

**ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ
ПОРТАТИВНЫЙ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ
КОНСТАНТА КТ**

№_____

УАЛТ.206.000.00 РЭ

Содержание

1 Техническое описание и работа	4
1.1 Назначение	4
1.2 Технические характеристики	4
1.3 Устройство и работа	10
2 Комплектность	15
3 Подготовка к работе, клавиатура и меню прибора	15
3.1 Подготовка к работе	15
3.2 Измерительный режим	20
3.3 Меню прибора	22
4 Порядок работы с прибором	25
4.1 Задание группы материалов и шкалы измерения твердости	25
4.2 Проведение единичных измерений при использовании динамических преобразователей типа D, DC, DL, С и G	27
4.3 Проведение единичных измерений при использовании ультразвуковых преобразователей типа U-10N, U-50N, U-100N	28
4.4 Проведение единичных измерений при использовании преобразователя типа SPR	32
4.5 Проведение единичных измерений при использовании преобразователя типа SPR-A	34
4.6 Проведение единичных измерений при использовании преобразователей Шор А и Шор D	37
4.7 Проведение измерений с усреднением	38
4.8 Одноточечная калибровка	41
4.9 Двухточечная калибровка	45
4.10 Требования к контрольным образцам (мерам) для калибровки	50
4.11 Допусковый режим	50
4.12 Работа с памятью прибора, сохранение результатов, передача на ПК	51
4.13 Выключение прибора	57
5 Рекомендации по проведению измерений	58
5.1 Рекомендации по проведению измерений твердости объектов измерений из высоколегированных сталей, чугунов, цветных металлов с использованием динамических преобразователей типа D, DC, DL, С, G и ультразвуковых преобразователей типа U	58
5.2 Рекомендации по проведению измерений твердости легких и тонких объектов измерений	58
5.3 Рекомендации по проведению измерений твердости упрочненных поверхностных слоев и гальванических покрытий с использованием	58

динамических преобразователей типа D, DC, DL, C, G и ультразвуковых преобразователей типа U	59
5.4 Влияние на результаты измерений свойств поверхностных слоев объектов измерений.....	60
6 Техническое обслуживание	60
6.1 Общие указания	60
6.2 Техническое обслуживание динамических преобразователей типа D, DC, DL, C и G	60
6.3 Техническое обслуживание ультразвуковых преобразователей типа U	61
6.4 Указания мер безопасности	61
7 Транспортирование и хранение	61
Приложение А	62

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления с назначением, устройством, принципом действия и правилами эксплуатации прибора для измерения твердости портативного многофункционального Константа КТ, в дальнейшем прибора.

1 Техническое описание и работа

1.1 Назначение

1.1.1 Прибор предназначен для измерения твердости следующих материалов:

- всех типов сталей и сплавов (конструкционных, углеродистых, легированных, нержавеющих, жаропрочных и т.д.);
- чугунов (серых, высокопрочных и т.д.);
- цветных металлов и сплавов (алюминия, меди, титана и их сплавов и т.д.);
- прочих материалов при наличии в приборе соответствующей группы материалов или при «одноточечной» или «двухточечной» калибровке прибора на контрольных образцах или мерах твердости пользователя.

1.1.2 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от 0 до + 40 °C;
- относительная влажность воздуха до 95 % при + 30 °C.

1.2 Технические характеристики

1.2.1 Общие технические характеристики

1.2.1.1 В зависимости от подключенного преобразователя и выбранной группы материалов прибор выводит получаемые результаты измерений в следующих единицах измерения:

- основные шкалы твердости: HRC, HB, HV, HLD (для преобразователей типа D и DC), HDL (для преобразователей типа DL), HLC (для преобразователей типа C), HLG (для преобразователей типа G), HA (для преобразователей типа Шор A) и HD (для преобразователей типа Шор D);
- дополнительные шкалы твердости: HRA, HRB, HRD, HRF, HR15T, HR30T, HR45T, HR15N, HR30N, HR45N, HK, HSD (Scleroscope);
- механические свойства: σ_b (предел прочности, МПа).

1.2.1.2 Диапазон показаний твердости по шкалам в зависимости от преобразователя

Для группы материалов «Сталь, легированная сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N, U-50N, U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	81-654	81-654	81-654	81-654	100-500	100-500
HV	81-955	81-955	81-955	81-955	100-940	100-940
HK	-	-	-	-	87-920	87-920
HS	29,7-99,5	29,7-99,5	29,7-99,5	29,7-99,5	-	-
HRA	60,2-84,5	60,2-84,5	60,2-84,5	60,2-84,5	37,2-85,6	37,2-85,6
HRB	38,4-99,5	38,4-99,5	38,4-99,5	38,4-99,5	55-100	55-100
HRC	20,4-67,1	20,4-67,1	20,4-67,1	20,4-67,1	68-20	68-20
HRD	-	-	-	-	40,1-76,9	40,1-76,9
HRF	112,4- 118,6	112,4- 118,6	112,4-118,6	112,4- 118,6	74-99,6	74-99,6
HR 15-N	68,0-92,3	68,0-92,3	68,0-92,3	68,0-92,3	69,4-93,2	69,4-93,2
HR 30-N	40,4-82,0	40,4-82,0	40,4-82,0	40,4-82,0	41,5-84,4	41,5-84,4
HR 45-N	18,5-72,5	18,5-72,5	18,5-72,5	18,5-72,5	19,6-75,4	19,6-75,4
HR 15-T	91,2-95,0	91,2-95,0	91,2-95,0	91,2-95,0	70,4-93,1	70,4-93,1
HR 30-T	80,0-87,6	80,0-87,6	80,0-87,6	80,0-87,6	36,3-83,1	36,3-83,1
HR 45-T	70,0-81,3	70,0-81,3	70,0-81,3	70,0-81,3	2,6-72,9	2,6-72,9
Scleroscope	-	-	-	-	34,2-97,3	34,2-97,3

Для группы материалов «Аустенитная нержавеющая сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	85-650	85-650	85-650	85-650	100-940	100-940
HV	84-802	84-802	84-802	84-802	-	-
HRA	60,2-74,2	60,2-74,2	60,2-74,2	60,2-74,2	39-75,5	39-75,5
HRB	46,5-101,7	46,5-101,7	46,5-101,7	46,5-101,7	63,4-123,9	63,4-123,9
HRC	19,6-62,4	19,6-62,4	19,6-62,4	19,6-62,4	1,9-50,3	1,9-50,3
HRF	86,6-113,8	86,6-113,8	86,6-113,8	86,6-113,8	87,8-129,6	87,8-129,6
HR 15-N	69,2-90,3	69,2-90,3	69,2-90,3	69,2-90,3	63,6-85,2	63,6-85,2
HR 30-N	41,5-78,7	41,5-78,7	41,5-78,7	41,5-78,7	26,9-68,2	26,9-68,2
HR 45-N	19,7-68,5	19,7-68,5	19,7-68,5	19,7-68,5	3,7-54,9	3,7-54,9
HR 15-T	76,6-91,6	76,6-91,6	76,6-91,6	76,6-91,6	77,2-98,9	77,2-98,9
HR 30-T	52,3-80,5	52,3-80,5	52,3-80,5	52,3-80,5	53,6-87,7	53,6-87,7
HR 45-T	29,2-70,4	29,2-70,4	29,2-70,4	29,2-70,4	31,1-92	31,1-92

Для группы материалов «Литая сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N, U-50N, U-100N,	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	-	-	-	-	76-618	76-618
HV	-	-	-	-	100-940	100-940
HRA	-	-	-	-	60,7-85,6	60,7-85,6
HRB	-	-	-	-	41-105	41-105
HRC	-	-	-	-	20,3-68	20,3-68
HRD	-	-	-	-	40,3-76,9	40,3-76,9
HRF	-	-	-	-	82,6-115,1	82,6-115,1
HR 15-N	-	-	-	-	69,9-93,2	69,9-93,2
HR 30-N	-	-	-	-	41,7-84,4	41,7-84,4
HR 45-N	-	-	-	-	19,9-75,4	19,9-75,4
Tensile strenght					255-2180	255-2180

Для группы материалов «Катаная сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	-	-	-	-	205-600	205-600
HV	-	-	-	-	100-940	100-940
HRA	-	-	-	-	59,4-84,5	59,4-84,5
HRB	-	-	-	-	95,6-109,5	95,6-109,5
HRC	-	-	-	-	18,8-65,8	18,8-65,8
HRF	-	-	-	-	110,7- 118,6	110,7- 118,6
HR 15-N	-	-	-	-	67-92,3	67-92,3
HR 30-N	-	-	-	-	38,8-82	38,8-82
HR 45-N	-	-	-	-	16,4-72,4	16,4-72,4
HR 15-T	-	-	-	-	92,2-95	92,2-95
HR 30-T	-	-	-	-	78-87,6	78-87,6
HR 45-T	-	-	-	-	66,9-81,4	66,9-81,4

Для группы материалов «Инструментальная сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HV	-	-	-	-	100-940	100-940
HRA	-	-	-	-	77,9-85,5	77,9-85,5
HRC	-	-	-	-	54,2-67,6	54,2-67,6
HR 15-N	-	-	-	-	87,1-92,9	87,1-92,9
HR 30-N	-	-	-	-	71,7-83,4	71,7-83,4
HR 45-N	-	-	-	-	58,8-74,2	58,8-74,2

Для группы материалов «Высокотемпературная нержавеющая сталь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	-	-	-	-	85-655	85-655
HV	-	-	-	-	100-940	100-940
HRB	-	-	-	-	46,5-101,7	46,5-101,7
HRC	-	-	-	-	19,6-62,4	19,6-62,4

Для группы материалов «Чугун с пластинчатым графитом»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	93-334	93-334	93-334	93-334	-	-

Для группы материалов «Чугун со сферическим графитом»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	131-387	131-387	131-387	131-387	-	-

Для группы материалов «Латунь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	40-173	40-173	40-173	40-173	42-169	42-169
HV	62,6-195,5	62,6-195,5	62,6-195,5	62,6-195,5	100-940	100-940
HRB	13,5-95,3	13,5-95,3	13,5-95,3	13,5-95,3	10-93,5	10-93,5
HRF	65,3-110,3	65,3-110,3	65,3-110,3	65,3-110,3	40-110	40-110
HR 15-T	64-93	64-93	64-93	64-93	53,5-90	53,5-90
HR 30-T	23,7-78,4	23,7-78,4	23,7-78,4	23,7-78,4	12-77,5	12-77,5
HR 45-T	0,6-65,9	0,6-65,9	0,6-65,9	0,6-65,9	1-66	1-66

Для группы материалов «Бронза»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	30-700	300-960	-	-
HB	60-290	60-290	60-290	60-290	42-169	42-169
HV	-	-	-	-	100-940	100-940
HRB	-	-	-	-	10-93,5	10-93,5
HRF	-	-	-	-	40-110	40-110
HR 15-T	-	-	-	-	53,5-90	53,5-90
HR 30-T	-	-	-	-	12-77,5	12-77,5
HR 45-T	-	-	-	-	1-66	1-66

Для группы материалов «Медь»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	45-315	45-315	45-315	45-315	41-119	41-119
HV	51-129	51-129	51-129	51-129	100-940	100-940
HK	54-138	54-138	54-138	54-138	-	-
HRB	1,3-67	1,3-67	1,3-67	1,3-67	2-67	2-67
HRF	42,6-98,9	42,6-98,9	42,6-98,9	42,6-98,9	28-99	28-99
HR 15-N	-	-	-	-	38,5-87	38,5-87
HR 30-N	-	-	-	-	1,5-69,5	1,5-69,5
HR 45-N	-	-	-	-	2-49	2-49
HR 15-T	45,7-87,7	45,7-87,7	45,7-87,7	45,7-87,7	-	-
HR 30-T	5,8-69,2	5,8-69,2	5,8-69,2	5,8-69,2	-	-
HR 45-T	1,7-48,9	1,7-48,9	1,7-48,9	1,7-48,9	-	-

Для группы материалов «Алюминиевые сплавы»

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости					
	D, DC	DL	G	C	U-10N U-50N U-100N	SPR
HL*	300-890	560-950	300-750	300-960	-	-
HB	19-164	19-164	19-164	19-164	40-160	40-160
HV	20-172	20-172	20-172	20-172	100-940	100-940
HRB	23,8-84,6	23,8-84,6	23,8-84,6	23,8-84,6	28-91	28-91
HRE	-	-	-	-	46-101	46-101
HRH	-	-	-	-	83-108	83-108
HR 15-T	-	-	-	-	59-89,8	59-89,8
HR 30-T	-	-	-	-	44-77	44-77
HR 15-W	-	-	-	-	77-95,5	77-95,5

* HLD для преобразователей D и DC, HDL для преобразователей DL, HLC для преобразователей C и HLG для преобразователей G.

1.2.1.3 Диапазон показаний твердости для преобразователей Шор А и Шор D

Шкала твердости	Диапазон показаний твердости	
	Шор А	Шор D
НА	3-100	-
HD	-	3-100

1.2.1.4 Диаметры отпечатков на поверхности объектов измерений

Мера	Диаметр отпечатка, мм, не более							
	D, DC	C	DL	G	SPR	U- 10N	U- 50N	U- 100N
100 HB (100HV)	0,376	0,277	0,369	0,657	0,106	0,108	0,242	0,34
187 HB (187HV)	0,304	0,215	0,291	0,503	0,095	0,087	0,195	0,28
400 HB (42.5HRC, 422HV)	0,238	0,167	0,218	0,388	0,061	0,058	0,13	0,18
62HRC (837 HV)	0,198	0,152	0,186	-	0,042	0,038	0,085	0,125

1.2.1.5 Глубины отпечатков на поверхности объектов измерений

Мера	Глубина отпечатка, мм, не более							
	D, DC	C	DL	G	SPR	U- 10N	U- 50N	U- 100N
100 HB (100HV)	0,048	0,026	0,046	0,088	0,086	0,031	0,07	0,098
187 HB (187HV)	0,031	0,015	0,028	0,051	0,077	0,025	0,056	0,081
400 HB (42.5HRC, 422HV)	0,019	0,009	0,016	0,030	0,048	0,017	0,038	0,052
62HRC (837 HV)	0,013	0,08	0,012	-	0,032	0,011	0,025	0,036

1.2.2 Требования к объекту измерения (изделию, детали)

1.2.2.1 Объекты измерений в зависимости от используемого преобразователя должны соответствовать следующим требованиям

Наименование параметра	Тип преобразователя								
	D	DC	DL	G	C	U- 10N	U- 50N	U- 100N	SPR
Минимальная масса, кг, не менее	5 ¹	5 ¹	5 ¹	15 ¹	1,5 ¹	1	1	1	-
Минимальная толщина стенки, мм, не менее	25	25	25	70	10	2 ²	2 ²	2 ²	1,5
Шероховатость поверхности Ra, на которой производится измерение, мкм, не более	2,0	2,0	2,0	7,0	0,4	0,8	1,6	3,2	0,8
Минимальная толщина закаленного слоя, мм, не менее	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	-	-	-	-

Наименование параметра	Тип преобразователя								
	D	DC	DL	G	C	U-10N	U-50N	U-100N	SPR
Минимальный радиус выпуклой цилиндрической поверхности, мм, не менее ^{3, 4}	50	50	10	50	50	6	6	6	-
Минимальный радиус вогнутой цилиндрической поверхности, мм, не менее ⁴	30	30	11	30	30	6	6	6	-
1 – Допускается проводить измерения на объектах измерений с меньшей массой, следуя рекомендациям п. 5.2. 2 - Допускается производить измерения на объектах измерений меньшей толщины, следуя рекомендациям п. 5.2. 3 – Для проведения измерений на объектах измерений с меньшими радиусами использовать специализированные приспособления. 4 - Для обеспечения перпендикулярности оси преобразователя к криволинейной поверхности необходимо использовать специализированные приспособления.									

1.2.2.2 Рабочие поверхности объекта измерения и алмазного наконечника индентора должны быть чистыми и обезжирены спиртом.

1.2.2.3 Требования к объекту измерений для преобразователей Шор А и Шор D:

- минимальная толщина не менее 6 мм;
- допускается применять объекты измерений из нескольких слоев одного и того же материала, но не более трех, толщина верхнего слоя не менее 3 мм;
- минимальный радиус выпуклой цилиндрической поверхности не менее 20 мм;
- минимальный радиус вогнутой цилиндрической поверхности не менее 100 мм.

1.3 Устройство и работа

1.3.1 Динамический метод измерения твердости.

