

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»
(ФГУП «ВНИИФТРИ»)**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора – заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



_____ А.Н. Щипунов

_____ 2018 г.

Устройства синхронизации единого времени серии СВ

Методика поверки
ЭКРА.426472.003 МП

р.п. Менделеево

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2. Операции поверки.....	3
3. Средства поверки.....	4
4. Требования к квалификации поверителей	5
5. Требования безопасности.....	5
6. Условия поверки.....	5
7. Подготовка к поверке.....	5
8. Проведение поверки.....	5
9. Оформление результатов поверки.....	12

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Наименование средств поверки	Требуемые технические характеристики средств поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Номер пункта методики поверки
	диапазон измерений	погрешность		
1 Приемник сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS	Номинальное значение частоты 1 Гц	Пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации формируемой ШВ со ШВ UTC(SU) (при доверительной вероятности 0,95 в режиме работы на твердой точке) ± 50 нс	Изделие ПС-161 ТСЮИ.461531.014	8.3, 8.6
2 Стандарт частоты рубидиевый	Номинальное значение частоты 1 Гц	Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты $\pm 5 \cdot 10^{-11}$	FS725	8.3, 8.4, 8.6
3 Частотомер универсальный	Диапазон измеряемых интервалов времени от 5 нс до 10^6 с	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения интервалов времени $\pm 0,62$ нс (для интервалов времени не более 100 мкс)	CNT-90	8.3, 8.4, 8.6
4 Осциллограф цифровой	Полоса пропускания 100 МГц; диапазон измерений напряжения ± 5 В	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения напряжения $\pm 0,02 \cdot 8[\text{дел}] \cdot K_{\text{откл}}[\text{В/дел}]$, где $K_{\text{откл}}$ – коэффициент отклонения, пределы допускаемой относительной погрешности измерения временных интервалов $\pm 3 \cdot 10^{-5}$	DSO-X3012A	8.2, 8.5
5 Нагрузочные сопротивления	$(50 \pm 0,3)$ Ом		Вспомогательное средство	8.2– 8.6
6 Персональный компьютер	Интерфейс Ethernet, ОС Windows, процессор с тактовой частотой 400 МГц, ОЗУ 128 Мб		Вспомогательное средство	8.3, 8.7

3.2 Допускается использование других эталонов и средств измерений, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого СВ с требуемой точностью.

3.3 Применяемые эталоны должны быть аттестованы, средства измерений должны быть утвержденного типа, исправны и иметь действующие свидетельства о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие квалификацию поверителя в области радиочастотных измерений и квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей с правом работы с электроустановками напряжением до 1000 В.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования безопасности, регламентированные в ГОСТ 12.2.091-2012.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха (20±5) °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- напряжение питания (220±22) В;
- частота сети питания (50±1) Гц.

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Подготовить СВ к работе в соответствии с руководством по эксплуатации, средства поверки – в соответствии с их эксплуатационной документацией.

7.2 Перед поверкой СВ выдержать в условиях, указанных в п. 6.1, не менее двух часов.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре проверить соответствие СВ следующим требованиям:

- соответствие комплектности СВ паспорту;
- сохранность пломб;
- чистоту и исправность соединителей;
- отсутствие внешних механических повреждений корпуса, мешающих работе с прибором, и ослабления элементов конструкции;
- сохранность органов управления.

8.1.2 Результаты поверки считать положительными, если выполняются условия п. 8.1.1, в противном случае СВ бракуют.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование СВ провести последовательно в соответствии с указаниями, приведенными в разделе 4 руководства по эксплуатации: ЭКРА.426472.003 РЭ для серии СВ-02А, ЭКРА.426472.004 РЭ для серии СВ-03, ЭКРА.426472.005 РЭ для серии СВ-04.

8.2.2 Прогреть осциллограф цифровой DSO-X3012A в течении 30 минут. Подключить на вход осциллографа входной сигнал частотой 1 Гц на нагрузке 50 Ом.

