



## ТВЕРДОМЕР ИТВ-1-М



## Твердомер ИТВ-1-М

### Описание

Твердомеры ИТВ предназначены для измерения твердости металлов по Виккерсу в соответствии с ГОСТ 2999-75 и ГОСТ 9450-60.

Твердомеры применяются для определения твердости черных, цветных металлов, литья и сплавов, мелких, тонких образцов или деталей после нанесения покрытия (азотирование, цементация, наплавка, закаленный слой), полудрагоценных и драгоценных камней, стекла и керамических материалов в производственных и исследовательских лабораториях машиностроительных и металлургических предприятий, энергетике, нефтегазовой и других отраслях промышленности.

Твердомеры могут оснащаться цифровой измерительной системой и печатающим устройством.

Конструктивное исполнение твердомеров – стационарные с цельнолитым корпусом с усилиями нагружения от 0,098 Н до 490 Н.

Твердомеры являются восстанавливаемыми.

**Свидетельство об утверждении типа средств измерений: RU.C.28.058.A № 58764**

### Технические характеристики

Основная нагрузка	0,01кгс (0,098Н), 0,025кгс (0,245Н), 0,05кгс (0,49Н), 0,1кгс (0,98Н), 0,2кгс (1,96Н), 0,3кгс (2,94Н), 0,5кгс (4,9Н), 1,0кгс (9,8Н)
Шкала твердости для металлов	HV0,01; HV0,025; HV0,05; HV0,1; HV0,2; HV0,3; HV0,5; HV1
Общее увеличение микроскопа	100х (наблюдаемое), 400х (измерительное)
Пределы допускаемой погрешности в % от числа твердости, не более, по образцовой мере 2-го разряда	
450±75 9,807Н	±3
800±50 9,807Н	±3
450±75 19,61 Н	±3
800±50 19,61 Н	±3
Диапазон измерений твердости доверительный	375÷2000 HV
Диапазон измерений твердости фактический	8÷3000 HV
Точность измерения отпечатка	0,25 мкм
Время выдержки	1-99 с.
Максимальная высота образца, мм.	115
Максимальное расстояние от центра индентора до стенки твердомера, мм.	120
Источник питания	220/50
Габаритные размеры, мм. (ДхШхВ)	530х315х630
Вес прибора, кг.	50

### Комплектация

Обозначение изделия, документа	Наименование изделия, документа	Количество	Примечание
<b>Комплектность основная</b>			
	Твердомер	1 шт	
	Набор грузов	1 к-т.	
	Осветитель	1 шт	
	Шнур сетевой	1 шт	
<b>Комплектность расходная</b>			
	Наконечник алмазный НП-2 ГОСТ 9377-81	1 к-т.	
	Стол координатный	1 шт	
	Стол с зажимами для круглых образцов	1 шт	
	Стол с зажимами для плоских образцов	1 шт	
	Стол с зажимами типа тиски	1 шт	
	Объектив 10х	1 шт	
	Объектив 40х	1 шт	
	Меры твердости	2 шт	
<b>Документация</b>			
ИТВ1.М00.0.ПС	«Твердомеры ИТВ. Паспорт»	1 экз.	
ИТВ1.М00.0.РЭ	«Твердомеры ИТВ. Руководство по эксплуатации»	1 экз.	
	Свидетельство о поверке	1 экз.	

## 1. ЭЛЕКТРОННАЯ ПАНЕЛЬ ТВЕРДОМЕРА

Твердомеры модификаций ИТВ-М и ИТВ-А оснащены электронной панелью управления и расчета данных.

На рисунке 1 представлен вид электронной панели твердомера. Все названия на панели выполнены на английском языке, как наиболее распространенном в мире.