Динамический метод измерения твердости заключается в измерении отношения скорости отскока ударника от поверхности объекта измерения к скорости его падения. Измерения сигналов и обработка результатов измерений производится встроенным микроконтроллером с интегральным аналого-цифровым преобразователем. Геометрические и энергетические параметры ударников и преобразователей соответствуют стандарту ГОСТ Р 8.969-2019 (ИСО 16859-1:2015). Полученное отношение пересчитывается в единицы твердости по Либу. Пересчет

твёрдости в другие шкалы осуществляется в соответствии со стандартными таблицами пересчета. Результаты измерений выводятся на дисплей.

Внешний вид преобразователя представлен на рисунке 1.

Преобразователь комплектуется двумя съемными насадками (далее по тексту насадками):

- основной, для работы на плоских поверхностях (рисунок 1).



Рисунок 1. Внешний вид преобразователя D с плоской насадкой

- малогабаритной, для работы в узких местах и на вогнутых поверхностях (рисунок 2).



Рисунок 2. Внешний вид преобразователя D с малогабаритной насадкой

По запросу потребителя преобразователь может комплектоваться специализированными насадками для объектов измерений различной геометрической формы (цилиндрической, сферической и пр.) рисунок 3.

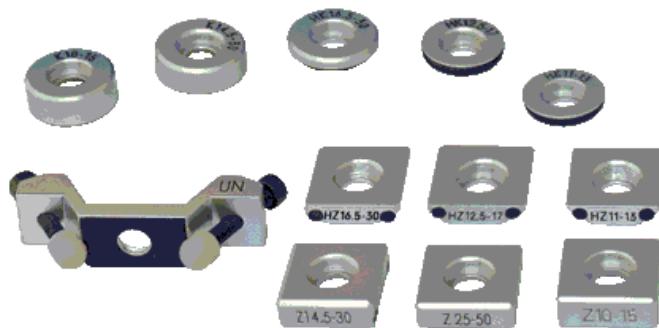


Рисунок 3. Специализированные насадки для объектов измерений различной геометрической формы

1.3.2 Ультразвуковой метод измерения твердости.

Прибор реализует метод ультразвукового контактного импеданса в соответствии со стандартом ASTM A1038. Обработка первичной

информации, получаемой с выхода преобразователя, производится микроконтроллером. Результаты измерений выводятся на дисплей.

Конструкция преобразователей представлена на рисунке 4. Преобразователь поставляется с двумя насадками.

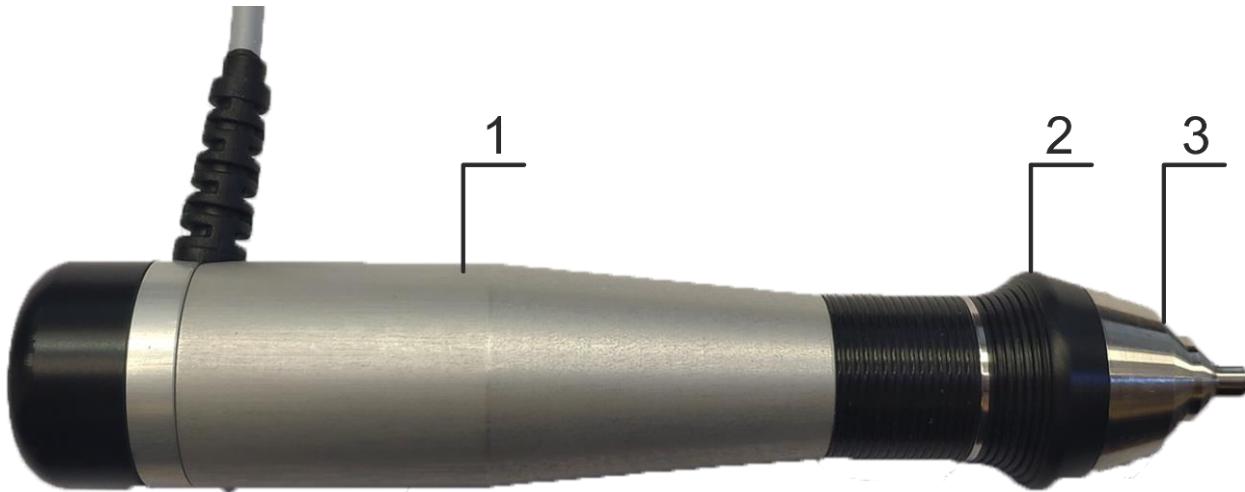


Рисунок 4. Внешний вид преобразователя типа U
1- корпус; 2 – упорная юбка; 3 –насадка

Насадки предназначены для удобства позиционирования преобразователя на объекте контроля.

При проведении измерений твердости плоских поверхностей рекомендуется использовать насадку с увеличенным диаметром опорной поверхности.

При проведении измерений в труднодоступных местах допускается использование преобразователя без насадки (рис. 5).



Рисунок 5. Внешний вид преобразователя типа U без насадки

Важно! Результаты, полученные при проведении измерений с насадкой и без насадки, могут различаться ввиду особенностей работы преобразователя. Для обеспечения сходимости результатов после смены/съема/установки насадки перед проведением измерений необходимо выполнять калибровку (см. п. 4.6-4.7).

1.3.3 Статический метод измерения твердости.

Статический метод измерения твердости заключается в измерении глубины внедрения индентора в поверхность объекта измерения. Геометрия алмазного наконечника индентора соответствует стандарту ASTM B724-00. Глубина внедрения пересчитывается в единицы твердости по Виккерсу. Пересчет твердости в другие шкалы осуществляется в соответствии со стандартом ASTM E140-07.

Обработка первичной информации, полученной с выхода преобразователя, производится микроконтроллером. Результаты измерений выводятся на дисплей.

Конструкция преобразователя представлена на рисунке 6. Преобразователь имеет специальную насадку с упорной юбкой. Упорная юбка обеспечивает удобство позиционирования преобразователя относительно объекта измерения и его прижима при проведении измерений.

Преобразователь со снятой насадкой используется для проведения измерений твердости в узких и труднодоступных местах с использованием специальных приспособлений.

Важно! Результаты, полученные при проведении измерений с насадкой и без насадки, могут различаться ввиду особенностей работы преобразователя. Для обеспечения сходимости результатов после смены/съема/установки насадки или приспособления перед проведением измерений необходимо выполнять калибровку (см. п. 4.6-4.7).

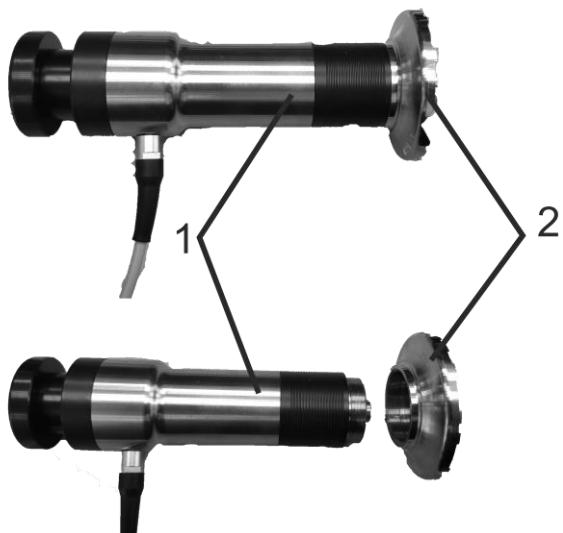


Рисунок 6. Внешний вид преобразователя SPR
1- корпус измерительного преобразователя; 2 – насадка

Преобразователь SPR может быть снабжен модулем автоматического приложения нагрузки рисунок 7 (исполнение SPR-A).



Рисунок 7. Внешний вид преобразователя SPR-A

1- измерительный преобразователь; 2 – модуль автоматического приложения нагрузки

1.3.4 Метод измерения твердости резины и пластика по Шору.

Преобразователь предназначен для измерения твердости резины, резинотехнических изделий и пластмасс в лабораторных и цеховых условиях. Допускается применение прибора для измерения твердости других материалов со схожими характеристиками.

Принцип действия преобразователя основан на внедрении индентора в поверхность объекта измерения с определенной силой. Глубина внедрения индентора пропорциональна твердости по Шору. Принцип действия преобразователя соответствует ГОСТ Р ИСО 7619, DIN 53505 и ASTM D2240. Показания выводятся на дисплей.

Внешний вид преобразователя Шора А представлен на рисунке 8.



Рисунок 8. Внешний вид преобразователя Шора А

Внешний вид блока обработки информации представлен на рисунке 9.



Рисунок 9. Внешний вид блока обработки информации

2 Комплектность

Комплектность поставки определяется требованиями заказчика и приведена в п.1 паспорта УАЛТ.206.000.00 ПС.

3 Подготовка к работе, клавиатура и меню прибора

3.1 Подготовка к работе

3.1.1 Для подключения преобразователя необходимо совместить красную метку на корпусе вилки преобразователя с красной меткой на розетке, расположенной на торцевой панели блока обработки информации, и вставить вилку в розетку до упора, при этом раздастся характерный щелчок.

3.1.2 Для того, чтобы отсоединить преобразователь, необходимо вынуть (потянуть) вилку из розетки, удерживая ее за внешний подвижный корпус с ребристой поверхностью, рисунок 10.



Рисунок 10. Отключение преобразователя

Внимание! В приборе используется разъем с механической фиксацией вилки и розетки типа Push-Pull.

Нельзя дергать или пытаться вытащить вилку из розетки за кабель!

Нельзя проворачивать вилку вокруг своей оси и пытаться выкрутить ее!

При правильных действиях отсоединение преобразователя происходит при незначительном усилии.

Выход из строя блока обработки информации или преобразователя вследствие неправильных действий при подключении и отключении преобразователя не является гарантийным случаем!

3.1.3 Включение прибора осуществляется нажатием кнопки «M» клавиатуры. Принудительное выключение прибора осуществляется нажатием и удержанием кнопки «M» клавиатуры не менее 2 сек.

3.1.4 После включения прибора на дисплей выводится сообщение о текущей версии программного обеспечения:



после чего, если преобразователь не подключен, выводится сообщение:

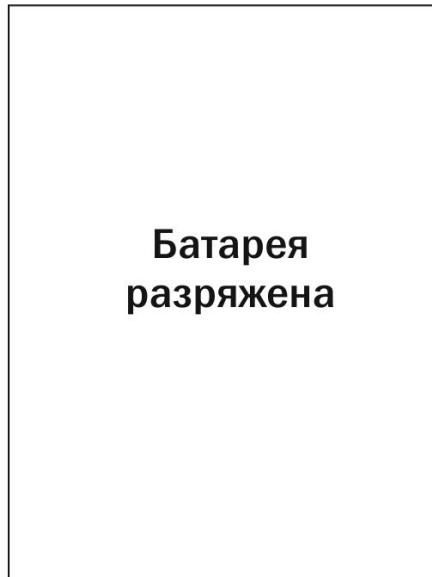


3.1.5 На дисплее в правом верхнем углу выводится индикатор уровня заряда аккумуляторной батареи. При снижении уровня заряда ниже определенного значения на дисплей периодически выводится предупреждающее сообщение:



Чем ниже уровень заряда, тем чаще выводится данное сообщение.

3.1.6 Если аккумуляторная батарея разряжена до критического уровня, на дисплей выводится сообщение:



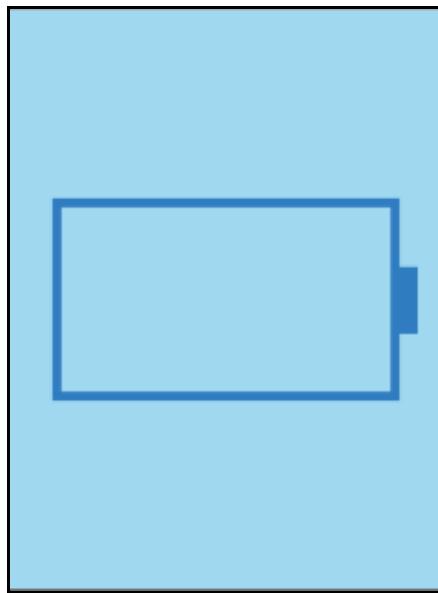
и прибор автоматически выключается.

Внимание! При появлении данного сообщения следует НЕМЕДЛЕННО зарядить аккумуляторную батарею! Длительное хранение прибора с разряженной аккумуляторной батареей не допускается, т.к. может существенно сократить ее емкость или вывести ее из строя!

При хранении (отсутствии эксплуатации) прибора, для исключения глубокого разряда аккумуляторной батареи, рекомендуется производить заряд аккумуляторной батарей не реже одного раза в 1-2 месяца.

Если при нажатии кнопки «М» клавиатуры прибор не включается или выключается сразу после включения, зарядите аккумуляторную батарею!

3.1.7 Для заряда аккумуляторной батареи необходимо подсоединить вилку кабеля зарядного устройства к розетке mini USB, расположенной на торцевой панели блока обработки информации, а само зарядное устройство подключить к сети переменного тока с рабочим напряжением ~220 В и частотой 50 Гц. Если прибор находился в выключенном состоянии, то на дисплее появится сообщение:



Если зарядное устройство было подключено к прибору во включенном состоянии, то индикатор уровня заряда батареи станет зеленого цвета.

Заряд аккумуляторной батареи прибора так же можно осуществлять от персонального компьютера, автомобильных зарядных устройств и других источников, обеспечивающих питание в соответствии со стандартом USB 2.0 мощностью не менее 2,5 Вт (постоянное напряжение питания 5 В, сила тока не менее 0,5 А).

3.1.8 Прибор можно эксплуатировать непосредственно в процессе заряда аккумуляторной батареи. Также можно существенно увеличить время автономной работы прибора с использованием внешней аккумуляторной батареи типа «Power Bank» (в комплект поставки не входит).

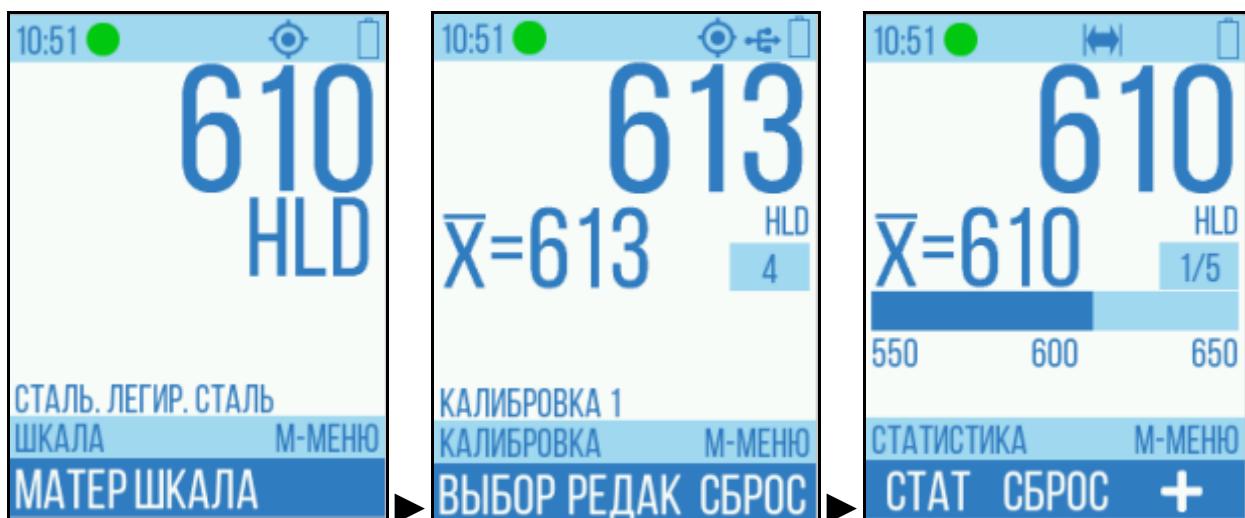
Для работы прибора от внешней аккумуляторной батареи необходимо подсоединить разъем кабеля внешней аккумуляторной батареи к розетке miniUSB, расположенной на торцевой панели блока обработки информации и при необходимости включить внешнюю аккумуляторную батарею.

3.1.9 Общие рекомендации по эксплуатации Li-Ion аккумуляторных батарей:

- для того, чтобы аккумуляторная батарея набрала полную емкость, ее необходимо полностью зарядить 2-3 раза при начале эксплуатации прибора;
- нельзя хранить прибор с разряженной аккумуляторной батареей, от этого аккумуляторная батарея может выйти из строя;
- при хранении (отсутствии эксплуатации) прибора, для исключения глубокого разряда аккумуляторной батареи, рекомендуется производить заряд аккумуляторной батареи не реже одного раза в 1-2 месяца;
- не рекомендуется осуществлять заряд аккумуляторной батареи в климатических условиях, отличных от нормальных. Перед зарядом прибор желательно выдержать при температуре от плюс 5 до плюс 35°C не менее 30-60 мин.

3.2 Измерительный режим

3.2.1 После подключения преобразователя и включения прибора, происходит инициализация преобразователя и прибор переходит в измерительный режим.



