

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

НКИП.408235.100-01 РЭ

ПУЛЬСАР-2



ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ
И СКОРОСТИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ
УЛЬТРАЗВУКА

МОДИФИКАЦИЯ
ПУЛЬСАР-2М
ВЕРСИЯ TFT



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ИНТЕРПРИБОР

СОДЕРЖАНИЕ

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА.....	3
2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	4
3 СОСТАВ ПРИБОРА	5
4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА.....	6
4.1 Принцип работы.....	6
4.2 Устройство прибора	7
4.3 Клавиатура и кнопка на корпусе	9
4.4 Структура меню	10
5 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ	17
6 РАБОТА С ПРИБОРОМ	17
6.1 Подготовка к использованию	17
6.2 Калибровка	18
6.3 Подготовка к измерениям	19
6.4 Проведение измерений	22
6.5 Просмотр результатов измерений	26
6.6 Вывод результатов на компьютер	27
7 ГРАДУИРОВКА ПРИБОРА	27
8 ПОВЕРКА.....	31
9 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ	31
10 МАРКИРОВКА И ПЛОМБИРОВАНИЕ.....	33
11 ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ	33
12 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА	34
13 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	35
14 КОМПЛЕКТНОСТЬ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А Программа связи прибора с компьютером	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Примеры коэффициентов градуировочных зависимостей преобразования скорости (V) в прочность (R) ...	42
ПРИЛОЖЕНИЕ В Усреднённые значения скоростей распространения продольных ультразвуковых волн в некоторых твёрдых материалах, м/с	42

Руководство по эксплуатации предназначено для изучения характеристик, принципа работы, устройства, конструкции и порядка использования измерителя времени и скорости распространения ультразвука ПУЛЬСАР-2 модификации ПУЛЬСАР-2М версии TFT (далее - прибор) с целью правильной его эксплуатации.

В связи с постоянной работой по совершенствованию прибора, улучшением его технических и потребительских качеств, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании.

Эксплуатация прибора допускается только после изучения руководства по эксплуатации.

ВНИМАНИЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ!

Прибор предназначен для профессионального применения. Перед началом работы с прибором внимательно изучите требования нормативных документов на используемый ультразвуковой метод определения прочности. С перечнем нормативных документов можно ознакомиться в разделе 13 настоящего РЭ.

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

1.1 Прибор предназначен для оценки свойств и дефектоскопии твердых материалов по времени и скорости распространения принимаемых ультразвуковых (УЗ) импульсов при поверхностном прозвучивании.

1.2 Прибор позволяет выявлять дефекты, определять прочность, плотность и модуль упругости строительных материалов, а также звуковой индекс абразивов по предварительно установленным градуировочным зависимостям данных параметров от скорости распространения УЗ импульсов.

1.3 Прибор имеет дополнительную функцию вычисления класса бетона по схеме Г п. 4.3 ГОСТ 18105.

1.4 Основные области применения:

- определение прочности бетона согласно ГОСТ 17624 при технологическом контроле, обследовании зданий и сооружений, в том числе в сочетании с методом отрыва со скалыванием (прибор ОНИКС-ОС) и методом скалывания ребра (прибор ОНИКС-СР);
- поиск дефектов в бетонных сооружениях по аномальному снижению скорости УЗ импульсов;
- оценка глубины трещин;

- оценка пористости, трещиноватости и анизотропии композитных материалов и горных пород;

- определение модуля упругости и плотности материалов.

1.5 Прибор выпускается с базовой настройкой, ориентированной на тяжелый бетон средних марок. Для других марок и материалов требуется градуировка и корректировка в условиях пользователя согласно ГОСТ 17624, ГОСТ 24332 и методических рекомендаций МДС 62-2.01 ГУП «НИИЖБ».

1.6 Прибор обеспечивает работу с датчиком поверхностного прозвучивания с сухим контактом на фиксированной базе (120 ± 1) мм.

1.7 Рабочие условия эксплуатации:

- диапазон температур окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 40 °С;

- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре плюс 25 °С и более низких температурах, без конденсации влаги;

- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

1.8 Прибор соответствует обыкновенному исполнению изделий третьего порядка по ГОСТ Р 52931.

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измерений скорости распространения УЗ импульсов, м/с	1000-10000
Диапазон измерений времени распространения УЗ импульсов, мкс	10-100
Диапазон показаний времени распространения УЗ импульсов, мкс	10–120
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения скорости распространения УЗ импульсов, м/с: - в диапазоне скоростей от 1000 до 2499 м/с - в диапазоне скоростей от 2500 до 6499 м/с - в диапазоне скоростей от 6500 до 10000 м/с	$\pm (0,02V_d+10)$ $\pm (0,01V_d+10)$ $\pm (0,03V_d+10)$
где V_d - измеренное значение скорости, м/с	

Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗ импульсов, мкс: - в диапазоне скоростей от 1000 до 2499 м/с - в диапазоне скоростей от 2500 до 6499 м/с - в диапазоне скоростей от 6500 до 10000 м/с	$\pm (0,02T_0+0,1)$ $\pm (0,01T_0+0,1)$ $\pm (0,03T_0+0,1)$
где T_0 - измеренное значение времени, мкс	
Предел допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерения скорости и времени распространения УЗ импульсов при отклонении температуры окружающей среды от границ нормальной области на каждые 10 °С в пределах рабочего диапазона температур, в долях от основной погрешности, не более	0,5
База измерений, мм	120 ± 1
Пределы установки периода зондирования импульсов, с	от 0,2 до 1,0
Рабочая частота УЗ колебаний, кГц	65 ± 10
Напряжение питания прибора, В: - от встроенного аккумулятора - от внешнего источника питания (зарядное устройство)	$3,7 \pm 0,5$ $5 \pm 0,25$
Потребляемая мощность, Вт, не более	8,0
Масса прибора в полной комплектации, кг, не более	2,0
Масса моноблока, кг, не более	0,5
Габаритные размеры моноблока (длина × ширина × высота), мм, не более	280 × 70 × 130
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	8000
Полный средний срок службы, лет, не менее	10

3 СОСТАВ ПРИБОРА

Моноблок с ультразвуковым датчиком поверхностного прозвучивания.

4 УСТРОЙСТВО И РАБОТА

4.1 Принцип работы

Работа прибора основана на измерении времени прохождения ультразвукового импульса в материале изделия от излучателя к приемнику. Скорость ультразвука вычисляется делением расстояния между излучателем и приемником (база прозвучивания) на измеренное время. Для повышения достоверности в каждом измерительном цикле автоматически выполняется 5 измерений и результат формируется путем их статистической обработки с отбраковкой выбросов. Оператор выполняет серию измерений (в серии можно задать от 1 до 10 измерений), которая также подвергается математической обработке с отбраковкой выбросов и определением среднего значения, коэффициента вариации, коэффициента неоднородности.

Прибор имеет текстовый режим отображения без визуализации А-сигнала и измерением параметров с автоматической стабилизацией положения временной метки первого вступления.

Скорость распространения ультразвуковой волны в материале зависит от его плотности и упругости, от наличия дефектов (трещин и пустот), определяющих прочность и качество. Прозвучивая элементы изделий, конструкций и сооружений можно получать информацию о:

- прочности и однородности;
- модуле упругости и плотности;
- наличию дефектов и их локализации.

Возможный вариант поверхностного прозвучивания с сухим контактом приведен на рисунке 1.

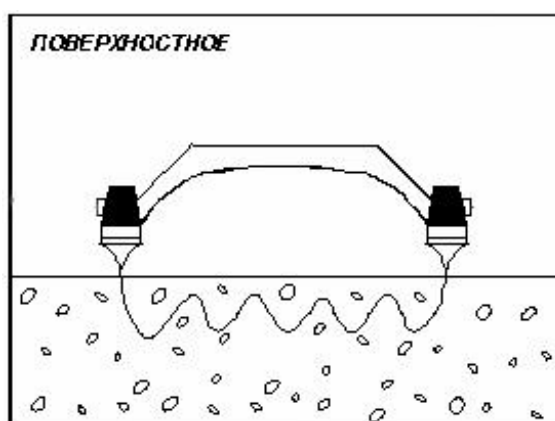


Рисунок 1- Вариант прозвучивания.

Прибор, имеет встроенные цифровые и аналоговые фильтры, улучшающие соотношение «сигнал-шум».

ВНИМАНИЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ!

Прибор определяет прочность, модуль упругости и плотность материала материала *косвенным* методом с использованием градуировочных зависимостей для конкретного вида материала, предварительно определенных согласно методикам раздела 7 настоящего РЭ и установленных в меню прибора.

Только при таком условии могут быть определены параметры: прочность, модуль упругости и плотность материала с получением значений, близких к реальным.

4.2 Устройство прибора

Прибор (рис.2) выполнен в виде ручки-моноблока **1**, включающей датчик поверхностного прозвучивания **2** и электронный блок.

Датчик поверхностного прозвучивания **2** состоит из двух ультразвуковых преобразователей с конусными насадками. Ультразвуковые преобразователи жестко закреплены на ручке с фиксированной базой (120 ± 1) мм.

На лицевой панели электронного блока расположены 4-х кнопочная клавиатура **3** и графический дисплей **4**. В нижней части корпуса расположена кнопка фиксации измерения **5**. На верхней торцевой части прибора расположен разъем USB интерфейса **6**. В корпусе прибора находится встроенный литиевый аккумулятор (извлечение и замена литиевого аккумулятора потребителем не допускается).



