

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
по метрологии ФБУ «УРАЛТЕСТ»



Д.Г. Дедков

2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплексы баллистические БК-01

Методика поверки

МП 4700/0495-2025

Екатеринбург
2025

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки комплексов баллистических БК-01 (далее – БК-01), используемых в качестве рабочих средств измерений.

1.2 При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость поверяемых БК-01 к Государственному первичному эталону единицы электрического напряжения ГЭТ 13-2023 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 № 1520, Государственному первичному эталону единицы электрической емкости ГЭТ 25-79 в соответствии с ГОСТ 8.371-80 «ГСИ. Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений электрической емкости», Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени ГЭТ 1-2022 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360.

1.3 Методика поверки реализуется методом прямых измерений при измерении интервалов времени, длины, электрической емкости, электрического напряжения, косвенным методом при измерении скорости полета метаемого элемента.

1.4 В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Метрологические требования к БК-01

Наименование характеристики	Значение
Диапазон преобразуемых электрических зарядов, пКл, не менее	от -10000 до 0
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения электрических зарядов, % ¹⁾	±0,2
Коэффициент преобразования модулей усилителя зарядов, мВ/пКл	от 0,2 до 0,5
Диапазон измерений скорости полета метаемого элемента, м/с	от 30 до 1000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости полета метаемого элемента, %	±1,0
Диапазон измерений длительности импульса давления, записанного в аналого-цифровой преобразователь, мс	от 1 до 65
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности импульса давления, записанного в аналого-цифровой преобразователь, мс	±0,01
Верхние граничные частоты переключаемых полос пропускания:	
- по уровню минус 3 дБ, кГц	1,20 ± 0,12
- по уровню минус 3 дБ, кГц	2,50 ± 0,25
- по уровню минус 3 дБ, кГц	3,50 ± 0,35
- по уровню минус 3 дБ, кГц	5,0 ± 0,6
- по уровню минус 3 дБ, кГц	50 ± 5
- по уровню минус 3 дБ, кГц	21 ± 1

Продолжение таблицы 1.1

Наименование характеристики	Значение
- по уровню минус 6 дБ, кГц	150 ± 15
- по уровню минус 3 дБ при отключенном фильтре, кГц, не менее	100
Дрейф выходного напряжения модулей усилителя зарядов, мВ/с, не более	0,5
Нелинейность амплитудной характеристики модулей усилителя зарядов, %, не более	0,1
¹⁾ Нормирующим значением является максимальное значение диапазона преобразуемых электрических зарядов Q_{\max} , пКл, определяется по формуле $Q_{\max} = \frac{5000}{K_{\text{пр}}}$, где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент преобразования модулей усилителя зарядов, мВ/пКл.	

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки БК-01 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Обязательность проведения операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	да	да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	да	да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	-	-
Определение относительной погрешности измерений скорости полета метаэлемента	10.1	да	да
Определение диапазона выходных зарядов модуля калибратора	10.2	да	да
Определение коэффициентов преобразования модулей усилителя зарядов	10.3	да	да
Определение верхних граничных частот полос пропускания модулей усилителя зарядов	10.4	да	нет
Определение дрейфа выходного напряжения модулей усилителя зарядов	10.5	да	да
Определение приведенной погрешности измерения электрических зарядов	10.6	да	да
Определение абсолютной погрешности измерения длительности импульса давления, записанного в аналого-цифровой преобразователь	10.7	да	да
Определение нелинейности амплитудной характеристики модулей усилителя зарядов	10.8	да	нет

2.2 Не допускается периодическая поверка БК-01 в сокращенном объеме для меньшего числа измеряемых величин.

2.3 При получении отрицательных результатов при выполнении любой из операций поверка прекращается, БК-01 признают непригодным к применению.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 96,0 до 104,0 кПа;
- напряжение питающей сети: от 198 до 242 В;
- частота питающей сети: от 49,5 до 50,5 Гц.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на БК-01, эталоны, средства измерений, применяемые при поверке, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве поверителей.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.1	<p>Средство измерений температуры окружающей среды с диапазоном измерений от +15 до +25 °С, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 °С;</p> <p>Средство измерений относительной влажности воздуха с диапазоном измерений до 80 %, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 5 %;</p> <p>Средство измерений абсолютного давления с диапазоном измерений от 96,0 до 104,0 кПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,5$ кПа</p>	<p>Прибор комбинированный для контроля параметров окружающей среды MeteoSmart, рег. № 76455-19</p>
8.1	<p>Средство измерений напряжения переменного тока с диапазоном измерений от 198 до 242 В, с пределами допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 0,1$ %;</p> <p>Средство измерений частоты с диапазоном измерений от 49,5 до 50,5 Гц, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений частоты $\pm 0,1$ Гц;</p>	<p>Мультиметр 3458А, рег. № 25900-03</p>