В зависимости от настроек прибора и активированных функций внешний вид измерительного режима может изменяться.

Символы и сообщения, выводимые на дисплей в измерительном режиме:

- - символ подключения канала связи USB. Данный символ информирует пользователя о том, что прибор подключен к компьютеру и готов к осуществлению передачи данных;

○ - символ калибровки преобразователя. Данный символ информирует о том, что пользователь произвел калибровку преобразователя. Если символ не выводится, то параметры калибровки преобразователя сброшены к значениям по умолчанию;

↔ - символ активации допускового режима измерений;

● - индикатор текущего состояния прибора и его готовности к проведению измерений:

зеленый индикатор - прибор готов к проведению измерений;

желтый индикатор - прибор осуществляет подготовку к новому измерению, в это время проводить измерения нельзя, а выполненные измерения не будут обрабатываться;

красный индикатор (только при работе с преобразователями типа U и SPR) прибор осуществляет измерение, продолжайте создавать необходимое усилие.

3.2.2 Для повышения удобства эксплуатации прибора, наиболее часто используемые функции сгруппированы в панели функциональных кнопок, которые могут менять свое назначение.



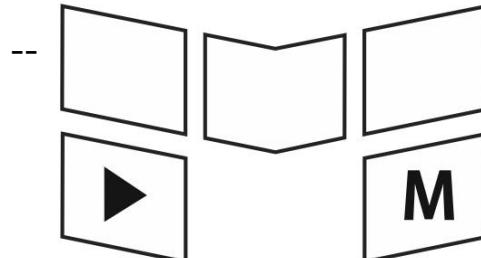
наименование панели

функциональных кнопок --

панель функциональных --

кнопок

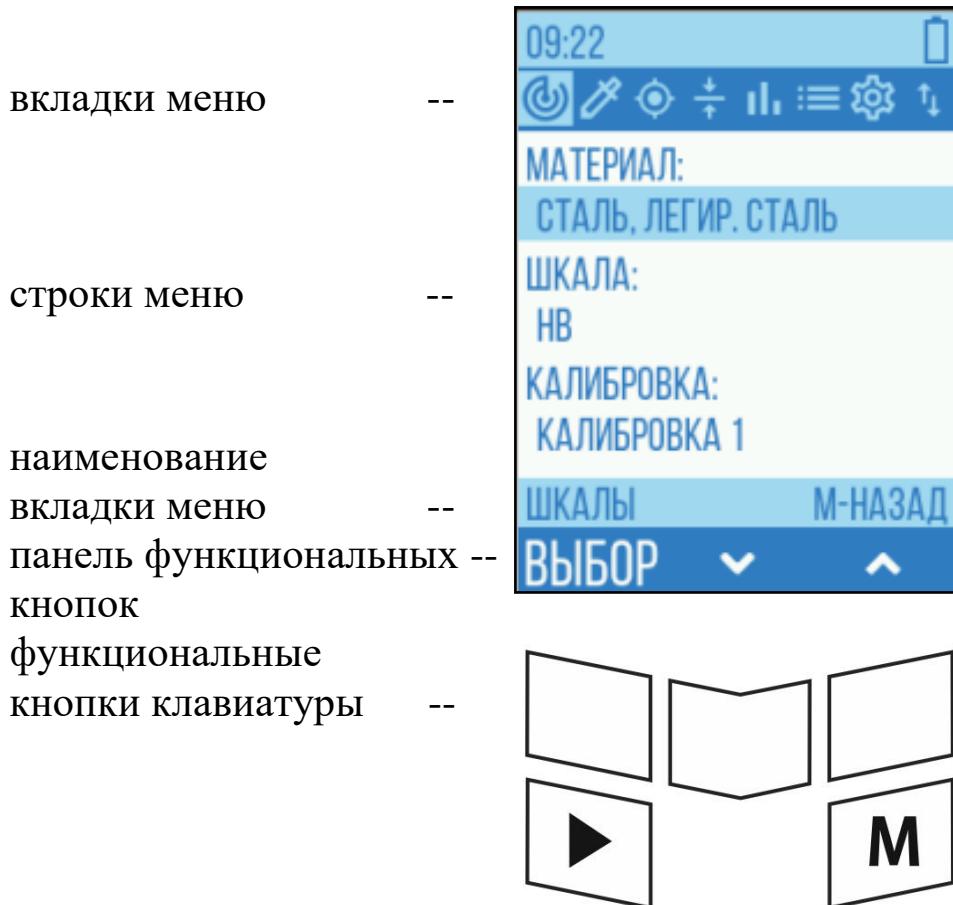
функциональные
кнопки клавиатуры



Переключение между панелями функциональных кнопок в измерительном режиме работы прибора осуществляется кнопкой «►» клавиатуры. В зависимости от типа подключенного преобразователя набор панелей функциональных кнопок и их назначение может различаться.

3.3 Меню прибора

3.3.1 Вход в меню прибора из измерительного режима осуществляется нажатием кнопки «М» клавиатуры.



3.3.2 Перемещение по вкладкам меню осуществляется нажатием кнопки «►» клавиатуры.



3.3.3 Перемещение по строкам вкладок меню осуществляется функциональными кнопками «▼» и «▲». Другие действия в пределах выбранных вкладок также осуществляются функциональными кнопками, назначение которых указано в нижней строке дисплея и может изменяться в зависимости от выполняемых функций.

3.3.4 Возврат в измерительный режим или в предыдущий уровень меню осуществляется нажатием кнопки «М» клавиатуры.

3.3.5 В зависимости от подключенного преобразователя, внешний вид меню и набор функций может различаться.

Внимание! В зависимости от версии программного обеспечения и подключенного преобразователя, внешний вид некоторых разделов меню и набор функций может различаться. Это не оказывает влияния на метрологические характеристики средства измерения.

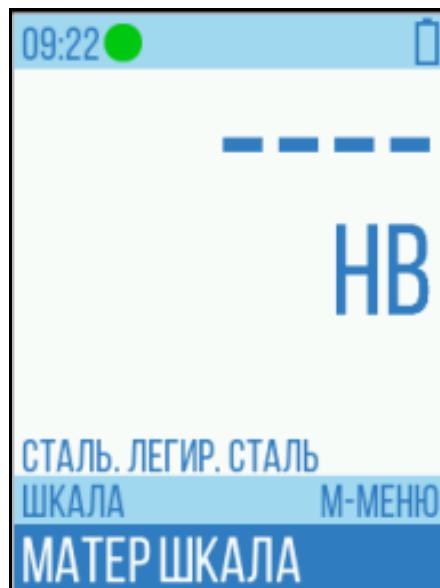
Производитель оставляет за собой право вносить изменения в программное обеспечение блока обработки информации без предварительного уведомления.

4 Порядок работы с прибором

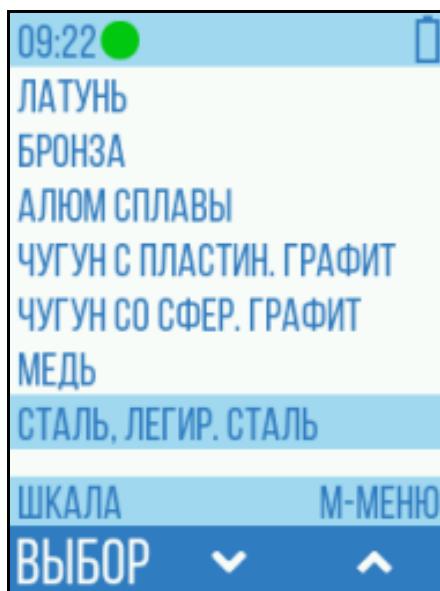
4.1 Задание группы материалов и шкалы измерения твердости

4.1.1 Подготовить прибор к работе в соответствии с п. 3.1, включить его нажатием кнопки «М».

4.1.2 Установить требуемую группу материалов и шкалу измерения твердости с использованием панели функциональных кнопок «ШКАЛА».



Нажать функциональную кнопку «МАТЕР».

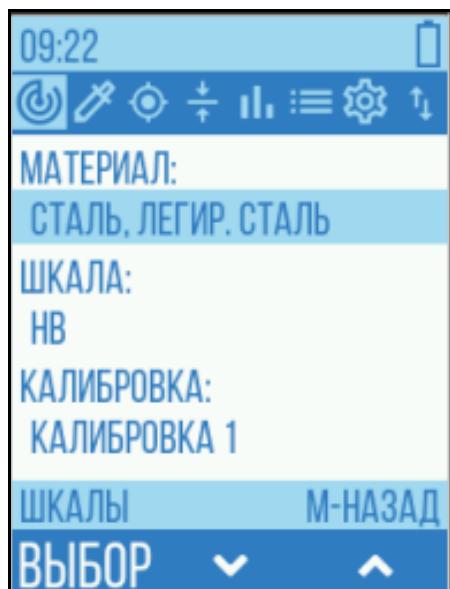


Функциональными кнопками «▼» и «▲» выбрать из списка группу материалов, которой соответствует объект измерения и нажать функциональную кнопку «ВЫБОР».



Затем, из появившегося списка шкал измерения твердости функциональными кнопками «▼» и «▲» выбрать требуемую и нажать функциональную кнопку «ВЫБОР».

Аналогичным образом установить требуемую группу материалов и шкалу измерения твердости можно через вкладку меню прибора «ШКАЛА».



Выбор группы материалов необходим для осуществления корректного пересчета результатов измерений, получаемых по базовой шкале измерения твердости подключенного преобразователя (HLD для преобразователей D и DC, HDL для преобразователей DL, HLC для преобразователей С и HLG для преобразователей G, HV для преобразователей SPR, U-10N, U-50N, U-100N) в значения твердости по

необходимой для пользователя шкале измерения твердости, а также для учета влияния модуля упругости материала.

Рекомендации по выбору группы материалов в зависимости от марки материала объекта измерения приведены в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Группы материалов могут различаться, в зависимости от типа подключенного преобразователя. В случае затруднения выбора группы материалов следует выбрать наиболее общую группу (например, сталь, легир. сталь для стали с неизвестным хим. составом), выполнить пробные измерения и оценить адекватность получаемых результатов. При необходимости выполнить аналогичные измерения для другой группы материалов и сопоставить результаты.

Внимание! При осуществлении поверки или при определении действительных метрологических характеристик средства измерений необходимо выбирать группу материалов «Сталь МТ».

4.2 Проведение единичных измерений при использовании динамических преобразователей типа D, DC, DL, С и G

4.2.1 Взвести пружинный механизм преобразователя в рабочее положение следующими способами:

а) для преобразователей D, DL, С и G: сдвинуть цилиндрическую ручку вниз до щелчка, свидетельствующего о захвате ударника захватным механизмом. Плавно отпустить цилиндрическую ручку, не допуская ударов и срыва ударника (рис. 9, а).

б) для преобразователя DC: вставить взводной шомпол, поставляемый в комплекте с преобразователем DC, в отверстие на торцевой части преобразователя до щелчка, свидетельствующего о захвате ударника захватным механизмом. Плавно вынуть взводной шомпол.

Внимание! Взвод пружинного механизма преобразователей D, DL, С и G необходимо осуществлять при отсутствии контакта преобразователя с объектом измерения. Если взвод пружинного механизма преобразователя был осуществлен при контакте с объектом измерения, то перед проведением измерения преобразователь необходимо сдвинуть относительно точки взвода на расстояние не менее 3-5 мм. Измерение, выполненное в точке взвода, может быть не достоверным.

4.2.2 Установить преобразователь на объект измерения нормально к поверхности и прижать его торцевой плоскостью к поверхности не допуская покачивания (рис. 9, б).

4.2.3 Убедиться в устойчивости преобразователя на поверхности объекта измерения и нажать спусковую кнопку преобразователя, при

этом ударник под действием взвешенной ранее пружины совершил удар по поверхности объекта измерения (рис. 11, в).

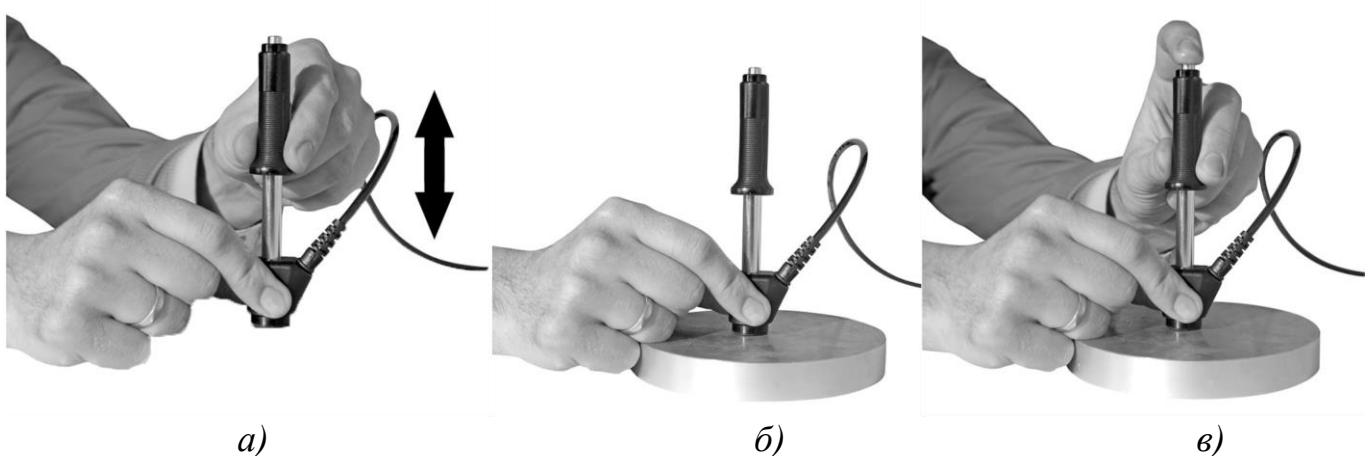


Рисунок 11. Проведение измерений преобразователями D, DL, С и G

Внимание! Для исключения дополнительной погрешности, при нажатии спусковой кнопки ручка взвода ударника не должна перемещаться вниз.

4.2.4 На дисплее отобразится измеренное значение твердости по заданной шкале и группе материалов. Данный результат измерения твердости будет отображаться на дисплее до проведения следующего измерения. Не следует изменять положение преобразователя в пространстве сразу после удара ударника в течении 0,5-1 с.

4.2.5 Измерения допускается выполнять при любой пространственной ориентации преобразователя. Влияние действия силы тяжести на результаты измерений автоматически компенсируется прибором.

4.3 Проведение единичных измерений при использовании ультразвуковых преобразователей типа U-10N, U-50N, U-100N

4.3.1 Поднести алмазный наконечник индентора в необходимую точку объекта измерения (рис. 12, а). Нажимая с усилием F (более 1 кг. для преобразователя U-10N, более 5 кг. для преобразователя U-50N) на упорную юбку двумя руками плавно (примерно за 0,5 секунды) вдавить индентор в поверхность объекта измерения до упора (рис. 10, б), не допуская покачивания. При использовании преобразователя с насадкой опорная поверхность насадки должна упереться в поверхность объекта измерения.

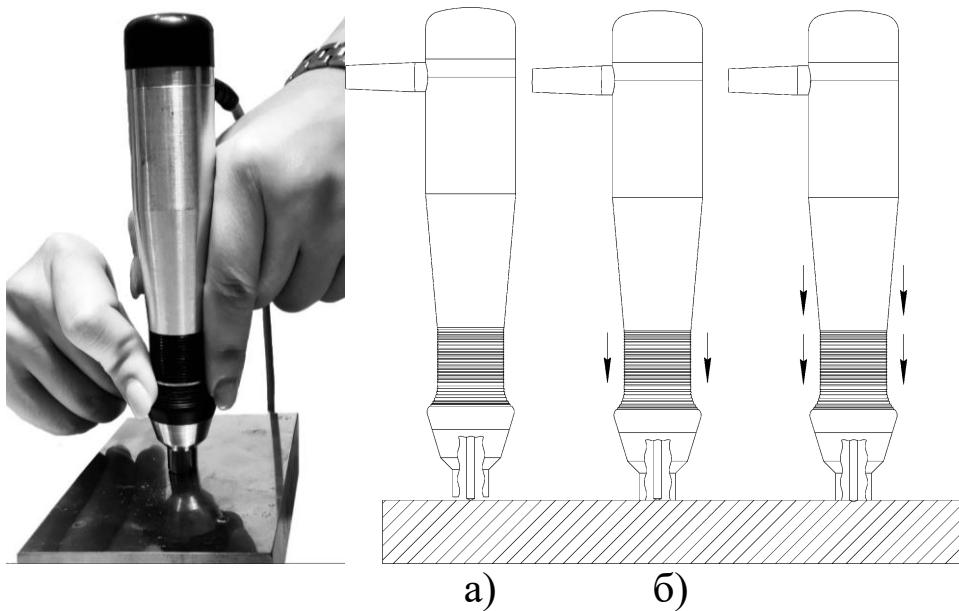


Рисунок 12. Проведение измерений преобразователями U-10N и U-50N

При работе с преобразователем U-100N необходимо, придерживая преобразователь за насадку, приложить к верхней части преобразователя усилие F более 10 кг. центром ладони вдоль оси преобразователя и плавно (примерно за 0,5 секунды) вдавить индентор в поверхность объекта измерения до упора, не допуская покачивания (рис. 13). При использовании преобразователя с насадкой опорная поверхность насадки должна упереться в поверхность объекта измерения.