Определить параметры импульсного сигнала 1 Гц на выходе TTL с помощью осциллографа:

- верхний уровень напряжения (логическая «1»);
- нижний уровень напряжения (логический «0»).

8.2.3 Результаты поверки считать положительными, если по истечении не более 5 минут световой индикатор «Синхр.» светится зеленым цветом, что означает: приемная антенна

ГНСС подключена, навигационные данные принимаются, внутренний опорный источник частоты синхронизирован.

Параметры импульсного сигнала 1 Гц на выходе TTL составляют:

- логическая 1, В, не менее 2,6;
- логический 0, В, не более 0,4.

В противном случае СВ бракуют.

8.3 Определение разности формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS

8.3.1 Разность формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS определить с помощью изделия ПС-161 ТСЮИ.461531.014, работающего в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS, и частотомера универсального CNT-90 по схеме, приведенной на рисунке 1.

Примечание - Кабели, подключаемые к входам «А» и «В» частотомера, должны быть одинаковыми.

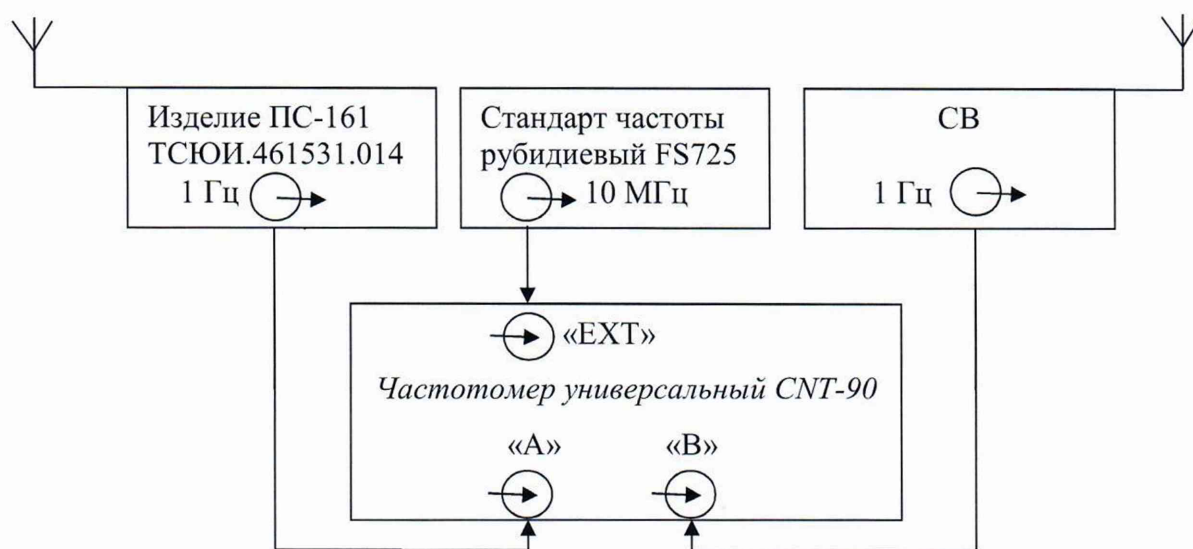


Рисунок 1 – Схема для определения разности формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS

8.3.2 На вход «В» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от СВ (здесь и далее: для модификации СВ-02А - BNC разъем «TTL1 (1PPS)», для модификаций СВ-03 и СВ-04 интерфейсный разъем X2 контакты 1 «PPS+» и 2 «PPS-»), на вход «А» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от изделия ПС-161 ТСЮИ.461531.014, на вход «EXT» подать гармонический сигнал 10 МГц. Частотомер универсальный CNT-90 установить в режим внешней синхронизации, измерение интервалов времени.

8.3.3 Настроить входы «А» и «В» частотомера в соответствии с параметрами импульсных сигналов 1 Гц:

- импульсный сигнал;
- измерения по переднему фронту;
- входная нагрузка 50 Ом;
- уровень напряжения точки привязки по переднему фронту 1,0 В.

