора режима – автоматический, через 3 с.

“◀”, “▶” – *выбор*:

- шкалы твердости;
- положения датчика;
- подсветки.

“ $\bar{X}$ ” – *усреднение результатов измерений* (от 3-х до 99-и), при этом отбрасываются два значения – максимальное и минимальное.

“МЕМ” – при нажатии на кнопку в течение:

- 1 с – ввод в буфер памяти результата одного измерения или среднего значения как результата нескольких измерений;
- 3 с – вход в буфер памяти, при этом индицируется символ “М 01”;
- 10 с – выход из режима просмотра (стирание данных в буфере памяти, появляется символ “М 00”).

*Внимание! Когда индицируется символ “М 01” из режима просмотра запомненных данных обязательно нужно выйти, так как в нем не происходит самоотключение прибора.*

На верхней части прибора расположены разъемы:

- подключения датчика к электронному блоку;
- соединения электронного блока с компьютером через порты COM 1 и COM 2;
- подключение внешнего блока питания 4,5 В (*при этом нужно вынуть батареи из батарейного отсека*).

На боковой поверхности корпуса справа внизу расположено гнездо крепления толкателя.

При включении прибора кнопкой “MOD” (рис. 2) на дисплее индицируются следующие символы:

- результат измерения твердости по одной из шкал твердости (например, 61.4);
- наименование шкалы твердости (например, HRC);
- степень заряда батареи (максимальная – 4,5 В, минимальная – 3,9 В);
- положение датчика относительно поверхности измеряемого изделия.

### **Образцы.**

Предварительно удалить с поверхности окалину, окисную пленку, смазку, ржавчину и т.д. (см. рис. 2).

Параметр шероховатости поверхности образца в месте испытания должен быть не более  $Ra = 0,32$  мкм. Образец не должен смещаться при измерении твердости. Минимальная толщина образца должна быть не менее 1,5 мм. Расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее 6 мм, а расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее 10 мм.



Рисунок 2 – Индицируемые символы на дисплее при включении прибора кнопкой “MOD”

## 2. Методы определения твердости металлов

Существует много методов определения твердости металлов. Выбор того или иного метода зависит от твердости испытуемого металла, его толщины, размеров испытуемой поверхности и формы детали. Большое значение имеет то, что испытания на твердость не сопровождаются разрушением детали.

Методы определения твердости в зависимости от скорости приложения нагрузки делят на *статические* и *динамические*, а по способу ее приложения – на методы *вдавливания* и *царапания*.

Для определения твердости в поверхность материала с определенной силой вдавливается тело (индентор), выполненное в виде стального шарика, алмазного конуса, пирамиды или иглы. По размерам получаемого на поверхности отпечатка судят о твердости материала. В зависимости от способа измерения твердости, количественно ее характеризуют числами твердости по Бринеллю (НВ), Роквеллу (HRC) или Виккерсу (HV).

*Измерение твердости по Бринеллю* производится в соответствии с ГОСТ 9012-59. Стальной закаленный шарик диаметром  $D$  вдавливаются в испытуемый образец или изделие под действием нагрузки в течение определенного времени. После удаления нагрузки измеряется диаметр  $d$  полученного при этом сферического отпечатка. Твердость на приборе Бринелля обозначается НВ, например НВ 250.

*Измерение твердости по Роквеллу* проводится в соответствии с ГОСТ 9013-59. При этом индентором может служить алмазный конус с углом при вершине  $120^\circ$  или стальной закаленный шарик диаметром 1/16 дюйма. Принципиальное отличие измерения твердости на приборе Роквелла от измерения твердости на приборе Бринелля состоит в том, что твердость определяют не по площади отпечатка, полученного при вдавлении индентора, а по его глубине, которая и является критерием твердости при этом испытании. Твердость можно измерять по трем шкалам: А, В, С. Твердость по Роквеллу обозначается цифрами и буквами, с указанием шкалы, например 64 HRC.

В ряде случаев необходимо определить твердость тонких поверхностных слоев, для чего используют приборы Виккерса или микротвердости (ПМТ). В качестве индентора используется четырехгранная алмазная пирамида с углами при вершине  $136^\circ$ . Число *твердости по Виккерсу* записываются по ГОСТ 2999-75, например, 230 HV.

Помимо методов определения твердости при статическом вдавлении индентора, применяют методы царапания и динамические способы оценки твердости.

Метод царапания состоит в нанесении царапины на поверхности образца или изделия алмазным или другим недеформирующимся индентором, находящимся под постоянной нагрузкой. В качестве индентора используют либо конус с углом при вершине  $90^\circ$ , либо трех- или четырехгранную пирамиду.

Из динамических методов (метод Польди, метод Шора и др.) наиболее известен *метод упругого отскока бойка* (твердость по Шору в соответствии с ГОСТ 2373-78). Твердость определяется при помощи бойка с алмазным наконечником, который падает на поверхность образца с фиксированной высоты. Число твердости по Шору HSD измеряют в условных единицах, соответствующих высоте подъема бойка.

### 3. Порядок выполнения работы

1. Соединить датчик с электронным блоком. Присоединить толкатель к корпусу прибора. Проверить, чтобы опорное кольцо датчика было плотно завернуто на направляющую трубку.