Рисунок 13. Проведение измерений преобразователем U-100N

Внедрение индентора в поверхность объекта измерения осуществляется встроенной в преобразователь пружиной с постоянным нормируемым усилием, поэтому усилие F с которым необходимо нажимать на преобразователь для проведения измерений должно быть более:

- 1 кг для преобразователя U-10N;
- 5 кг для преобразователя U-50N;
- 10 кг для преобразователя U-100N.

Внимание! Не допускается резкое нажатие, т.к. это может привести к превышению допустимой величины погрешности или сколу алмазного наконечника индентора.

При использовании преобразователя без насадки необходимо ограничивать усилие до соприкосновения индентора с внутренним упором (при проведении измерений будет ощущаться характерное изменение реакции преобразователя на прилагаемое усилие).

4.3.2 После звукового сигнала, извещающего о получении результата измерения, необходимо плавно снять прилагаемое усилие и аккуратно убрать преобразователь с поверхности объекта измерения. На дисплее прибора будет отображаться результат измерения твердости по заданной шкале и группе материалов, а также график внедрения индентора.



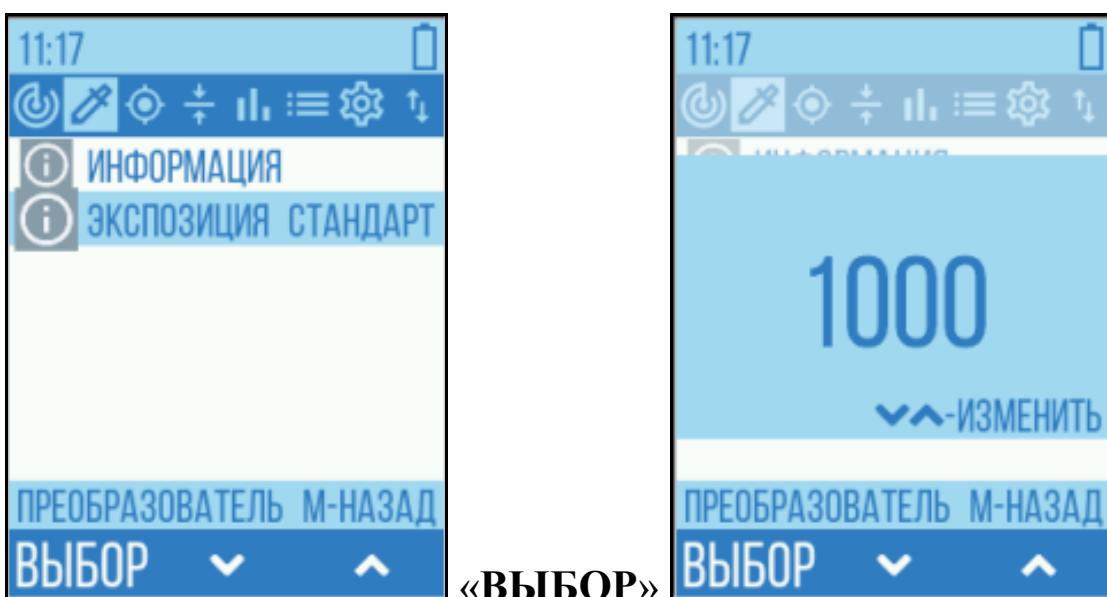
График внедрения индентора перестает отображаться на дисплее по нажатию любой кнопки клавиатуры.

Внимание! Отсутствие результатов или их повторяемости, погрешность, превышающая предельно допустимые значения или выход результатов измерений за диапазоны измерений, могут быть связаны с недостаточным приложением усилия, а также с неравномерным приложением усилия в случае использования преобразователя без насадки.

4.3.3 При работе с преобразователями типа U в некоторых случаях может возникнуть необходимость задания длительности экспозиции - паузы в процессе проведения измерений, необходимой, например, для обеспечения более устойчивого позиционирования преобразователя на поверхности объекта измерения.

Длительность экспозиции — это длительность паузы между моментом создания необходимого для проведения измерений усилий F и моментом начала проведения измерений.

Задание длительности экспозиции (паузы, выдержки) осуществляется во вкладке меню прибора «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ».



Длительность экспозиции задается кратно 100 мс (100 мс = 0,1 сек).

СТАНДАРТ – значение по умолчанию, записанное в память преобразователя при его настройке на предприятии изготовителе (порядка 100-300 мс);

0 – выдержка отсутствует, прибор проводит измерения непосредственно после создания необходимого для проведения измерения усилия F;

1000, 2000, 3000 и т.д. – в этом случае прибор выполнит измерение через 1, 2, 3 и т.д. сек. после создания необходимого для проведения измерения усилия F .

Выдержка между моментом создания необходимого для проведения измерения усилия F и началом проведения измерений может потребоваться для:

- обеспечения устойчивого положения преобразователя относительно поверхности объекта измерения (например, сложной формы);
- завершения процесса внедрения индентора в поверхность объекта измерения;
- повышения повторяемости результатов измерений на шероховатых поверхностях, на объектах измерения сложной формы и т.д.

4.4 Проведение единичных измерений при использовании преобразователя типа SPR

4.4.1 Установить преобразователь на поверхность объекта измерения, и прижать его одной рукой в районе упорной юбки как показано на рисунке 14, *a*. Нажимая на верхнюю часть преобразователя центром ладони второй руки вдоль оси преобразователя с усилием более 5 кг. плавно (примерно за 0,5 секунды) вдавить индентор в поверхность объекта измерения до упора и удерживать, не допуская покачивания (рисунок 14, *б*).

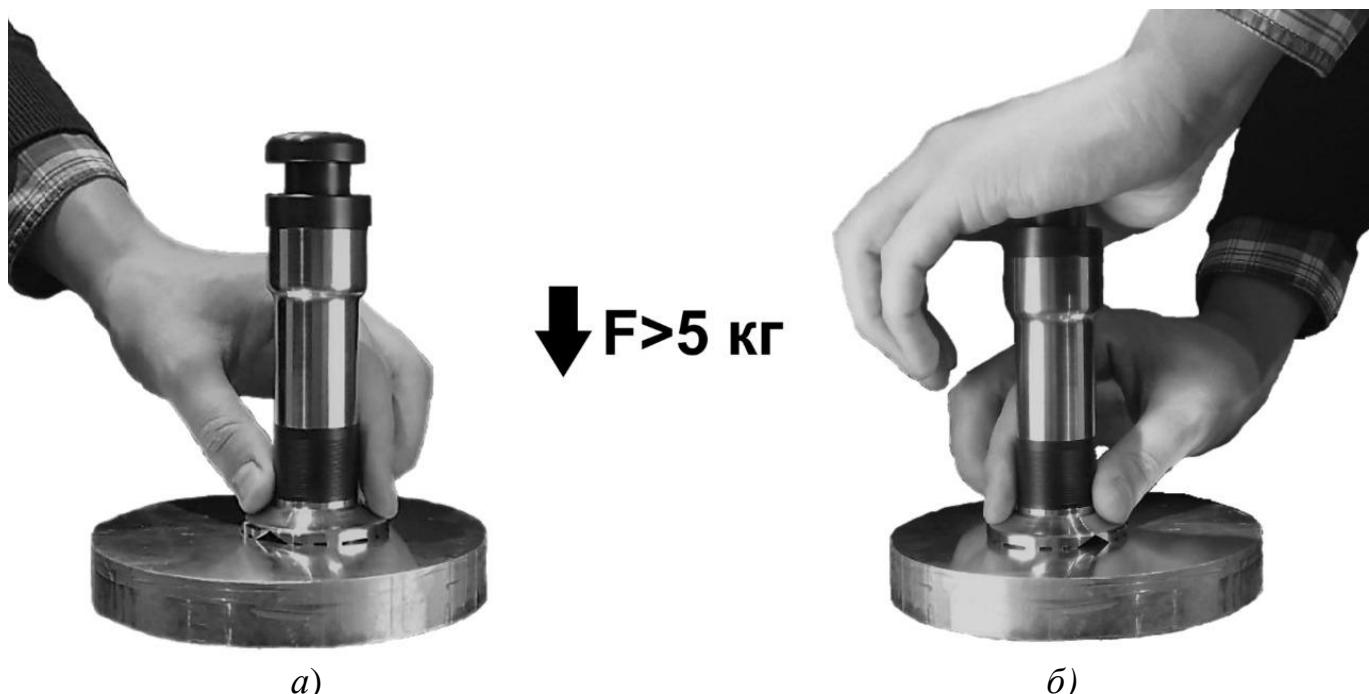


Рисунок 14. Установка (*а*) и проведение измерений (*б*) преобразователем SPR

Внимание! Не допускается резкое нажатие, т.к. это может привести к превышению допустимого значения погрешности или сколу алмазного наконечника индентора.

Во время проведения измерения на дисплей будет выводиться график внедрения индентора в поверхность объекта измерения. После завершения процесса внедрения индентора на дисплей будет выведен результат измерения и раздастся звуковой сигнал, свидетельствующий о завершении процедуры измерения. Время проведения измерения составляет от 2 до 5 секунд, в зависимости от навыков оператора.

Внедрение индентора в поверхность объекта измерения осуществляется встроенной в преобразователь пружиной с постоянным нормируемым усилием, поэтому усилие F с которым необходимо нажимать на преобразователь для проведения измерений должно быть более 5 кг.

4.4.2 После звукового сигнала, извещающего о получении результата измерения, необходимо плавно снять прилагаемое усилие и аккуратно убрать преобразователь с поверхности объекта измерения. На дисплее прибора будет отображаться результат измерения твердости по заданной шкале и группе материалов, а также график внедрения индентора.



График внедрения индентора перестает отображаться на дисплее по нажатию любой кнопки клавиатуры.

4.5 Проведение единичных измерений при использовании преобразователя типа SPR-A

4.5.1 Включение модуля приложения нагрузки преобразователя SPR-A осуществляется перемещением движкового переключателя вкл/выкл влево, рисунок 15.

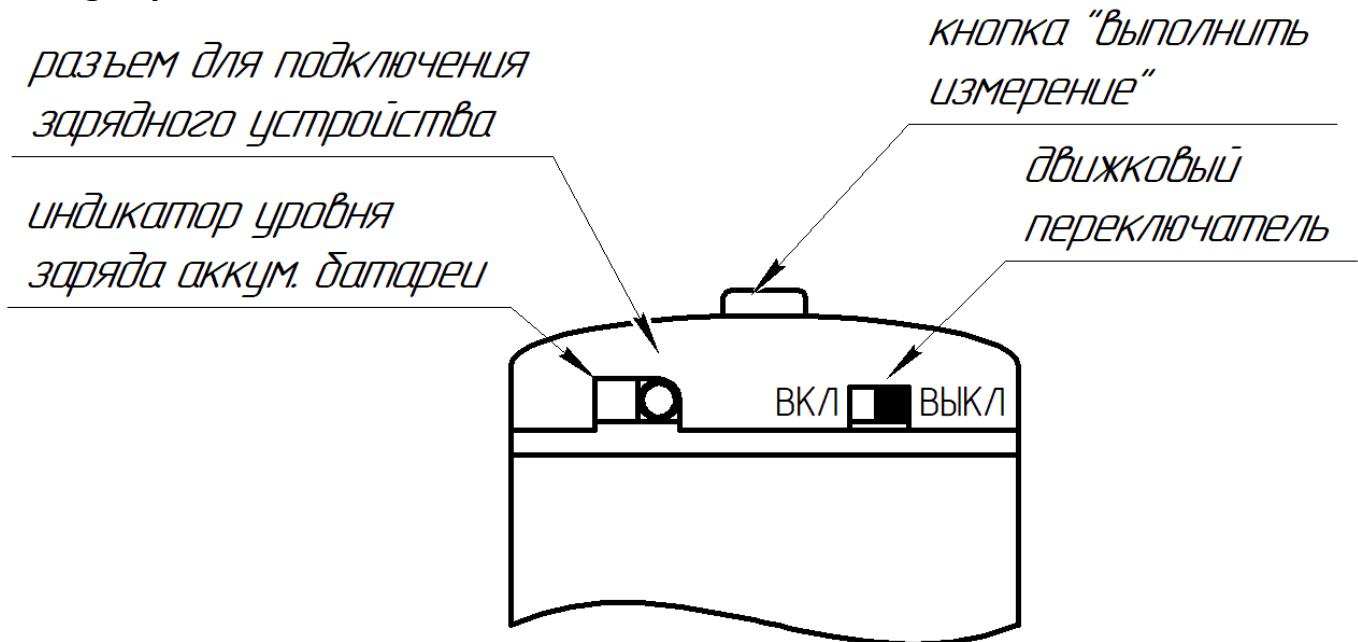


Рисунок 15. Органы управления, индикации и разъем модуля приложения нагрузки преобразователя SPR-A

4.5.2 О уровне заряда аккумуляторной батареи модуля приложения нагрузки преобразователя SPR-A после его включения сигнализирует мигающий индикатор, расположенный рядом с разъемом подключения зарядного устройства:

- индикатор мигает зеленым цветом - уровень заряда выше 30%;
- индикатор мигает желтым цветом - уровень заряда находится в диапазоне от 10 до 30%;
- индикатор мигает красным цветом - уровень заряда ниже 10%.

Внимание! Если индикатор мигает красным цветом следует НЕМЕДЛЕННО зарядить аккумуляторную батарею! Длительное хранение модуля приложения нагрузки с разряженной аккумуляторной батареей не допускается!

4.5.3 Для заряда аккумуляторной батареи необходимо подсоединить вилку кабеля зарядного устройства к розетке, расположенной на модуле приложения нагрузки рядом с светодиодным индикатором, а само зарядное устройство подключить к сети переменного тока с рабочим

напряжением ~220 В и частотой 50 Гц. Время полного заряда аккумуляторной батареи составляет не менее 8 часов. Общие рекомендации по эксплуатации Li-Ion аккумуляторных батарей см. п. 3.1.9. Допускается эксплуатация преобразователя в процессе заряда аккумуляторной батареи.

4.5.4 Для проведения единичного измерения установить преобразователь на поверхность объекта измерения, и прижать его одной рукой в районе упорной юбки как показано на рисунке 14, *а*. Свободной рукой нажать кнопку «Выполнить измерение» на модуле автоматического нагружения и удерживать преобразователь в районе упорной юбки, рисунок 16, *б*. Пауза между нажатием кнопки «Выполнить измерение» и началом создания нагрузки составляет 1 сек., и нужна для того, чтобы можно было переставить руку на упорную юбку. Создание необходимой для проведения измерений нагрузки будет создаваться автоматически, пользователю необходимо только удерживать преобразователь на объекте измерения.