Продолжение таблицы 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.2, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.6, 10.8	Эталоны единицы напряжения постоянного тока, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 № 1520 в диапазоне значений $\pm(0,0001-20)$ В	Вольтметр универсальный В7-78/1, рег. № 52147-12
10.4	Средство измерений напряжения переменного тока с диапазоном измерений $\pm(0,1-5)$ В в диапазоне частот от 0,4 до 300 кГц, с пределами допускаемой относительной погрешности измерений $\pm 10\%$;	
10.1	Эталоны единицы длины, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 № 2840 в диапазоне значений от 1,0 до 10 м	Государственный рабочий эталон единицы длины 3 разряда в диапазоне значений от 0,001 до 10 м, рег. № 3.1.ZCE.1516.2021
10.1, 10.7	Средство установки (воспроизведения) длительности импульса от 40 до 50 мкс и периодом повторения от 1 до 65 мс; Диапазон установки уровня прямоугольных импульсов от 1 до 5 В	Генератор сигналов специальной формы АКПП-3423/4, рег. № 81637-21
10.1	Эталоны единицы времени, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 4 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 в диапазоне значений от 1,5 до 50 мс	Частотомер электронно-счётный ЧЗ-63/3, рег. № 32499-06
10.2	Эталоны единицы электрической емкости, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда согласно государственной поверочной схеме ГОСТ 8.371-80 в диапазоне значений от 1 до 3 нФ	Измеритель RLC, LCR-7819, рег. № 53914-13
10.4	Средства воспроизведения частот в диапазоне от 0,4 до 200 кГц, с пределами допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 2,1\%$; Средство установки (воспроизведения) выходного уровня в диапазоне от 1 мВ до 10 В	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112, рег. № 6702-78

Продолжение таблицы 5.1

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10.5	Средство измерений интервалов времени в диапазоне значений от 0 до 60 с, с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,6$ с	Секундомер механический СОСпр, СОСпр-26-2-010, рег. № 11519-11
10.7	Эталоны единицы времени, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 5 разряда согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 № 2360 в диапазоне значений от 1 до 65 мс	Частотомер МСА3040, рег. № 51532-12
Вспомогательные средства поверки		
8.1-10.8	Операционная система Windows 10 с установленным программным обеспечением (СПО) «Баллистический комплекс»	Персональный компьютер

5.2 Допускается использовать при поверке другие средства поверки, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 5.1. Соответствие применяемых эталонов обязательным требованиям должно подтверждаться сведениями о результатах поверки (аттестации), включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Пригодность к применению средств измерений должна подтверждаться сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, приведенные в эксплуатационной документации БК-01 и используемых средств поверки.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра БК-01 следует убедиться в наличии и сохранности пломб, отсутствии механических повреждений, следов коррозии, деформаций и других дефектов, влияющих на его работоспособность и метрологические характеристики.

7.2 Комплектность БК-01 должна соответствовать формуляру.

7.3 Внешний вид БК-01 должен соответствовать описанию и изображению, приведенным в описании типа.

7.4 Результаты проверки заносят в протокол поверки.

7.5 Результаты внешнего осмотра считают положительными, если выполняются требования, указанные в пунктах 7.1-7.3.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Проверяют соблюдение условий в соответствии с требованиями раздела 3. Результаты измерений температуры окружающего воздуха, относительной влажности воздуха, атмосферного давления, параметров питания сети заносят в протокол поверки.

8.1.2 Подготавливают к работе средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.1.3 Подготавливают к работе БК-01 в соответствии с пунктами 7.2.1-7.2.2 руководства по эксплуатации.

8.1.4 Результаты операции поверки считают положительными, если выполняются требования пункта 3.1 и при подготовке БК-01 и средств поверки не выявлены неисправности.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании проводят проверку работоспособности БК-01 в соответствии с пунктом 7.2.3 руководства по эксплуатации.

