

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС»



В.Н. Яншин

«29» мая 2008 г.

Приборы ультразвуковые УКС-МГ4

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 4276-160-2008

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящие методические указания распространяются на приборы ультразвуковые УКС-МГ4 (УКС-МГ4С) ТУ 4276-21-12585810-2007 (в дальнейшем приборы), предназначенные для измерений скорости и времени распространения ультразвуковых колебаний (далее УЗК) в твердых неметаллических материалах, а так же для измерений длины и дефектоскопии строительных материалов и горных пород.

Поверку приборов ультразвуковых УКС–МГ4 и УКС–МГ4С проводят органы Государственной метрологической службы или другие уполномоченные органы, организации имеющие право поверки. Требования к организации, порядку проведения поверки и форма представления результатов определяются ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения».

Межповерочный интервал 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Операции поверки

Таблица 1

№ пп	Наименование операции	Номера пунктов методики поверки	Обязательность проведения операций	
			при первичной поверке	при периодической поверке
1.	Внешний осмотр.	7.1	да	да
2.	Определение базы измерений	7.2	да	нет
3.	Опробование	7.3	да	да
4.	Определение основной абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗК при сквозном прозвучивании	7.4	да	да
5.	Определение основной абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗК при поверхностном прозвучивании	7.5	да	да
6.	Определение диапазона измерений и дискретности отсчета времени при поверхностном прозвучивании	7.6	да	нет
7	Определение диапазона измерений и дискретности отсчета времени при сквозном прозвучивании	7.7	да	нет

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть применены средства поверки с характеристиками, перечисленными в таблице 2. Допускается применение других аналогичных средств поверки с теми же характеристиками.

Средства поверки

Таблица 2

№	Наименование средств поверки	Рекомендуемый тип	Основные характеристики средств поверки
1	Штангенциркуль	ШЦ-150-0,1	Погрешность $\pm 0,1$ мм
2	Термометр	ЛТ-300	Диапазон от -30 до $+300^{\circ}\text{C}$ Погрешность $\pm 0,2$ $^{\circ}\text{C}$
3	Психрометр Аспирационный	МВ-4М	Предел измерений 100 % Погрешность $\pm 0,2$ $^{\circ}\text{C}$
4	Барометр-анероид	БАМ	Погрешность ± 200 Па
5	Генератор импульсов	Г5-54	Длительность импульсов от 0,1 до 1000 мкс
6	Генератор импульсов	Г5-63	Длительность импульсов от 0,1 до 1000 мкс
7	Частотомер	ЧЗ-63	Диапазон измерения длительности импульса от 20 нс до 100 с
8	Пьезопреобразователь	П111-1,8-К20	Частота максимума преобразования $1,8 \pm 0,09$ МГц
9	Коаксиальный тройник.	СР-50-95ФВ	
10	Комплект ультразвуковых образцов из оргстекла ТОСП	СП001	СП001-1 толщина $60 \pm 0,5$ мм СП001-2 толщина $70 \pm 0,5$ мм СП001-3 толщина $140 \pm 0,5$ мм

3.2 Все применяемые средства поверки должны быть поверены.

3.3 Допускается проводить поверку при питании прибора от внешнего источника постоянно-го тока.

4. ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЯ

К проведению измерений при поверке и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие документ (сертификат) поверителя ультразвуковых средств неразрушающего контроля и изучившие устройство поверяемого прибора по его эксплуатационной документации, а также настоящую методику.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки должны быть соблюдены «Правила эксплуатации электроустановок потребителем» (утверждены Госэнергонадзором 27.02.83), «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителем» (утверждены Госэнергонадзором 31.03.92).

При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности согласно ГОСТ 12.3.019 и санитарных норм СН 245-71.

6. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ И ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ К НЕЙ

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20 ± 2) $^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%;

- атмосферное давление от 86 до 106,4 кПа (630...800мм рт.ст.);
- напряжение питания ($3 \pm 0,5$) В.

