

9646-300



9646-300
ТВЕРДОМЕР ЭЛЕКТРОННЫЙ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ

←INSIZE→

Инструкция по эксплуатации

1. Введение

- Для обеспечения безопасной эксплуатации и предотвращения потенциальных опасностей внимательно ознакомьтесь с приведенной ниже информацией по технике безопасности и храните данное руководство в доступном месте до начала использования устройства.
- Данный ультразвуковой твердомер — это высокоточный измерительный прибор. Обращайтесь с ним бережно, избегайте ударов и механических нагрузок.
- Индентор прибора изготовлен из алмаза по методу Виккерса — материала сверхвысокой твердости. Избегайте царапания ценных поверхностей при работе с ним.
- Храните устройство и его комплектующие в недоступном для детей месте!
- Не разбирайте корпус устройства, индентор или кабель подключения наконечника. Внутренние повреждения, вызванные самостоятельным вскрытием, не покрываются гарантией.
- Используйте и храните устройство при температуре от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$. При слишком высокой или слишком низкой температуре окружающей среды возможен выход оборудования из строя.
- Не подвергайте устройство и его аккумулятор воздействию высоких температур или размещайте рядом с нагревательными приборами (например, на солнце, возле обогревателя, микроволновой печи или духовки). Перегрев аккумулятора может привести к взрыву!
- После завершения зарядки или если устройство не заряжается — отсоедините зарядное устройство от прибора и выньте его из розетки!
- Твердомер оснащен несъемным внутренним аккумулятором. Не пытайтесь заменить аккумулятор самостоятельно — это может привести к поломке устройства или его повреждению. Если требуется замена аккумулятора, обратитесь к производителю
- Утилизируйте устройство, аккумулятор и все комплектующие в соответствии с местными нормативами. Нельзя выбрасывать их как бытовой мусор.
- Использование несертифицированных зарядных устройств, кабелей и аккумуляторов может привести к повреждению оборудования или другим опасностям.
- Допускается использование только оригинальных аксессуаров, выпущенных производителем устройства, таких как индентор и кабель подключения.

2. Измерение твердости

■ Измерение твердости металлов

Существует множество шкал измерения твердости металлов, среди которых наиболее распространены методы Бринелля (HB), Роквелла (HR) и Виккерса (HV). Все три метода относятся к статическим и применяются для различных материалов и задач. Стационарные твердомеры, разработанные в соответствии с требованиями данных шкал, обеспечивают точные измерения и не зависят от упругих констант материала. Однако у них есть существенные недостатки: крупные габариты, значительный вес и длительное время измерения. Это делает невозможным их использование непосредственно на объекте и измерение крупногабаритных деталей. Кроме того, твердомеры Бринелля и Роквелла оставляют на поверхности детали заметные отпечатки, что может привести к ее повреждению. Твердомер Виккерса, использующий оптический метод измерения, требует высокой квалификации оператора.

Для устранения недостатков статических методов применяются два распространенных портативных динамических метода: Леба (HL) и Шора (HS). Они обладают преимуществами компактности, малого веса и удобства переноски. Однако из-за своей мобильности результаты измерений зависят от упругих констант материала. Для перевода полученных значений в общепринятые шкалы (Бринелля (HB), Роквелла (HR), Виккерса (HV)) требуется использование таблиц пересчета. На этом этапе погрешность может возникать как из-за неточности учета упругих свойств материала, так и из-за особенностей самой таблицы.

■ Метод измерения твердости по Виккерсу

Метод измерения твердости по Виккерсу предполагает использование индентора с углом при вершине 136 градусов, который вдавливается в поверхность испытуемого образца под заданной нагрузкой F. После выдержки под нагрузкой измеряется длина диагонали отпечатка d, на основе которой рассчитывается площадь отпечатка S и среднее давление на поверхности. Полученное значение обозначается как твердость по Виккерсу (HV) и определяется по формуле:

$$HV = 0,102 * F / S$$

На практике расчет не требуется — достаточно измерить длину диагонали отпечатка d и определить твердость по справочной таблице. Однако измерение длины d обычно выполняется с помощью микроскопа, что предъявляет высокие требования к квалификации оператора. Это приводит к следующим проблемам: длительное время испытания, громоздкость и большой вес стационарного твердомера Виккерса, а также невозможность проведения испытаний непосредственно на объекте и тестирования крупногабаритных деталей.

3. Ультразвуковой твердомер

■ Метод UCI (Ultrasonic Contact Impedance)

Для устранения недостатков стационарного твердомера Виккерса (длительное время испытания, громоздкость, сложность в эксплуатации) в 1961 году доктором Клаусом Клесаттлем был разработан метод ультразвукового контактного импеданса (UCI). Твердомер, созданный на основе этого метода, называется ультразвуковым твердомером. Метод UCI использует пружину для создания нагрузки, необходимой для измерения твердости по Виккерсу, а сама нагрузка передается на поверхность детали через резонирующий стержень с вмонтированным алмазным индентором.