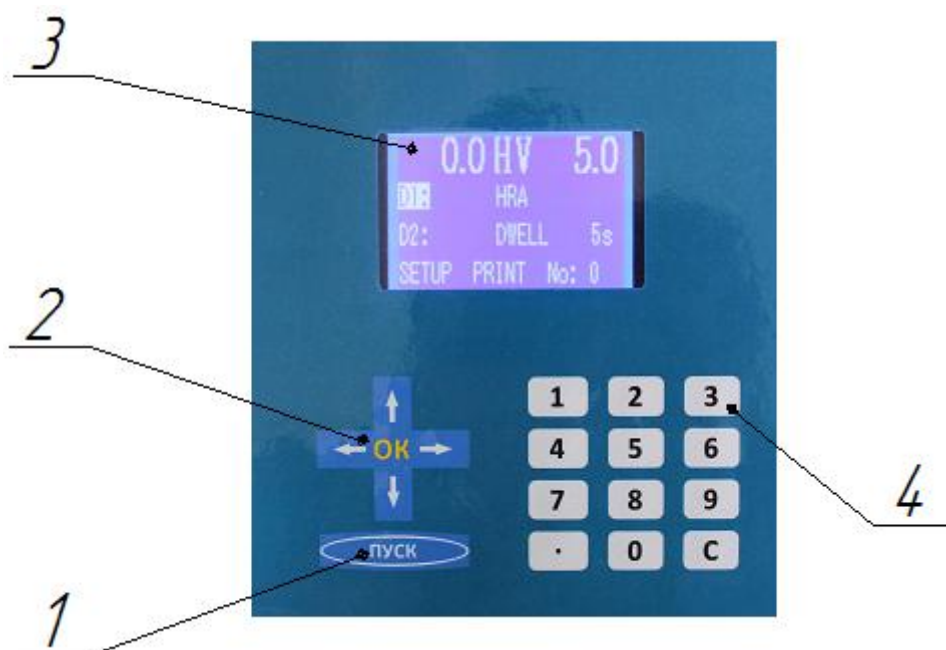


Рис.1

1. Кнопка запуска испытания 2. Кнопки навигации по меню и подтверждения изменений 3. ЖК-дисплей, 4. Кнопки ввода значений.

После включения питания твердомера и автоматической проверки работоспособности систем, оператор может приступать к выполнению испытания. На рисунке 2 представлен внешний вид главного окна панели управления.



Рис.2

0.0 HV 0,5	Вычисленное значение твердости	Отображается вычисленное значение твердости, где: 0.0 – числовое значение; HV – тип испытания (по Виккерсу); 0,5 – приложенная нагрузка (автоматически изменяется при выборе испытательной нагрузки).
D1:	Размеры 1 диагонали отпечатка.	Отображается введенное числовое значение размера 1 диагонали отпечатка (вводится с помощью кнопок 4 по показаниям окулярного микрометра).
HRA	Преобразованное значение	После введения двух диагоналей отпечатка и

	ние твердости.	нажатия кнопки «ОК» отображается преобразованное значение твердости.
D2:	Размеры 2 диагонали отпечатка	Отображается введенное числовое значение размера 2 диагонали отпечатка (вводится с помощью кнопок 4 по показаниям окулярного микрометра).
DWELL 5s	Заданное значение времени выдержки	После введения двух диагоналей отпечатка и нажатия кнопки «ОК» отображается заданное значение времени выдержки.
SETUP	Установка параметров	После выбора данного пункта (с помощью кнопок «↓» и «↑») и нажатия кнопки «ОК» программа переходит в меню параметров.
PRINT	Печать	После выбора данного пункта и нажатия кнопки «ОК» запускается процесс распечатки протокола испытания текущей группы образцов.
№ 0	Номер образца	Отображение порядкового номера образца в текущей группе.

Перед испытанием необходимо задать нагрузку испытания и время выдержки (которые выбираются по методике испытания). Кнопками (2) выбираем «SETUP» (установка параметров) и подтверждаем свой выбор нажатием кнопки «ОК». После этого откроется окно установки параметров испытания смотри рисунок 3.



Рис.3

DWELL (s)	Время выдержки под нагрузкой	С помощью кнопок «→» и «←» устанавливается время выдержки в секундах.
CONVERSION	Преобразование единиц твердости	С помощью кнопок «→» и «←» устанавливается в какие единицы преобразовать полученный результат.
SEL MODE	Выбор типа испытания	С помощью кнопок «→» и «←» устанавливается тип испытания по Виккерсу (для индентора НП) или по Кноппу (для индентора НПК).
SEL FORCE	Выбор нагрузки	С помощью кнопок «→» и «←» устанавливается испытательная нагрузка (10 кгс).