8.2.2 Результаты опробования заносят в протокол поверки.

8.2.3 Результаты опробования считают положительными, если при опробовании не выявлены неисправности и несоответствия.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) БК-01 проводят путем считывания идентификационных данных ПО (наименование и номер версии), отображаемых в окне «О программе» ПО БК-01.

9.2 Результаты проверки заносят в протокол поверки.

9.3 Результаты проверки ПО считают положительными, если наименование и номер версии ПО соответствует описанию типа.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Определение относительной погрешности измерений скорости полета метаэлемента

10.1.1 Собрать схему подключения средств измерений в соответствии с рисунком 1.

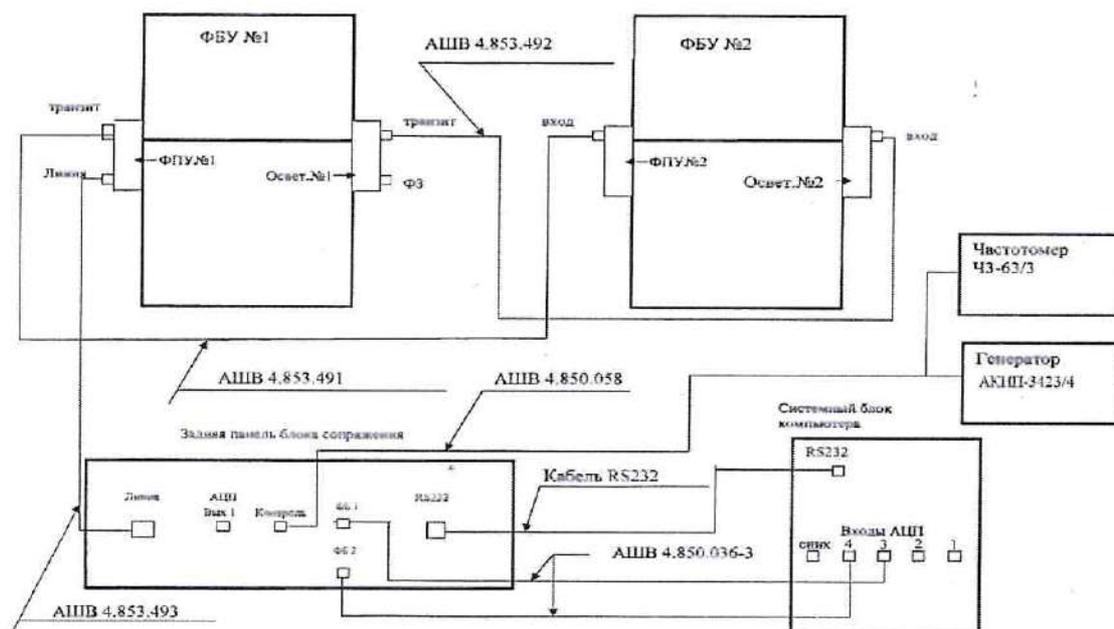


Рисунок 1 – Схема подключения для определения относительной погрешности измерений скорости полета метаэлемента

10.1.2 Измерить лентой измерительной расстояние между «ФБУ №1» и «ФБУ №2», «Осветитель №1» и «Осветитель №2» в верхней, средней и нижней точке, справа и слева относительно щели.

Результаты измерений занести в протокол поверки по форме таблицы 10.1.

Таблица 10.1

Контрольная точка		Результат измерений базового расстояния, l_i , м	
		между «Осветитель №1» и «Осветитель №2»	между «ФБУ №1» и «ФБУ №2»
Верхняя	Слева		
	Справа		
Средняя	Слева		
	Справа		
Нижняя	Слева		
	Справа		
Среднее арифметическое значение результатов измерений базового расстояния, \bar{l} , м			
Среднеквадратическое отклонение результатов измерений базового расстояния, σ_l , м			
Относительное среднеквадратическое отклонение результатов измерений базового расстояния, $\sigma_{l(\%)}$, %			

10.1.3 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений базового расстояния \bar{l} , м, по формуле

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1)$$

где l_i – результат i -того измерения базового расстояния в каждой контрольной точке, м;
 n – число измерений.