Индентор с углом при вершине 136° создает на поверхности детали отпечаток по Виккерсу. Длина диагонали этого отпечатка связана с твердостью материала по Виккерсу и одновременно коррелирует с изменением частоты колебаний резонансного стержня. Таким образом, твердость детали определяется по изменению частоты колебаний стержня.

Примечание: Благодаря использованию стандартного алмазного индентора и нагрузки, применяемых в методе Виккерса, ультразвуковой твердомер позволяет напрямую измерять твердость по Виккерсу. Следовательно, ультразвуковой твердомер представляет собой разновидность приборов для измерения твердости по Виккерсу.

■ Измерение твердости методом UCI

Измерение твердости методом UCI проводится с помощью калиброванного прибора. При этом резонансный стержень с установленным индентором (например, алмазом по Виккерсу) прижимается с фиксированной силой к поверхности испытуемой детали.

■ Калибровка

Процесс калибровки включает использование калиброванного прибора, прижимающего резонансный стержень с заданным индентором (например, алмазом по Виккерсу) к поверхности детали с фиксированной силой.

■ Шероховатость поверхности

■ Шероховатость поверхности (Ra — среднее арифметическое отклонение профиля).

4. Значение и область применения

- Твердость материала — это величина, измеряемая по различным шкалам в зависимости от метода испытания. Чтобы избежать введения новых шкал, метод UCI преобразует результаты измерений в общепринятые значения твердости, такие как HV, HRC и другие.
- Измерение твердости методом UCI является поверхностным и отражает состояние только конкретного участка контакта. Результаты, полученные в одной точке, не характеризуют другие зоны поверхности и не предоставляют информации о свойствах материала в подповерхностных слоях.
- Метод UCI позволяет проводить измерения твердости как на крупных, так и на мелких деталях и заготовках в различных точках. Он также применим для контроля труднодоступных участков, например, боковых поверхностей зубьев или впадин шестерен.

5. Приборы и процедура испытаний по методу UCI

■ Приборы

Для измерения твердости по методу UCI используются приборы, состоящие из следующих компонентов:

- (1) зонда, содержащего стержень с определенным индентором, например, алмазом Виккерса, прикрепленного к контактирующему элементу в соответствии с методом испытаний E 92 и методом испытаний E 384,
- (2) средства создания вибрации,
- (3) средства обнаружения вибрации,
- (4) электронные средства для численной оценки и (5) цифровой дисплей, отображающий измеренное значение твердости. Для метода UCI доступны датчики с различными характеристиками. Они поддерживают статические нагрузки в диапазоне от 1 Н до 98 Н. В зависимости от назначения датчики комплектуются стержнями различной длины.

■ Датчик UCI

Для метода UCI доступны датчики с различными характеристиками. Они поддерживают статические нагрузки в диапазоне от 1 Н до 98 Н. В зависимости от назначения датчики комплектуются стержнями различной длины.

■ Краткое описание метода UCI

В традиционных стационарных методах измерения твердости (Бринелля, Виккерса), регламентированных стандартами ASTM E 10, E 92 и E 384, твердость определяется оптически по размеру отпечатка, образованного под заданной нагрузкой после извлечения индентора. В мобильном методе UCI, напротив, размер отпечатка не измеряется визуально. Вместо этого контактная площадь рассчитывается по смещению ультразвуковой резонансной частоты, измеренному электронным способом

Для проведения испытания датчик с индентором возбуждается в продольные ультразвуковые колебания частотой около 70 кГц с помощью пьезокерамики. Эта частота называется нулевой и соответствует режиму колебаний индентора в воздухе. При контакте с поверхностью детали частота колебаний изменяется пропорционально твердости материала.

Внутри датчика пружина создает заданную испытательную нагрузку, колеблющийся наконечник проникает в материал, образуя упругий контакт. Это приводит к положительному сдвигу частоты резонирующего стержня. Этот сдвиг связан с площадью отпечатка (контактной площадью индентора с материалом). В свою очередь, площадь является мерой твердости испытуемого материала при заданном модуле упругости, например, HV(UCI) согласно уравнению 1.