Рисунок 2 - Общий вид прибора Пульсар-2М

В нижней части корпуса размещен кистевой ремешок **7** для удобства работы с прибором. Его назначение – защита прибора от падения при случайном соскальзывании руки пользователя при работе с прибором.



Внимание! Настоятельно рекомендуется использовать ремешок при работе с прибором для исключения падения прибора с высоты и поломки его корпуса.

4.3 Клавиатура и кнопка на корпусе



- Включение и выключение прибора



- Выход из режима измерения
- Вход и выход из пунктов главного меню и подменю с сохранением выполненных изменений



- Выбор строки меню
- Переход к другой устанавливаемой величине
- Управление курсором (мигающий знак, цифра и т.п.) в режиме установки рабочих параметров
- Просмотр памяти результатов из «**Архива**»
- Установка числовых значений параметров (кратковременное нажатие изменяет значение на единицу, а при удержании происходит непрерывное изменение числа)

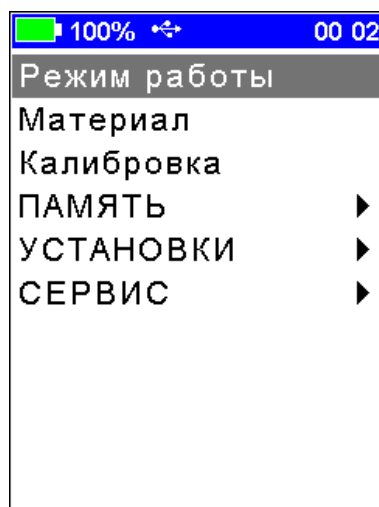


- Перевод прибора из режима меню в режим измерения (measuring)
- Фиксация очередного результата в памяти (memory)

4.4 Структура меню

4.4.1 Главное меню прибора

Главное меню содержит пункты меню, позволяющие оперативно изменять параметры работы прибора.



В верхней части дисплея прибора во всех режимах работы выводится строка статуса, в которой отображается состояние заряда встроенного аккумулятора, подключение к USB-порту компьютера или к внешнему источнику питания, текущее время.

Требуемая строка меню или параметр выбирается кнопками . **Выбранная строка** выделяется инверсно **тёмным фоном**, **выбранный параметр** выделяется **зелёным фоном**.

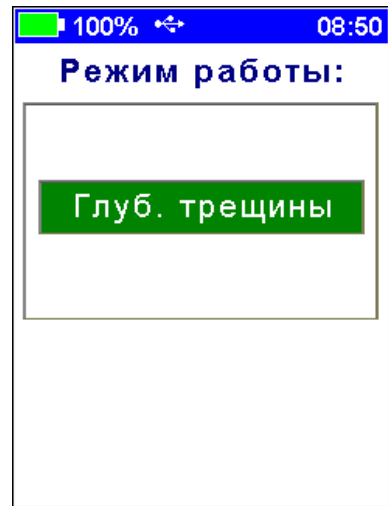
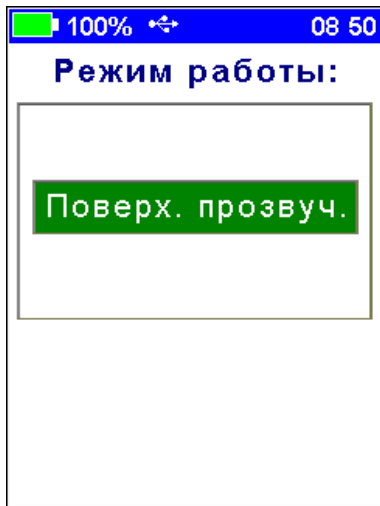
Кнопкой осуществляется вход и выход из пунктов главного меню и подменю.

При установке числовых значений параметров кнопкой , выбирается разряд числа для изменения, а кнопками устанавливается его значение. Для сохранения установленного значения параметра и возврата в меню необходимо нажать кнопку .

4.4.2 Пункт главного меню «Режим работы»

В приборе предусмотрены два режима работы:

- Поверхностное прозвучивание;
- Измерение глубины трещины.



4.4.3 Пункт главного меню «Материал»



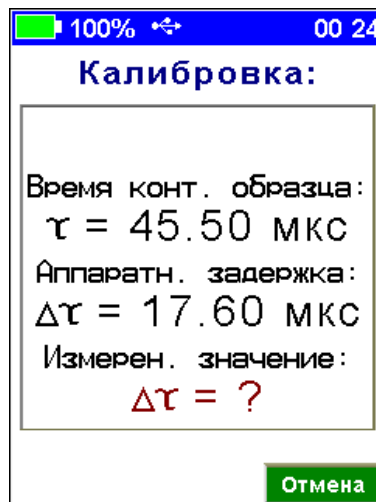
Выбор вида и состава материала исследуемого объекта.



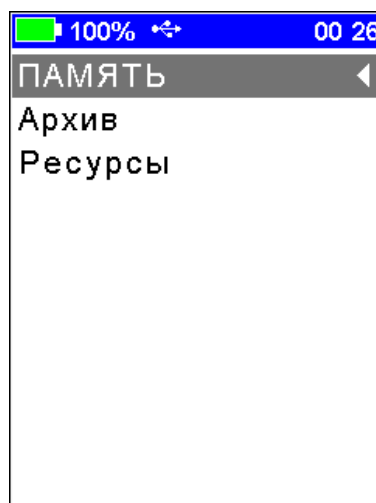
«**Коэф.**» - Установка индивидуальных калибровочных коэффициентов для выбранного состава материала и измеряемого параметра.



4.4.5 Пункт главного меню «Калибровка»



4.4.6 Пункт главного меню «ПАМЯТЬ»



4.4.6.1 Пункт подменю «**Архив**»

Просмотр данных о результатах серий измерений (см. п. «**Просмотр результатов измерений**»).

4.4.6.2 Пункт подменю «**Ресурсы**»

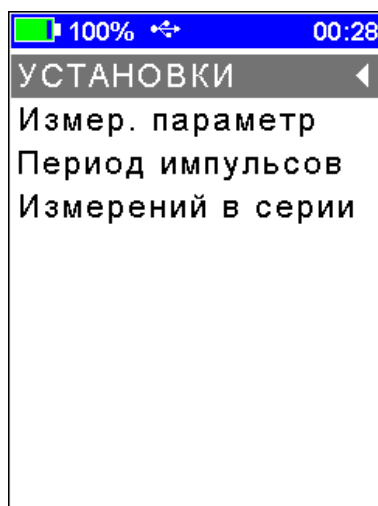
Просмотр имеющихся ресурсов памяти: общее количество записей, число свободных и число занятых мест.



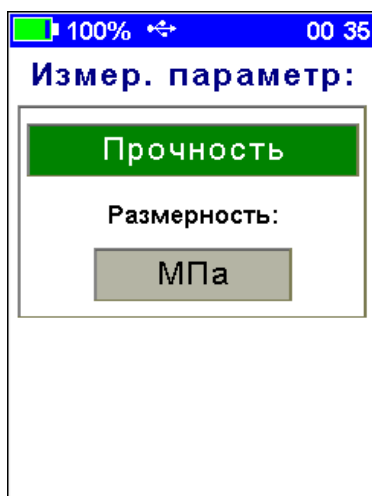
При необходимости, в данном пункте подменю можно полностью очистить память.

4.4.7 Пункт главного меню «**УСТАНОВКИ**»

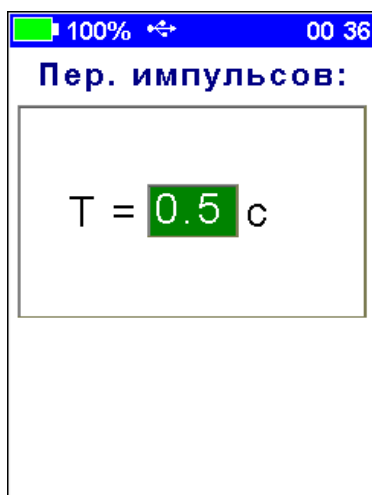
Настройка параметров режима измерения.



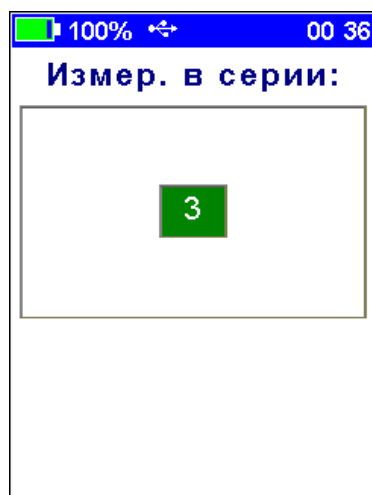
«**Измер. параметр**» - Выбор измеряемого прибором параметра и его размерности (например, параметр - «**Прочность**», размерность - «**МПа**») (для режима поверхностного прозвучивания).



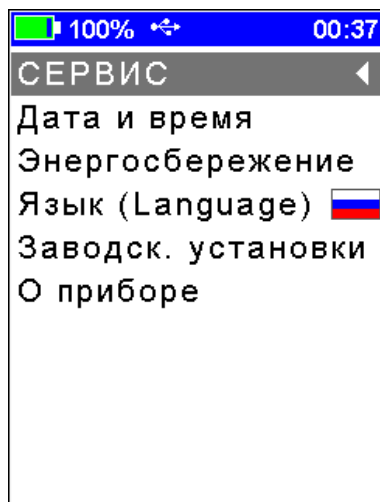
«**Период импульсов**» - Установка периода следования зондирующих импульсов от 0,2 до 1,0 с.