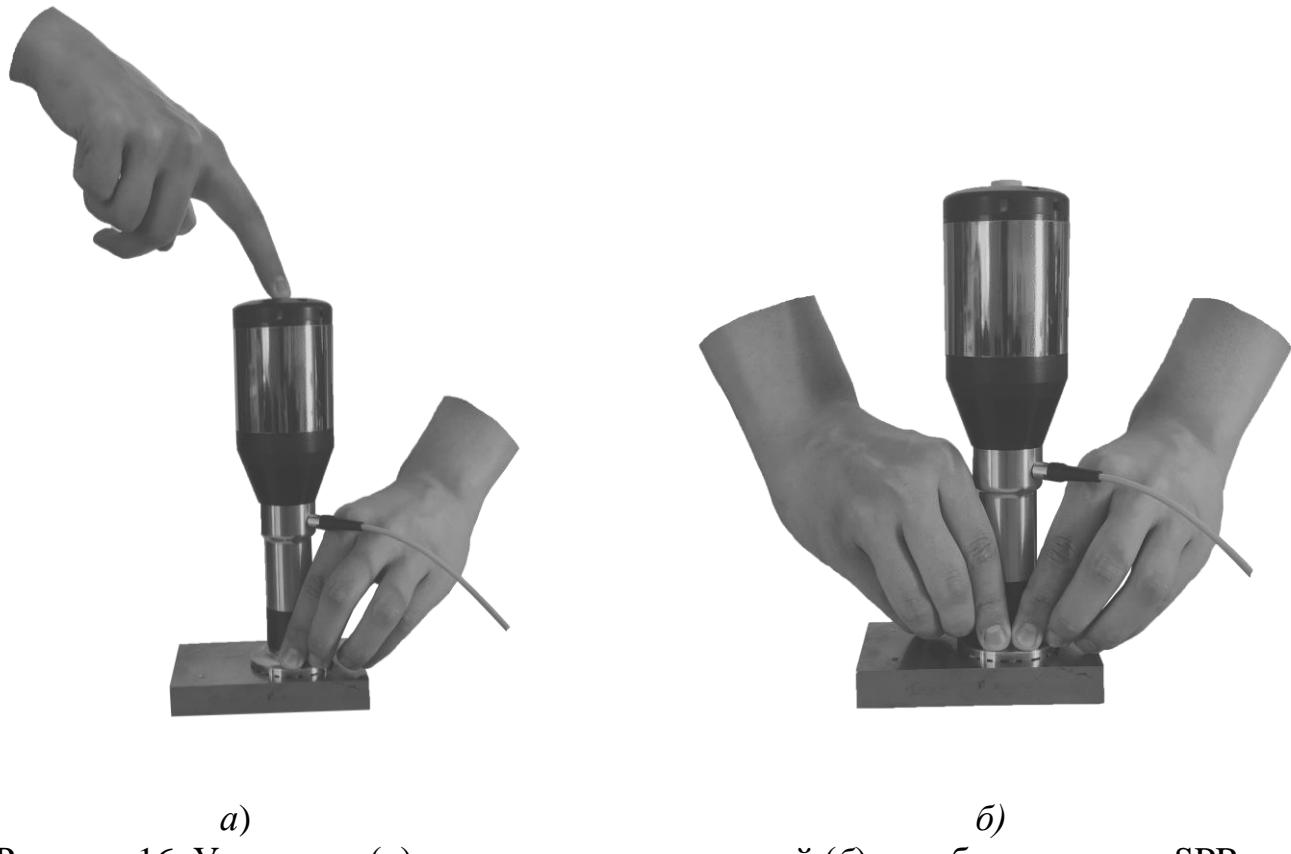


Рисунок 16. Установка (*а*) и проведение измерений (*б*) преобразователем SPR

Внимание! Не допускается перемещение преобразователя вовремя проведение измерений, т.к. это может привести к превышению допустимого значения погрешности или сколу алмазного наконечника индентора.

Во время проведения измерения на дисплей будет выводиться график внедрения индентора в поверхность объекта измерения. После завершения процесса внедрения индентора на дисплей будет выведен результат измерения и раздастся звуковой сигнал, свидетельствующий о завершении процедуры измерения. Время проведения измерения составляет от 4 до 5 секунд.

4.5.5 После звукового сигнала, извещающего о получении результата измерения, необходимо аккуратно убрать преобразователь с поверхности объекта измерения. На дисплее прибора будет отображаться результат измерения твердости по заданной шкале и группе материалов, а также график внедрения индентора.



График внедрения индентора перестает отображаться на дисплее по нажатию любой кнопки клавиатуры.

4.5.6 После проведения измерений выключить модуль приложения нагрузки перемещением движкового переключателя вкл/выкл вправо.

4.6 Проведение единичных измерений при использовании преобразователей Шор А и Шор D

4.6.2 Поднести индентор преобразователя в необходимую точку объекта измерения (рис. 17, *а*). Нажимая с усилием F (более 1 кг. для преобразователя Шор А и более 5 кг. для преобразователя Шор D) на упорную юбку двумя руками плавно (примерно за 0,5 секунды) вдавить индентор в поверхность объекта измерения до упора (рис. 17, *б*), не допуская покачивания. Все время проведения измерений контактная плоскость преобразователя должна соприкасаться с поверхностью объекта измерений.

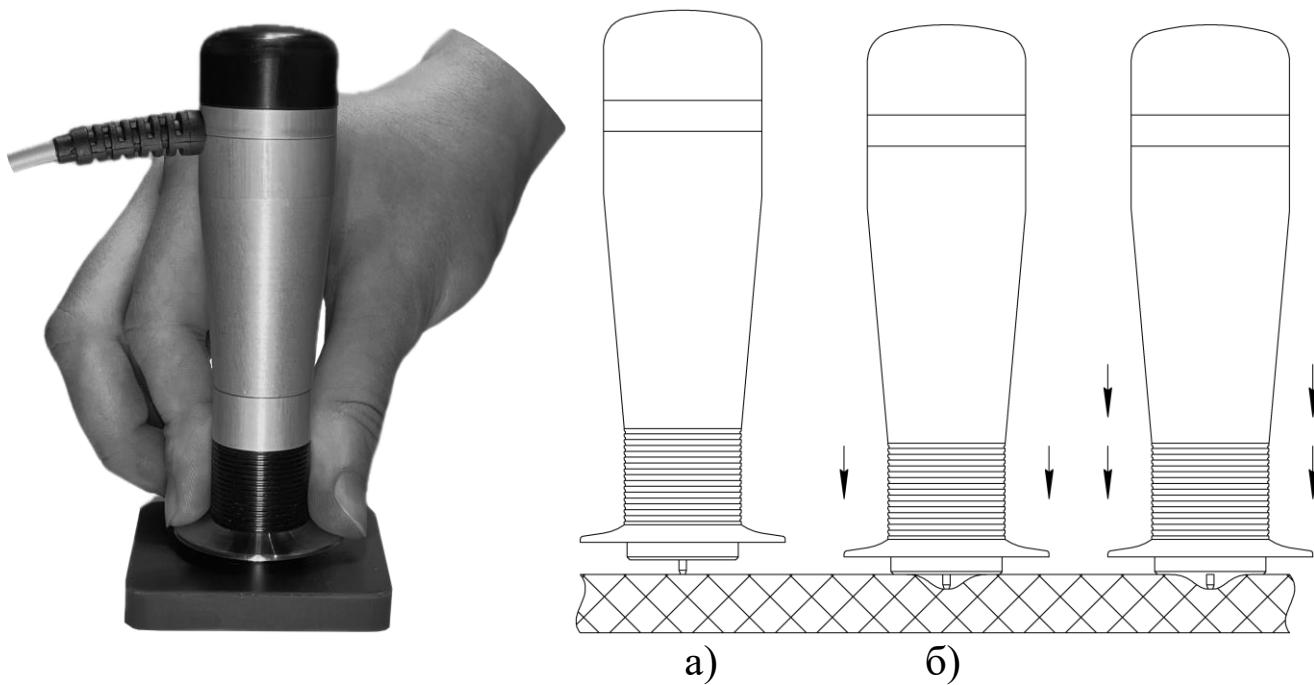


Рисунок 17. Проведение измерений преобразователями Шор А и Шор D

Внедрение индентора в поверхность объекта измерения осуществляется встроенной в преобразователь пружиной с нормируемым усилием.

Внимание! Не допускается резкое нажатие, т.к. это может привести к превышению допустимой величины погрешности или деформации индентора.

4.6.2 После звукового сигнала, извещающего о выводе показаний на дисплей блока обработки информации, необходимо плавно снять прилагаемое усилие и аккуратно убрать преобразователь с поверхности объекта измерения.

Внимание! Отсутствие результатов или их повторяемости, погрешность, превышающая предельно допустимые значения или

выход результатов измерений за диапазоны измерений, могут быть связаны с недостаточным приложением усилия.

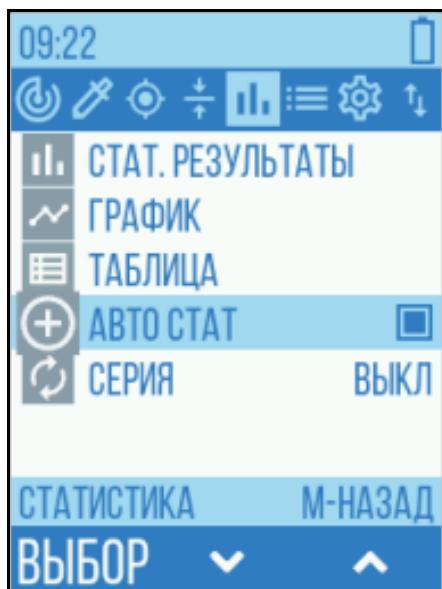
Время проведения единичного измерения составляет 3 секунды. Для образцов, у которых наблюдается дальнейшее отчетливое погружение индентора, время измерения автоматически увеличивается до 15 секунд. Время до окончания измерения отображается в правом верхнем углу дисплея блока обработки информации.

4.7 Проведение измерений с усреднением

4.7.1 Прибор позволяет осуществлять автоматический расчет статистических показателей (среднее значение, максимальное и минимальное значения, среднее квадратическое отклонение - СКО) серии измерений. Количество результатов измерений в одной серии до 99 измерений включительно.

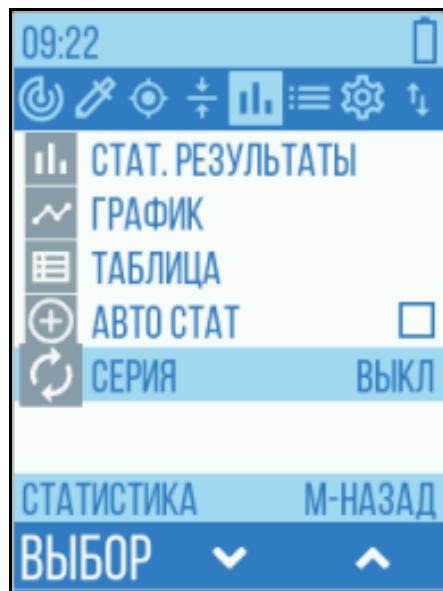
4.7.2 Результаты измерений могут добавляться в серию измерений автоматически или оператором по нажатию кнопки.

Автоматическое добавление результатов в серию измерений осуществляется путем активации функции АВТО СТАТ во вкладке меню «СТАТИСТИКА».



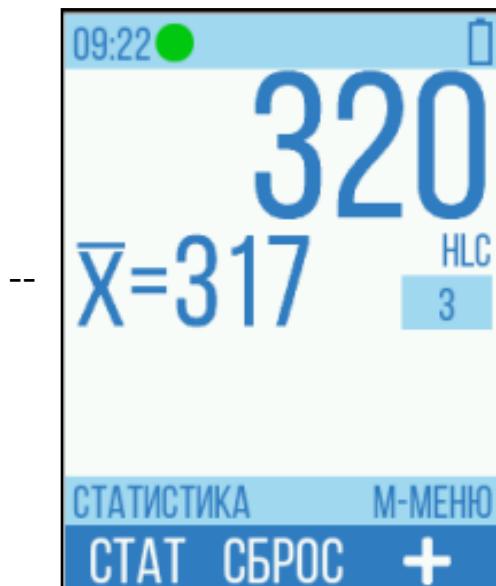
Функция СЕРИЯ позволяет задать количество результатов измерений, которые могут быть добавлены в серию (выборку) измерений. При превышении заданного количества результатов измерений, серия измерений автоматически сбрасывается (статистические показатели обнуляются, текущий результат измерения станет первым в новой серии).

При выключении этой функции в серию измерений можно заносить до 99 результатов измерений. При заполнении, серия автоматически не очищается, новые результаты измерений не добавляются.



Если функция АВТО СТАТ не активирована, то результаты измерений добавляются в серию оператором вручную.

Ручное добавление результатов измерений в серию измерений осуществляется в измерительном режиме нажатием функциональной кнопки «+» при активированной панели функциональных кнопок «СТАТИСТИКА».



среднее значение
серии измерений

-- последний
(текущий)
результат измерения

-- количество
результатов
измерений в
серии

Просмотр статистических показателей осуществляется в измерительном режиме нажатием функциональной кнопки «СТАТ»



N – количество результатов измерений в серии

\bar{X} – среднее значение серии измерений

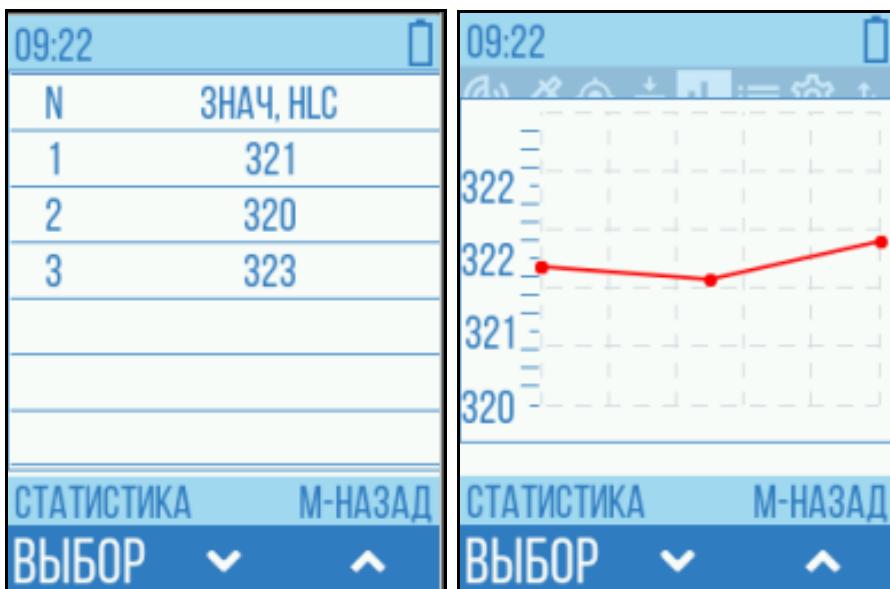
MIN – минимальное значение в серии измерений

MAX - максимальное значение в серии измерений

σ – среднее квадратическое отклонение результатов измерений в серии (степень разброса результатов в серии).

Нажатие функциональной кнопки «СБРОС» осуществляет сброс серии измерений (статистические показатели обнуляются) при этом последний результат измерения не удаляется и отображается на дисплее.

4.7.3 Просмотр результатов измерений в серии и график результатов осуществляется через пункты ТАБЛИЦА и ГРАФИК вкладки меню «СТАТИСТИКА» соответственно.



Важно! В одну серию измерений могут добавляться только результаты измерений выполненные по одной шкале измерения твердости. При изменении шкалы измерения твердости серию необходимо очистить нажатием функциональной кнопки «СБРОС».

4.7.4 Для проведения измерений с усреднением в каждой точке, начиная с первой, последовательно провести измерения в соответствии с п. п. 4.2-4.4, в зависимости от подключенного преобразователя. После проведения очередного измерения на дисплей выводится последний (единичный) результат измерения твердости с его порядковым номером и среднее значение твердости.

4.7.5 Перед началом проведения измерений на следующем объекте измерения или на новом участке объекта измерения необходимо нажать функциональную кнопку «СБРОС» панели функциональных кнопок «СТАТИСТИКА».

4.8 Одноточечная калибровка

Одноточечная калибровка применяется для исключения аддитивной (постоянной) составляющей систематической погрешности, возникающей вследствие вариации свойств объектов измерения, условий проведения измерений или в случае, если объект измерения не соответствует требованиям раздела «требования к объекту измерения» (см. п. 1.2.2), а сами измерения проводятся в узком диапазоне значений твердости относительно точки, в которой выполняется калибровка.

Прибор позволяет сохранить в память преобразователя до 32 калибровок пользователя.

Калибровка может производиться как на мерах твердости (далее по тексту мерах), так и на контрольных образцах (изделиях или деталях с известным значением твердости).

Контрольные образцы (меры) должны быть близки по своим физико-механическим характеристикам (марка материала, модуль упругости материала, глубина и степень термической обработки, геометрические размеры) к объектам измерения.

Контрольные образцы (меры) должны быть аттестованы по соответствующей шкале измерения твердости. Значение твердости контрольного образца или меры H_m принимается в качестве опорного (эталонного, не вызывающего сомнения).

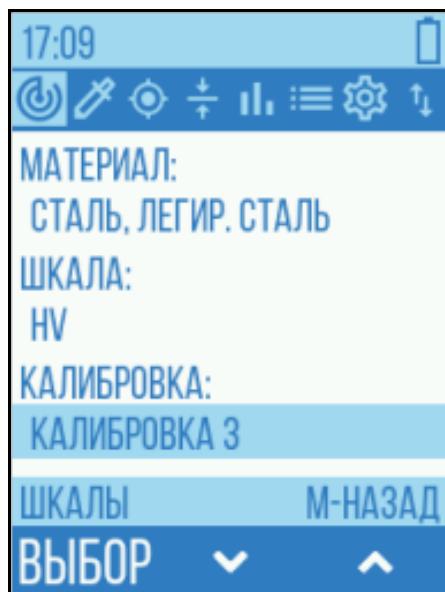
4.8.1 Для проведения калибровки подготовить контрольный образец (меру).

4.8.2 Выбрать соответствующую контрольному образцу (мере) группу материалов и шкалу измерения твердости (см. п. 4.1).