Произвести не менее 100 измерений интервала времени между выходными импульсными сигналами 1 Гц СВ и изделия ПС-161 ТСЮИ.461531.014 (разность формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU)).

8.3.4 Оценить среднее арифметическое значение измеряемого интервала времени по формуле (1):

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_i \quad , \quad (1)$$

где T_i – i -й результат измерений;

n – количество результатов измерений.

Вычислить среднее квадратическое отклонение результатов измерений по формуле

(2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} \quad . \quad (2)$$

Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического по формуле (3):

$$S_{\bar{T}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad . \quad (3)$$

Рассчитать доверительные границы случайной составляющей погрешности по формуле (4):

$$\varepsilon = t S_{\bar{T}} \quad , \quad (4)$$

где t – коэффициент Стьюдента, равный 2,042 при $(n-1) \geq 30$ и доверительной вероятности 95 %.

8.3.5 Оценить доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП) по формуле (5):

$$\theta_{\Sigma} = \pm k \cdot \sqrt{\sum_i^4 \theta_i^2} \quad , \quad (5)$$

где $k = 1,1$ при количестве составляющих НСП не менее 3 и доверительной вероятности 95 %;

θ_1 – пределы допускаемой абсолютной погрешности привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS ± 50 нс;

θ_2 – пределы допускаемой погрешности измерения интервалов времени при использовании частотомера универсального CNT-90, $\pm 0,62$ нс.

θ_3 и θ_4 – пределы допускаемой погрешности при измерении задержки сигнала в кабелях, подключаемых к частотомеру универсальному CNT-90, $\pm 0,62$ нс.

8.3.6 Оценить доверительные границы погрешности по формуле (6):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad , \quad (6)$$

где K – коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП, рассчитывается по формуле (9);

S_{Σ} – суммарное среднее квадратическое отклонение вычислить по формуле (7):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_{\bar{T}}^2} \quad , \quad (7)$$

где S_{θ} – среднее квадратическое отклонение НСП, вычислить по формулам (8) и (9):

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}} \quad , \quad (8)$$

$$K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_{\bar{T}} + S_{\theta}} \quad . \quad (9)$$

Максимальную разность формируемой ШВ относительно ШВ UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS определить по формуле (10):

$$\Delta T_{max} = \pm(|\bar{T}| + \Delta) \quad . \quad (10)$$

8.3.7 При первичной поверке необходимо произвести корректировку разности формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS:

- Персональный компьютер и СВ соединить как показано на рисунке 2. Настро-

ить сетевую карту на одну сеть с СВ. По умолчанию IP адреса СВ LAN1 и LAN2 имеют значения 192.168.0.100 и 192.168.0.101 соответственно.

- Запустить конфигуратор устройств серии СВ и подключиться к СВ в соответствии с руководством по эксплуатации;
- Нажать «Считать -->».
- В графе «OFFSET_CLOCK» ввести значение \bar{T} в нс.
- Записать в память СВ нажав «Записать в СВ». Пароль для записи по умолчанию «1».
- Убедиться, что запись прошла успешно: в окне лога программы появится запись с указанием текущего времени «файл записан успешно!».
- Перезапустить СВ нажав «Перезапуск СВ».

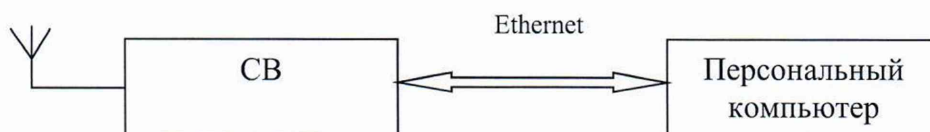


Рисунок 2 – Схема подключения СВ к персональному компьютеру.

8.3.8 Результаты поверки считать положительными, если значения разности формируемой ШВ относительно национальной шкалы координированного времени UTC(SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS находятся в пределах $\pm 1,0$ мкс. В противном случае СВ бракуют.