6.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующее:

- привести в рабочее состояние средства поверки в соответствии с указаниями, изложенными в их эксплуатационной документации;
- установить в поверяемый прибор элементы питания и подготовить его к работе в соответствии с указаниями раздела 2 Руководства по эксплуатации Э 21.150.005 РЭ.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

- отсутствие механических повреждений корпуса, соединительных кабелей и наличие контрольных соединителей;
- наличие контрольных пломб, соответствие комплектности требованиям паспорта.

Перед началом поверки убедиться по показаниям психрометра, барометра – анероида, что температура окружающего воздуха, относительная влажность, атмосферное давление и напряжение питания прибора соответствуют приведенным в п.8.5.1

7.2 Проверка базы прибора

Проверка базы при поверхностном прозвучивании производится посредством измерения штангенциркулем расстояния между наконечниками ПЭП. Убедиться, что измеренное значение базы находится в допускаемых пределах (120 ± 2) мм.

7.3 Опробование

Для проведения опробования необходимо произвести коррекцию систематической погрешности прибора с помощью комплекта отраслевых стандартных образцов.

7.3.1 Подключить внешние ПЭП.

7.3.2 Через пункт «Калибровка» главного меню «Режим работы» установить время задержки в электроакустическом тракте прибора при сквозном прозвучивании равным нулю.

7.3.3 В режиме работы «Измерение T и V», «Сквозное прозвучивание» установить выносные ПЭП соосно на торцевых поверхностях образца СП001-1, предварительно смазанных контактной жидкостью (масло касторовое ГОСТ 6990-75) и произвести измерение времени распространения УЗК (t_1).

7.3.4 Произвести аналогичное измерение времени распространения УЗК (t_{12}) в образцах СП001-1 и СП001-2, установленных вплотную друг к другу через контактную жидкость.

7.3.5 Вычислить время задержки в электроакустическом тракте прибора $t_{зад}$ по формуле:

$$t_{зад} = (t_1 + t_2) - t_{12}. \quad (7.1.)$$

7.3.6 Через пункт «Калибровка» главного меню «Режим работы» установить время задержки в электроакустическом тракте прибора при сквозном прозвучивании равным $t_{зад}$.

7.3.7 Вычислить эталонное время для образца СП001-1 по формуле:

$$t_{эм} = t_1 - t_{зад}. \quad (7.2)$$

7.3.8 В режиме работы «Измерение T и V», «Сквозное прозвучивание» установить выносные ПЭП соосно на торцевых поверхностях образца СП001-1, предварительно смазанных контактной жидкостью (масло касторовое ГОСТ 6990-75) и произвести измерение времени распространения УЗК. Измеренное время должно совпадать с точностью $\pm 0,1$ мкс с временем $t_{эт}$, вычисленным в п. 7.3.7.

Если разница во времени превышает $\pm 0,1$ мкс при сквозном прозвучивании, то необходимо войти в режим «Калибровка» и откорректировать соответствующую временную задержку в соответствии с п. 2.3.5.2 РЭ.

7.3.9 В режиме работы «Измерение T и V», «Сквозное прозвучивание» установить выносные ПЭП соосно на торцевых поверхностях образца СП001-3, предварительно смазанных контактной жидкостью (масло касторовое ГОСТ 6990-75) и произвести измерение времени распространения УЗК (t_3) на базе сквозного прозвучивания L_3 . Вычислить время распространения УЗК ($t_{пов}$) на базе поверхностного прозвучивания ($L_{пов}$) по формуле:

$$t_{пов} = \frac{L_{пов} \cdot t_3}{L_3}. \quad (7.3)$$

7.3.10 Выключить прибор, отключить выносные ПЭП, установить заглушку на разъем излучающего ПЭП. Установить прибор на образец СП001-3, прижать с усилием 5 - 10 кг и зафиксировать в этом положении на 10 - 15 с. В режиме работы «Измерение T и V», «Поверхностное прозвучивание» провести измерения времени распространения УЗК. Измеренное время должно совпадать с точностью $\pm 0,3$ мкс с временем $t_{пов}$, вычисленным в п.7.3.9 (для прибора УКС-МГ4С) или с временем указанным на образце (для прибора УКС-МГ4).