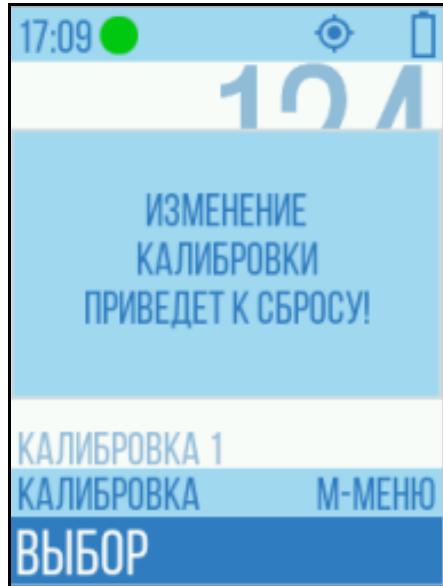
4.8.3 В измерительном режиме нажатием кнопки «►» клавиатуры активировать панель функциональных кнопок «КАЛИБРОВКА», нажать функциональную кнопку «ВЫБОР», в появившемся окне выбрать из списка номер ячейки, под которым она будет храниться в памяти преобразователя. Если в ячейке уже хранятся параметры пользовательской калибровки, то она помечается символом «•» справа от номера. Параметры калибровок в каждой ячейке можно перезаписывать неограниченное количество раз.



Выбрать ячейку для сохранения параметров калибровки можно так же через вкладку меню «ШКАЛА».



4.8.4 Нажать функциональную кнопку «РЕДАК». Если в выбранной ячейке уже содержатся параметры калибровки, то на дисплей прибора выводится сообщение:



Для подтверждения необходимо нажать функциональную кнопку «ВЫБОР» а для отмены действия кнопку «М» или «►» клавиатуры.

4.8.5 Произвести преобразователем измерение твердости на контрольном образце (мере) с усреднением (число измерений не менее 5) \bar{X} – среднее значение серии измерений.



4.8.6 С использованием функциональных кнопок «+» и «-» добиться равенства \bar{X} и H_m с погрешностью, не превышающей требуемую. При нажатии и удержании в этом положении функциональной кнопки «+» значение \bar{X} будут увеличиваться, а при нажатии и удержании в этом положении кнопки «-» - уменьшаться, результат последнего измерения при этом не изменяется.

4.8.7 Подтвердить установленное значение нажатием функциональной кнопки «T1», затем нажать функциональную кнопку «T2» для завершения процедуры калибровки. Если калибровка выполнена успешно, то в верхнем правом углу дисплея выводится символ  и прибор готов к измерениям. Параметры калибровки автоматически сохраняются в памяти преобразователя в выбранной ячейки.

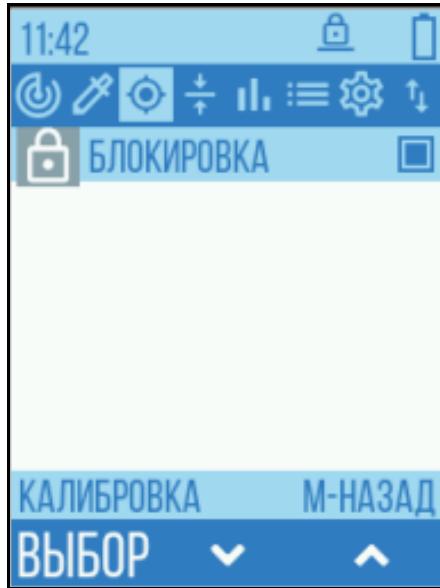


После одноточечной калибровки в процессе измерения твердости все результаты изменяются на величину аддитивной (постоянной) поправки $\Delta H_a = (H_m - X)$. Введение данной поправки исключает аддитивную составляющую систематической погрешности.

Внимание! При ошибочных действиях во время калибровки, вызвавших неверную работу прибора, для возврата к исходной таблице пересчета необходимо нажатием кнопки «▶» клавиатуры активировать панель функциональных кнопок «КАЛИБРОВКА» и нажать функциональную кнопку «СБРОС».

При сбросе калибровка удаляется из выбранной ячейки памяти, а прибор возвращается к заводским настройкам.

Для исключения непредумышленного удаления/изменения калибровок предусмотрена возможность блокировки калибровок. Для этого необходимо активировать функцию БЛОКИРОВКА во вкладке меню «КАЛИБРОВКА».



Если возможность изменения калибровок заблокирована, то в верхней строке дисплея выводится символ «».

4.9 Двухточечная калибровка

Двухточечная калибровка применяется для уменьшения аддитивной (постоянной) и мультипликативной (переменной) составляющих систематической погрешности, возникающей вследствие вариации свойств объектов измерения, условий проведения измерений или в случае, если объект измерения не соответствует требованиям раздела «требования к объекту измерения» (см. п. 1.2.2), а сами измерения проводятся в широком диапазоне значений твердости.

Калибровка может производиться как на мерах твердости (далее по тексту мерах), так и на контрольных образцах (изделиях или деталях с известным значением твердости).

Контрольные образцы (меры) должны быть близки по своим физико-механическим характеристикам (марка материала, модуль упругости материала, глубина и степень термической обработки, геометрические размеры) к объектам измерения.

Контрольные образцы (меры) должны быть аттестованы по соответствующей шкале твердости. Значение твердости контрольного образца или меры **Нм** принимается в качестве опорного (эталонного, не вызывающего сомнения).

Для выполнения двухточечной калибровки необходимо два контрольных образца (меры). Значение твердости контрольных образцов (мер) **Нм min** и **Нм max**.

Необходимые условия, которым должны удовлетворять контрольные образцы (меры):

- значение твердости первого контрольного образца (меры) **Нм min** должно соответствовать наименьшему ожидаемому значению твердости объектов измерений;

- значение твердости второго контрольного образца (меры) **Нм max** должно соответствовать наибольшему ожидаемому значению твердости объектов измерений;

- значение твердости второго контрольного образца (меры) **Нм max** должно превышать значение твердости первого контрольного образца (меры) **Нм min** более чем на 20%.

4.9.1 Для проведения калибровки подготовить два контрольных образца (меры) в соответствии с изложенным выше.

4.9.2 Выбрать соответствующую контрольным образцам (мерам) группу материалов и шкалу измерения твердости (см. п. 4.1).

4.9.3 В измерительном режиме нажатием кнопки «►» клавиатуры активировать панель функциональных кнопок «КАЛИБРОВКА», нажать функциональную кнопку «ВЫБОР», в появившемся окне выбрать из списка номер ячейки, под которым она будет храниться в памяти преобразователя.

4.9.4 Нажать функциональную кнопку «РЕДАК».

4.9.5 Произвести преобразователем измерение твердости на первом контрольном образце (мере) с усреднением (число измерений не менее 5) \bar{X} – среднее значение серии измерений.



4.9.6 С использованием функциональных кнопок «+» и «-» добиться равенства \bar{X} и **Нм min** с погрешностью, не превышающей требуемую. При нажатии и удержании в этом положении функциональной кнопки

«+» значение X будут увеличиваться, а при нажатии и удержании в этом положении кнопки «-» - уменьшаться, результат последнего измерения при этом не изменяется.

4.9.7 Подтвердить установленное значение нажатием функциональной кнопки «T1».



4.9.8 Произвести преобразователем измерение твердости на втором контрольном образце (мере) с усреднением (число измерений не менее 5) X – среднее значение серии измерений.



4.9.9 С использованием функциональных кнопок «+» и «-» добиться равенства X и $H_m \text{ max}$ с погрешностью, не превышающей требуемую. При нажатии и удержании в этом положении функциональной кнопки

«+» значение **X** будут увеличиваться, а при нажатии и удержании в этом положении кнопки «-» - уменьшаться, результат последнего измерения при этом не изменяется.

4.9.10 Подтвердить установленное значение нажатием функциональной кнопки «T2». Если калибровка выполнена успешно, то в верхнем правом углу дисплея выводится символ  и прибор готов к измерениям. Параметры калибровки автоматически сохраняются в памяти преобразователя в выбранной ячейки.

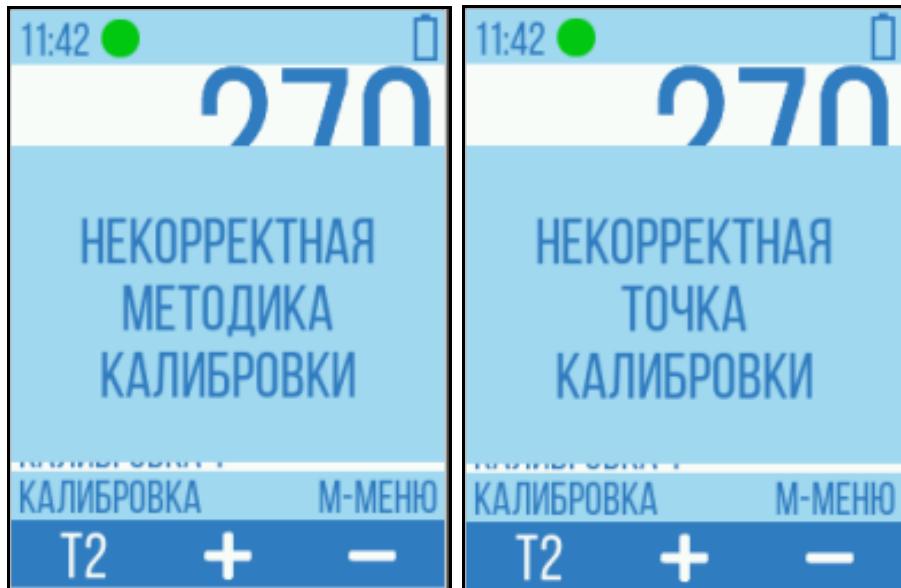


После выполнения калибровки на втором контрольном образце (мере) с твердостью **Нм max** определяется мультипликативный коэффициент **a**, используемый для введения поправки в результаты измерений, в диапазоне измерения твердости от **Нм min** до **Нм max**. Введение данной поправки уменьшает влияние мультипликативной (переменной) составляющей систематической погрешности измерения.

Внимание! При ошибочных действиях во время калибровки, вызвавших неверную работу прибора, для возврата к исходной таблице пересчета необходимо нажатием кнопки «►» клавиатуры активировать панель функциональных кнопок «КАЛИБРОВКА» и нажать функциональную кнопку «СБРОС».

При сбросе калибровка удаляется из выбранной ячейки памяти, а прибор возвращается к заводским настройкам.

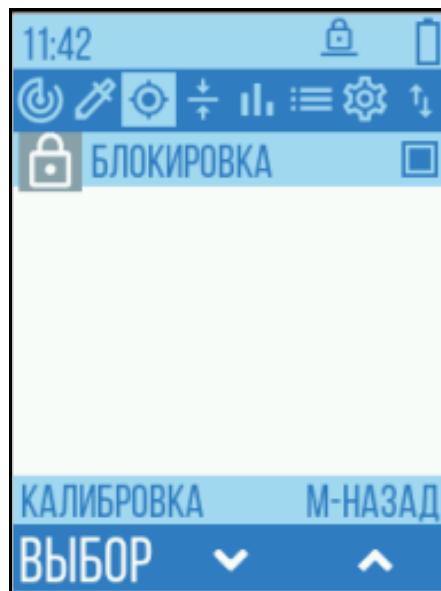
Сообщения, выводимые на дисплей при неправильных действиях во время калибровки:



При появлении данных сообщений убедитесь в правильности действий и повторите процедуру калибровки.

Проверьте разницу между Нм min и Нм max, убедитесь, что она составляет более 20% ($\text{Нм min} \leq 0,8 \text{ Нм max}$).

Для исключения непредумышленного удаления/изменения калибровок необходимо активировать функцию БЛОКИРОВКА во вкладке меню «КАЛИБРОВКА».



Если возможность изменения калибровок заблокирована, то в верхней строке дисплея выводится символ «».

4.10 Требования к контрольным образцам (мерам) для калибровки

4.10.1 Число контрольных образцов (мер), необходимых для калибровки 1 шт. или 2 шт. в зависимости от метода калибровки.

4.10.2 Контрольные образцы для калибровки динамических преобразователей должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ISO 16859-3:2015.

4.10.3 В случае изготовления контрольных образцов (мер) толщиной менее 10 мм и массой менее 3 кг опорная поверхность образца (меры) должна быть плоскошлифованной (подробнее см. п. 5.2 «проведение измерений твердости легких и тонких объектов измерений»).

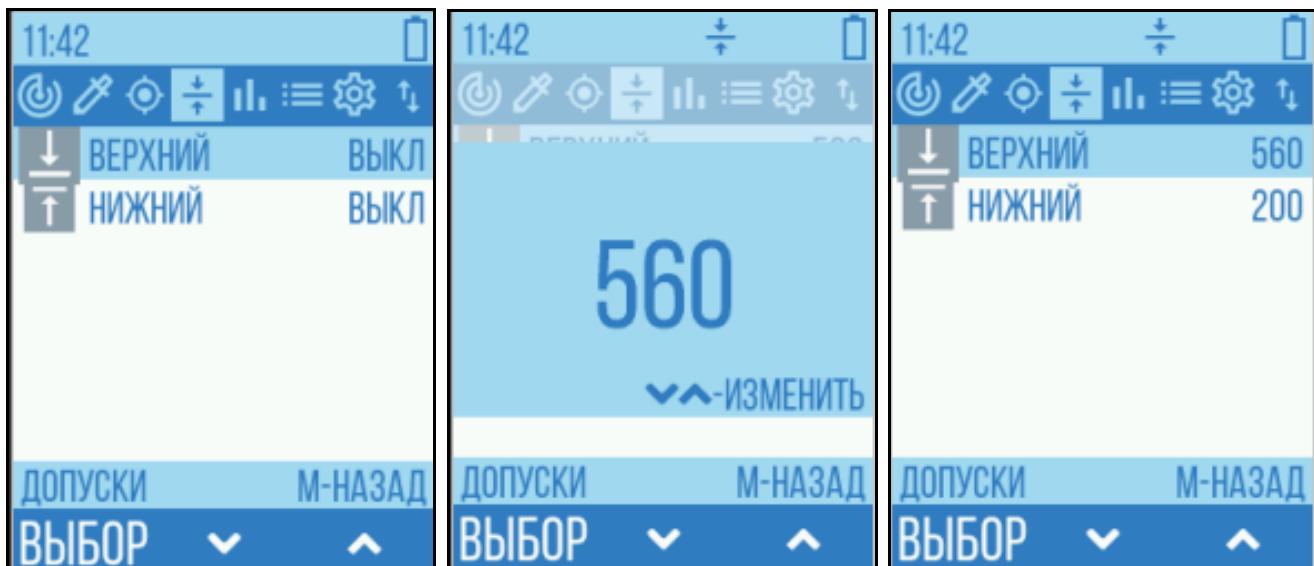
4.10.4 Контрольные образцы (меры) должны быть аттестованы по соответствующей шкале твердости.

4.11 Допусковый режим

В приборе имеется режим проведения измерений, позволяющий задать минимальные и максимальные допустимые значения твердости объекта измерения. Если результат измерения (текущий результат или среднее значение) не попадает в заданный диапазон значений, то он отображается на дисплее красным цветом.

Допусковый режим позволяет уменьшить количество ошибок при интерпретации результатов измерений и уменьшить влияние человеческого фактора.

4.11.1 Задание допусков осуществляется через вкладку меню «ДОПУСКИ» функциональными кнопками «▼» и «▲».

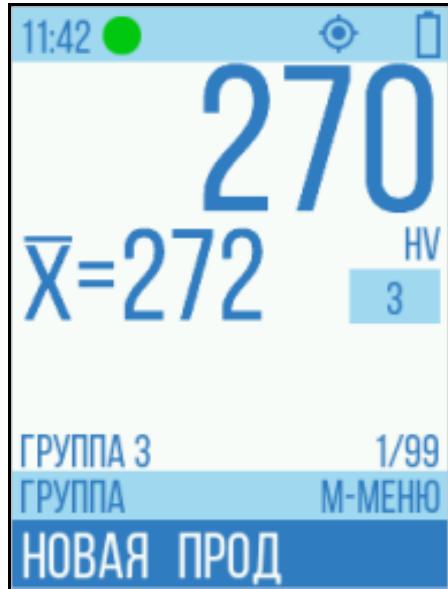




4.12 Работа с памятью прибора, сохранение результатов, передача на ПК

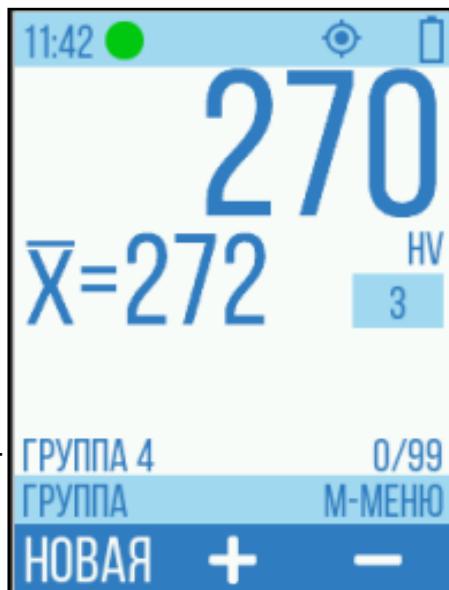
Прибор позволяет сохранять результаты измерений во встроенную *FLASH* память. Результаты измерений объединяются в группы. В одной группе может объединено до 99 результатов измерений. Максимальное количество групп 256.