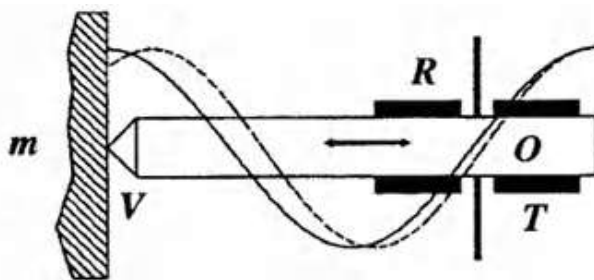


Рисунок 1. Схематическое описание датчика UCI

- Продольная амплитуда (без контакта)
- Продольная амплитуда (в контакте)

T = Пьезопреобразователь
 R = Приемник
 O = Колеблющийся стержень
 V = Индентор, например, алмаз по Виккерсу

$$\begin{array}{ccc}
 \text{UCI} & & \text{Vickers} \\
 \Delta f = f(E_{\text{eff}} \cdot A) & \text{and} & HV = \frac{F}{A} \\
 \uparrow & \text{-----} & \uparrow
 \end{array}$$

Уравнение 1

Поэтому сдвиг частоты небольшой для твердых материалов, так как индентор проникает в испытуемый материал неглубоко, оставляя отпечаток. Сдвиг частоты увеличивается по мере углубления индентора, что соответствует средней твердости и большим размерам отпечатков. Для мягких материалов сдвиг частоты достигает максимального значения (см. Рисунок 2).

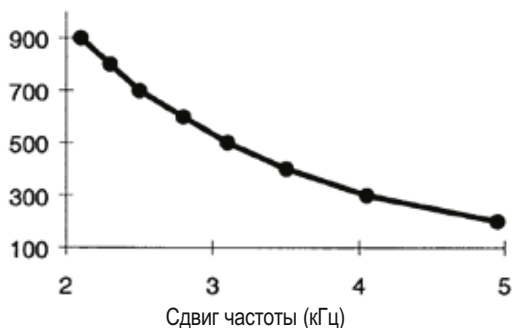


Рисунок 2. Зависимость величины твердости от сдвига частоты колеблющегося стержня

Прибор непрерывно отслеживает резонансную частоту и вычисляет ее сдвиг после достижения заданной испытательной нагрузки. В случае ручных датчиков соответствующая измерительная частота активируется внутренним переключателем. Прибор автоматически обрабатывает данные и мгновенно отображает значение твердости, например, HV(UCI).

Сдвиг частоты зависит от размера отпечатка, создаваемого заданным индентором (например, алмазом по Виккерсу), при фиксированном модуле упругости измерительной системы.

Уравнение 1 описывает основную зависимость, сопоставимую с определением твердости по Виккерсу:

Δf = сдвиг частоты, A = площадь отпечатка, E_{eff} = эффективный модуль упругости (включает упругие константы как индентора, так и испытуемого образца), HV = твердость по Виккерсу, F = нагрузка, прикладываемая при испытании.

■ Влияние констант упругости

Как видно из уравнения 1, сдвиг частоты зависит не только от площади контактной зоны, но и от модулей упругости соприкасающихся материалов. Для учета различий в модуле Юнга прибор необходимо калибровать под разные группы материалов. После калибровки метод UCI применим ко всем материалам с соответствующим модулем Юнга.

Изначально UCI-приборы калибруются на нелегированных и низколегированных сталях с использованием аттестованных эталонных мер, соответствующих стандарту ASTM E 92. Кроме того, калибровку можно выполнить непосредственно на объекте испытаний для материалов, таких как высоколегированные стали, алюминий или титан.

■ Датчик UCI

Для метода UCI доступны датчики с различными характеристиками. Они поддерживают статические нагрузки в диапазоне от 1 Н до 98 Н. В зависимости от назначения датчики комплектуются стержнями различной длины.

■ Калибровка на другие материалы

Для калибровки требуется образец конкретного материала. Твердость образца должна быть определена с помощью стандартного стационарного твердомера (например, по Виккерсу, Бринеллю или Роквеллу) в соответствии с требованиями стандарта ASTM A 370. Рекомендуется выполнить не менее 5 измерений и рассчитать среднее значение твердости.

Далее проведите не менее 5 измерений методом UCI на том же образце согласно инструкции, в разделе 10. Сравните среднее значение, отображаемое прибором, с результатом, полученным на стационарном твердомере, и откорректируйте показания прибора. Это позволит определить калибровочное значение для дальнейших измерений данного материала в требуемом диапазоне шкалы твердости.

Некоторые приборы позволяют сохранять данные калибровки и параметры настройки для разных материалов. Эти данные можно загружать в прибор по мере необходимости.

■ Сравнение с другими методами измерения твердости

В отличие от традиционных твердомеров с малой нагрузкой, приборы UCI не оценивают размер отпечатка с помощью микроскопа, а измеряют его электронным способом по методу UCI. Этот метод обеспечивает сопоставимые результаты измерения твердости с учетом зависимости от модуля упругости испытуемого материала.

После снятия нагрузки отпечаток, созданный датчиком UCI с алмазным индентором по Виккерсу на стационарном стенде, практически идентичен отпечатку, полученному на стационарном твердомере при той же нагрузке.