Если разница во времени превышает $\pm 0,3$ мкс при поверхностном прозвучивании, то необходимо войти в режим «Калибровка» и откорректировать соответствующую временную задержку в соответствии с п. 2.3.5.2 РЭ.

7.4 Определение основной абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗК для сквозного прозвучивания

7.4.1 Подключить выносные ПЭП, включить прибор. В режиме работы «Измерение T и V», установить выносные ПЭП соосно на торцевые поверхности образца СП001-1 и произвести 20 повторных измерений времени распространения УЗК, каждый раз, вновь устанавливая ПЭП. Вычислить среднеарифметическое значение \bar{t}_1 времени распространения УЗК.

7.4.2 Произвести 20 повторных измерений времени распространения УЗК в образцах СП001-1 и СП001-2, установленных вплотную торцевыми поверхностями через контактную жидкость, каждый раз, вновь устанавливая ПЭП. Вычислить среднеарифметическое значение \bar{t}_{12} времени распространения УЗК в образцах установленных вплотную друг к другу.

7.4.3 Произвести 20 повторных измерений времени распространения УЗК в образце СП001-2. Вычислить среднеарифметическое значение \bar{t}_2 времени распространения УЗК в образце.

7.4.4 Вычислить абсолютное значение Δ_t^c систематической составляющей погрешности по формуле:

$$\Delta_t^c = \left| \bar{t}_{12} - \bar{t}_2 - \bar{t}_1 \right|. \quad (7.4)$$

7.4.5 Значение случайной составляющей погрешности Δ_t рассчитать по формуле:

$$\Delta_t = 1,65\sigma, \quad (7.5)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение.

7.4.6 Среднеквадратическое отклонение вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} t_{i1} - \bar{t}_1}{19}}, \quad (7.6)$$

где t_{i1} – значение единичного измерения времени распространения УЗК в образце СП001-1.

7.4.7 Определить основную абсолютную погрешность $\delta_t^{\text{общ}}$ измерения времени распространения УЗК в материалах по формуле:

$$\Delta_t^{\text{общ}} = \sqrt{(\Delta_t^c)^2 + (\Delta_t)^2}. \quad (7.7)$$

Прибор считается прошедшим поверку, если основная абсолютная погрешность измерения времени распространения УЗК $\Delta_t^{\text{общ}}$ не превышает значения, вычисленного по формуле:

$$\Delta_t^{\text{общ}} < \pm(0,01 \cdot \bar{t}_1 + 0,1). \quad (7.8)$$

7.5 Определение основной абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗК для поверхностного прозвучивания

7.5.1 Установить прибор на поверхность образца СП001-3, прижать с усилием 5 – 10 кг и в режиме “Измерение” произвести 20 повторных измерений времени распространения УЗК, каждый раз, вновь устанавливая прибор на образец. Вычислить среднеарифметическое значение \bar{t}_3 времени распространения УЗК в образце.

7.5.2 Вычислить абсолютное значение Δ_t^c систематической составляющей погрешности по формуле:

$$\Delta_t^c = T_3 - \bar{t}_3, \quad (7.9)$$

где T_3 – эталонное время прохождения УЗК в образце СП001-3 при поверхностном прозвучивании.

7.5.3 Значение случайной составляющей погрешности δ_t рассчитать по формуле:

$$\Delta_t = 1,65\sigma, \quad (7.10)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение.

7.5.4 Среднеквадратическое отклонение вычисляется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} t_{i3} - \bar{t}_3}{19}}, \quad (7.11)$$

где t_{i3} – значение единичного измерения времени распространения УЗК в образце СП001-3.