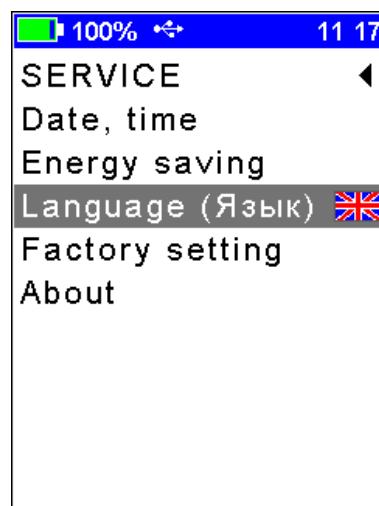
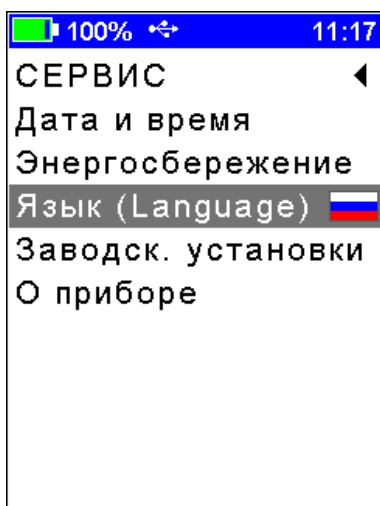
«**Измерений в серии**» - Установка числа измерений в серии (от 1 до 10).



4.4.8 Пункт главного меню «СЕРВИС»



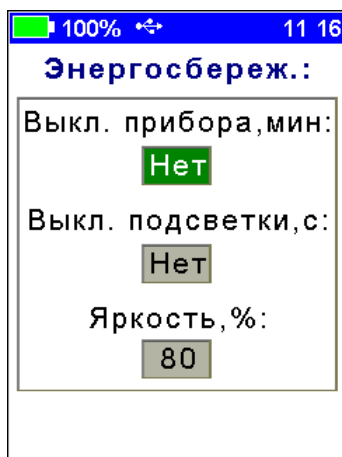
«Язык» - Выбор русского «Русский» или английского «English» языка интерфейса.



«Дата и время» - Установка даты, времени и коррекция хода внутренних часов прибора.



«**Энергосбережение**» - Установка яркости дисплея и времени, по истечении которого прибор автоматически перейдёт в режим энергосбережения, если с ним не будет осуществляться никаких действий. Под действиями понимается нажатие кнопок, перемещение и вибрация.

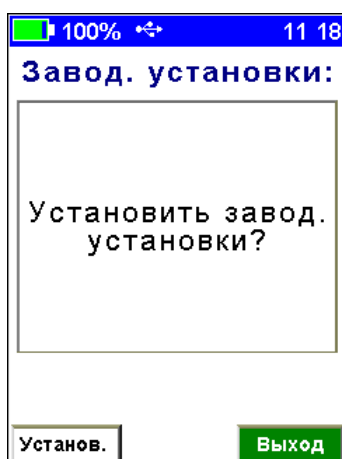


Примечание - При выборе значения яркости дисплея следует иметь в виду, что при увеличении яркости возрастает потребляемая мощность прибора и, следовательно, снижается время работы от аккумулятора. Продолжительность работы до разряда аккумулятора при яркости 30% больше, чем при 100% примерно в два раза. Не рекомендуется устанавливать значение яркости дисплея более 80%, т.к., в данном случае, при незначительном увеличении яркости значительно увеличивается потребление энергии прибором.

«**Заводские установки**» - Сброс прибора до заводских установок.



Внимание! При сбросе прибора до заводских установок происходит сброс индивидуальных градуировочных зависимостей.



«**О приборе**» - Краткие сведения о производителе и версии ПО прибора.



5 МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ


5.1 По способу защиты человека от поражения электрическим током прибор соответствует классу III ГОСТ 12.2.007.0 и не требует заземления.

5.2 К работе с прибором должны допускаться лица, изучившие настоящее РЭ.

5.3 Прибор не содержит компонентов, опасных для жизни и здоровья людей.

6 РАБОТА С ПРИБОРОМ

6.1 Подготовка к использованию

Включить питание прибора нажатием кнопки  электронного блока. На дисплее кратковременно появится информация о самотестировании, модификации прибора и напряжении источника питания прибора, затем прибор переключится в главное меню.

Если индицируется сообщение о необходимости заряда батареи или прибор выключается сразу после включения, следует зарядить аккумулятор в соответствии с п. РЭ «**Техническое обслуживание**».



Внимание! При использовании прибора на объекте настоятельно рекомендуется использовать кистевой ремешок для исключения выскальзывания прибора из рук пользователя, падения прибора с высоты и поломки его корпуса.

6.2 Калибровка

Калибровка прибора должна выполняться при изменении режима работы, при отклонении температуры окружающей среды от $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, с целью периодической проверки исправности прибора, а также при отклонении показаний времени от значения, указанного на контрольном образце из оргстекла более чем на $\pm 0,5$ мкс.


6.2.1 Установить в пункте главного меню «**Режим работы**» режим «**Поверхн.**» для поверхностного прозвучивания.



Проверить правильность установки времени контрольного образца через пункт главного меню «**Калибровка**». Установленное время должно соответствовать времени $\tau_{\text{пов}}$ (база – 120 мм), указанному на контрольном образце из оргстекла (далее - образец).


При отклонении температуры от $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, необходимо пересчитать время контрольного образца с учетом следующей корректировки - время изменяется на $\pm 0,11 \%$ на каждый $^\circ\text{C}$.

6.2.2 Выбрать в главном меню пункт «**Калибровка**», процесс измерения запустится автоматически.

Установить датчик на контрольный образец из оргстекла, удерживать датчик неподвижным в плоскости перпендикулярной к поверхности образца и прижать с усилием 5-10 кг.

Дождаться стабильных показаний измеренного значения аппаратной задержки и нажать кнопку . Калибровка выполнится автоматически, а на дисплее отобразится новое значение аппаратной задержки $\Delta\tau \approx \mathbf{17...20}$ мкс.

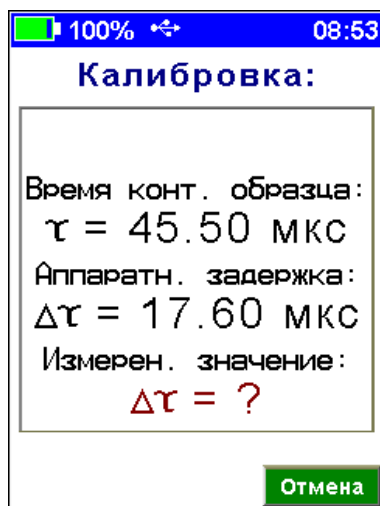
Повторно нажимая кнопку , выполнить калибровку 2-4 раза до получения стабильных показаний при отклонениях не более $\pm 0,1$ мкс, при этом сохраняется последнее измерение $\Delta\tau$. Нажатием кнопки  закончить калибровку.

6.2.3 Перейти в режим измерения нажав кнопку  и проверить результат калибровки прибора на контрольном образце.

Контролируя на дисплее прибора измеряемое время T , мкс и скорость V , м/с распространения УЗ импульса убедиться в стабильности показаний.

Прибор должен индицировать время T , мкс, указанное на образце (в пределах $T = \pm 0,1$ мкс) и скорость V , м/с, распространения УЗ импульса в интервале $V = 2600...2770$ м/с.

6.2.4 Если показания прибора существенно отличаются от указанных значений или индицируется « $\Delta\tau = ?$ », необходимо проверить качество акустического контакта, исправность датчика.



При невозможности приведения показаний в норму необходимо направить прибор в ремонт.

6.3 Подготовка к измерениям

Перед началом измерений необходимо установить необходимые параметры. Большинство установок выполняются при первом включении прибора и в дальнейшем производятся эпизодически при изменении условий измерений.

6.3.1 Выбор режима работы

В пункте главного меню «**Режим работы**» выбрать способ прозвучивания.



«**Поверхн.**» - поверхностное прозвучивание.

«**Глуб. трещ.**» - измерение глубины трещины.

6.3.2 Выбор вида и состава материала


6.3.3.1 В пункте главного меню «**Материал**» выбирается вид и состав материала исследуемого объекта.

Кнопками  выбрать требуемый вид материала.

Нажатием кнопки  можно перейти в окно выбора состава материала и перелистывать его кнопками .

В приборе доступны следующие виды и составы материалов:

- «**Бетон тяжёлый известного состава**» составы «**Универсальный-В35-В60**», «**Состав-1**», ..., «**Состав-4**»;
- «**Бетон тяжёлый неизвестного состава**» составы «**Состав-1**», ..., «**Состав-5**»;
- «**Бетон лёгкий**» составы «**Универсальный-В7,5-В35**», «**Состав-1**», ..., «**Состав-4**»;
- «**Кирпич**» составы «**Вид-1**», ..., «**Вид-5**»;
- «**Абразивы**» составы «**Вид-1**», ..., «**Вид-5**»;
- «**Разные**» составы «**Без имени-1**», ..., «**Без имени-5**».

Примечание - Вид и состав материала исследуемого объекта также можно выбрать в пункте главного меню «**Материал**», нажав программную кнопку «**Коэф.**». Далее кнопками  циклическим перебором выбрать требуемый вид и состав материала.

6.3.3.2 Выбрав вид и состав материала, пользователь автоматически выбирает соответствующую ему градуировочную зависимость - базовую или индивидуальную.

Для материалов «**Бетон тяжелый известного состава**» состава «**Универсальный-В35-В60**» и «**Бетон легкий**» состава «**Универсальный-В7,5-В35**» градуировочные зависимости соответствуют требованиям ГОСТ 17624.