**Примечание:** Для подтверждения внесенных изменений и выхода в главное окно нажмите кнопку «ОК».

## 2. ПОДГОТОВКА ТВЕРДОМЕРА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

### Установка твердомера на место эксплуатации.

Установка твердомера производится согласно планировке, утвержденной главным инженером предприятия (организации), с учетом требованиями «Правил устройств электроустановок» (ПУЭ) и руководства по эксплуатации «ИТВ1.М00.0.РЭ».

Фундамент под твердомер ИТВ не предусмотрен, так как он устанавливается на столе в помещении. На столе должно быть выполнено отверстие диаметром 60 мм под винт изменения рабочего пространства. Между твердомером и стенами помещения, где предполагается эксплуатация твердомера, или расположено другое оборудование, рекомендуется оставлять просветы шириной не менее 0,2 м.

Операции по распаковке, транспортированию на место эксплуатации и подготовку к эксплуатации твердомера производить в следующей последовательности:

- при распаковке твердомера ИТВ снять верхний и боковые щиты транспортной тары;
- достать и распаковать пакеты с принадлежностями. Проверить комплектность;
- транспортировать твердомер на место эксплуатации. Грузоподъемность подъемного устройства должна быть не менее 80 кг;
- поднять твердомер. Установить нижний щит транспортной тары с твердомером на два бруска или иные опоры, высота которых достаточна для доступа к болтам крепления твердомера к нижнему щиту транспортной тары;
  - вывернуть болты крепления твердомера к нижнему щиту транспортной тары;
  - допускается осуществлять строповку твердомера за верхнюю часть корпуса;
  - поднять твердомер, убрать нижний щит транспортной тары;
  - установить регулировочные ножки;
  - установить твердомер на стол и отрегулировать его положение по уровню, используя жидкостный уровень (или его аналог), поместив его на опорный столик;
  - погрешность установки по уровню не более 1° при любых двух взаимно перпендикулярных положениях уровня.

**Примечание:** Твердомер поставляется в транспортном положении. Снимите верхнюю и заднюю крышки. И убедитесь в отсутствии посторонних предметов, закрепленных узлов и застопоренных деталей.

### Подготовка твердомера к работе.

Подготовку твердомера к работе производить в следующей последовательности:

- включить вилку кабеля питания в розетку питающей сети;
- опустить опорный столик в нижнее положение;
- включить твердомер;
- обнулить показания дисплея индикации значения нагрузки.

### Опробование твердомера:

- проверить плавность перемещения опорного стола;
- проверка работоспособности ручного управления механизмом переключения автоматической револьверной головки;
  - проверка работоспособности и плавности механизма нагружения и работы таймера (происходит автоматически при включении твердомера);
  - проверить плавность фокусировки.



Опробование твердомера под нагрузкой проводится по стандартизированным мерами твердости, входящим в комплект поставки.

Опробование твердомера в работе производится путем трех проколов меры твердости на расстоянии между центрами не менее четырех диагоналей отпечатков. При этом устанавливается выполнение следующих требований:

- обеспечение показания на дисплее усилия нагружения;
- при выдержке заданного времени автоматическое снятие нагрузки в течение 2-9 с. (контроль проводите при помощи секундомера, фиксируя время, за которое индентор вернется в начальное положение).

Установку образцов на столик, а также изъятие образцов осуществлять только после полной остановки механизма нагружения и снятия нагрузки с индентора.

Определение погрешности твердомера при измерении отпечатка, усилия нагружения, вариаций, показаний твердомера.

Проверку производить по каждому усилию нагружения не менее, чем в трех точках.

### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДОМЕРА

В зависимости от испытываемого материала и его предполагаемой твердости установить соответствующий индентор (см.табл.2) в шпиндель, для этого протереть индентор и посадочное место шпинделя бензином, а затем смазать контактные поверхности бескислотным вазелином. Устанавливаем индентор в шпиндель и фиксируем его винтом. Важно установить индентор до упора, т. к. если во время испытания произойдет смещение индентора, испытание будет считаться неудавшимся и индентор может быть поврежден.

Выбрать по табл. 1 нагрузку и время выдержки, установить на электронной панели соответствующие значения.