7.5.5 Определить основную абсолютную погрешность $\Delta_t^{общ}$ измерения времени распространения УЗК в материалах по формуле:

$$\Delta_t^{общ} = \sqrt{(\Delta_t^c)^2 + (\Delta_t)^2}. \quad (7.12)$$

Прибор считается прошедшим поверку, если основная абсолютная погрешность измерения времени распространения УЗК при поверхностном прозвучивании $\Delta_t^{общ}$ не превышает значения, вычисленного по формуле:

$$\Delta_t^{общ} < \pm(0,01 \cdot \bar{t}_3 + 0,1) \quad (7.13)$$

7.6 Определение диапазона измерений и дискретности отсчета времени при поверхностном прозвучивании

Определение диапазона измерения времени распространения УЗК и дискретности отсчета времени при поверхностном прозвучивании проводят при помощи стенда, собранного из стандартной измерительной аппаратуры и вспомогательных устройств. Схема соединения аппаратуры для выполнения этих проверок приведена на рисунке 1.

Стенд имитирует задержанный объектом контроля акустический сигнал, который подается на приемный преобразователь прибора УКС-МГ4 с помощью пьезоэлектрического преобразователя П111-1,8-К20.

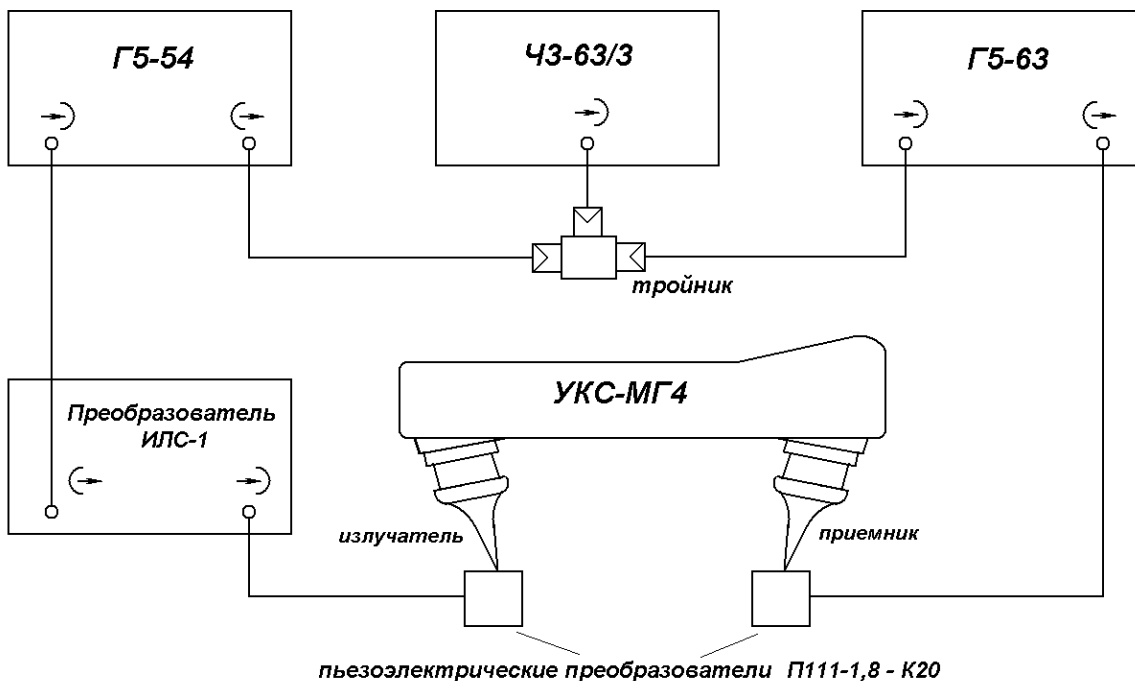


Рисунок 1- Схема соединения аппаратуры для проверки диапазона измерений и дискретности отсчета времени при поверхностном прозвучивании.