Градуировочные зависимости материала «**Бетон тяжелый известного состава**» составы «**Состав-1**» и «**Состав-2**» основаны на измерениях бетона тяжелого средних марок на предприятиях Челябинской области.



Внимание! В соответствии с ГОСТ 17624 наличие предустановленных градуировочных зависимостей не освобождает пользователя от проведения испытаний и ввода индивидуальных градуировочных зависимостей «**скорость ультразвука - измеряемый параметр**» под свои виды сырья и материалы.

Для каждого материала (кроме материала «**Бетон тяжёлый неизвестного состава**» составов «**Состав-1**», ..., «**Со-**

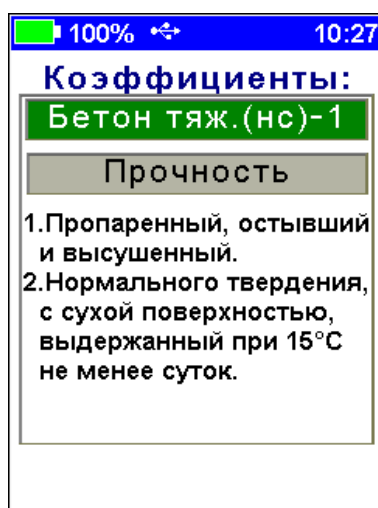
став-5») можно установить свои коэффициенты индивидуальных градуировочных зависимостей «**Материал – Коэф.**» (см. п. РЭ «**Градуировка прибора**»).

6.3.3.3 Для материала «**Бетон тяжёлый неизвестного состава**» составов «**Состав-1**», ..., «**Состав-5**» градуировочные характеристики жёстко заданы в приборе.

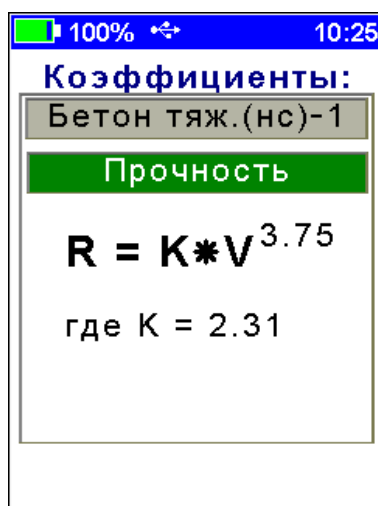
При выборе данного материала, нажав программную кнопку «**Коэф.**», для каждого из составов можно получить информацию о состоянии бетона и виде заданной в приборе характеристики.

Так, градуировочную характеристику тяжёлого бетона неизвестного состава «**Состав-1**» возможно использовать в двух случаях:

- 1 - для пропаренного, остывшего и высушенного бетона;
- 2 - бетона нормального твердения, с сухой поверхностью, выдержанного при температуре 15 °С не менее суток.



Формула, по которой будет производиться пересчет скорости ультразвука в значение прочности, доступна по нажатию программной кнопки «**Формула**».



6.3.4 Установка параметров измерения

В пункте главного меню «УСТАНОВКИ»:

- в подменю «Измер. параметр» выбрать измеряемую величину и её размерность:
 - «Прочность» R («МПа», «Н/мм²», «кг/см²»);
 - «Плотность» ρ («кг/м³», «т/м³», «г/см³»);
 - «Модуль упругости» E («ГПа», «Н/мм²», «кг/см²»);
 - «Звуковой индекс» C (только для абразивов).
- в подменю «Период импульсов» установить период следования зондирующих импульсов от **0,2 с до 1,0 с**. Для повышения производительности контроля целесообразно устанавливать минимальный период **0,2 с**, однако при контроле изделий небольших размеров и с малым затуханием ультразвука период следует увеличивать, чтобы не допускать больших разбросов показаний в серии измерений;
- в подменю «Измерений в серии» установить требуемое число измерений в серии от **1 до 10**;

6.4 Проведение измерений

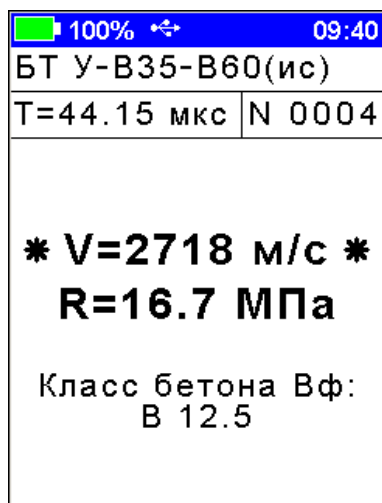
6.4.1 Поверхностное прозвучивание

Нажатием кнопки  перейти в режим измерения.

В режиме измерения в первой строке дисплея отображается вид материала, во второй строке указывается время прохождения УЗ импульса - T , мкс и номер текущего измерения, заносимого в память прибора.

В центре дисплея (в зависимости от установок в пункте главного меню «УСТАНОВКИ», подменю «Измер. параметр») индицируется скорость УЗ импульса - V , м/с и один из четырёх параметров: прочность R , плотность ρ , модуль упругости E , или звуковой индекс C .


Установить датчик на поверхность контролируемого объекта, удерживать датчик неподвижным в плоскости перпендикулярной к поверхности образца и прижать с усилием 5-10 кг.




Одно измерение в серии

Несколько измерений в серии

При установлении акустического контакта (прохождение УЗ импульса через контролируемый материал) на дисплее индицируются символы «*» по обе стороны от значения скорости.

Контролируя на дисплее прибора измеряемое время **T**, мкс и скорость **V**, м/с убедиться в стабильности показаний и при отклонениях показаний времени на 0,1 ...0,2 мкс от установившегося значения, нажать кнопку , зафиксировав в памяти единственный замер.

Аккуратно без усилий снять прибор с объекта и аналогичным образом провести измерения на следующих контролируемых участках, фиксируя каждый замер серии нажатием кнопки .

При установке числа измерений в серии от 2 до 10 после фиксации последнего измерения в серии выдается результат измерения - среднее значение времени распространения УЗ импульса, среднее значение скорости распространения УЗ импульса, среднее значение измеряемого параметра, коэффициент вариации **W**, коэффициент неоднородности **H** и класс бетона **Вф** (только для бетонов и материалов группы «**Разные**»).

Коэффициент вариации **W** характеризует отличие максимальной и минимальной прочности от средней. Чем больше разница, тем больше коэффициент вариации.


Согласно ГОСТ 18105 (п.5.4, формула (7)), текущий коэффициент вариации прочности бетона рассчитывают по результатам контроля в контролируемой партии бетонных смесей, изделий, зоне конструкции, отдельной конструкции или группе конструкций. Средний внутрисерийный коэффициент вариации

прочности бетона определяют по результатам испытания любых последовательных 30 серий образцов бетона одного класса (марки). Для этого находят размах в каждой серии, а также средний размах и среднюю прочность по всем 30 сериям (ГОСТ 10180, Приложение А).

Неоднородность прочности бетона обусловлена, например, технологической изменчивостью процессов изготовления и укладки, а также наличием в нём пустот, микротрещин и участков с пониженной прочностью.

Коэффициент неоднородности **H** характеризует отличие максимальной прочности от минимальной. Данный коэффициент носит исключительно справочный характер.

100% ↔ 10:16	
БТ У-В35-В60(ис)	
T=44.06 мкс	N 0003
Результат:	
$\bar{V}=2723$ м/с	
$\bar{R}=16.8$ МПа	
W=7%	H=4%
Класс бетона Вф:	
В 12.5	


Для сохранения результата в память прибора (архив), следует нажать кнопку  при этом на индикаторе появляется сообщение «**Сохранение...**». После сохранения результата прибор автоматически начнёт новую серию измерений.

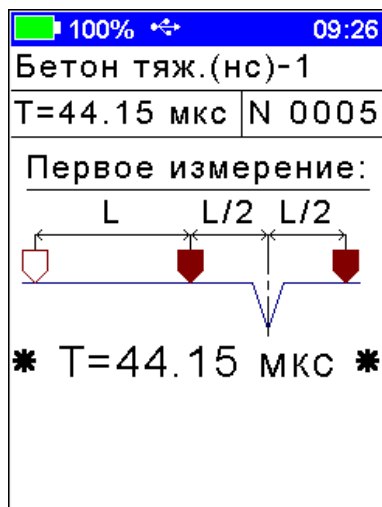
Нажатием кнопки  закончить измерение.



6.4.2 Режим измерения глубины трещины

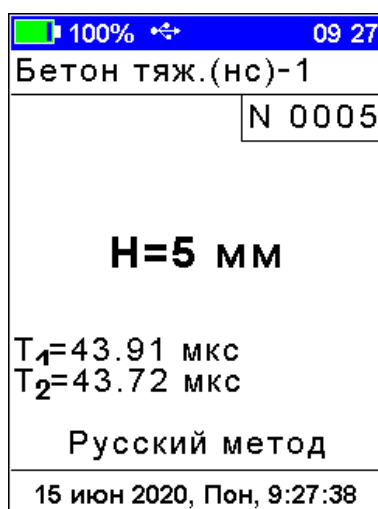
6.4.2.1 Режим измерения глубины трещины является дополнительным. При измерениях следует учитывать, что трещины имеют различные свойства, размеры и характеристики, а также могут быть заполнены крошкой материала, пылью и водой. Поэтому, реальная относительная погрешность при измерении размеров трещины может достигать 40 %.


В версии прибора ПУЛЬСАР-2М используется только Русский метод определения глубины трещин.