6. Характеристики метода UCI

- Непосредственное измерение твердости по Виккерсу
Не требуется конвертация в другие шкалы (как в методах Леба или Шора), что исключает погрешность пересчета
- Высокая скорость измерения
Результаты выводятся за несколько секунд.
- Стандартный отпечаток по Виккерсу
Малый размер отпечатка, минимальные повреждения поверхности детали.
- Зависимость результатов от упругих свойств материала
Для новых материалов необходима калибровка с учетом их модуля упругости.
- Компактность и мобильность
Небольшие габариты, легкий вес, удобство переноски.
- Применение на производственных линиях
Простота интеграции в технологические процессы.
- Тестирование в полевых условиях
Подходит для крупногабаритных деталей и труднодоступных участков (например, боковых поверхностей зубьев шестерен).
- Поверхностное измерение
Оценивает твердость только в точке контакта, без учета подповерхностных слоев.
- Гибкость калибровки благодаря микроконтроллерам
Современные технологии позволяют быстро настраивать прибор под материалы с разными упругими свойствами.

7. Характеристики метода UCI



Ультразвуковой твердомер состоит из основного блока, датчика и кабеля подключения датчика. Датчик соединяется с основным блоком восьмижильным кабелем подключения для передачи сигналов. Основной блок оснащен цветным дисплеем с богатым содержанием отображения. На передней панели основного блока расположено девять кнопок для управления. USB-интерфейс находится сбоку основного блока для зарядки и обмена данными.

■ Датчик

Параметр	Ручной датчик 1 кгс	Ручной датчик 2 кгс	Ручной датчик 3 кгс	Ручной датчик 5 кгс	Ручной датчик 10 кгс
Комплекующие	Дополнительный	Стандартный	Дополнительный	Дополнительный	Дополнительный
Испытательная нагрузка	9,8 Н	19,6 Н	29,4 Н	49 Н	98 Н
Диаметр	22 мм	22 мм	22 мм	22 мм	22 мм
Длина	150 мм	150 мм	150 мм	150 мм	150 мм
Диаметр резонирующего стержня	2,4 мм	2,4 мм	2,4 мм	2,4 мм	2,4 мм
Максимальная шероховатость поверхности детали	Ra < 3,2 мкм	Ra < 5 мкм	Ra < 5 мкм	Ra < 10 мкм	Ra < 15 мкм
Минимальный вес детали	0,3 кг	0,3 кг	0,3 кг	0,3 кг	0,3 кг
Минимальная толщина детали	2 мм	2 мм	2 мм	2 мм	2 мм
Область применения	Формы для ионного азотирования, оснастка, приспособления, тонкостенные детали, подшипники, боковые поверхности зубьев, трубопроводы	Формы для ионного азотирования, оснастка, приспособления, тонкостенные детали, подшипники, боковые поверхности зубьев, трубопроводы	Формы для ионного азотирования, оснастка, приспособления, тонкостенные детали, подшипники, боковые поверхности зубьев, трубопроводы	Формы для ионного азотирования, оснастка, приспособления, тонкостенные детали, подшипники, боковые поверхности зубьев, трубопроводы	Формы для ионного азотирования, оснастка, приспособления, тонкостенные детали, подшипники, боковые поверхности зубьев, трубопроводы

■ Технические параметры

- ▲ Основная шкала твердости: HV
- ▲ Дополнительные шкалы твердости: HRA, HRB, HRC, HBW, HS, MPa
- ▲ Диапазон измерений: HV 50–1599, HRC 20–68, HB 85–650, HRB 41–100, HRA 61–85,6, HS 34,2–97,3, MPa 255–2180
- ▲ Погрешность: $\pm 4\%$ HV, $\pm 4\%$ HB, $\pm 1,5$ HR
- ▲ Рабочая температура: от -10 °C до $+40$ °C
- ▲ Аккумулятор: 3,6 В, литий-ионный аккумулятор емкостью 3000 мА ч.
- ▲ Время автономной работы: 10 ч.
- ▲ Габаритные размеры: 190 × 82 × 30 мм.
- ▲ Направление измерения: поддерживает тестирование под углом 360° при условии, что угол между индентором и поверхностью не превышает $90^\circ \pm 3^\circ$.

- ▲ Настройка шкал твердости: любая шкала может быть настроена в режиме многоточечной калибровки.
- ▲ Калибровка для материалов с разными упругими свойствами: требуется калибровка по одному эталонной мере для адаптации к новому материалу.
- ▲ Калибровка для неизвестных материалов: при отсутствии таблицы пересчета шкалу твердости можно выбрать произвольно и выполнить многоточечную калибровку для устранения систематической погрешности.
- ▲ Хранение данных: до 100 наборов измеренных данных и 10 наборов калибровочных данных.