Стенд работает следующим образом. По сигналу от первого пьезоэлектрического преобразователя П111-1,8-К20, в момент генерации излучающим ПЭП прибора УКС-МГ4 зондирующего импульса (позиция “излучатель” на рисунке 2), запускается генератор Г5-54. Запускающий импульс для него формирует устройство ИЛС-1, описание структурной схемы и работы которого приведены в приложении А методики поверки. На выходе генератора Г5-54 появляется прямоугольный импульс, задний фронт которого запускает генератор Г5-63. Выходной импульс генератора Г5-63 оказывается задержанным относительно зондирующего импульса прибора УКС-МГ4 на время, равное длительности импульса генератора Г5-54. Импульс от генератора Г5-63 возбуждает пьезоэлектрический преобразователь П111-1,8-К20 стенда, который имитирует пришедший по контролируемому изделию сигнал (позиция “приемник” на рисунке 1). Частотомер ЧЗ-63/3, включенный в режиме измерения длительности импульсов, индицирует точные значения длительности импульса генератора Г5-54, то есть времени задержки.

7.6.1 Следует установить следующий режим работы приборов:

- включить генераторы импульсов Г5-54 и Г5-63 в ждущий режим с запуском отрицательным импульсом;
- установить положительную полярность выходных импульсов генераторов;
- установить амплитуду выходного импульса генератора Г5-54 равной 10 В, а амплитуду импульса генератора Г5-63 не менее 60 В;
- длительность импульса генератора Г5-54 установить в средней части измеряемого временного диапазона, например 50 мкс;
- длительность импульса генератора Г5-63 установить равной 6 мкс;
- настроить частотомер ЧЗ-63/3 на измерение длительности положительных импульсов по каналу 1.

7.6.2 Определение диапазона измерений времени распространения ультразвука и дискретности отсчета времени при поверхностном прозвучивании

7.6.2.1 Установить пьезопреобразователи П111-1,8-К20 на звукоизолирующие прокладки стенда.

7.6.2.2 Включить питание всех приборов стенда и дать им прогреться в течение 30 минут.

7.6.2.3 Прибор включить и установить на стенд таким образом, чтобы концентратор излучающего ПЭП прибора (излучающий ПЭП находится в районе расположения заглушки) находился на пьезопреобразователе П111-1,8-К20, подключенного к устройству ИЛС-1.

7.6.2.4 Включить преобразователь ИЛС-1. Измерить длительность импульса генератора Г5-54 по показаниям частотомера (t_n). Зарегистрировать время прохождения УЗК по показаниям прибора (t_p). Вычислить разность показаний ЧЗ-63/3 и прибора:

$$t_p = t_n - t_u \quad (7.14)$$

7.6.2.5 Выключить ИЛС-1 (имитируется снятие прибора с поверхности контролируемого объекта). Изменить длительность импульса генератора Г5-54. Повторить измерения по п.7.6.2.4.

7.6.2.6 Изменяя длительность импульса генератора Г5-54 в диапазоне от 15 мкс до 150 мкс, определяют разность показаний частотомера и прибора УКС-МГ4 (пп.7.6.2.4, 7.6.2.5). Изменения, определенной выше разности, не должны превышать $\Delta_t < \pm(0,01 \cdot t_n + 0,1)$ во всем диапазоне.

7.7 Определение диапазона измерений и дискретности отсчета времени при сквозном прозвучивании

Определение диапазона измерения времени распространения УЗК и дискретности отсчета времени при сквозном прозвучивании проводят при помощи стенда (рисунок 2).