4.12.1 В измерительном режиме нажатием кнопки «►» клавиатуры активировать панель функциональных кнопок «ГРУППА».



4.12.2 Если предполагается записывать результаты в уже открытую группу, то необходимо нажать функциональную кнопку «ПРОД», если же необходимо создать новую группу, то необходимо нажать функциональную кнопку «НОВАЯ». Выполнить измерения.

номер открытой группы --
для сохранения
результатов



-- количество
сохраненных
результатов из 99
возможных

По нажатию функциональной кнопки «+» - результат измерения записывается в открытую группу. Один и тот же результат измерения записать в группы несколько раз нельзя, повторное нажатие функциональной кнопки «+» без выполнения нового измерения игнорируется.

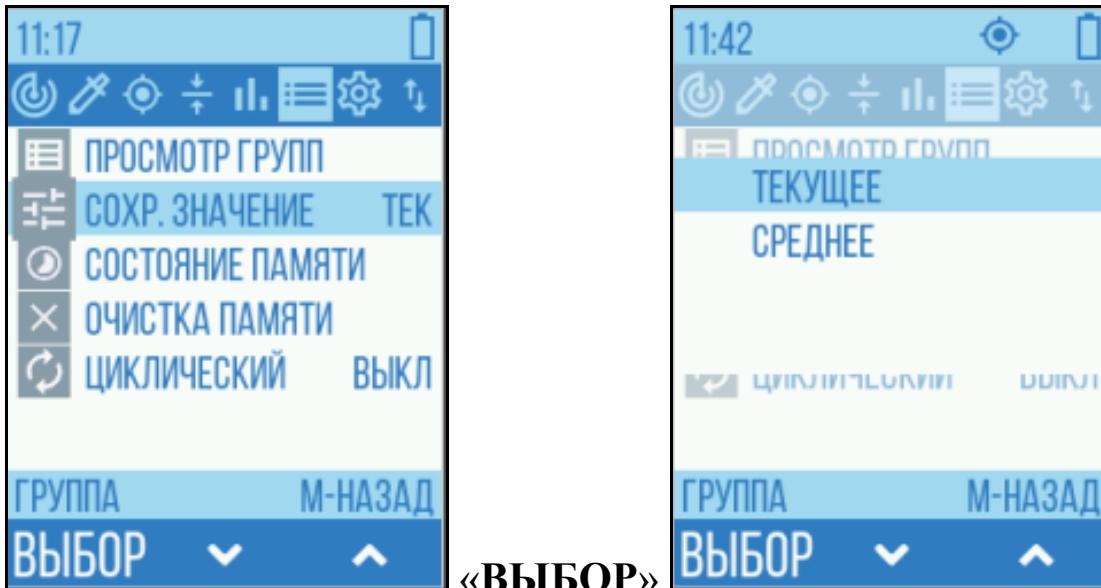
По нажатию функциональной кнопки «-» - последний результат измерения удаляется из открытой группы. Каждое очередное нажатие удаляется последний результат измерения из открытой группы, последовательным нажатием функциональной кнопки «-» можно удалить все записанные в группу результаты измерений.

Важно! В одну группу можно записывать результаты измерений, выполненные по одной шкале измерения твердости. При попытке записать в одну группу результаты измерений, выполненные по разным шкалам на дисплей прибора будет выводиться сообщение:



Важно! В одну и туже группу могут записываться как единичные результаты измерений, так и среднее значение серии результатов измерений, при выполнении измерений с усреднением.

Задание какой результат измерения (единичный или среднее значение серии измерений) сохранять в память прибора осуществляется через вкладку меню «ГРУППА».



Для сохранения единичных результатов измерений необходимо выбрать ТЕКУЩЕЕ в строке меню СОХР. ЗНАЧЕНИЕ.

Для сохранения среднего значения серии измерений необходимо выбрать СРЕДНЕЕ в строке меню СОХР.ЗНАЧЕНИЕ.

4.12.3 Для просмотра сохраненных в памяти прибора результатов измерений необходимо выбрать строку меню ПРОСМОТР ГРУПП, выбрать необходимую группу, а затем выбрать необходимое действие для этой группы:

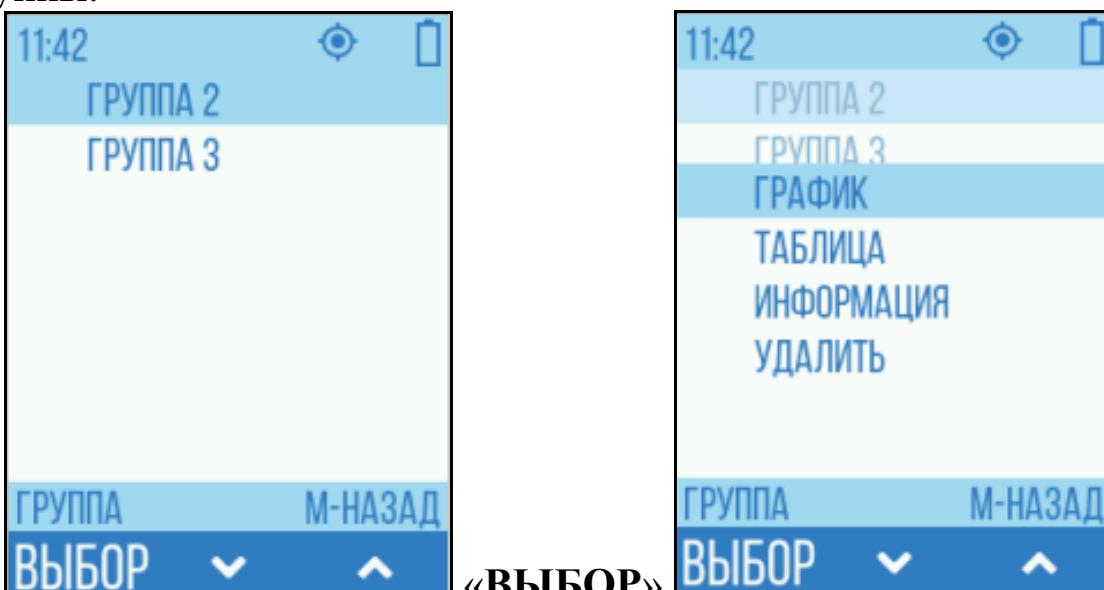
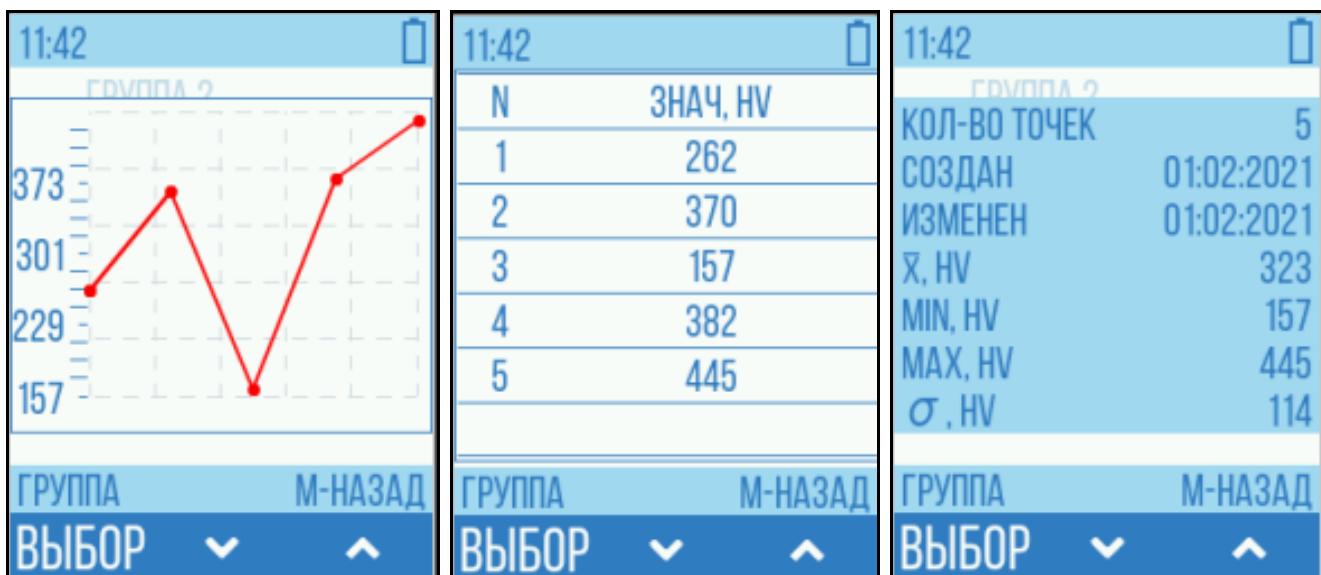


ГРАФИК – представляет сохраненные результаты измерений в группе в виде графика;

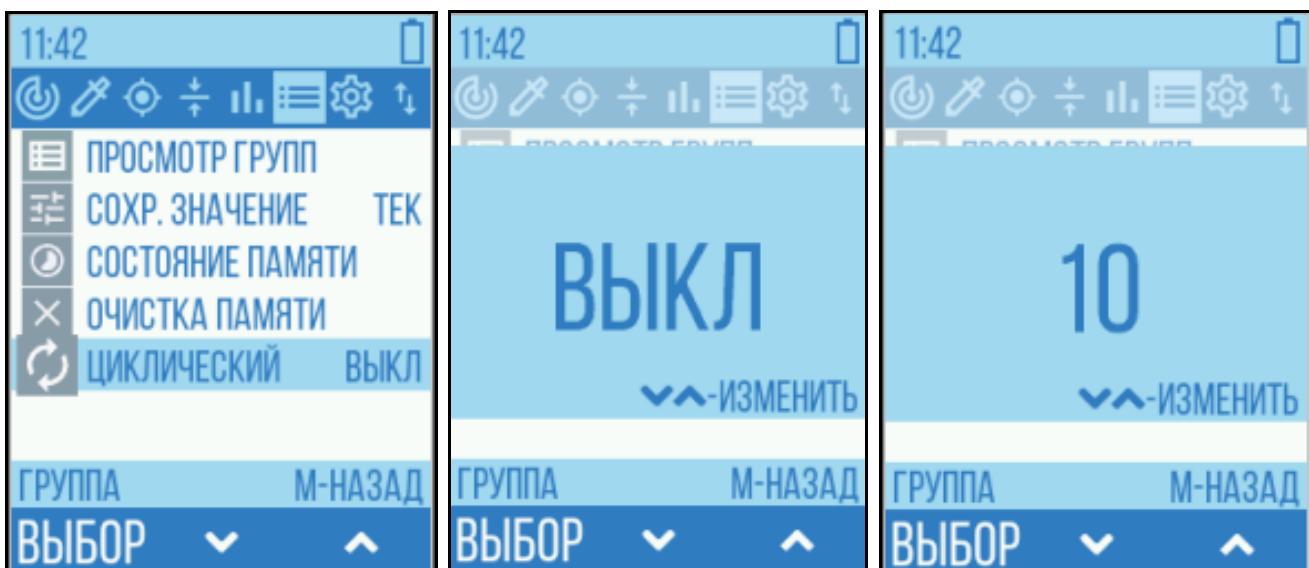
ТАБЛИЦА - представляет сохраненные результаты измерений в группе в виде таблицы;

ИНФОРМАЦИЯ – выводить на дисплей основную информацию по выбранной группе;

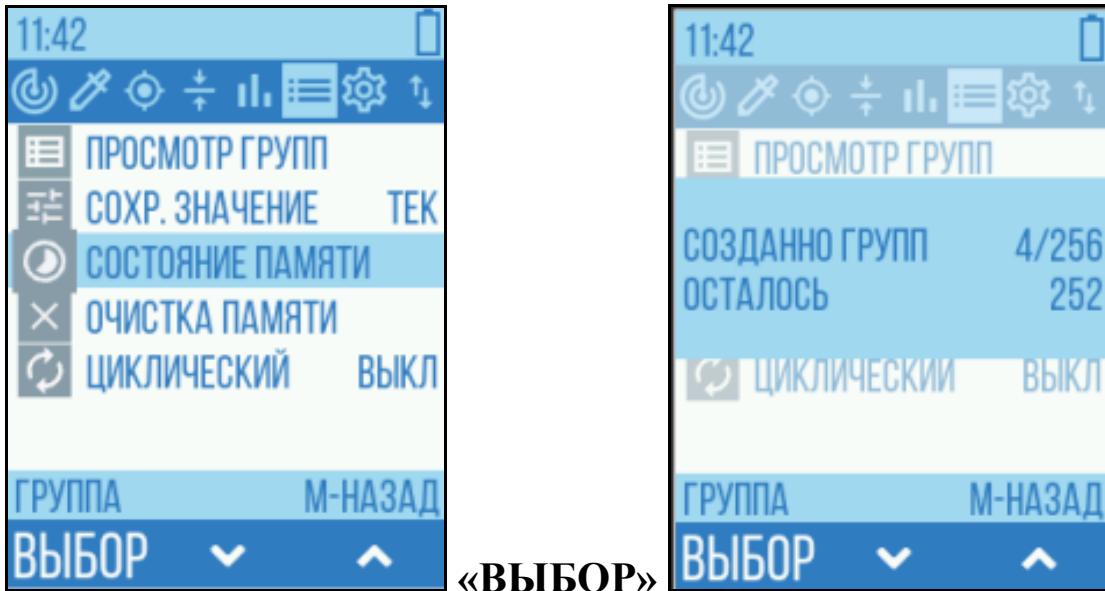
УДАЛИТЬ – удаляет выбранную группу.



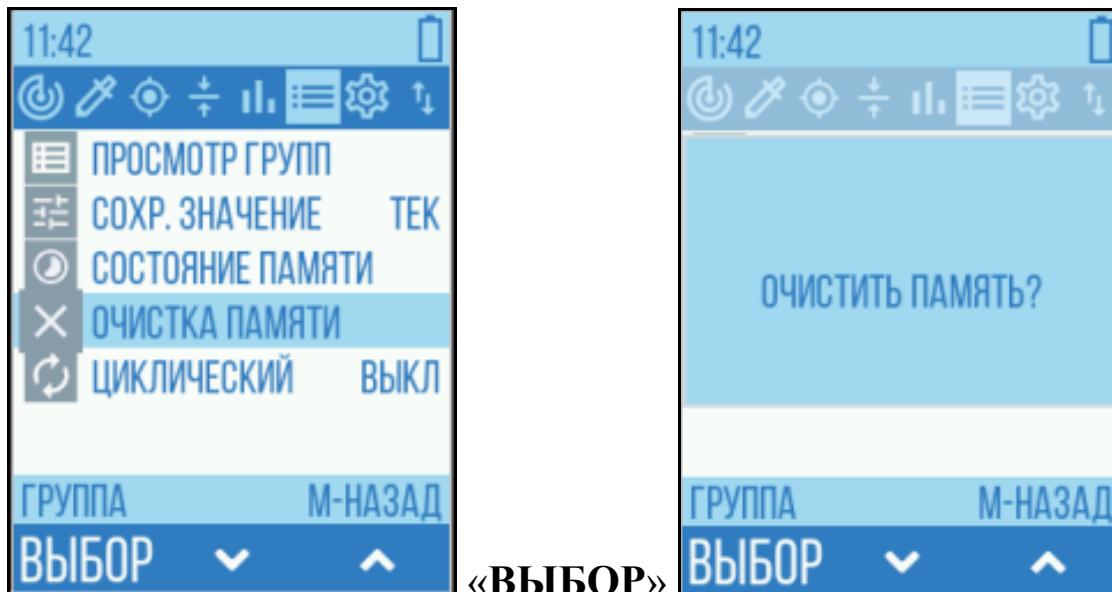
4.12.4 Предусмотрена возможность настроить циклический режим сохранения результатов измерений в память прибора. Суть данного режима заключается в том, что в группу будет сохраняться заданное количество результатов измерений. При заполнении текущей группы заданным количеством результатов измерений новая группа будет создаваться автоматически.