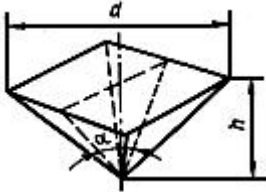
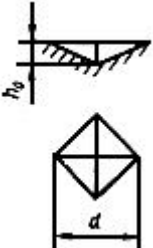
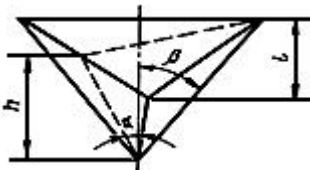
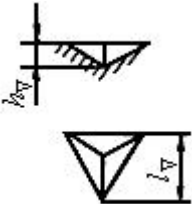
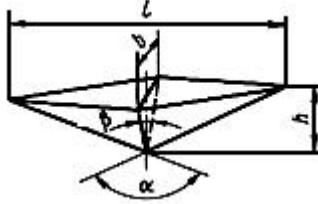
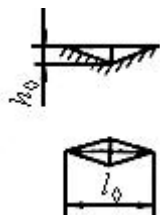
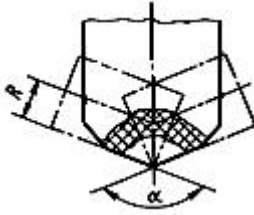
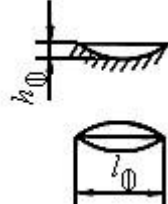
Таблица 1

Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки $F, H$	Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки $F, H$	Обозначение шкалы твердости	Номинальное значение нагрузки $F, H$
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961	HV 0,01	0,09807
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,015	0,1471
HV 20	196,1	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,1961
HV 30	294,2	HV 1	9,807	HV 0,025	0,2452
HV 50	490,3	HV 2	19,61	HV 0,05	0,4903
HV 100	980,7	HV 3	29,42	HV 0,1	0,9807

*Примечание: При необходимости могут использоваться другие нагрузки, например, HV 2,5(24,52 H) и нагрузки больше 980,7 H.*

Виды алмазных наконечников

Таблица 2

Наименование алмазных наконечников	Параметры заострения алмазных наконечников	Форма отпечатков
1. Четырехгранная пирамида с квадратным основанием (по Виккерсу)	 <p><math>\alpha = 136^\circ</math></p>	
2. Трехгранная пирамида с основанием в виде равностороннего треугольника (по Берковичу)	 <p><math>\alpha = 65^\circ</math>; <math>\beta = 77^\circ</math> ; <math>\alpha + \beta = 142^\circ</math></p>	
3. Четырехгранная пирамида с ромбическим основанием (по Кнуппу)	 <p><math>\alpha = 172^\circ 30'</math>; <math>\beta = 130^\circ</math></p>	
4. Бицилиндрический наконечник	 <p><math>\alpha = 136^\circ</math> ; <math>R = 2</math> мм - радиус цилиндра</p>	



При измерении твердости должны быть соблюдены следующие условия:

- плавное возрастание нагрузки до необходимого значения;
- поддержание постоянства приложенной нагрузки в течение установленного времени.

Продолжительность выдержки под нагрузкой должна составлять 5 - 30 с.

При наличии в стандартах или технических условиях на металлопродукцию особых указаний допускается проводить испытания с более продолжительным временем выдержки под нагрузкой. В этом случае допуск на выдержку должен быть  $\pm 2$  с.

При неизвестной толщине испытуемого слоя следует произвести несколько измерений при различных нагрузках. Если при этом твердость будет изменяться, то следует уменьшить нагрузки до тех пор, пока при двух смежных нагрузках твердость будет близка по своим значениям или совпадать.

Испытание проводят при температуре от +15 до +35°C.

При разногласиях в измерении твердости испытания должны проводиться при температурах (20  $\pm$  2) °C в умеренном климате и при (27  $\pm$  2) °C в тропическом климате

Для испытаний на микротвердость рекомендуется применять алмазный наконечник с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с квадратным основанием в оправе типа НП с условием получения достоверных и стабильных результатов измерений микротвердости при соблюдении всех требований по ГОСТ 9450.