8.4 Определение среднего квадратического отклонения результатов измерений ШВ при интервале времени измерения 1 с в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS

8.4.1 Определение среднего квадратического отклонения результатов измерений ШВ при интервале времени измерения 1 с в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS произвести по схеме, приведенной на рисунке 3.

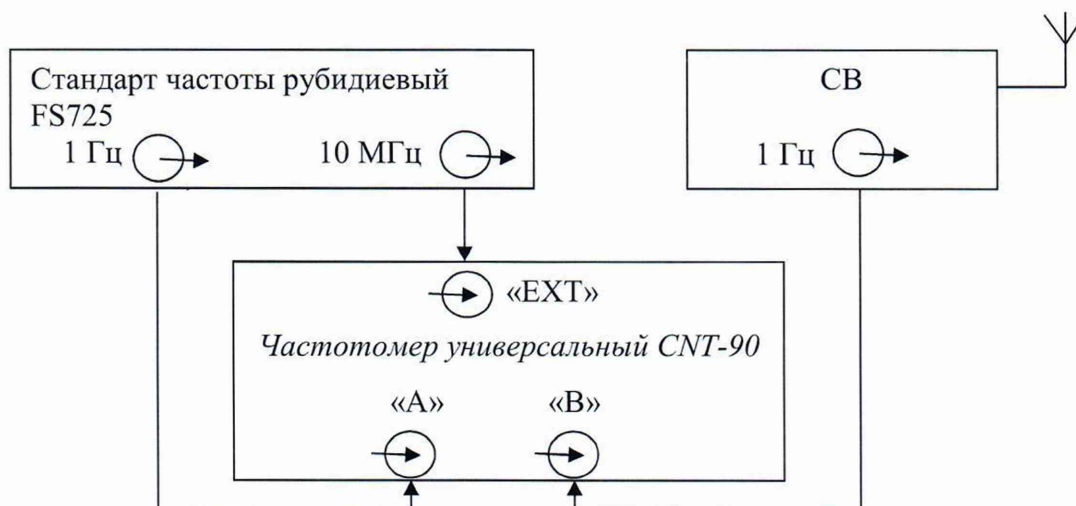


Рисунок 3 – Схема для определения среднего квадратического отклонения результатов измерений ШВ при интервале времени измерения 1 с в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS

8.4.2 На вход «В» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от СВ, на вход «А» частотомера подать импульсный сигнал 1 Гц от стандарта частоты рубидиевого FS725, на вход «EXT» подать гармонический сигнал 10 МГц. Частотомер универсальный CNT-90 установить в режим внешней синхронизации, измерение интервалов времени.

8.4.3 Настроить входы «А» и «В» частотомера в соответствии с параметрами импульсных сигналов 1 Гц:

- импульсный сигнал;
- измерения по переднему фронту;
- входная нагрузка 50 Ом;
- уровень напряжения точки привязки по переднему фронту 1,0 В.

Произвести не менее 100 измерений интервала времени между выходными импульсными сигналами 1 Гц СВ и стандарта частоты рубидиевого FS725.

8.4.4 Частотомер универсальный CNT-90 автоматически произведет расчет среднего квадратического отклонения результатов измерений аналогично формуле (2). Зафиксировать полученное значение «Std».

8.4.5 Результаты поверки считать положительными, если значения среднего квадратического отклонения результатов измерений ШВ при интервале времени измерения 1 с в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS не превышает 50 нс. В противном случае СВ бракуют.

8.5 Определение задержки выдачи телеграммы IRIGB-007 через порт RS-422 относительно формируемой ШВ

Задержку выдачи телеграммы IRIGB-007 через порт RS-422 относительно формируемой ШВ провести по схеме, приведенной на рисунке 4

8.5.1 При формировании телеграммы IRIGB-007 СВ производит синхронизацию кадра с формируемой ШВ. Фактически посылка кадра происходит при появлении переднего фронта импульсного сигнала 1 Гц.

Примечание - Кабели, подключаемые к входам «А» и «В» частотомера, должны быть одинаковыми.