6.4.2.2 Нажатием кнопки  перейти в режим измерения. Для выполнения измерений следует установить датчики как указано на схеме и провести первое измерение.



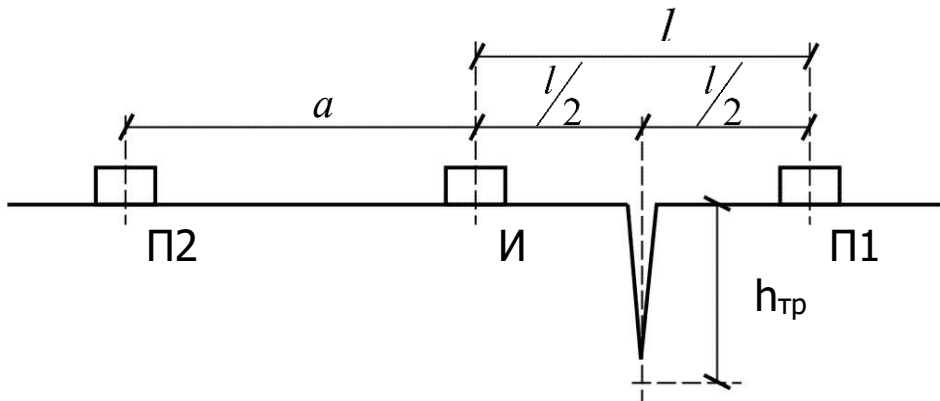
Затем нажать кнопку  (для фиксации первого этапа измерения), переместить датчики согласно новой схеме и выполнить второе измерение. После очередного нажатия кнопки  на дисплее выводится время первого и второго измерения в мкс и рассчитанное значение глубины трещины.



Для сохранения результата в память прибора (архив), следует нажать кнопку . После сохранения результата прибор автоматически начнёт новое измерение.

Нажатием кнопки  закончить измерение.

6.4.2.3 По принятой в России методике датчики устанавливаются согласно приведенной ниже схеме (в соотв. с ГОСТ Р ИСО 16827 Приложение G).



Сначала датчики устанавливаются на точки И-П1 (трещина находится ровно посередине) и измеряется время t_1 , затем датчики устанавливаются на точки И-П2, измеряется время t_a и автоматически вычисляется глубина трещины по формуле (1):

$$h_{\text{тр}} = \frac{a}{2} \sqrt{\left(\frac{t_1}{t_a}\right)^2 - 1} \quad (1)$$

где a - база измерения на бетоне без дефектов (положение датчиков И-П2), при обязательном условии $a=l$;

l - база измерения на бетоне через трещину (положение датчиков И-П1).

6.5 Просмотр результатов измерений

По каждой серии измерений сохраняется следующая информация:

- номер измерения, дата и время получения результата;
- вид материала, время (T , мкс) и скорость (V , м/с) распространения УЗ импульса, прочность (R) и класс бетона ($V\phi$).

100% ↔ 09:37	
БТ У-В35-В60(ис)	
T=43.93 мкс	N 0002
Архив:	
V=2731 м/с	
R=17.0 МПа	
Класс бетона Вф: В 12.5	
8 июн 2020, Пон, 10:16:11	

Одно измерение в серии

100% ↔ 09:39	
БЛ У-В7.5-В35	
T=44.22 мкс	N 0001
Архив:	
V=2713 м/с	
R=16.1 МПа	
W=6% H=4%	
Класс бетона Вф: В 12.5	
15 июн 2020, Пон, 9:39:28	

Несколько измерений в серии

Данные заносятся в память подряд, начиная с первого номера для каждой даты календаря. Если память прибора заполнена полностью, то при записи нового результата для освобождения места будет удален самый старый результат.

Данные можно просмотреть по номерам – кнопками .

6.6 Вывод результатов на компьютер

Прибор оснащен USB интерфейсом для связи с компьютером. Работа с программой описана в Приложении А.

Примечание - При каждом подключении прибора к компьютеру через USB-кабель будет активироваться подзарядка аккумулятора.

7 ГРАДУИРОВКА ПРИБОРА

7.1 Расчёт и установка коэффициентов градуировочной зависимости

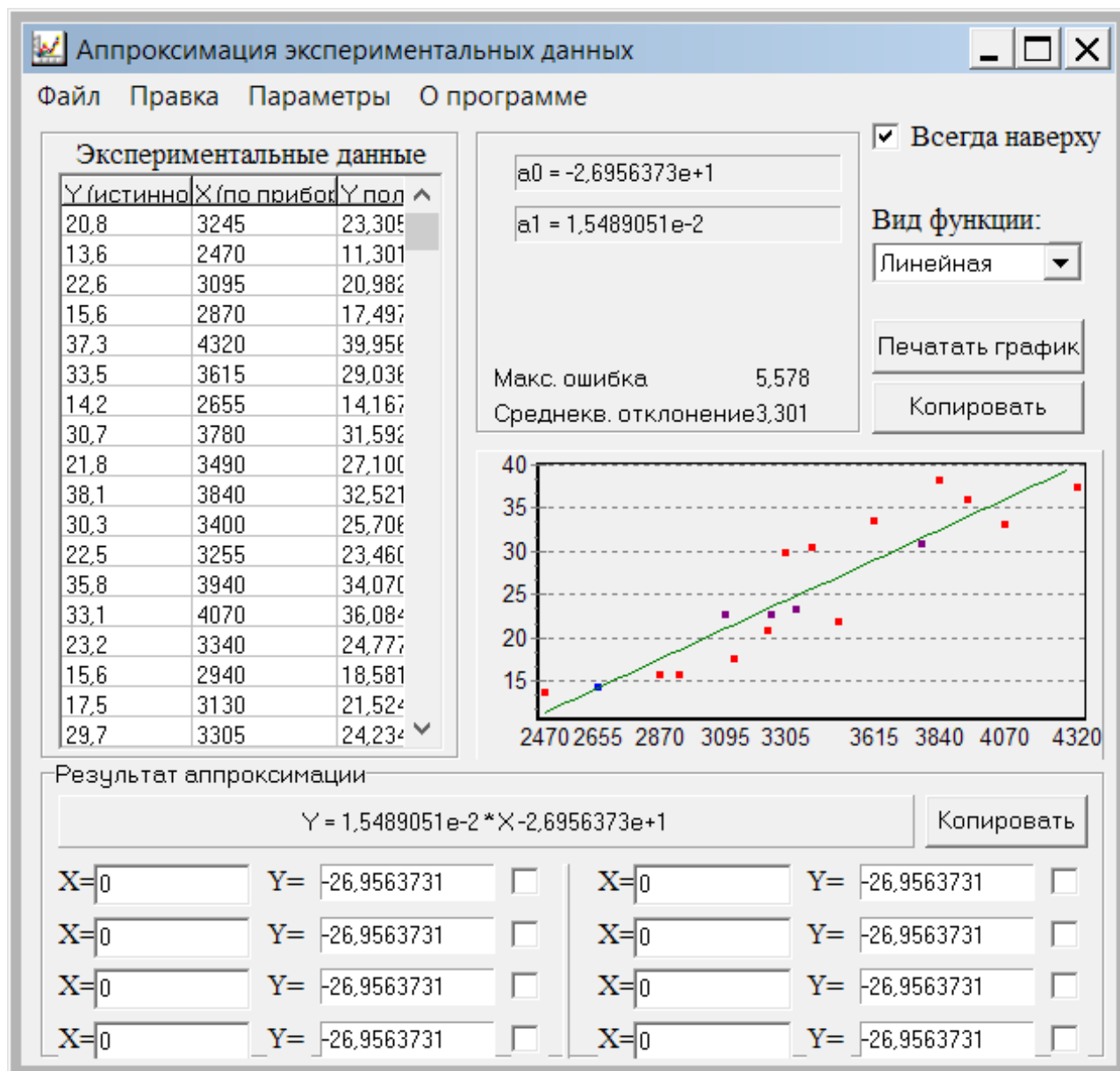
Градуировка прибора производится потребителем под свои виды сырья и материалы в соответствии с действующими методиками и ГОСТами, которые регламентируют получение характеристик, связывающих скорость ультразвука с измеряемым параметром. Экспериментально полученные коэффициенты градуировочных зависимостей скорости УЗ от измеряемого параметра заносятся в память прибора индивидуально для каждого вида и состава материала.

Для расчёта коэффициентов градуировочных зависимостей рекомендуется пользоваться известными математическими методами определения параметров полиномов или программой «Аппроксиматор», поставляемой на USB носителе.

Ниже приведён пример расчёта коэффициентов градуировочной зависимости «**Скорость ультразвука - прочность бетона**» $R=1,55 \times 10^{-2} \times V - 2,70 \times 10^1$, МПа из приложения В ГОСТ 17624.

Для внесения в прибор рассчитанных значений коэффициентов градуировочной зависимости в пункте главного меню «**Материал**» выбрать и нажать программную кнопку «**Коэф-ты**» и установить (или изменить) значения коэффициентов градуировочной зависимости, связывающие измеряемый параметр

(прочность **R**, плотность ρ , модуль упругости **E**, звуковой индекс **C**) со скоростью ультразвука.



Кнопками **F** и **↑** выбрать редактируемый параметр.

Кнопкой **F** выбрать разряд числа для изменения.

Кнопками **↑** установить значение разряда.

Нажать программную кнопку «**Сохран.**» и кнопку «**Материал**» или **F** для выхода без изменений.

Для приведённого выше примера коэффициенты градуировочной зависимости в приборе будут иметь вид:

- A0=-2,70E+1;
- A1=+1,55E-2;
- A2=+0,00E+0;
- A3=+0,00E+0.