**Примечание:** *Стабильность измерений может нарушаться из-за влияния перемычки (длины линии стыка противоположных граней), возникающей в вершине четырехгранной пирамиды при ее изготовлении. Величина перемычки ограничена, но неодинакова у разных наконечников, а в процессе испытания она оказывает дополнительное нестабильное сопротивление вдавливанию, которое выявляется, в основном, при сравнительно малом значении глубины отпечатка, одного порядка с размером перемычки.*

Для испытаний на микротвердость материалов с твердостью более 1000 (особенно при малых нагрузках) рекомендуется применять алмазный наконечник с формой рабочей части в виде трехгранной пирамиды с основанием равностороннего треугольника. Эта пирамида по боковой поверхности и высоте равновелика четырехгранной пирамиде с квадратным основанием, но имеет более совершенное заострение (без перемычки) (см. табл.2).

Для испытаний на микротвердость материалов с малой толщиной испытуемого слоя (фольга, покрытия и др.) и небольшой твердостью (алюминий, медь и др.) рекомендуется применять алмазный наконечник с формой рабочей части в виде четырехгранной пирамиды с ромбическим основанием, поскольку при применении наконечников, могут не выполняться требования ГОСТ 9450 даже при наименьшей нагрузке, равной 0,049 Н (5 гс) (см. табл.2).

**Примечание:** *В случае измерения микротвердости тонких слоев следует учитывать отношение глубины отпечатка к измеряемому размеру отпечатка у разных наконечников и применять ту форму рабочей части наконечника, которая имеет наименьшую величину этого отношения, а при проведении испытаний допускается выполнение всех требований ГОСТ 9450.*

Для испытаний на микротвердость субтонких слоев или пленок толщиной менее 3 мкм (защитные пленки в оптике, ферромагнитные пленки и др.) рекомендуется применять алмазный наконечник с формой рабочей части в виде бицилиндра - бицилиндрический наконечник (см. табл.2).

**Примечание:** *Применяя бицилиндрический наконечник, можно проводить сравнительные и контрольные испытания на микротвердость субтонких пленок с соблюдением всех требований настоящего стандарта.*

Для испытаний на микротвердость тонких слоев (антифрикционные и износостойкие покрытия, рабочие слои магнитных лент и т.д.) толщиной от 4 мкм и более рекомендуется применять три вида наконечников.

Наименьшая допускаемая толщина образца или изделия (1,5 d). На рисунках 5 и 6 представлены графики зависимости минимальной толщины образца от марки материала и прилагаемой нагрузки.