10.1.4 Рассчитать среднеквадратическое отклонение результатов измерений базового расстояния, σ_l , м по формуле

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

10.1.5 Рассчитать относительное среднеквадратическое отклонение результатов измерений базового расстояния $\sigma_{l(\%)}$, % по формуле

$$\sigma_{l(\%)} = \frac{\sigma_l}{\bar{l}} \cdot 100. \quad (3)$$

10.1.6 Результаты расчётов по пунктам 10.1.3 – 10.1.5 занести в протокол поверки по форме таблицы 10.1.

10.1.7 В соответствии с руководством оператора в ПО во вкладке «Параметры регистрации», в графе «Источник событий», выбрать «Скорость», перейти во вкладку «Запуск».

10.1.8 Настроить генератор сигналов специальной формы АКПП-3423/4:

- установить число импульсов, равное 2;
- установить период выходных импульсов генератора 10 мс;
- выходные импульсы – однополярные (положительные);
- амплитуда (4,0-5,0) В и длительность 40 мкс;
- выход НИ-Z.

10.1.9 Для частотомера ЧЗ-63/3 установить режим измерений периодов времени.

10.1.10 Зафиксировать результат измерений интервала времени БК-01, отображенный в графе «Интервал, с».

10.1.11 Повторить измерение по пункту 10.1.10 не менее 9 раз. Результаты измерений занести в протокол поверки по форме таблицы 10.2.

10.1.12 Повторить операции по пунктам 10.1.8-10.1.11, устанавливая на генераторе сигналов специальной формы АКПП-3423/4 период выходных импульсов 50; 1,5 мс.

Таблица 10.2

№ п/п	Результат измерений интервала времени частотомером ЧЗ-63/3, $t_{ч(i)}$, мс	Результат измерений интервала времени БК-01, $t_{БК-01(i)}$, мс
1		
...		
10		
Среднеарифметическое значение результатов измерений интервалов времени, $\overline{t_{ч(i)}}$, мс		
Среднеквадратическое отклонение результатов измерений интервалов времени, σ_t , мс		
Относительное среднеквадратическое отклонение результатов измерений интервалов времени, $\sigma_{t(\%)}$, %		

10.1.13 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений интервалов времени $\overline{t_{ч(i)}}$, мс, по формуле

$$\overline{t_{ч(i)}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{ч(i)}, \quad (4)$$

где $t_{ч(i)}$ – результат i -того измерения интервалов времени частотомером ЧЗ-63/3, мс.

10.1.14 Рассчитать среднеквадратическое отклонение результатов измерений интервалов времени, σ_t , мс по формуле

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{ч(i)} - t_{БК-01(i)})^2}{n-1}}, \quad (5)$$

где $t_{БК-01(i)}$ – результат i -того измерения интервала времени, мс.

10.1.15 Рассчитать относительное среднеквадратическое отклонение результатов измерений интервалов времени $\sigma_{t(\%)}$, % по формуле

$$\sigma_t(\%) = \frac{\sigma_t}{T} \cdot 100. \quad (6)$$

10.1.16 Результаты расчетов по пунктам 10.1.13 – 10.1.15 занести в протокол поверки по форме таблицы 10.2.

10.1.17 На основании полученных результатов измерений рассчитать относительную погрешность измерений скорости полета метаемого элемента $\delta_v(\%)$, % по формуле

$$\delta_v(\%) = 1,1 \cdot \sqrt{\sigma_t^2(\%) + \sigma_l^2(\%) + \frac{(\theta_t^2 + \theta_l^2)}{3}}, \quad (7)$$

где θ_t – относительная неисключенная систематическая погрешность измерений интервалов времени, обусловленная использованием частотомера, %;

θ_l – относительная неисключенная систематическая погрешность измерений базового расстояния, обусловленная использованием ленты измерительной, %.

10.1.18 Результаты операции поверки считают положительными, если полученные в диапазоне измерений значения относительной погрешности измерений скорости метаемого элемента соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.1.

10.2 Определение диапазона выходных зарядов модуля калибратора

10.2.1 Подключение и отключение кабеля к высокоомному входу « \ominus Q» модуля усилителя заряда можно производить только при включенном питании блока сопряжения и установке тумблера режима работы в положение «0». Перед выключением блока сопряжения кабель от входа « \ominus Q» должен быть отключен.

10.2.2 Определение диапазона выходных зарядов модуля калибратора проводят косвенным методом по формуле

$$Q_k = C_k \cdot U_k, \quad (8)$$

где Q_k – значение калибровочного заряда на соединителе « \ominus Q» модуля калибратора, пКл;

U_k – значение калибровочного напряжения, В;

C_k – значение емкости калибровочного конденсатора, пФ.