2. Включить прибор нажатием кнопки **“MOD”**, на дисплее прибора появится индикация, как показано на рисунке 2. Повторно нажав кнопку **“MOD”**, переходим в режим выбора шкал твердости (HB, HRC, HV). Кнопками **“◀”**, **“▶”** выбрать требуемую шкалу твердости.

3. Нажав кнопку **“MOD”** еще раз, переходим в режим выбора положения датчика (сверху вниз, горизонтально, снизу вверх) относительно поверхности измеряемого изделия. Кнопками **“◀”**, **“▶”** выбрать требуемую позицию датчика.

4. Нажав кнопку **“MOD”** еще раз, переходим в режим выбора подсветки (**“подсветка OFF”**, **“подсветка ON”**, **“подсветка 15 с”**). Кнопками **“◀”**, **“▶”** выбрать требуемый режим работы подсветки. По истечении 3-4 с индикация дисплея автоматически переходит в выбранный режим работы. Если необходимо изменить только один из режимов, то последовательным нажатием кнопки **“MOD”** можно войти в искомый режим и внести требуемое изменение.

5. Нажать на кнопку **“ $\bar{X}$ ”** для стирания предыдущих результатов в буфере усреднения.

6. Толкателем плавно загрузить ударник с торцевой части датчика до защелкивания и вынуть толкатель из датчика.

7. Датчик установить нормально к испытываемой поверхности, плотно прижав его одной рукой, а другой рукой нажать на пусковую кнопку. После соударения ударника с контактируемой поверхностью на дисплее прибора появится результат измерения в числах выбранной шкалы. Последующие измерения проводить в соответствии с предыдущими пунктами.

8. Среднее значение результатов измерений определяется нажатием кнопки **“ $\bar{X}$ ”**, после чего все исходные для усреднения данные автоматически стираются. Каждый результат измерения может быть внесен в буфер памяти прибора нажатием кнопки **“MEM”**. Нажав и удерживая кнопку **“MEM”** в течение 3 с, входим в режим просмотра данных памяти (кнопками **“◀”**, **“▶”**), находящихся в буфере памяти прибора. Чтобы выйти из режима просмотра данных памяти, нужно нажать кнопку **“MEM”**.

*Обязательно нужно выйти из режима просмотра данных в буфере памяти прибора, так как в этом режиме не происходит самоотключение прибора.*

9. Чтобы получить корректные результаты измерения твердости, минимальное расстояние между точками измерений (отпечатками) должно быть не менее 3 мм, повторные измерения в одной и той же точке не допускаются.

#### **4. Правила техники безопасности при работе на оборудовании с приборами и инструментами**

1. Проверить наличие и исправность оборудования.
2. Ознакомиться с технической документацией.
3. Подготовить рабочее место.
4. По окончании работы выключить оборудование.

#### **5. Обработка результатов и заполнение протокола испытания**

Для каждого образца снять показания с дисплея прибора в числах выбранной шкалы и занести в соответствующую графу протокола испытаний.  
Установить среднее значение твердости металла.

##### **Протокол испытания металлов на твердость**

<b>№ образца (изделия)</b>	<b>Шкала твердости</b>	<b>№ измерения</b>	<b>Результат измерения</b>	<b>Среднее значение</b>

#### **6. Контрольные вопросы**

1. В чем состоит сущность определения твердости методом вдавливания?
2. Какие инденторы используют при измерении твердости по Роквеллу?

3. Какой индентор используют при измерении твердости по Бринеллю?
4. Какое принципиальное отличие в измерении твердости по Бринеллю от измерения твердости по Роквеллу?
5. В каких случаях используют приборы Виккерса? Какой индентор используют при измерении твердости по Виккерсу?
6. В чем заключается сущность динамических методов определения твердости?
7. Как определяется твердость по Шору?
8. Опишите устройство прибора ТЭМП-2.
9. Как выбрать режим шкал твердости на приборе ТЭМП-2?
10. Как должен быть установлен датчик при проведении испытания?
11. Опишите порядок подготовки поверхности изделия (образца) для измерения твердости.
12. Опишите назначение кнопки “МЕМ” прибора ТЭМП-2.
13. Опишите назначение кнопки “ $\bar{X}$ ”.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю : ГОСТ 9012-59 ; введ. 01.01.60. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 40 с.
2. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу. Шкалы А, В и С : ГОСТ 9013-59 ; введ. 01.01.69. – М. Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.
3. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу : ГОСТ 2999-75 ; введ. 01.07.76. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 29 с.
4. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М. : Metallurgia, 1983. – 350 с.
5. Твердомер электронный малогабаритный переносной программируемый ТЭМП-2 : паспорт ТЭМП 02.000.000 ПС. – М. : ООО НПП “Технотест-М”. – 27 с.

*Учебное издание*

**ЗАВИСТОВСКИЙ Владимир Эдуардович**

**ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ  
ЭЛЕКТРОННЫМ МАЛОГАБАРИТНЫМ  
ПЕРЕНОСНЫМ ПРОГРАММИРУЕМЫМ  
ТВЕРДОМЕРОМ ТЭМП-2**

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по механике материалов для студентов специальностей  
1-36 01 01 “Технология машиностроения”,  
1-37 01 06 “Техническая эксплуатация автомобилей”

Редактор *О. П. Михайлова*

---

Подписано в печать 17.09.2015. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 40 экз. Заказ 1146.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования “Полоцкий государственный университет”.

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.