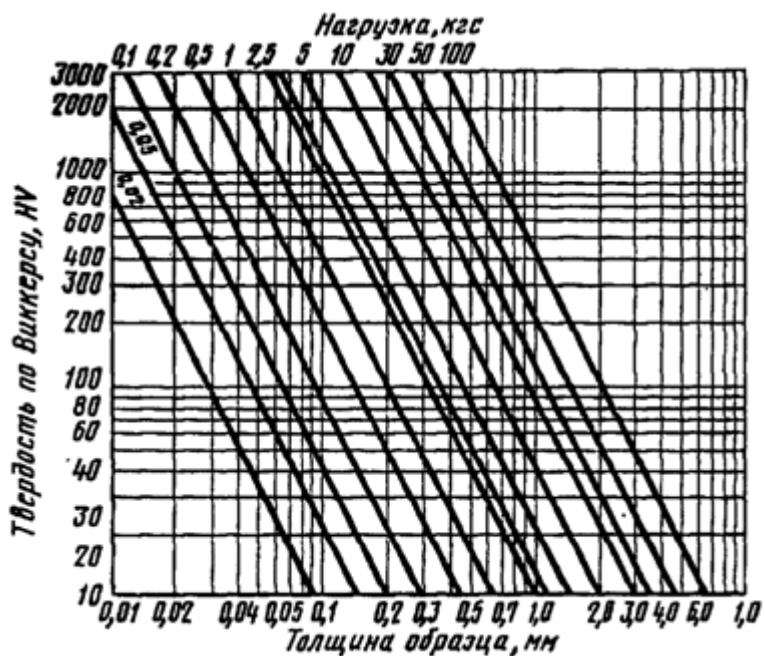


Рис.5

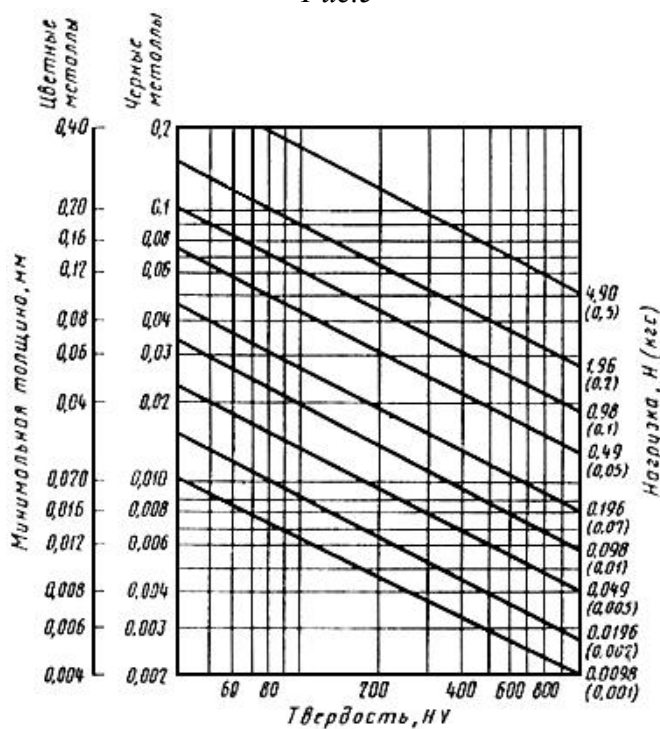


Рис.6

#### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

Установите на твердомер, соответствующий индентор, нагрузку, опорный столик (наковальню). При испытаниях по методу Виккерса необходимо устанавливать столик соответствующий надежной фиксации образца (не допускающий смещение поверхности образца при внедрении в его поверхность индентора).

Установите образец, таким образом, чтобы подготовленный участок исследуемой поверхности образца был развернут к индентору, расстояние от края участка было не менее 4 наибольших размеров диагоналей предполагаемого отпечатка.

Установите нагрузку и выдержку во время испытания.

Установите размерность определяемого значения твердости в соответствии с выбранным методом испытания.

Установите текущие дату и время.

Установите переводную размерность твердости.

Переключите ручную или с помощью кнопок «←», «→» револьверное устройство на объектив с меньшим увеличением (100х).

Плавное подведите образец под индентор (вращайте маховик по часовой стрелке).

Наведите фокус на отображение исследуемой поверхности образца.

Переключите револьверное устройство на индентор (для модификаций с ручным револьвером).

Нажмите кнопку «ПУСК» (поз.9 рис.1) для запуска процесса автоматического проведения испытания.

**Примечание:** При неправильном наведении фокуса основная нагрузка будет приложена неправильно и показания твердости образца будут завышены. Можно использовать объектив с большим увеличением 200х (400х) для выставления рабочего зазора перед испытанием.

После отработки автоматике будет подан звуковой сигнал. После чего оператору необходимо переключить револьверное устройство на объектив с большим увеличением (если твердомер оснащен автоматическим револьверным устройством, то после окончания испытания автоматика сама переключит револьверное устройство на нужный объектив).

С помощью окулярного микрометра (входящего в комплект поставки твердомера) произвести измерение отпечатка:

- совместите подвижную и неподвижную визирные вертикальные нити, используя правую вращающуюся рукоятку, таким образом, чтобы визуально наблюдалась одна нить;
- совместите визирные нити с левым краем диагонали отпечатка, используя левую вращающуюся рукоятку;
- правой вращающейся рукояткой переместите подвижную визирную нить к правому краю диагонали отпечатка;
- введите числовое значение с микрометра во поле «D1» и нажмите кнопку «ОК»;
- разверните окулярный микрометр на 90° относительно последнего положения;
- с помощью левой вращающейся рукоятки совместите нижний край диагонали;
- с помощью правой вращающейся рукоятки совместите верхний край диагонали;
- введите числовое значение с микрометра во поле «D2» и нажмите кнопку «ОК».

После определения размера диагоналей на дисплее в верхней строке высвечивается вычисленное значение твердости образца. Во второй строке высвечивается переведенное значение твердости в установленной размерности.

Для определения твердости образца необходимо выполнить не менее 3 контрольных проколов и рассчитать среднюю их твердость.

Для распечатки полученных данных нажмите кнопку «ПЕЧАТЬ».