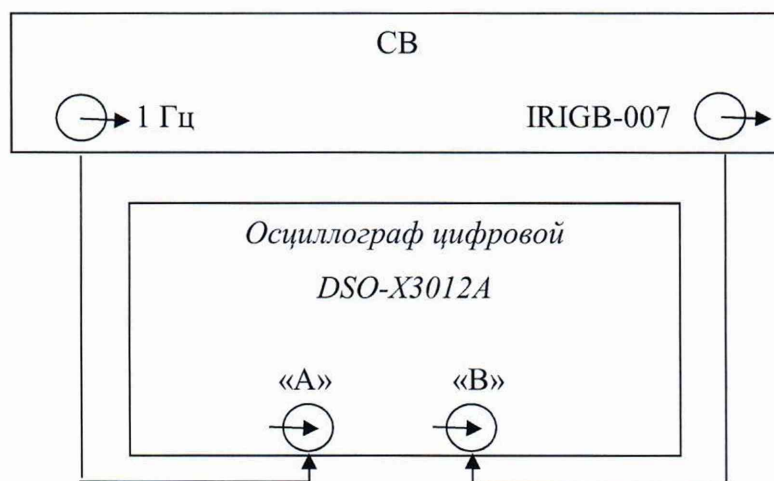


Рисунок 4 – Схема для определения задержки выдачи телеграммы IRIGB-007 через порт RS-422 относительно формируемой ШВ

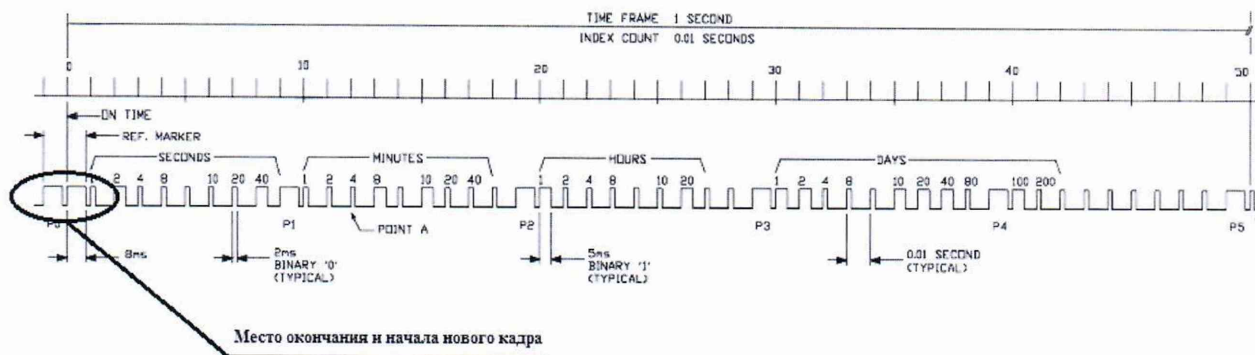


Рисунок 5 – Структура телеграммы IRIG-B-007

Протокол IRIG-B-007 представляет из себя закодированную информацию о дате и времени. Привязка ШВ, закодированного в кадре времени, происходит по переднему фронту первого импульса в кадре. Так как кадр представляет из себя непрерывный поток импульсов, формируемый раз в секунду, то необходимо идентифицировать два продолжительных импульса, причем первый будет означать конец кадра, второй начало кадра. Наглядно структура кадра представлена на рисунке 5.

На вход «А» осциллографа подать импульсный сигнал 1 Гц СВ, на вход «В» осциллографа подать импульсный сигнал IRIG-B-007.

8.5.2 Настроить входы «А» и «В» осциллографа в соответствии с параметрами импульсного сигнала 1 Гц:

- импульсный сигнал;
- измерения по переднему фронту;
- входная нагрузка 50 Ом;
- уровень напряжения точки привязки по переднему фронту 1,0 В.

Произвести синхронизацию по переднему фронту импульсного сигнала 1 Гц. Убедиться, что передний фронт находится между двумя продолжительными импульсами, отмеченными на рисунке 5.