7.2 Установка коэффициентов градуировочной зависимости «скорость ультразвука - прочность»

Установка коэффициентов градуировочной зависимости «Скорость ультразвука - прочность бетона» производится по ГОСТ 17624.

Коэффициенты:	
БТ У-В35-В60(ис)	
Прочность	
A0 =	-3.76E+1
A1 =	+2.00E-2
A2 =	+0.00E+0
A3 =	+0.00E+0

Полином, связывающий прочность со скоростью ультразвука:

$$R = A_0 + A_1 \times V + A_2 \times V^2 + A_3 \times V^3, \quad (2)$$

где R - прочность, обязательно в МПа;

V - числовое значение скорости ультразвука, м/с;

A_i - коэффициенты ($i = 0,1,2,3$), заносятся в прибор в экспоненциальной форме (например, если $A_i=256$, его следует записать как $A_i=+2,56E+2$, что соответствует $A_i=+2,56 \times 10^2$).

Вычисление фактического класса Вф бетона по прочности при контроле по схеме Г п. 4.3 ГОСТ 18105 производится по формуле:

$$Вф=0,8 \times R_m, \quad (3)$$

где R_m - фактическая прочность бетона, МПа.



Внимание! Коэффициенты преобразования для расчёта прочности следует вводить только с размерностью в МПа.

7.3 Установка коэффициентов градуировочной зависимости «скорость ультразвука - плотность»



Полином, связывающий плотность со скоростью ультразвука:

$$\rho = V_0 + V_1 \times V + V_2 \times V^2, \quad (4)$$

где ρ - плотность, г/см³, т/м³;

V - числовое значение скорости ультразвука;

V_i - коэффициенты ($i = 0, 1, 2$), записанные в экспоненциальной форме, (например, $V_i=256$ следует записать как $V_i=+2,56E+2$, что соответствует $V_i=2,56 \times 10^2$).

7.4 Установка коэффициентов градуировочной зависимости «скорость ультразвука - модуль упругости»



Зависимость, связывающая модуль упругости со скоростью ультразвука:

$$E = \frac{\gamma \times V^2}{9,81 \times \varphi} \times 10^{-5}, \quad (5)$$

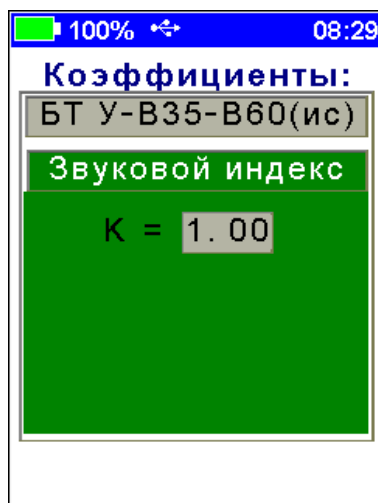
где E - модуль упругости, ГПа;

V - скорость ультразвука, м/с;

γ - плотность материала, т/м³;

ϕ - коэффициент, по умолчанию - 1,00.

7.5 Установка коэффициента градуировочной зависимости «скорость ультразвука - звуковой индекс»



При измерении звукового индекса необходимо задавать коэффициент в соответствии с формулой:

$$ЗИ = K \times \frac{V}{100}, \quad (6)$$

где ЗИ - звуковой индекс;

V - числовое значение скорости ультразвука;

K - безразмерный коэффициент (возможность установки значения от 1,00 до 1,20).

8 ПОВЕРКА

8.1 Поверку прибора проводят по документу МП-03-2020-20 «Измеритель времени и скорости распространения ультразвука ПУЛЬСАР-2. Методика поверки», утвержденной ФБУ «Челябинский ЦСМ» 14.08.2020 г.

8.2 Интервал между поверками - 1 год.

9 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

9.1 Прибор требует аккуратного и бережного обращения для обеспечения заявленных технических характеристик.

9.2 Прибор необходимо содержать в чистоте, оберегать от падений, ударов, вибрации, пыли и сырости. Периодически, не

реже одного раза в 6 месяцев, удалять пыль сухой и чистой фланелью и производить визуальный осмотр прибора, уделяя особое внимание геометрической форме конусов, отсутствию пыли, грязи и посторонних предметов на дисплее, клавиатуре, разъеме.

9.3 При появлении на дисплее информации о разряде аккумулятора необходимо его зарядить.

Подключите прибор через поставляемое зарядное устройство с разъемом USB к сети напряжением 220 В или к работающему компьютеру кабелем USB. Заряд аккумулятора начнется автоматически, при этом загорится красный светодиод.

При включенном приборе пиктограмма батареи в строке статуса будет последовательно менять вид. По окончании заряда останется пиктограмма полностью заряженной батареи и светодиод индикации заряда погаснет.



Внимание! Запрещается производить заряд аккумулятора с помощью зарядного устройства не входящего в комплект поставки.

Примечания

1) При достижении уровня разряда аккумулятора близкого к критическому прибор автоматически выключается.

2) Заряд аккумулятора происходит вне зависимости от включения прибора. В выключенном состоянии заряд может идти несколько быстрее.

9.4 Для снижения расхода энергии аккумулятора, рекомендуется включать прибор непосредственно перед измерениями и отключать сразу после их выполнения.

9.5 Если прибор не реагирует на кнопку включения питания, следует зарядить аккумулятор.

9.6 Если в процессе работы прибор перестает реагировать на нажатие кнопок, необходимо нажать и отпустить кнопку включения. Прибор должен выключиться не более, чем через 10 секунд. После чего включить прибор снова.

9.7 По завершении измерений прибор необходимо очистить от пыли и частиц материала и т.п.

9.8 В случаях большого разброса показаний по прочности (плотности, модулю упругости, звуковому индексу) на исследуемом участке следует проверить стабильность результатов измерения по скорости и времени на контрольном образце, качество акустического контакта, правильность установки коэффициентов преобразования, отсутствие дефектов бетона и влияния арматуры.

9.9 Прибор является сложным техническим изделием и не подлежит самостоятельному ремонту. При всех видах неисправностей необходимо обратиться к изготовителю.

10 МАРКИРОВКА И ПЛОМБИРОВАНИЕ

10.1 Маркировка прибора содержит:

- товарный знак изготовителя;
- знак утверждения типа;
- условное обозначение модификации прибора «ПУЛЬСАР-2М» на лицевой панели;
- полное наименование прибора «Измеритель времени и скорости распространения ультразвука ПУЛЬСАР-2» на боковой панели;
- заводской номер прибора;
- год выпуска.

10.2 На прибор, прошедший приемо-сдаточные испытания, ставится пломба. Пломба находится в отверстии на винте крепления корпуса прибора.

11 ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ

11.1 Транспортирование приборов должно проводиться в упакованном виде любым крытым видом транспорта (авиатранспортом - в отопливаемых герметизированных отсеках) в соответствии с правилами перевозок грузов, действующими на данном виде транспорта.

11.2 Расстановка и крепление ящиков с приборами в транспортных средствах должны исключать возможность их смещения и ударов друг о друга.

11.3 Погрузочно-разгрузочные работы должны осуществляться в соответствии с транспортной маркировкой по ГОСТ 14192.

11.4 Температурные условия транспортирования приборов от минус 25 °С до плюс 50 °С.

11.5 Упакованные приборы должны храниться в условиях 1 по ГОСТ 15150.

12 ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

12.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие выпускаемых приборов требованиям технических условий. Гарантийный срок - 18 месяцев с момента продажи прибора.

12.2 Предприятие-изготовитель обязуется в течение гарантийного срока безвозмездно производить ремонт прибора, если он выйдет из строя.

12.3 Гарантийное обслуживание осуществляется в месте нахождения предприятия-изготовителя. Срок гарантии на прибор увеличивается на время его нахождения в ремонте.

Прибор предъявляется в гарантийный ремонт в следующей комплектации: моноблок, контрольный образец из оргстекла, руководство по эксплуатации НК ИП.408235.100-01 РЭ, кейс, транспортная упаковка, обеспечивающая сохранность и надлежащую транспортировку оборудования.



Внимание! Оборудование для гарантийного ремонта должно быть предоставлено в чистом виде.

12.4 Срок проведения ремонтных работ - 30 рабочих дней с момента получения прибора заводом-изготовителем.

12.5 Срок замены прибора - 30 рабочих дней с момента получения прибора заводом-изготовителем. Замена производится при наличии существенного недостатка (стоимость устранения недостатков равна или превышает 70 % от стоимости товара), а также при повторном проявлении дефекта после его устранения.

12.6 Недополученная в связи с неисправностью прибыль, транспортные расходы, а также косвенные расходы и убытки не подлежат возмещению.

12.7 Гарантия не распространяется на:

- литиевый аккумулятор;
- зарядное устройство;
- быстроизнашивающиеся запчасти и комплектующие (соединительные кабели, разъёмы и т.п.);
- расходные материалы (карты памяти и т.п.).

12.8 Гарантийные обязательства теряют силу, если:

- нарушены заводские пломбы;
- прибор подвергался механическим, тепловым или атмосферным воздействиям;
- прибор вышел из строя из-за попадания внутрь посторонних предметов, жидкостей, агрессивных сред;
- на приборе удален, стерт, не читается или изменен заводской номер.

12.9 Гарантийный ремонт и организацию периодической проверки осуществляет предприятие-изготовитель ООО НПП «Интерприбор»: 454080, Челябинск, а/я 12771, бесплатные звонки по России 8-800-775-05-50, тел. (351) 729-88-85.