■ Область применения

- ▲ Измерение твердости кромок фланцев, зубьев шестерен, штампованных деталей, пресс-форм, тонких листов, поверхностно закаленных зубьев, канавок и конических деталей.
- ▲ Измерение твердости валов, тонкостенных труб и сосудов.
- ▲ Измерение твердости колес и роторов турбин.
- ▲ Измерение твердости режущих кромок.
- ▲ Измерение твердости сварных соединений.
- ▲ Измерение глубины глубоких отверстий с заданным диаметром, вогнутых и выпуклых поверхностей с большими радиусами, а также неровных плоскостей.
- ▲ Измерение твердости черных и цветных металлов и их сплавов в промышленном производстве.
- ▲ Измерение твердости тонких покрытий.
- ▲ И другие задачи.

8. Требования к деталям для метода UC1

- Поскольку ультразвуковой твердомер относится к типу твердомеров по Виккерсу, он соответствует всем требованиям, предъявляемым к твердомерам по Виккерсу.

■ Подготовка поверхности

- ▲ Гладкие и однородные поверхности могут испытываться при низких нагрузках, тогда как шероховатые и крупнозернистые поверхности требуют максимально возможных нагрузок. При этом поверхность должна быть свободна от любых загрязнений (масло, пыль и т. д.) и ржавчины. Шероховатость поверхности не должна превышать 30 % глубины проникновения ($Ra \leq 0,3 \times h$), где:

$$h[\text{mm}] = 0.062 \times \sqrt{\frac{F[\text{N}]}{H[\text{HV}]}}$$

■ Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности для различных нагрузок:

Испытательная нагрузка	98 Н	50 Н	10 Н	3 Н
Ra	≤15 мкм	≤10 мкм	≤5 мкм	≤2,5 мкм

■ Минимальная толщина

Тонкие покрытия или поверхностные слои на массивном материале должны иметь минимальную толщину, превышающую глубину отпечатка, используемого индентора (см. Рисунок 3 для алмазного индентора по Виккерсу).

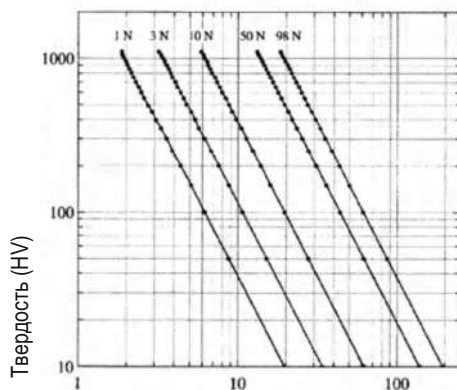


Рисунок 3. Глубина отпечатка (мкм)

■ Минимальная толщина стенки

Заметные вариации показаний могут возникать при толщине образца менее 15 мм, если испытуемый материал приводится в резонанс или вынужденные колебания (например, тонкие блоки, трубки, трубы и т.д.). Наиболее мешающими являются изгибные колебания, возбуждаемые вибрирующим наконечником. Их следует подавлять с помощью подходящих мер. Иногда прикрепление испытуемого образца к тяжелому металлическому блоку с помощью вязкой пасты, смазки или масляной пленки достаточно для подавления изгибных волн. Тем не менее, рекомендуется минимальная толщина стенки 2–3 мм.

■ Влияние колебаний

Метод UC1 основан на измерении сдвига частоты. Детали массой менее 300 г могут начать автоколебания, что приводит к ошибочным или нестабильным показаниям. Испытуемые образцы с массой менее минимальной или с сечениями, толщина которых меньше минимальной, требуют жесткой опоры и соединения с толстой, более тяжелой недеформируемой поверхностью для противодействия колебаниям датчика UC1. Отсутствие достаточной опоры и соединения приведет к получению результатов измерений, которые будут ниже или выше истинного значения твердости.

■ Кривизна поверхности

Детали с изогнутыми поверхностями могут испытываться как на выпуклых, так и на вогнутых поверхностях при условии, что радиус кривизны образца соответствует типу зонда и его насадки. Это обеспечивает перпендикулярное положение зонда относительно поверхности.

■ Температура детали

Температура испытуемой детали может влиять на результаты измерения твердости методом UC1. Однако, если зонд подвергается воздействию повышенной температуры только в течение времени измерения, допустимо проводить испытания при температурах выше комнатной, не влияя на работу прибора.

9. Инструкция по эксплуатации

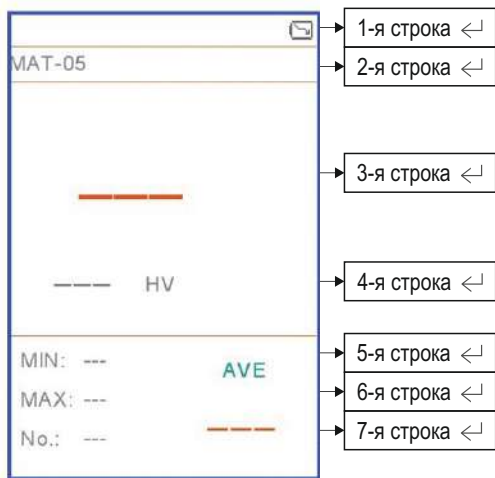
■ Включение и выключение

Нажмите кнопку «on/off» в правом верхнем углу основного блока для включения и выключения прибора. Устройство автоматически выключается через 5 минут при отсутствии операций.