10.2.3 При выключенном тумблере питания и отсоединенном сетевом кабеле извлечь модуль калибратора из блока сопряжения и измерить с помощью измерителя RLC, подключенного к выходу « \ominus Q» модуля, емкость калибровочного конденсатора. Измеренное значение C_k , пФ занести в протокол поверки.

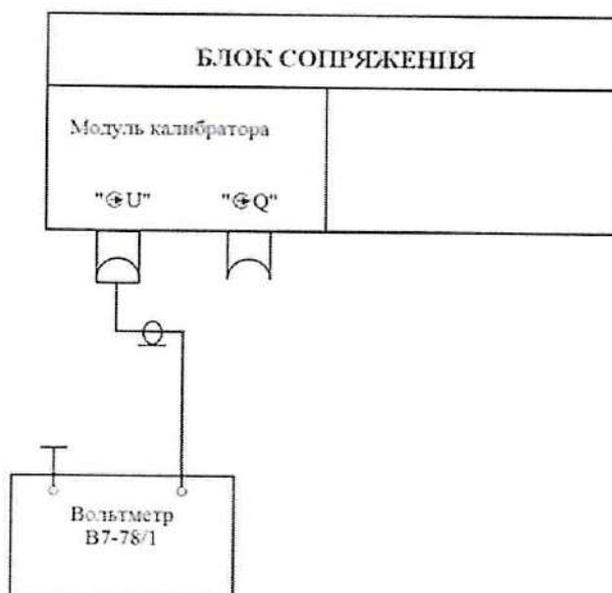


Рисунок 2 – Схема подключения для определения диапазона выходных зарядов модуля калибратора

10.2.4 Собирают схему подключения средств измерений в соответствии с рисунком 2. Включить питание блока сопряжения и прогреть его в течение не менее 20 мин.

10.2.5 К выходу «U» модуля калибратора подключают вольтметр универсальный В7-78/1, установленный в режим измерений постоянного напряжения, переключатель «U₁-U_к» модуля калибратора устанавливают в положение «U_к».

10.2.6 Рассчитать значение нижней границы минимального допускаемого диапазона калибровочного напряжения по формуле

$$U_{\text{дон}}(\text{min}) = \frac{Q_{\text{ди}}(\text{min})}{C_k}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{ди}}(\text{min})$ – минимальное значение выходного электрического заряда модуля калибратора, равное минус 20000 пКл;

C_k – измеренное значение емкости калибровочного конденсатора, пФ.

Рассчитать значение верхней границы минимального допускаемого диапазона калибровочного напряжения по формуле

$$U_{\text{дон}}(\text{max}) = \frac{Q_{\text{ди}}(\text{max})}{C_k}, \quad (10)$$

где $Q_{\text{ди}}(\text{max})$ – максимальное значение выходного электрического заряда модуля калибратора, равное 0 пКл.

10.2.7 В крайних положениях потенциометра измеряют значение калибровочного напряжения U_k , В, для чего тумблер ПОВЕРКА переводят в положение «2», при этом отверткой вращают ось потенциометра «».

Зафиксировать результат измерений калибровочного напряжения в протокол поверки с округлением до одного знака после запятой.

10.2.8 После выполнения измерений тумблер ПОВЕРКА переводят в положение «1». Результат операции поверки считают положительным, если полученный результат измерений минимального калибровочного напряжения не превышает значения нижней границы допускаемого диапазона, рассчитанного по формуле (9), результат измерений максимального калибровочного напряжения не менее верхней границы допускаемого диапазона, рассчитанного по формуле (10).

Коэффициент преобразования $K_{пр}$ зафиксировать в протокол поверки с округлением до третьего знака после запятой.

10.3.5 Рассчитать максимальное значение диапазона преобразуемых электрических зарядов, Q_{max} , пКл, по формуле

$$Q_{max} = \frac{5000}{K_{пр}}, \quad (13)$$

где $K_{пр}$ – значение коэффициента преобразования, рассчитанное по формуле (12), мВ/пКл;
5000 – верхний предел напряжения аналого-цифрового преобразователя, мВ.

Зафиксировать значение в протоколе поверки, результат округлить до целых.

10.3.6 Результаты операции поверки считают положительными, если значение коэффициента преобразования, рассчитанное по формуле (12), соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.1, значение верхней границы диапазона преобразуемых электрических зарядов, рассчитанное по формуле (13), соответствует значениям, приведенным в таблице 1.1.