13 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 17624-2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

ГОСТ 18105-2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.

ГОСТ 24332-88 Кирпич и камни силикатные. Ультразвуковой метод определения прочности при сжатии.

ГОСТ Р ИСО 16827-2016 Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Определение характеристик несплошностей.

ГОСТ Р 52931-2008 Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия.

МДС 62-2.01 Методические рекомендации по контролю прочности бетона монолитных конструкций ультразвуковым методом способом поверхностного прозвучивания» ГУП «НИИЖБ».

14 КОМПЛЕКТНОСТЬ

Моноблок, шт.	1
Контрольный образец из оргстекла, шт.	1
Руководство по эксплуатации НКИП.408235.100-01 РЭ, экз.	1
Зарядное устройство USB (1А), шт.	1
Кабель USB для связи с компьютером, шт.	1
Программа связи с ПК (USB-флеш), шт.	1
Кейс, шт.	1

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРОГРАММА СВЯЗИ ПРИБОРА С КОМПЬЮТЕРОМ

Программа связи предназначена:

- для переноса результатов измерений в компьютер, их сохранения, просмотра и выборки из полученного массива;
- для печати отобранных результатов в табличной форме с указанием номера, времени и даты проведения испытаний, скорости ультразвука, вида материала, коэффициента вариации измеренных параметров (прочности, плотности, модуля упругости, звукового индекса, глубины трещины), коэффициента неоднородности;
- с помощью отдельных программ «Коэффициенты» и «Материалы» пользователь может считывать из прибора, изменять коэффициенты преобразования «Скорость УЗ - измеряемый параметр», задавать названия свободно программируемых материалов;
- экспортировать результаты измерений в программу Excel;
- работа с программами требует обучения персонала или привлечения квалифицированного специалиста.

Минимально необходимые требования к компьютеру

Компьютер с аппаратной конфигурацией, соответствующей операционной системе.

Операционная система MS Windows XP/7/8/10.

Установка программы

Перед установкой программы необходимо отключить проверку цифровой подписи в Windows 8/10.

Для установки программы на компьютер нужно вставить USB-флеш-накопитель «Интерприбор» в компьютер, найти папку «Пульсар», открыть её содержимое и в папке «Программа связи с ПК» запустить программу SetupPulsar.exe. Появится диалоговое окно приглашения в программу установки.

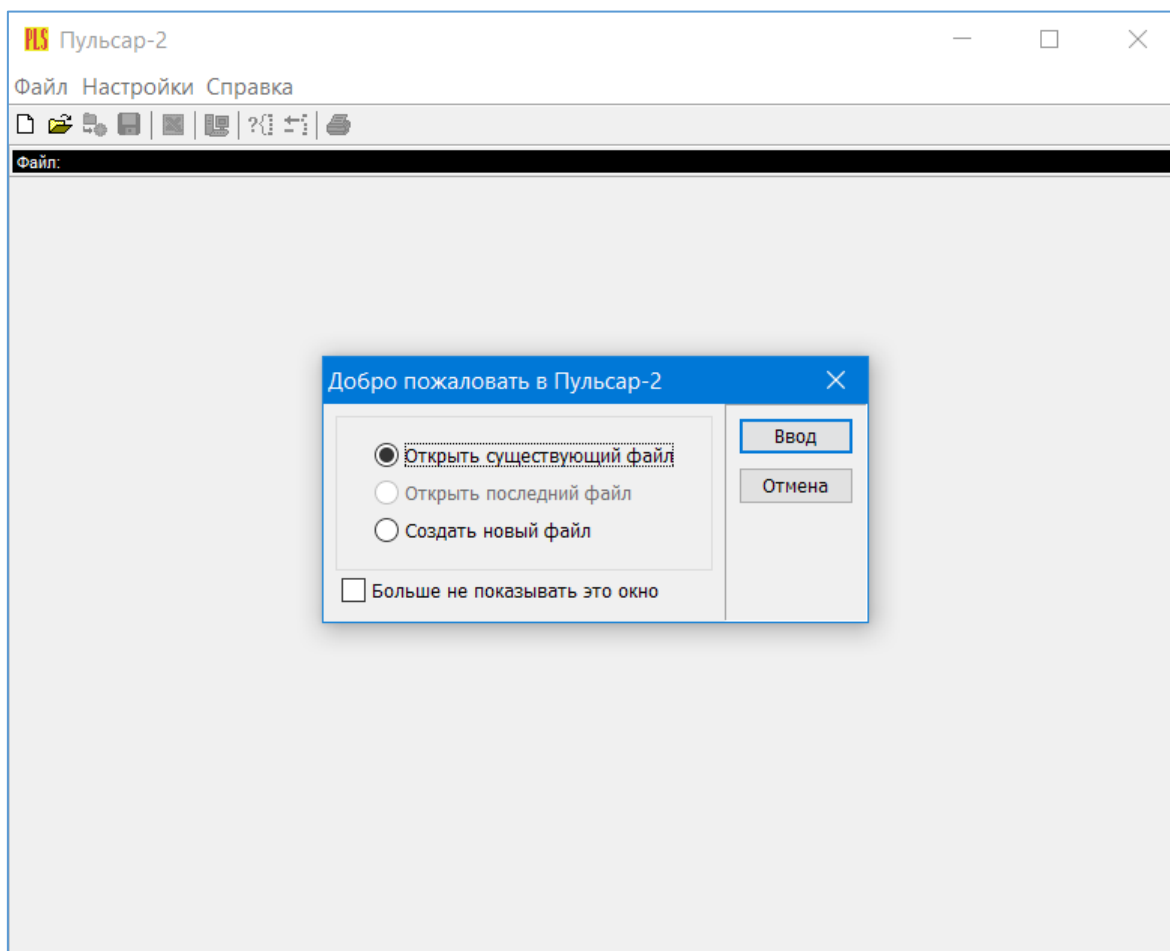
Далее, следуя указаниям с экрана, последовательно через нажатия кнопки «Далее» провести установку. Разрешить установку неподписанного драйвера.

Для завершения программы установки нажать кнопку «Готово». Установка окончена.

Работа с программой

Запуск программы

Из меню «Программы» - «Интерприбор» - «Пульсар-2» вызвать программу «Пульсар-2». На мониторе появится окно программы с предложением выбрать вариант (открыть существующий, открыть последний или создать новый файл проекта).



Создание нового и открытие существующего проекта

Чтобы считывать данные с прибора, производить распечатку на принтере и т.д. необходимо первоначально создать новый проект! Для этого нажать пиктограмму «Новый» или воспользоваться меню «Файл», подменю «Новый».

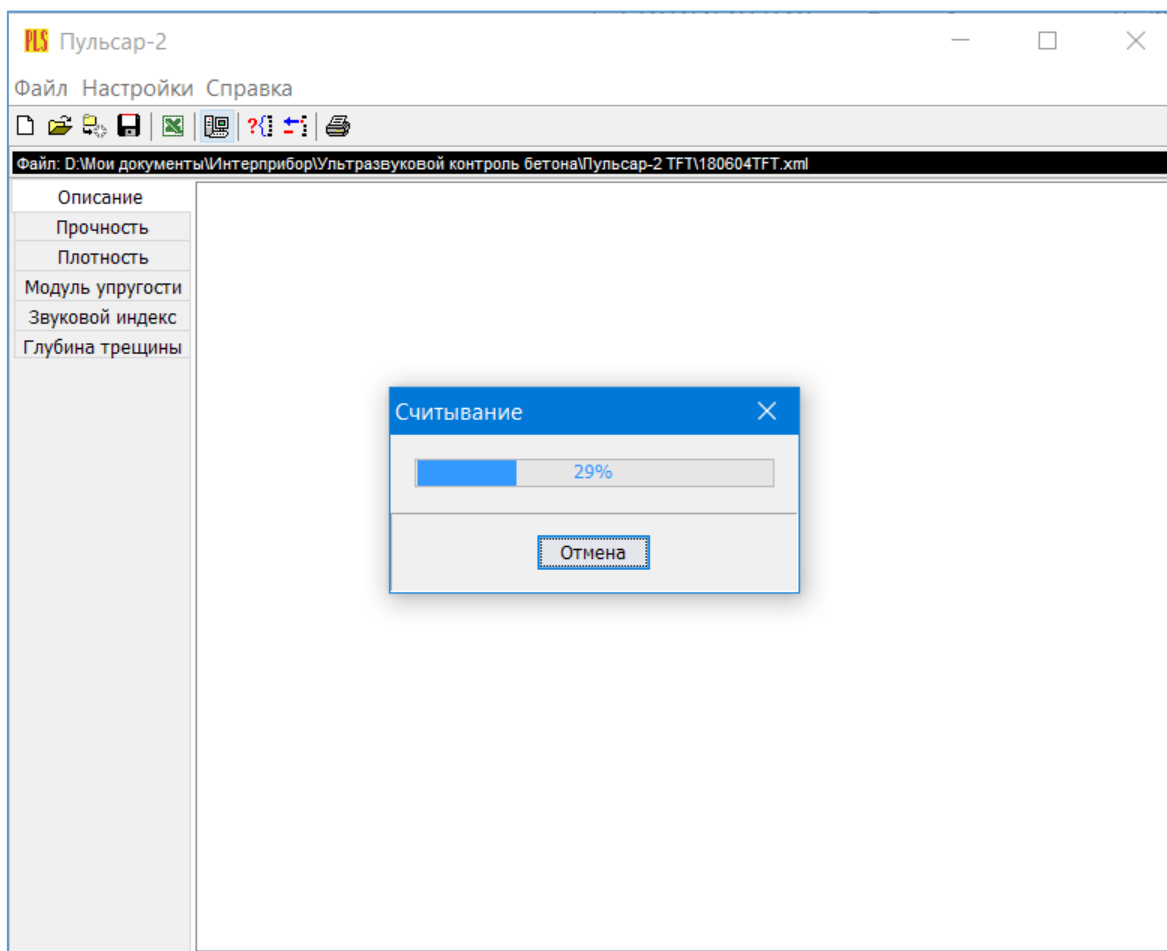
Если проект, с которым вы собираетесь работать, был создан ранее, то для его открытия следует нажать пиктограмму «Открыть».