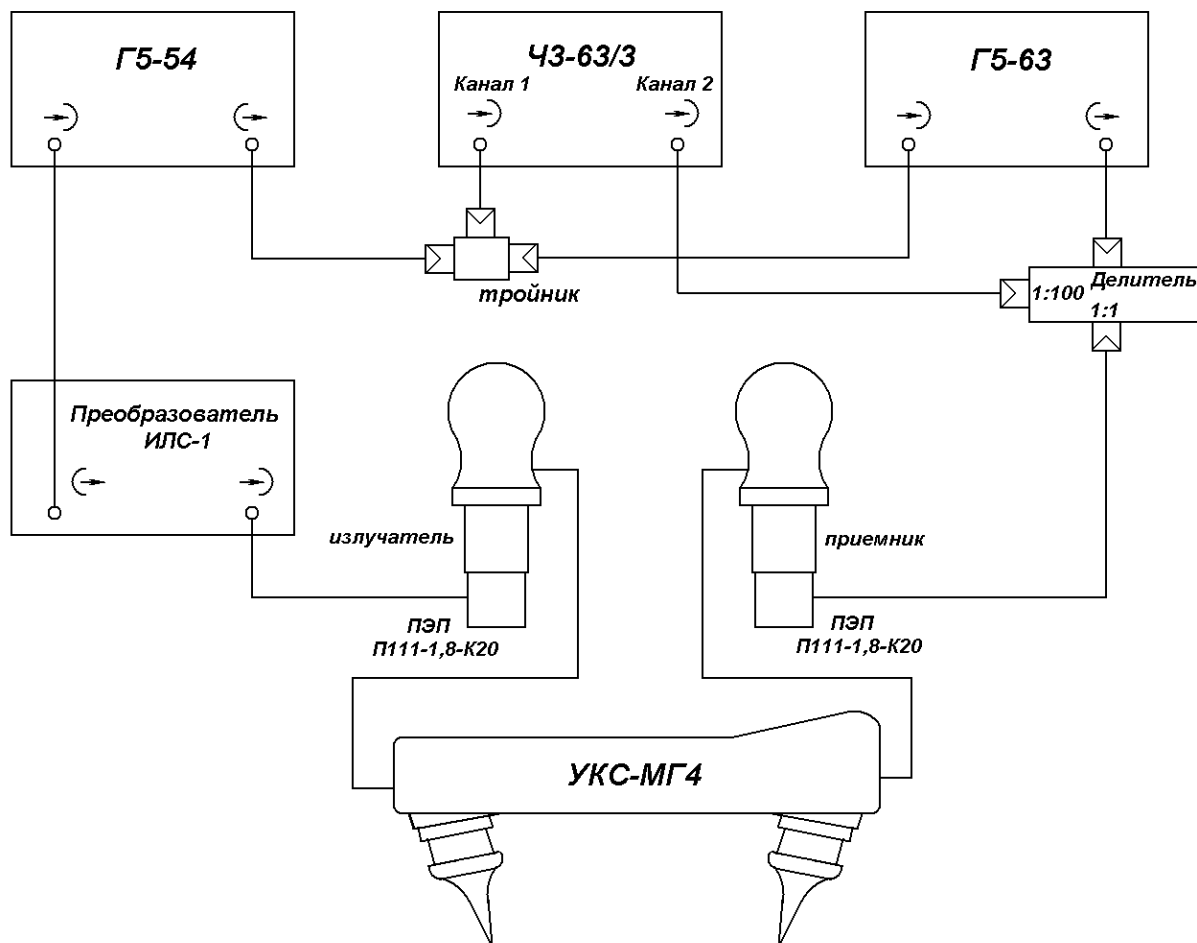


Рисунок 2- Схема соединения аппаратуры для проверки диапазона измерений и дискретности отсчета времени при сквозном прозвучивании.

Стенд работает следующим образом. По сигналу от первого пьезоэлектрического преобразователя П111-1,8-К20, в момент генерации излучающим выносным ПЭП прибора УКС-МГ4 зондирующего импульса (позиция “излучатель” на рисунке 2), запускается генератор Г5-54. Запускающий импульс для него формирует устройство ИЛС-1. На выходе генератора Г5-54 появляется прямоугольный импульс, задний фронт которого запускает генератор Г5-63. Выходной импульс генератора Г5-63 оказывается задержанным относительно зондирующего импульса прибора УКС-МГ4 на время, равное длительности импульса первого генератора. Импульс от генератора Г5-63 возбуждает ультразвуковой преобразователь П111-1,8-К20 стенда, который имитирует пришедший по контролируемому изделию сигнал. Частотомер ЧЗ-63/3, включенный в режиме измерения временных интервалов по каналу 1 и каналу 2, индицирует точные значения длительности временных интервалов между началом импульса генератора Г5-54 и началом импульса генератора Г5-63, то есть времени задержки при сквозном прозвучивании. Изменяя длительность импульса генератора Г5-54 и временной сдвиг генератора Г5-63 в диапазоне от 15 мкс. до 2000 мкс определяют разность показаний частотомера и прибора УКС-МГ4.