■ Основной интерфейс

- ▲ После включения на дисплее отображается успешное подключение зонда, после чего прибор переходит в режим тестирования.
- ▲ Первая строка показывает время, режим автосохранения и уровень заряда батареи.

- ▲ Вторая строка отображает название выбранного калибровочного файла, таблицу пересчета и время выборки.
- ▲ Третья строка показывает значение твердости в выбранной шкале.
- ▲ Четвертая строка отображает твердость по Виккерсу.
- ▲ Пятая – седьмая строки содержат минимальное и максимальные значения, количество измерений и среднее значение.



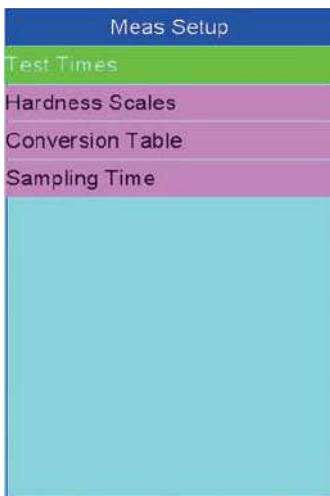
■ Главное меню

Нажмите кнопку «меню», чтобы войти в главное меню. Для навигации используйте кнопки вверх, вниз, влево и вправо, а для выбора разделов — кнопки подтверждения и выхода. Доступны следующие пункты: Meas Setup (настройки измерений), System (Система), Material (материал), Storage (хранилище) и Menu (меню).



■ Настройки измерений

В этом интерфейсе пользователь может изменить Test Times (время измерений), Hardness Scales (шкалы твердости), Conversion Table (таблицу пересчета) и Sampling Time (время выборки).



■ Количество измерений

Установка количества измерений: значение по умолчанию – 5, максимальное – 9.



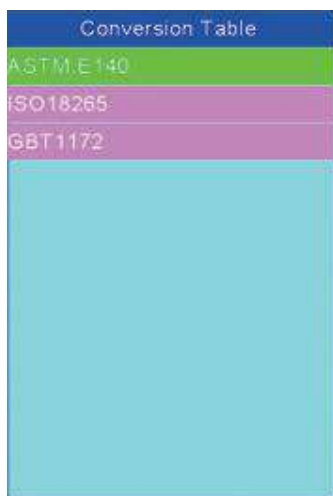
■ Шкалы твердости

Доступные шкалы твердости: HV/HRA/HRB/HRC/HB/HS/MPa.



■ Таблица пересчета

Имеется три таблицы пересчета, предназначенные только для стали.
Доступные таблицы пересчета: ASTM 140/ISO 18265/GB 1172.



■ Время выборки

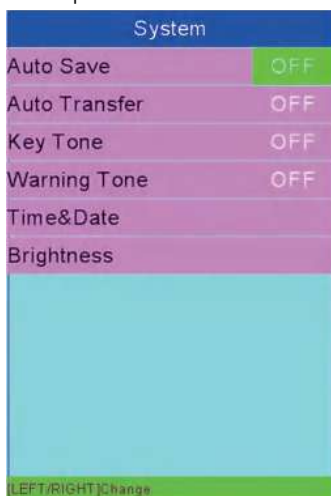
Установка времени выборки: система начинает измерение частоты через n секунд после контакта зонда с деталью. Значение по умолчанию – 2 секунды, допустимые значения: 1–5 с и 0 с (пиковая частота).

Примечание: При установке времени выборки 0 с все образцы должны пройти процесс сопряжения. Первое измерение будет неточным. После первого измерения сопряжение завершается, и результаты станут корректными начиная со второго измерения..



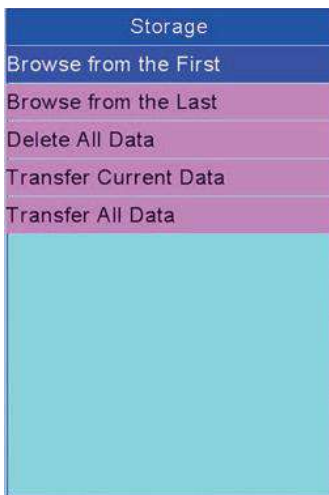
■ Система

- ▲ Включите автосохранение, чтобы сохранять данные измерений в любое время.
- ▲ Включите автопередачу, чтобы данные измерений автоматически передавались на компьютер через USB после каждого цикла тестов (эта функция находится в разработке).
- ▲ В разделе «Время и дата» можно установить текущее время.
- ▲ Параметр яркости: значение по умолчанию – 20. Увеличение яркости дисплея приведет к повышению энергопотребления батареи.