10.4 Определение верхних граничных частот полос пропускания модулей усилителя зарядов

10.4.1 Определение верхних граничных частот полос пропускания модулей усилителя зарядов, проводится в соответствии с пунктами 10.4.1.1-10.4.1.4.

10.4.1.1 Установить переключатель модуля калибратора в положение «U₁».

10.4.1.2 Установить тумблер режима работы модуля усилителя заряда в положение «0».

10.4.1.3 Собрать схему подключения средств измерений в соответствии с рисунком 4.

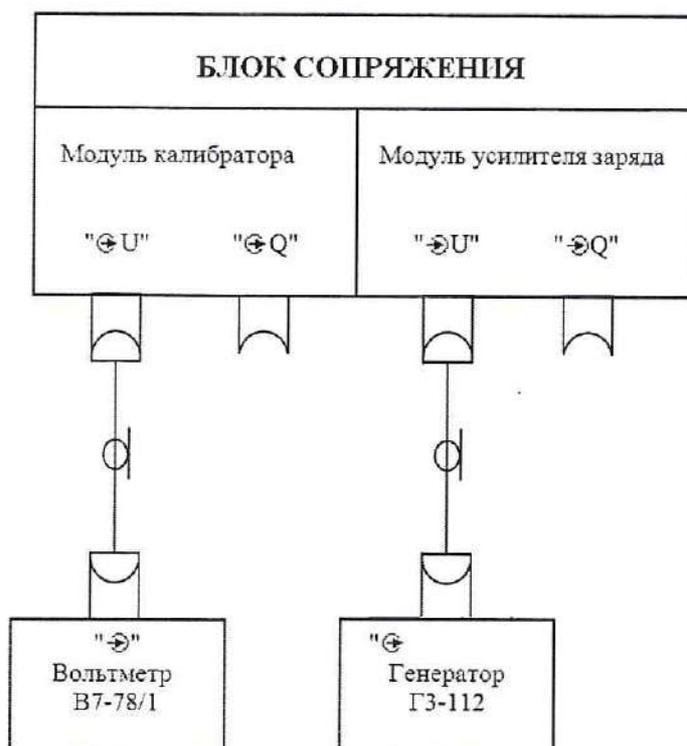


Рисунок 4 – Схема подключения для определения полос пропускания модуля усилителя заряда

10.4.1.4 Устанавливают переключатель установки полосы пропускания модуля усилителя зарядов «F, кГц» в положение «5», тумблер режима работы в положение РАБОТА.

10.4.2 Регулировкой генератора ГЗ-112 устанавливают по вольтметру универсальному В7-78/1 (в режиме измерения напряжения переменного тока) выходное напряжение модуля усилителя заряда 1,5 В частотой 1,0 кГц, при проверке полос пропускания 1,2; 2,5; 3,5 кГц устанавливают выходное напряжение модуля усилителя заряда 1,5 В частотой 400 Гц.

10.4.3 Увеличивают частоту генератора ГЗ-112 пока показания вольтметра универсального В7-78/1 не уменьшатся на 3 дБ (для полосы пропускания 150 кГц на 6 дБ). При измерениях необходимо поддерживать уровень сигнала на выходе генератора постоянным. Считывают показания частоты с генератора ГЗ-112, как измеренную полосу пропускания.

10.4.4 Повторяют операции по пунктам 10.4.1.4-10.4.3 для полос пропускания, предусмотренных комплектацией БК-01.

10.4.5 Результаты проверки занести в протокол.

10.4.6 Результаты операции поверки считают положительными, если полученные значения верхних граничных частот переключаемых полос пропускания, в зависимости от полос пропускания, предусмотренных БК-01, соответствуют значениям, приведенным в таблице 1.1.

10.5 Определение дрейфа выходного напряжения модулей усилителя зарядов

10.5.1 Определение дрейфа выходного напряжения модуля усилителя заряда проводят в соответствии с пунктами 10.5.2-10.5.5.

10.5.2 Собирают схему подключения в соответствии с рисунком 2, прогревают блок сопряжения в течение 20 мин.

10.5.3 Устанавливают переключатель калибратора модуля калибратора в положение «U₁», переключатель установки полосы пропускания модуля усилителя зарядов «F, кГц» в положение «150».