7.7.1 Следует установить следующий режим работы приборов:

- включить генераторы импульсов Г5-54 и Г5-63 в ждущий режим с запуском отрицательным импульсом;
- установить положительную полярность выходных импульсов генераторов;
- установить амплитуду выходного импульса генератора Г5-54 равной 10 В, а амплитуду импульса генератора Г5-63 не менее 60 В;

- длительность импульса генератора Г5-54 установить в средней части измеряемого временного диапазона, например 500 мкс;
- длительность импульса генератора Г5-63 установить равной 6 мкс;
- настроить частотомер ЧЗ-63/3 на измерение времени между началом импульса генератора Г5-54 (канал 1) и началом импульса генератора Г5-63 (канал 2).

7.7.2 Определение диапазона измерений времени распространения ультразвука и дискретности отсчета времени при сквозном прозвучивании

7.7.2.1 Установить пьезопреобразователи П111-1,8-К20 на звукоизолирующие прокладки стенда.

7.7.2.2 Включить питание всех приборов стенда и дать им прогреться в течении 30 минут.

7.7.2.3 Прибор включить, выносные ПЭП установить на стенд таким образом, чтобы протектор излучающего ПЭП прибора находился на пьезопреобразователе П111-1,8-К20 подключенного к устройству ИЛС-1.

7.7.2.4 Включить преобразователь ИЛС-1. Измерить время между началом импульса генератора Г5-54 и началом импульса генератора Г5-63 по показаниям частотомера (t_n). Зарегистрировать время прохождения УЗК по показаниям прибора (t_p). Вычислить разность показаний ЧЗ-63/3 и прибора:

$$t_p = t_n - t_u \quad (7.14)$$

7.7.2.5 Выключить ИЛС-1 (имитируется снятие выносных ПЭП прибора с поверхности контролируемого объекта). Изменить временной интервал между импульсами генераторов (изменить длительность импульса генератора Г5-54 и временную задержку генератора Г5-63). Повторить измерения по п.7.7.2.4.

7.7.2.6 Изменяя длительность импульса генератора Г5-54 и временной сдвиг генератора Г5-63 в диапазоне от 15 мкс. до 2000 мкс определить разность показаний частотомера и прибора УКС-МГ4 (п.п.7.7.2.4, 7.7.2.5). Изменения, определенной выше разности, не должны превышать $\Delta_t < \pm(0,01 \cdot t_n + 0,1)$ во всем диапазоне.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки на прибор выдается свидетельство о поверке установленной формы.

8.2 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности прибора с указанием причин непригодности.

Приложение А
(справочное)

Описание структурной схемы и работы устройства ИЛС-1

Устройство ИЛС-1 предназначено для преобразования сигнала с пьезокерамического элемента (далее – ПЭП) в сигнал логического уровня.

Устройство ИЛС-1 используется для поверки приборов УКС-МГ4 и УКС-МГ4С. Так же, устройство ИЛС-1 может использоваться в других приложениях в качестве детектора сигнала с ПЭП.

Устройство ИЛС-1 обладает следующими техническими характеристиками:

- Входное сопротивление 100 ± 5 кОм;
- Минимальный уровень принимаемого сигнала с ПЭП не менее 50 мВ;
- Максимальный уровень принимаемого сигнала с ПЭП не более 500 В;
- Диапазон рабочих частот по входу, по уровню -3 дБ от 1,5 до 100 кГц;
- Выходное напряжение низкого уровня не более 0,1 В;
- Выходное напряжение высокого уровня не менее 7 В;
- Выходной ток не менее ± 10 мА;
- Время задержки при переключении не более 250 нс;
- Напряжение питания – батарея «Крона», номинальным напряжением 9 В.