При испытании образцов с неплоскими поверхностями при определении твердости по таблицам 3...8 применяются поправочные коэффициенты.

Поправочные коэффициенты, используемые для цилиндрических поверхностей, в зависимости от значения отношения  $d/D$  (где  $d$  – диагональ отпечатка,  $D$  – диаметр изделия) с диагоналями, расположенными на  $45^\circ$  к оси.

Цилиндрические выпуклые поверхности

Таблица 3

$d$ – $D$	Поправочный коэффициент
0,009	0,995
0,017	0,990
0,026	0,985
0,035	0,980
0,044	0,975
0,053	0,970
0,062	0,965
0,071	0,960
0,081	0,955
0,090	0,950
0,100	0,945
0,109	0,940
0,119	0,935
0,129	0,930
0,139	0,925
0,149	0,920
0,159	0,915
0,169	0,910
0,179	0,905
0,189	0,900
0,200	0,895

Цилиндрические вогнутые поверхности

Таблица 4

$d$ – $D$	Поправочный коэффициент
0,009	1,005
0,017	1,010
0,025	1,015
0,034	1,020
0,042	1,025
0,050	1,030
0,058	1,035
0,066	1,040
0,074	1,045
0,082	1,050
0,089	1,055
0,097	1,060
0,104	1,065
0,112	1,070
0,119	1,075
0,127	1,080
0,134	1,085
0,141	1,090
0,148	1,095
0,155	1,100

0,162	1,105
0,169	1,110
0,176	1,115
0,183	1,120
0,189	1,125
0,196	1,130
0,203	1,135
0,209	1,140
0,216	1,145
0,222	1,150

С одной диагональю параллельной оси цилиндрические выпуклые поверхности

Таблица 5

d - D	Поправочный коэффициент
0,009	0,995
0,019	0,990
0,029	0,985
0,041	0,980
0,054	0,975
0,068	0,970
0,085	0,965
0,104	0,960
0,126	0,955
0,153	0,950
0,189	0,945
0,243	0,940

Цилиндрические вогнутые поверхности

Таблица 6

d - D	Поправочный коэффициент
0,008	1,005
0,016	1,010
0,023	1,015
0,030	1,020
0,036	1,025
0,042	1,030
0,048	1,035
0,053	1,040
0,058	1,045
0,063	1,050
0,067	1,055
0,071	1,060
0,076	1,065
0,079	1,070
0,083	1,075
0,087	1,080
0,090	1,085
0,093	1,090
0,097	1,095
0,100	1,100
0,103	1,105
0,105	1,110

0,108	1,115
0,111	1,120
0,113	1,125
0,116	1,130
0,118	1,135
0,120	1,140
0,123	1,145
0,125	1,150

*Поправочные коэффициенты, используемые для сферических поверхностей в зависимости от значения отношений диагонали отпечатка  $d$  к диаметру изделия  $D$*

### Сферические выпуклые поверхности

Таблица 7

$\frac{d}{D}$	Поправочный коэффициент
0,004	0,995
0,009	0,990
0,013	0,985
0,018	0,980
0,023	0,975
0,028	0,970
0,033	0,965
0,038	0,960
0,043	0,955
0,049	0,950
0,055	0,945
0,061	0,940
0,067	0,935
0,073	0,930
0,070	0,925
0,086	0,920
0,093	0,915
0,100	0,910
0,107	0,905
0,114	0,900
0,122	0,895
0,130	0,890
0,139	0,885
0,147	0,880
0,156	0,875
0,165	0,870
0,175	0,865
0,185	0,860
0,195	0,855
0,206	0,850

### Сферические вогнутые поверхности

Таблица 8

$\frac{d}{D}$	Поправочный коэффициент
0,004	1,005
0,008	1,010
0,012	1,015



0,016	1,020
0,020	1,025
0,024	1,030
0,028	1,035
0,031	1,040
0,035	1,045
0,038	1,050
0,041	1,055
0,045	1,060
0,048	1,065
0,051	1,070
0,054	1,075
0,057	1,080
0,060	1,085
0,063	1,090
0,066	1,095
0,069	1,100
0,071	1,105
0,074	1,110
0,077	1,115
0,079	1,120
0,082	1,125
0,084	1,130
0,087	1,135
0,089	1,140
0,091	1,145
0,094	1,150

Для определения твердости при испытании алмазной пирамидкой по Виккерсу берут среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка. Разность диагоналей одного отпечатка не должна превышать 2% от меньшей из них.