■ Хранилище

- ▲ После включения автосохранения можно просматривать данные измерений с первого или последнего набора.
- ▲ Во время просмотра можно удалить отдельный набор данных или все данные через интерфейс справа.



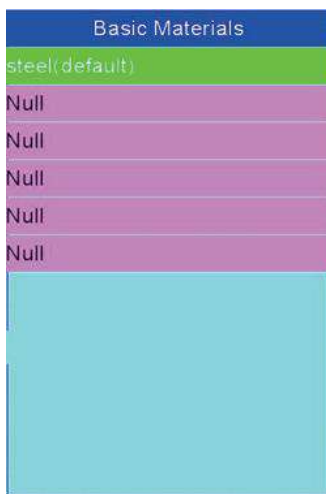
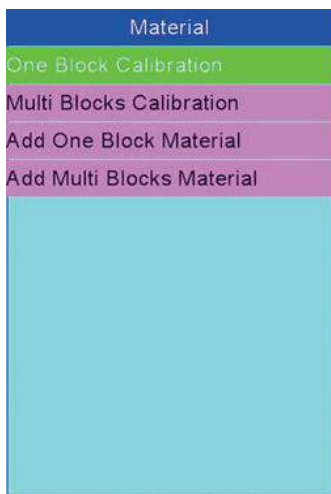
■ Материал

- ▲ Для материалов с разными упругими константами требуется калибровка по одной эталонной мере для адаптации к новому материалу.
- ▲ Для неизвестных материалов или материалов без таблицы пересчета шкалу твердости можно произвольно выбрать при многоточечной калибровке, чтобы устранить систематическую погрешность, вносимую таблицей пересчета.
- ▲ В интерфейсах выбора калибровки по одному или нескольким блокам переместите курсор на файл калибровки и нажмите delete, чтобы удалить выбранный файл..

Material	Basic Materials	User-defined Materials
One Block Calibration	steel(default)	Null
Multi Blocks Calibration	Null	Null
Add One Block Material	Null	Null
Add Multi Blocks Material	Null	Null
	Null	Null
	Null	Null

10. Калибровка

- ▲ Если константа упругости детали составляет примерно $2,1 \times 10$ МПа, пользователь может напрямую использовать файл калибровки по умолчанию (сталь (по умолчанию) для тестирования).
- ▲ Перейдите в интерфейс материалов и выберите «Калибровка по одному блоку».
- ▲ Выберите файл калибровки — сталь (по умолчанию).
- ▲ Пример: шкала твердости установлена в HV, время выборки — 2 с, количество измерений — 5 (настраивается в разделе «Настройки измерений»).
- ▲ Удерживайте датчик обеими руками перпендикулярно поверхности детали (угол наклона не должен превышать 3°).
- ▲ Плавню опустите датчик на деталь в течение 2 секунд, удерживайте его до завершения измерения.
- ▲ После отображения результата поднимите датчик.
- ▲ Повторите шаги 1–3 пять раз, чтобы получить среднее значение.
- ▲ Доступны другие шкалы твердости (HR/HB) и таблицы пересчета (ASTM/ISO/GB). Обратите внимание: материал должен быть стальным.



■ Калибровка по одной мере

- ▲ Условия применения
Если разница упругих констант между испытуемой деталью и стандартным эталоном (упругая константа: $2,1 \times 10$ МПа) значительна, измеренное значение будет отклоняться от истинного. В этом случае пользователь может применить калибровку по одному блоку для корректировки результатов. Данный метод используется исключительно для измерения твердости по Виккерсу, так как требует выполнения теоретических расчетов.

■ Порядок выполнения

- ▲ Перейдите в интерфейс материалов, выберите «Добавить материал (один блок)» и укажите название файла в разделе «Добавить базовый материал» (например, MAT-01). Это упростит выбор файла калибровки для последующих измерений.


■ Калибровка по одному блоку

▲ Условия применения

Если разница упругих констант между испытуемой деталью и стандартным эталоном (упругая константа: $2,1 \times 10$ МПа) значительна, измеренное значение будет отклоняться от истинного. В этом случае пользователь может применить калибровку по одному блоку для корректировки результатов. Данный метод используется исключительно для измерения твердости по Виккерсу, так как требует выполнения теоретических расчетов..

■ Порядок выполнения

- ▲ Перейдите в интерфейс материалов, выберите «Добавить материал (один блок)» и укажите название файла в разделе «Добавить базовый материал» (например, MAT-01). Это упростит выбор файла калибровки для последующих измерений.
- ▲ Проведите 5 измерений на детали с известным значением твердости по Виккерсу:
- ▲ Удерживайте датчик обеими руками перпендикулярно поверхности детали (угол наклона не должен превышать 3°).
- ▲ Плавное опустите датчик на деталь в течение 2 секунд, удерживайте его до завершения измерения.
- ▲ После отображения результата поднимите датчик.
- ▲ Повторите шаги 3–4 пять раз для получения среднего значения.
- ▲ Если результаты имеют значительные отклонения, скорректируйте измеренное значение с помощью кнопок вверх/вниз и введите результат в итоговую таблицу калибровки, нажав ENTER.
- ▲ Внимательно проверьте данные калибровки, затем нажмите EXIT, чтобы вернуться в главное меню. Можно приступить к измерениям.