Принцип действия устройства ИЛС-1 заключается в формировании выходного сигнала логического уровня в случае превышения сигналом с ПЭП определенного порога. При этом, передний фронт выходного сигнала с устройства ИЛС-1 полностью совпадает с моментом времени, когда сигнал с ПЭП превысит заданный порог.

Устройство ИЛС-1 состоит (см. рисунок 1) из последовательно соединенных: компаратора сигнала (1), одновибратора (2) и выходного усилителя (3).

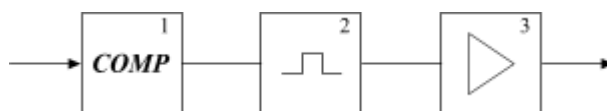


Рисунок 1

Устройство работает следующим образом. Входной сигнал с ПЭП (на рисунке не показан) поступает на компаратор (1), вход которого согласован по уровню, полосе частот и импедансу, с принимаемым сигналом.

Компаратор (1) настроен на определенный порог, превышение которого входным сигналом вызовет переключение выходного сигнала компаратора (1). Сигнал с выхода компаратора (1) запускает одновибратор (2), по выходу которого формируется однократный сигнал фиксированной длительности. Данный сигнал проходит через усилитель (3) и поступает на выход устройства ИЛС-1.

На протяжении активного уровня выходного сигнала с одновибратора (2), и, как следствие, устройства ИЛС-1, любые изменения сигнала с ПЭП не вызовут изменение состояния устройства по выходу.

Работа устройства поясняется временной диаграммой, изображенной на рисунке 2.

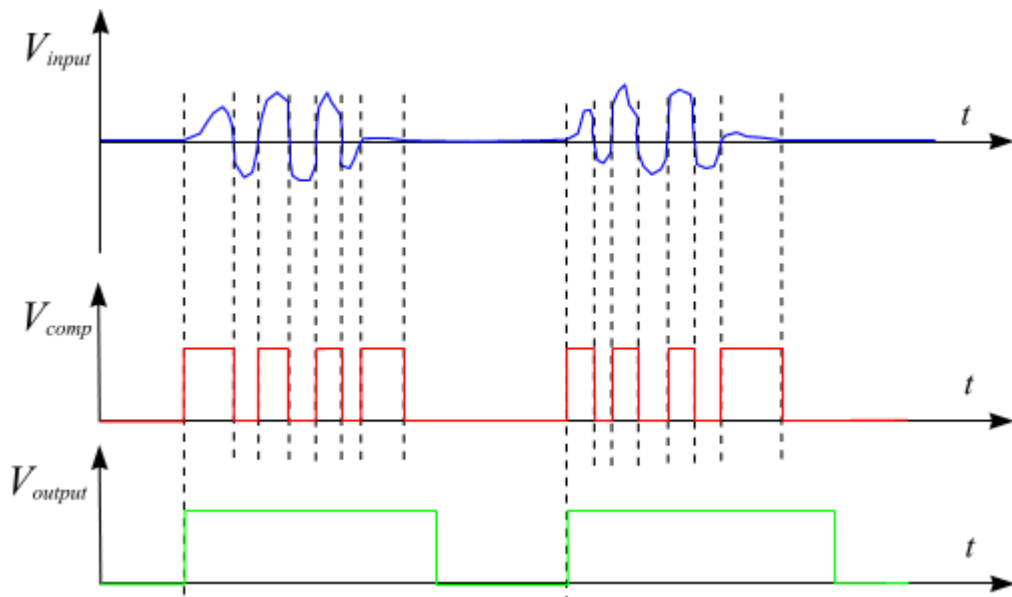


Рисунок 2

Любое превышение входным сигналом (верхний график, сигнал V_{input}) определенного порога вызовет переключение компаратора (средний график, сигнал V_{comp}). Первое переключение вызовет срабатывание одновибратора (нижний график, сигнал V_{output}). Любые изменения входного сигнала на протяжении активного состояния выходного сигнала одновибратора не изменяют его состояние, и тем самым, не изменяется состояние выходного сигнала (совпадает с нижним графиком). Передний фронт выходного сигнала совпадает с моментом первого превышения входным сигналом заданного уровня.