4.12.5 Для просмотра состояния памяти необходимо выбрать строку меню СОСТОЯНИЕ ПАМЯТИ.



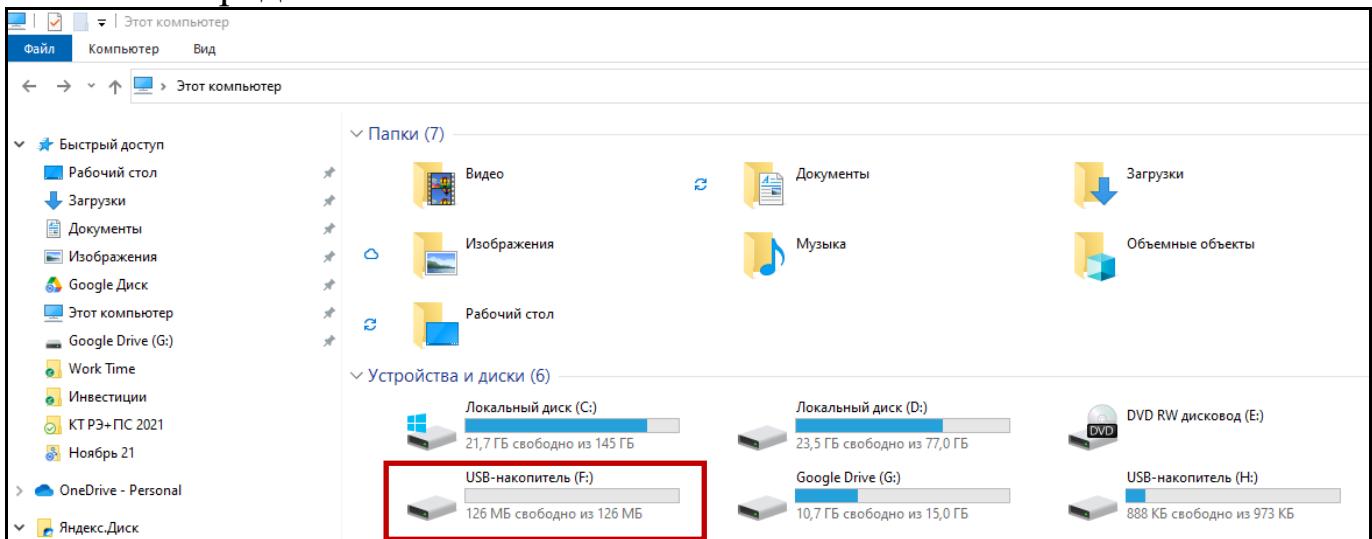
4.12.6 Для очистки всей памяти (удаления всех групп, сохраненных в памяти) необходимо выбрать строку меню ОЧИСТКА ПАМЯТИ, нажать функциональную кнопку «ВЫБОР» и подтвердить действия повторным нажатием функциональной кнопкой «ВЫБОР».



4.12.7 Для передачи сохраненных в память прибора результатов измерений в персональный компьютер (далее ПК) необходимо подключить прибор к ПК с помощью кабеля USB-A-mini USB из комплекта поставки и во вкладке меню «СОЕДИНЕНИЕ» активировать режим USB.



Прибор должен определиться ПК как USB – накопитель объемом порядка 126 МБ.



Сохраненные результаты измерений хранятся в виде TXT файлов. Имя файла содержит номер группы. В файле содержаться данные о группе, статистические данные группы и результаты измерений. Для сохранения результатов измерений просто скопируйте данные файла в ПК.

Внимание! Файлы, хранящиеся во встроенной FLASH памяти прибора, имеют определенную структуру. Не допускается изменение данных файлов через ПК, сохранение каких-либо других файлов в память, изменение формата USB накопителя и его форматирование. Данные действия могут нарушить файловую структуру прибора и вывести его из строя, привести к потере сохранённых в его память результатов, привести к некорректному отображению данных в приборе и т.д.

После сохранения результатов измерений в памяти ПК необходимо выключить режим передачи данных функциональной кнопкой «**ВЫБОР**» или кнопкой «**M**» клавиатуры и отсоединить кабель.

4.13 Выключение прибора

Выключение прибора производится автоматически если в течение установленного интервала времени автоворыжения не производились измерения и не использовалась клавиатура прибора.

Принудительное выключение прибора осуществляется нажатием и удержанием кнопки «**M**» клавиатуры в нажатом состоянии не менее 2 сек.

5 Рекомендации по проведению измерений

5.1 Рекомендации по проведению измерений твердости объектов измерений из высоколегированных сталей, чугунов, цветных металлов с использованием динамических преобразователей типа D, DC, DL, C, G и ультразвуковых преобразователей типа U

Динамический и ультразвуковой методы измерения относятся к косвенным методам измерения твердости. В связи с этим на результаты измерений влияют не только свойства металла при пластической деформации, но и модуль Юнга (модуль упругости). Для устранения дополнительной погрешности от влияния модуля Юнга необходимо выбрать группу материалов соответствующей шкалы твердости используя указания п. 4.1. Если для используемого преобразователя нет необходимой группы материалов, то необходимо провести калибровку.

Для определения дополнительной погрешности необходимо сравнить результаты измерений прибора с результатами измерений, выполненными твердомером, реализующим прямой метод измерения твердости. Если разница результатов не превышает основной погрешности прибора, то это означает, что можно проводить измерения по характеристикам, записанным в память преобразователя при поставке производителем. Если разница результатов превышает допустимую погрешность, то необходимо провести двухточечную или одноточечную калибровку на контрольных образцах или мерах твердости.

5.2 Рекомендации по проведению измерений твердости легких и тонких объектов измерений

В случае, если объект измерения, контрольный образец или мера твердости не удовлетворяют требованиям п. 1.2.2 по массе и (или) толщине, то при проведении измерений может возникнуть дополнительная погрешность. Она будет тем больше, чем больше отклонение от указанных требований. Знак дополнительной погрешности может быть, как положительный, так и отрицательный в зависимости от конкретных условий.

Причиной появления дополнительной погрешности является возникновение паразитных колебаний объекта измерения в момент измерения. Это происходит из-за колебаний всего объекта в случае, если его масса мала, либо из-за прогиба объекта, если мала его толщина.

Для определения дополнительной погрешности необходимо сравнить результаты измерений прибора с результатами измерений,

выполненными твердомером, реализующим прямой метод измерения твердости.

В случае наличия дополнительной погрешности устраниить ее можно тремя способами:

первый способ – произвести одноточечную или двухточечную калибровку. Данный способ следует применять, если дополнительная погрешность не более 15 % от измеряемого значения твердости;

второй способ – устранение паразитных колебаний путем зажатия объекта измерения в тиски (масса тисков должна быть заведомо больше массы указанной в п. 1.2.2). Для предотвращения повреждения объекта измерения допускается применение накладных губок на тиски из более мягкого металла;

третий способ - устранение паразитных колебаний путем притирания объекта измерения к массивной шлифованной плите. Плита должна иметь шероховатость R_a не более 0,4 мкм, массу, заведомо большую указанной в п. 1.2.2, неплоскостность не более 0,005 мм, модуль Юнга близкий к модулю Юнга объекта измерения. Нижняя поверхность объекта измерения должна быть плоскошлифованной с шероховатостью R_a не более 0,4 мкм и неплоскостностью не более 0,005 мм. Для установки объекта измерения на опорную поверхность плиты наносят тонкий слой смазки ЦИАТИМ-221 по ГОСТ 9433 или УТ (консталин) по ГОСТ 1957. Объект измерения притирают к поверхности плиты таким образом, чтобы между поверхностями объекта измерения и плиты не было воздушных зазоров. Притирать необходимо достаточно плотно, чтобы объект измерения и плита образовали единую монолитную массу.

5.3 Рекомендации по проведению измерений твердости упрочненных поверхностных слоев и гальванических покрытий с использованием динамических преобразователей типа D, DC, DL, C, G и ультразвуковых преобразователей типа U

В зависимости от типа применяемого преобразователя и от твердости объекта измерения на его поверхности образуются отпечатки различной глубины. Рекомендуется измерять твердость упрочняющих слоев и гальванических покрытий, толщина которых превышает более чем в 10 раз глубину отпечатка соответствующего преобразователя. (см. п. 1.2.1.4).

5.4 Влияние на результаты измерений свойств поверхностных слоев объектов измерений

На результаты измерений могут влиять свойства поверхностного слоя, т.к. глубина проникновения индентора в поверхность объекта измерения существенно меньше, чем при проведении измерений на твердомерах, реализующих методы Бринелля и Роквелла. Это может привести к несовпадению результатов измерений в случае наличия наклена, обезуглероженного слоя, шлифовочных прижогов, мартенситных пятен и т.п.

Наклен может образовываться в поверхностном слое после токарной и фрезерной обработки, а также грубой шлифовки. Разница в твердости поверхностного слоя и основной массы тем больше, чем мягче металл.

Обезуглероженный слой с пониженной твердостью образуется в результате высокотемпературной термической обработки. Это может быть закалка, нормализация, горячий прокат, ковка и т.д. Толщина этого слоя обычно не превышает 0,2 мм. Его легко определить прибором.

Шлифовочные прижоги образуются при нарушении режимов шлифовки упрочненных объектов измерений. При этом поверхностный слой отжигается, что приводит к снижению его твердости.

При термообработке сталей с хорошей прокаливаемостью, в результате перегрева поверхности могут возникать пятна мартенсита с повышенной твердостью.

Все это следует учитывать при проведении измерений.

6 Техническое обслуживание

6.1 Общие указания

Прибор не требуется регулярного технического обслуживания, кроме поддержания уровня заряда аккумуляторной батареи выше минимально допустимого уровня (см. п.3.1). При обнаружении неисправностей в процессе эксплуатации прибора необходимо обратиться к производителю для их устранения или оказания квалифицированной поддержки.

6.2 Техническое обслуживание динамических преобразователей типа D, DC, DL, C и G

Не реже одного раза в три месяца, а также в случае появления нестабильности показаний прибора, необходимо производить профилактическую работу. Открутить опорную сменную насадку, извлечь из преобразователя ударник. Очистить ударник от металлических опилок, скапливающихся на его корпусе напротив встроенного в него магнита. Очистить скользящие поверхности ударника от налипшей грязи.

Постукивая по трубке преобразователя вытряхнуть из нее грязь. При помощи специального ёршика осторожно, не касаясь пружины, прочистить трубку преобразователя.

6.3 Техническое обслуживание ультразвуковых преобразователей типа U

Не реже одного раза в три месяца, а также в случае появления нестабильности показаний прибора или появления неравномерности хода сменной насадки, необходимо производить профилактическую работу. Открутить опорную сменную насадку, очистить от чужеродных частиц центровочную трубку и ответную часть насадки. В случае если на алмазный наконечник индентора налипла грязь или металлические опилки, аккуратно очистить наконечник.

6.4 Указания мер безопасности

Питание прибора осуществляется от встроенной Li-Ion аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 3,7 В.

7 Транспортирование и хранение

7.1 Транспортирование прибора в футляре может производиться любым видом транспорта в соответствии с требованиями и правилами перевозки, действующими на данных видах транспорта.

7.2 При транспортировании, погрузке и хранении на складе прибор должен оберегаться от ударов, толчков и воздействия влаги.

7.3 Прибор должен храниться при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности до 80 % при температуре 25 °С.

7.4 В помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот, щелочей и агрессивных газов.

Приложение А

Рекомендации по выбору группы материала в зависимости от материала объекта измерения

Группа материалов	Примеры материалов				
Сталь, легир. сталь	10Г2 10Х2М 12Г2 12Х2Н4А 12ХН 12ХН2 12ХН2А 12ХН3А 14Х2ГМР 14Х2Н3МА 14ХГН 15Г 15Н2М 15Х 15ХА 15ХГН2ТА 15ХФ 16Г2 16ХСН 18Х2Н4ВА 18Х2Н4МА 18ХГ 18ХГТ 19ХГН	20Г 20Г2 20Н2М 20Х 20Х2Н4А 20ХГНМ 20ХГНР 20ХГНР 20ХГР 20ХГСА 20ХМ 20ХН 20ХН2М 20ХН3А 20ХН4ФА 20ХНР 20ХФ 25Г 25Х2ГНТА 25Х2Н4МА 25ХГМ 25ХГНМТ 25ХГСА 25ХГТ 27ХГР	30Г 30Г2 30Х 30Х3МФ 30ХГС 30ХГСА 30ХГЧ2А 30ХГТ 30ХН2МА 30ХН2МФА 30ХН3А 30ХН3М2ФА 30ХРА 33ХС 34ХН1М 34ХН1МА 34ХН3М 34ХН3МА 35Г 35Г2 35Х 35ХГ2 35ХГН2 35ХГСА 35ХГФ 35ХН1М2ФА	36Х2Н2МФА 38Х2Н2МА 38Х2Н3М 38Х2НМФ 38Х2Ю 38ХА 38ХГМ 38ХГН 38ХМ 38ХМА 38ХН3МА 38ХН3МФА 38ХС 45Х 45ХН 45Х2 47ГТ 50Г 50Г2	40Г 40Г2 40ГР 40Х 40Х2Н2МА 40ХГНМ 40ХГТР 40ХМФА 40ХН 40ХН2МА 40ХС 40ХЧ2МА 40ХФА 45Г 45Г2 45Х 45ХН 45ХН2МФА
Ауст. нерж. сталь	08Х18Н9 12Х18Н9 04Х18Н10				
Литая сталь	03Н12Х5М3ТЛ 03Н12Х5М3ТЮЛ 08ГДНФЛ 08Х17Н34В5Т3Ю2Л 110Г13Л 120Г13Х2БЛ 12ДН2ФЛ 12ДХН1МФЛ 12Х7Г3СЛ 13НДФТЛ 13ХНДФТЛ 14Х2ГМРЛ 15ГЛ 15ГНЛ 15Л	20Г1ФЛ 20ГЛ 20ГНМФЛ 20ГСЛ 20ДХЛ 20Л 20ФЛ 20ХГСНДМЛ 20ХГСФЛ 20ХМЛ 20ХМФЛ 23ХГС2МФЛ 25ГСЛ25Л 25Х2Г2ФЛ 25Х2ГНМФЛ 25Х2НМЛ 27Х5ГСМЛ	30ГЛ 30ГСЛ 30Л 30Х3С3ГМЛ 30ХГСФЛ 30ХГФРЛ 30ХНМЛ 32Х06Л 35ГЛ 35Л 35НГМЛ 35ХГСЛ 35ХМЛ 35ХМФЛ 35ХН2МЛ 35ХНЛ	40Л 40ХЛ 45ГЛ 45Л 45ФЛ 50Л 55Л	

Группа материалов	Примеры материалов				
Катаная (горячекатаная) сталь	Ст3 Ст5 Ст08 Ст10 Ст15	Ст20 Ст25 Ст30	Ст35 Ст40 Ст45		
Инструмент. сталь	У7 У8 У9 У10 У11 У12 У13	9ХС ХВГ Х12МФ Х12Ф1 4Х5МФС	Р18 Р6М5 Р9К5		
Высокотемп. нерж. сталь	08Х18Н10 08Х13 08Х17 08Х18Т1 10Х23Н18	12Х13 12Х17 14Х17Н2	20Х23Н18 20Х13 30Х13 40Х13		
Никелевые сплавы	НМц1 НМц2 НМц2.5 НМц5 НМцАК2-2-1	Х9 Х9.5 ХХК	НК0.2 НКМ		
Бронза, латунь	БрАЖ9-4 БрАЖМц10-3-1,5 БрКМц3-1 БрБ2	ОЦС5-5-5 Л63 Л68 ЛС59-1			
Медь	М00 М0 М06	М1 М1р	М2 М2р	М3 М3р	М4
Алюминиевые сплавы	АМЦС В93П4 АВ АМГ АМГ-2С АК4 В96ЦЗ АК8ПП 1201	Д16ПП АД33Т1 АМГ5М АМГ3М В95ПЧ В95ПЧТ1 АК4Т1 Д16ТП 1201Т1 АК6Т1ПП	АК4-1 АВТ АК6Т1 1915 АМГ3 В95 Д16ТПП Д20Т1 АМГ-6 АК4-1Ч	Д16 Д1Т АМГ6М 1561 АВТ1 АК4-1Т1 АК6 АМГ5 Д19ЧТ АД0	Д16Т АК8 АМГ2 В95Т1 АД1 АМГ6 АМЦ Д1 Д16ЧТ Д1-1

Группы материалов могут различаться, в зависимости от типа подключенного преобразователя. В случае затруднения выбора группы материалов следует выбрать наиболее общую группу (например, сталь, легир. сталь для стали с неизвестным хим. составом), выполнить пробные измерения и оценить адекватность получаемых результатов. При необходимости выполнить аналогичные измерения для другой группы материалов и сопоставить результаты.