10.5.4 Устанавливают тумблер режима работы модуля усилителя заряда в положение РАБОТА, через (5-10) с вольтметром универсальным В7-78/1 измеряют выходное напряжение модуля усилителя заряда, U_н, мВ в начале измерений и по истечении 60 с, U_к, мВ. Время контролируют по секундомеру.

Рассчитывают значение дрейфа выходного напряжения модулей усилителя зарядов D, мВ/с, по формуле

$$D = \frac{|U_k - U_n|}{60}, \quad (14)$$

где U_к, U_н – напряжение в конце и начале измерений, мВ.

10.5.5 Устанавливают переключатель режима работы модуля усилителя заряда в положение «0».

10.5.6 Результаты проверки заносят в протокол поверки.

10.5.7 Результат операции поверки считают положительным, если значение дрейфа выходного напряжения модулей усилителя зарядов, рассчитанное по формуле (14), соответствует значению, приведенному в таблице 1.1.

10.6 Определение приведенной погрешности измерений электрических зарядов

10.6.1 Определение приведенной погрешности измерений электрических зарядов проводят при измерении зарядов, генерируемых модулем калибратора.

10.6.2 Устанавливают переключатель «U₁-U_к» модуля калибратора в положение «U_к».

10.6.3 Подключают вольтметр универсальный В7-78/1 к выходу «U» модуля калибратора, тумблер ПОВЕРКА переключают в положение «1».

10.6.4 Для каждого положения переключателя «U₁-U_к» модуля калибратора фиксируют величину калибровочного напряжения с точностью до 1 мВ.

10.6.5 Для каждого значения калибровочного напряжения по формуле (8) рассчитывают значение выходного калибровочного заряда.

При определении приведенной погрешности измерений электрических зарядов рассчитанное значение электрического заряда используют для определения ожидаемого давления P_{ож}.

Таблица 10.3 – Определение приведенной погрешности измерения электрических зарядов

Положение переключателя МК	Калибровочное напряжение U _к , В	Значения давлений, соответствующие значению электрического заряда с учетом чувствительности датчика 10 пКл/МПа, P _{ож} , МПа	Значение зарегистрированного сигнала P _{изм} , МПа	Отклонение между зарегистрированным и ожидаемым значением сигнала Δ, МПа	Приведенная погрешность измерения электрических зарядов ¹⁾ (при условной чувствительности датчика 10 пКл/МПа), γ, %
1					
...					
6					

¹⁾ Нормирующим значением является максимальное значение диапазона преобразуемых электрических зарядов Q_{max}, пКл

10.6.6 Переключают в исходное положение:

- переключатель модуля усилителя зарядов «F, кГц» в положение «5»;
- тумблер режимов работы модуля усилителя зарядов в положение «0».

Свечение светодиода «▶0◀» на передней панели модуля усилителя заряда свидетельствует о нахождении выходного напряжения вблизи нулевого значения в диапазоне ± 20 мВ.

10.6.7 Выход «Q» модуля калибратора с помощью кабеля КС 202-1 подключить к входу «Q» проверяемого модуля усилителя заряда.

10.6.8 Переключатель «U₁-U_к» модуля калибратора установить в положение «1».

10.6.9 В ПО в соответствии с руководством оператора 904.00952-013401РО во вкладке «Параметры регистрации» выбрать «Источник события» → «Давление», «Тип датчика», ввести в поле «Чувствительность» 10 пКл/МПа.

10.6.10 Перейти во вкладку «Импорт/Экспорт» для регистрации результатов измерений давления, отображаемых в поле «Давления», P_{изм}, МПа.

10.6.11 Рассчитать отклонение Δ (МПа) между зарегистрированным и ожидаемым значением сигнала.

10.6.12 Определить приведенную к нормирующему значению погрешность измерений электрических зарядов γ (%) по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta}{Q_{\max}} \cdot 100. \quad (15)$$

Результаты проверки занести в протокол поверки по форме таблицы 10.3.

10.6.13 Результаты операции поверки считают положительными, если полученное значение приведенной к нормирующему значению погрешности измерений электрических зарядов соответствует значениям, приведенным в таблице 1.1.

10.7 Определение абсолютной погрешности измерений длительности импульса давления, записанного в аналого-цифровой преобразователь

10.7.1 Генератор сигналов специальной формы АКПП-3423/4 подключить к системному блоку аналого-цифрового преобразователя БК-01. При необходимости, для контроля воспроизводимых генератором интервалом времени, использовать частотомер МСА3040.