Твердость по Виккерсу (HV) вычисляют по формуле

$$HV = \frac{0,102 \cdot 2F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2},$$

где F - нагрузка, Н.

$$HV = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2},$$

где P - нагрузка, кгс;

$\alpha$  - угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равный 136°;

d - среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Также твердость можно определить по таблицам, представленным в ГОСТ 2999-75.

Число микротвердости определяют делением приложенной к алмазному наконечнику нормальной нагрузки на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка. Для четырехгранной пирамиды с квадратным основанием число микротвердости вычисляют по формуле:

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{0,102 \cdot 2F \sin d/2}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2}, \text{ (A)}$$

Если F - выражена в ньютонах

$$(HV = \frac{F}{S} = \frac{2F \cdot \sin d/2}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2},$$

Если F - выражена в килограмм-силах).

Для трехгранной пирамиды с основанием в виде равностороннего треугольника число микротвердости вычисляют по формуле:

$$H_{\nabla} = \frac{F}{S} = \frac{0,102 \cdot 3F \sin \alpha}{\sqrt{3} l_{\nabla}^2} = 0,160 \frac{F}{l_{\nabla}^2}, (B)$$

Если F - выражена в ньютонах

$$(H_{\nabla} = \frac{F}{S} = \frac{3F \cdot \sin \alpha}{\sqrt{3} l_{\nabla}^2} = 1,570 \frac{F}{l_{\nabla}^2},$$

Если F - выражена в килограмм-силах).

Для четырехгранной пирамиды с ромбическим основанием число микротвердости вычисляют по формуле:

$$H_{\diamond} = \frac{F}{S} = \frac{0,102 \cdot 2F \operatorname{tg} \alpha / 2 \cdot \cos \beta / 2}{l_{\diamond}^2 \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \beta / 2}{\operatorname{tg}^2 \alpha / 2}}} = 1,313 \frac{F}{l_{\diamond}^2}, (C)$$

Если F - выражена в ньютонах

$$(H_{\diamond} = \frac{F}{S} = \frac{2F \operatorname{tg} \alpha / 2 \cdot \cos \beta / 2}{l_{\diamond}^2 \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \beta / 2}{\operatorname{tg}^2 \alpha / 2}}} = 12,873 \frac{F}{l_{\diamond}^2},$$

Если F - выражена в килограмм-силах).

Для бицилиндрического наконечника число микротвердости следует вычислять по формуле:

$$H_{\circ} = \frac{F}{S} = \frac{0,102 F 3R \sin \alpha}{l_{\circ}^3} = 0,425 \frac{F}{l_{\circ}^3}, (D)$$

Если F - выражена в ньютонах

$$(H_{\circ} = \frac{F}{S} = \frac{F \cdot 3R \cdot \sin \alpha}{l_{\circ}^3} = 4,168 \frac{F}{l_{\circ}^3},$$

Если F - выражена в килограмм-силах).

В формулах (A)-(D) приняты следующие обозначения:

F - нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, Н (кгс);

S - условная площадь боковой поверхности полученного отпечатка, мм<sup>2</sup> ;

$L$  - размер отпечатка, мм;

$d$  - среднее арифметическое длин обеих диагоналей квадратного отпечатка, мм;

$R$  - радиус цилиндра, равный 2 мм;  $\alpha$  и  $\beta$ - углы разных заострений алмазных наконечников, град.

***Примечание: Общего точного перевода чисел твердости, измеренных алмазной пирамидой (по Виккерсу), на числа твердости по другим шкалам или на прочность при растяжении не существует. Поэтому следует избегать таких переводов за исключением частных случаев, когда благодаря сравнительным испытаниям имеются основания для перевода.***

## Гарантия

Гарантийный срок эксплуатации твердомера указан в гарантийном талоне.

Срок сохраняемости машины до ввода в эксплуатацию не более трех лет.

Средняя наработка на отказ - не менее 12 500 ч.

Полный средний срок службы машины - не менее 10 лет.