Произвести не менее 10 измерений интервала времени между выходным импульсным сигналом 1 Гц СВ и импульсным сигналом, являющимся началом кадра телеграммы IRIG-B-007. Зафиксировать максимальное значение задержки выдачи телеграммы IRIG-B-007 через порт RS-422 относительно формируемой ШВ.

8.5.3 Результаты поверки считать положительными, если значения задержки выдачи телеграммы IRIG-B-007 через порт RS-422 относительно формируемой ШВ не превышает 100 нс. В противном случае СВ бракуют.

8.6 Определение абсолютной погрешности хранения формируемой ШВ в автономном режиме работы за 1 сутки при изменении температуры окружающей среды не более 5 °С

Абсолютную погрешность хранения формируемой ШВ в автономном режиме за сутки определить с помощью изделия ПС-161 ТСЮИ.461531.014, работающего в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS, и частотомера универсального CNT-90 по схеме, приведенной на рисунке 1.

8.6.1 Определить \bar{T} в соответствии с п.п. 8.3.1-8.3.4. Перевести СВ в режим автономного хранения, отключив антенну.

8.6.2 По истечении 1 суток повторить измерения в соответствии с п.п. 8.3.2 - 8.3.4 и аналогично формуле (1) рассчитать \bar{T}_1 .

Значение абсолютной погрешности хранения формируемой ШВ в автономном режиме за 1 сутки определить по формуле (11):

$$\Delta T = \bar{T}_1 - \bar{T} \quad . \quad (11)$$

8.6.3 Результаты поверки считать положительными, если значение абсолютной погрешности хранения формируемой ШВ в автономном режиме за 1 сутки при изменении температуры окружающей среды не более 5 °С находятся в пределах ± 10 мс. В противном случае СВ бракуют.

8.7 Идентификация программного обеспечения

8.7.1 Собрать схему согласно рисунку 6.

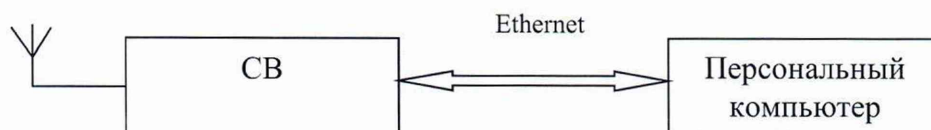


Рисунок 6 – Схема для идентификации программного обеспечения.

8.7.2 Подключиться к СВ через интерфейс Ethernet в соответствии с руководством по эксплуатации.

Персональный компьютер и СВ должны быть в одной сети. По умолчанию IP адреса LAN1 и LAN2 имеют значения 192.168.0.100 и 192.168.0.101 соответственно.

8.7.3 Запустить программу «Конфигуратор устройств серии СВ». Нажать «О сервере» и зафиксировать идентификационные данные программного обеспечения как показано на рисунке 7.

8.7.4 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные соответствуют данным, представленным в таблице 3. В противном случае СВ бракуют.

Таблица 3 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение		
1	2		
Идентификационное наименование ПО	Микропрограмма СВ-02А sv_02a.bin	Микропрограмма СВ-03 sv_03.bin	Микропрограмма СВ-04 sv_04.bin
Номер версии (идентификационный номер) ПО	Не ниже v.2.0.2с		