Add Basic Material	One Block Calibration	Calibration Summary
 Start! Name: steel-1 No.: #1 [ENTER]Continue	Material: Material No.: Please test 5 times Measured: HV Actual: HV [ENTER]Next step, [ESC]Quit	One Block Calibration Material No.: 987 Material: 987 mapping: 987 ---> 2156.2 f00 f0 f[9] curdf curf (Please carefully check the data) [ESC]Quit

■ Калибровка по нескольким мерам

▲ Условия применения

Если материал детали имеет специфические свойства, калибровка по одному блоку не обеспечит точных результатов. В этом случае требуется калибровка по нескольким блокам. Необходимо подготовить стандартные эталонные блоки (2–10 штук) из того же материала, что и испытуемая деталь. Их твердость должна быть определена с помощью стационарного твердомера (Виккерс, Бринелль или Роквелл). Стандартные блоки можно изготовить самостоятельно или заказать у производителя.

▲ Порядок выполнения

- 1) Перейдите в интерфейс материалов, выберите «Add Multi Blocks Material» и укажите название файла в разделе «Add User-defined Material» (например, MAT-06). Это упростит выбор файла калибровки для последующих измерений. Максимальное количество файлов калибровки — 5.
- 2) Используйте кнопки вверх/вниз для выбора шкалы твердости в интерфейсе «Add User-defined Material».
- 3) Выберите шкалу твердости и нажмите ENTER, чтобы перейти в интерфейс калибровки. Подготовьте не менее 2 стандартных блоков (максимум — 10).
- 4) Проведите измерения:
Удерживайте датчик обеими руками перпендикулярно поверхности эталонного блока (угол наклона не должен превышать 3°).
Плавное опустите датчик на блок в течение 2 секунд и удерживайте до завершения измерения. После отображения результата поднимите датчик.
Повторите операцию 5 раз для получения среднего значения.
Некорректные результаты удалите кнопкой DELETE.
Скорректируйте измеренное значение до эталонного с помощью кнопок вверх/вниз и подтвердите нажатием ENTER для перехода к следующему блоку.
- 5) Калибруйте оставшиеся стандартные блоки твердости. После завершения всех калибровок нажмите кнопку ENTER, чтобы перейти к сводке калибровки.
- 6) Проверьте данные калибровки, затем нажмите кнопку EXIT для возврата в основной интерфейс. Теперь можно приступить к измерению детали..

The image shows three sequential screenshots of the device's calibration software interface.

1. Add User-defined Material: The screen displays 'Start!' at the top. Below it, 'Name: zdy-1' and 'No.: #1' are shown. A yellow bar with the text 'Press [Up/Down] to select' is present. At the bottom, there is a blue button labeled 'HRC' and the text 'ENTER]Continue'.

2. Multi Blocks Calibration: The screen shows 'Material:' at the top. Below it, 'Material No.:', 'Hardness scale: HV', and 'Standard Blocks (10 at most):' are displayed. At the bottom, 'Measured: Hz' and 'Actual: HV' are shown. The text 'ENTER]Next Block' is at the very bottom.

3. Calibration Summary: The screen displays a table with the following data:

Material No.:	Correspondence	
# HV	df	Hx
Material:	2156.2	987
HV	2156.2	987
Hardness scale:	2156.2	987
HV	2156.2	987
f00	2156.2	987
f0	2156.2	987
f[B]	2156.2	987
curdf		
curf		

At the bottom, there is a green bar with the text '(Please carefully check the data)' and 'ESC]Quit'.

11. Калибровка

- ▲ Подключите 90° разъем кабеля к восьмизильному разъему на конце датчика, затем подключите 180° разъем кабеля к восьмизильному гнезду основного блока. Убедитесь, что красные метки на разъемах и гнездах совпадают. Звук щелчка подтвердит успешное подключение. Не прикладывайте чрезмерное усилие, чтобы избежать повреждения разъемов.

- ▲ После подключения датчика к основному блоку включите устройство для проверки соединения. При успешном подключении на дисплее отобразится сообщение «Подключение датчика выполнено». Если появится ошибка «Подключение датчика не выполнено», проверьте правильность подключения разъемов, при необходимости отключите кабель и повторите процедуру. Если подключение не удастся, возможно, устройство неисправно — обратитесь к производителю для ремонта..
- ▲ Внимание! Основной блок устройства работает только с данным датчиком. Сохраняйте их вместе как единый комплект. Для безопасного хранения поместите устройство в защитный чехол из ABS-пластика.