Считывание информации

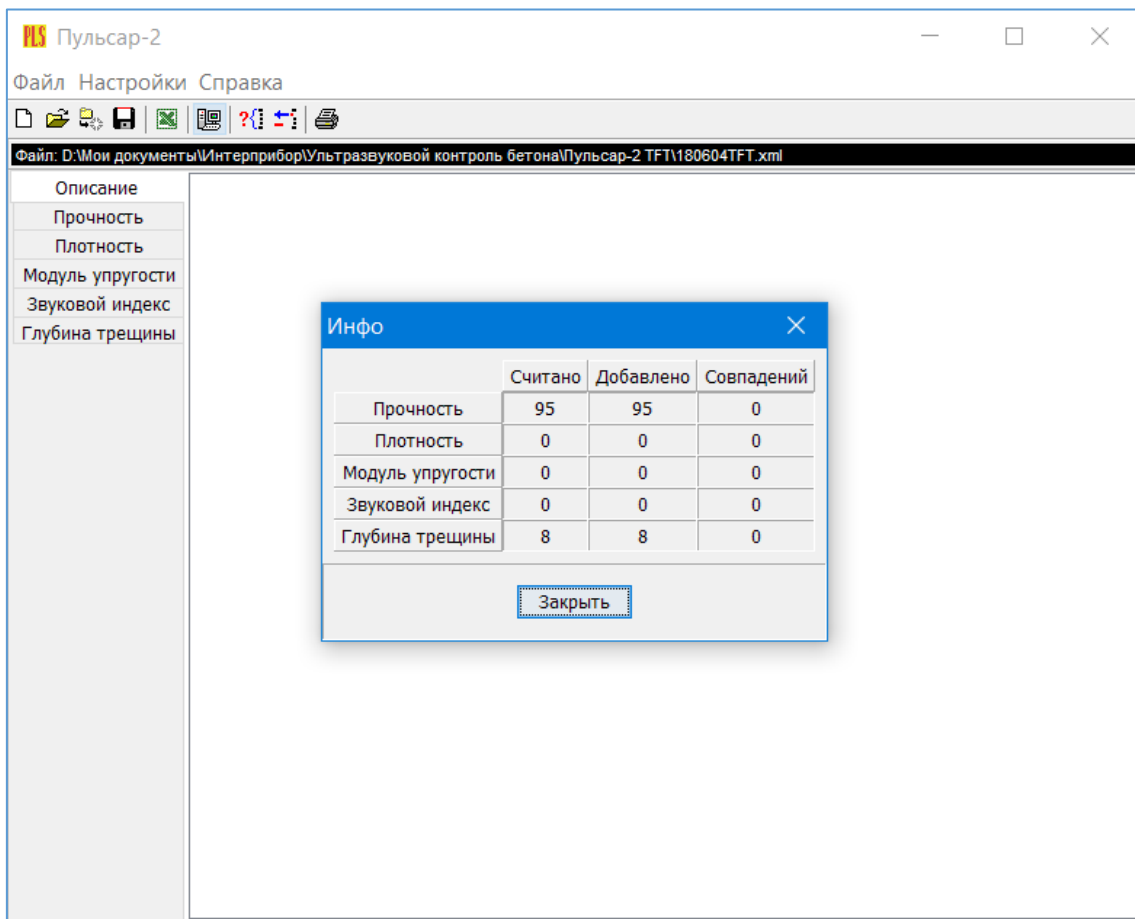
Включить компьютер и вызвать программу «Пульсар-2».

Подключить прибор с помощью USB-кабеля к компьютеру.

Включить прибор и дождаться его загрузки, затем в программе «Пульсар-2» нажать пиктограмму «считывание» в окне программы, - на экране появится изображение линейного индикатора процесса считывания.



После завершения сеанса связи на мониторе появится информация о считанных результатах.



Работа с данными

Программа позволяет производить выборку требуемых результатов из массива данных (дата, вид материала и т.д.), выводить их на печать или экспортировать в Excel.

При создании проекта программа открывает несколько окон с названиями «Описание», «Прочность», «Плотность», «Модуль упругости», «Звуковой индекс» и «Глубина трещины».

В окне «Описание» пользователь может указать общую информацию о проекте.

Окно «Прочность» предназначено для работы с данными, полученными при измерениях прочности материалов:

- в первой таблице - полные данные о результатах серий измерений (дата, время, номер, прочность, коэффициент вариации, материал, измеряемое время, скорость, база измерений, режим);
- во второй таблице - данные о скорости и прочности единичных результатов той серии, которая выбрана курсором;
- далее следует представление результатов выбранной курсором серии, в верхнем правом углу окна можно выбрать требуемую размерность прочности.

Остальные режимы выполнены аналогично.

Работа с программами «Коэффициенты» и «Материалы»

Программа «Коэффициенты» предназначена для считывания в компьютер редактирования и записи в прибор коэффициентов преобразования «Скорость УЗ - измеряемый параметр».

Описание	№	Материал	A0	A1	A2	A3
Прочность	1	Универсальный В35-В60	-3,76E1	2,00E-2	0,00E0	0,00E0
Плотность	2	Бетон тяжелый (и.с.)-1	-1,00E2	3,34E-2	0,00E0	0,00E0
Модуль упругости	3	Бетон тяжелый (и.с.)-2	-3,14E1	4,47E-2	-1,99E-5	3,20E-9
Звуковой индекс	4	Бетон тяжелый (и.с.)-3	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
	5	Бетон тяжелый (и.с.)-4	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
	6	Бетон тяжелый (н.с.)-1				
	7	Бетон тяжелый (н.с.)-2				
	8	Бетон тяжелый (н.с.)-3				
	9	Бетон тяжелый (н.с.)-4				
	10	Бетон тяжелый (н.с.)-5				
	11	Универсальный В7.5-В35	-2,73E1	1,60E-2	0,00E0	0,00E0

Комментарии:

Пользователь, создав новый проект, имеет возможность считать с прибора имеющиеся коэффициенты, отредактировать их и записать изменённые коэффициенты в прибор. Также он может сохранить коэффициенты в виде файла.



Внимание! Если нажать пиктограмму «Записать в прибор», предварительно не считав коэффициенты с прибора, произойдет удаление всех коэффициентов. В этом случае, возможно восстановить коэффициенты по умолчанию, открыв соответствующий проект «Коэффициенты по умолчанию», поставляемый на USB носителе или из архива с последней версией программы, скачанной с сайта <https://www.interpribor.ru/>

Программа «Материалы» предназначена для программирования названий материалов в меню «Материалы» раздел «Разные» (пользователь имеет возможность самостоятельно задать 5 названий материалов и занести их в прибор с помощью данной программы).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Примеры коэффициентов градуировочных зависимостей преобразования скорости (V) в прочность (R)

$$R=A_0+A_1 \times V+A_2 \times V^2+A_3 \times V^3, \text{ МПа}$$

Материал	Коэффициенты			
	A0	A1	A2	A3
Бетон тяжёлый известного состава: Универсальный В35-В60	-3,76E+1	+2,00E-2		
Бетон тяжёлый известного состава: Состав-1	-1,00E+2	+3,34E-2		
Бетон лёгкий: Универсальный В7,5-В35	-2,73E+1	+1,60E-2		
Кирпич: Вид-1 (силикатный)	-3,46E+1	+1,73E-2		

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Усреднённые значения скоростей распространения продольных ультразвуковых волн в некоторых твердых материалах, м/с

Алюминий	6260
Алюминиевый сплав Д16Т	6320
Базальт	5930
Бетоны	от 2000 до 5400
Бериллий	12800
Бронза (фосфористая)	3530
Ванадий	6000
Висмут	2180
Вольфрам	5460
Габбро 38	6320
Гипс	4790
Гнейс	7870
Гранит	4450
Диабаз 85	5800
Доломит 9	4450
Железо	5850
Золото	3240
Известняк	6130
Известняк 86	4640
Капролон	2787
Капрон	2640
Кварц плавленный	5930
Константан	5240

Лабрадорит 44	5450
Латунь	4430
Латунь ЛС-59-1	4360
Лед	3980
Магний	5790
Манганин	4660
Марганец	5561
Мрамор	6150
Медь	4700
Молибден	6290
Никель	5630
Олово	3320
Осмий	5478
Плексиглас	2670
Полистирол	2350
Резина	1480
Свинец	2160
Серебро	3600
Ситалл	6740
Слюда	7760
Сталь ХН77ТЮР	6080
Сталь 40ХНМА	5600
Сталь ХН70ВМТЮ	5960
Сталь ХН35ВТ	5680
Сталь Х15Н15ГС	5400
Сталь Ст3	5930
Стекло органическое	2550
Стекло силикатное	5500
Тантал	4235
Текстолит	2920
Тефлон	1350
Фарфор	5340
Хром	6845
Цинк	4170
Цирконий	4900
Чугун	3500-5600
Эбонит	2400
Эпоксидная смола ЭД-5	2580

Редакция 2025 01 29