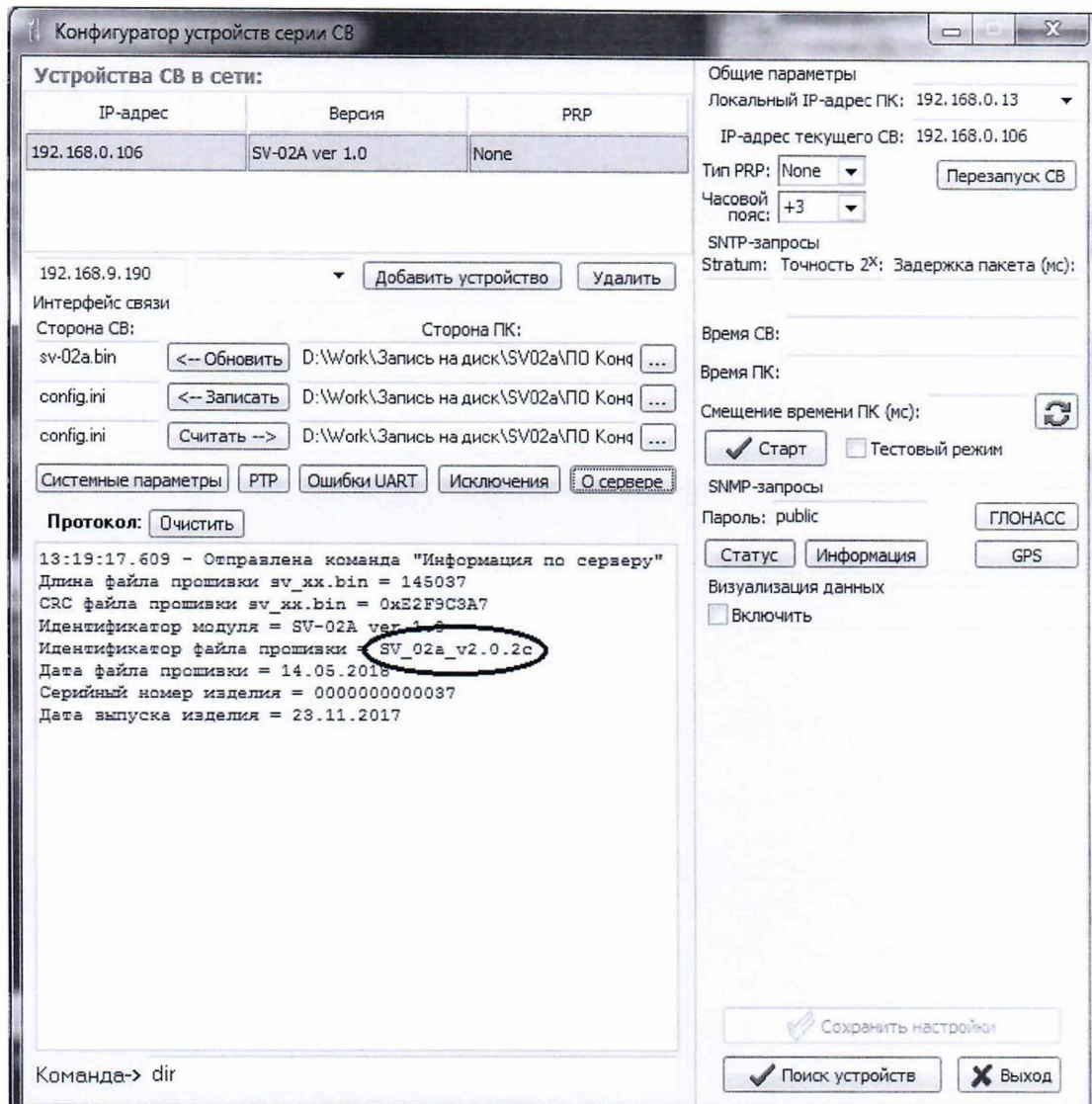


Рисунок 7 – Идентификация ПО.

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 При положительных результатах поверки на переднюю панель корпуса устройства СВ наносится знак поверки и выдается свидетельство о поверке установленной формы.

9.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке записываются результаты поверки.

9.4 В случае отрицательных результатов поверки на поверяемое СВ выдается извещение о непригодности к дальнейшей эксплуатации с указанием причин непригодности.

Заместитель генерального директора –
начальник ГМЦ ГСВЧ
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник отдела № 71 ГМЦ ГСВЧ (НИО–7)
ФГУП «ВНИИФТРИ»

Инженер I категории лаборатории № 714
ФГУП «ВНИИФТРИ»

И.Ю. Блинов

И.Б. Норец

С.А. Семенов