10.7.2 В ПО во вкладке «Параметры регистрации» установить порог - 0,5 В, событие → Старт.

10.7.3 Подают импульсный сигнал амплитудой (1-5) В, с длительностью импульса (40-50) мкс и периодом повторения 1 мс.

10.7.4 Записывают импульсный сигнал и измеряют период его следования. Для удобства измерений, с помощью курсора манипулятора типа «мышь» выделяют 2 импульса.

10.7.5 Устанавливают курсор на середину фронта первого импульса и считают его временное положение. Точные показания курсора отражаются в верхней правой части окна. Далее, на том же уровне по амплитуде курсор необходимо поставить на фронт второго импульса. Вычисляют разность между временными положениями фронтов первого и второго импульсов и фиксируют ее как измеренный временной интервал.

10.7.6 Повторяют операции по пунктам 10.7.3-10.7.5 для периода повторения 65 мс.

10.7.7 Абсолютную погрешность измерений длительности импульса давления Δ_t , мс рассчитывают по формуле

$$\Delta_t = T_e - T_m, \quad (16)$$

где T_m – заданное значение периода повторения импульсов на генераторе специальной формы АКПП-3423/4, мс;

T_e – измеренное БК-01 значение временного интервала, мс.

10.7.8 Результаты считают положительными, если полученное значение абсолютной погрешности измерения длительности импульса давления, записанного в аналого-цифровой преобразователь, соответствует значениям, приведенным в таблице 1.1.

10.8 Определение нелинейности амплитудной характеристики модулей усилителя зарядов

10.8.1 Определение нелинейности амплитудной характеристики модулей усилителя зарядов проводят путем измерений вольтметром универсальным В7-78/1 выходного напряжения при подаче на вход модуля усилителя заряда калибровочного напряжения с выхода модуля калибратора.

10.8.2 Тумблер режима работы модуля усилителя заряда устанавливают в положение «0», переключатель частоты «F, кГц» – в положение «5».

10.8.3 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 3.

10.8.4 Устанавливают переключатель модуля калибратора в положение «U_K», тумблер ПОВЕРКА в положение «2» и регулировкой «» выставляют калибровочное

напряжение $U_{k\max}$, минус 10,000 В. Показание напряжения, считываемое с вольтметра универсального В7-78/1, не должно выходить за пределы ± 1 мВ.

10.8.5 Нажимают кнопку «▼» модуля калибратора и через (2-3) с фиксируют по показаниям вольтметра универсального В7-78/1 выходное напряжение модуля усилителя заряда $U_{\text{вых max}}$, В.

10.8.6 Определяют коэффициент передачи напряжения K_u по формуле

$$K_u = \frac{U_{\text{вых max}}}{U_{k\max}}, \quad (17)$$

полученные результаты заносят в протокол поверки.

10.8.7 Для значений U_k из ряда 0; минус 1,000; минус 2,000; минус 3,000; минус 4,000; минус 5,000; минус 6,000; минус 7,000; минус 8,000; минус 9,000; минус 10,000 В рассчитывают значение выходного напряжения модуля усилителя заряда при линейной зависимости амплитудной характеристики $U_{\text{вых л}}$, В, по формуле

$$U_{\text{вых л}} = K_u \cdot U_k, \quad (18)$$

полученные результаты заносят в протокол.

10.8.8 Для каждого калибровочного напряжения определяют отклонение амплитудной характеристики модуля усилителя заряда от линейной Δ_i , В, по формуле

$$\Delta_i = U_{\text{вых max}} - U_{\text{вых л}}, \quad (19)$$

полученные результаты заносят в протокол.

10.8.9 Определяют нелинейность амплитудной характеристики модуля усилителя заряда γ , %, по формуле

$$\gamma = \frac{|\Delta_i|}{U_{\text{вых max}}} \cdot 100. \quad (20)$$

10.8.10 Результат операции поверки считают положительным, если полученное значение нелинейности амплитудной характеристики модулей усилителя заряда, рассчитанное по формуле (20), не превышает 0,1 %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 По результатам поверки оформляют протокол поверки в произвольной форме.

11.2 Положительные результаты поверки БК-01 оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке.

11.3 Отрицательные результаты поверки БК-01 оформляют в виде электронной записи, передаваемой в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, и по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности.