СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «Мера ТИ»

_____ А.Ю. Чулков
М.П.
« 26 » марта 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ЗОНДЫ ПЕРИФЕРИЙНОГО УЗЛА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ КМУТ М7

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

РМБТ.466961.002-012 МП

2026 г.

Содержание

1 Общие положения ... 4
2 Перечень операций поверки ... 6
3 Требования к условиям проведения поверки ... 7
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку ... 7
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки ... 7
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки ... 9
7 Внешний осмотр ... 9
8 Проверка программного обеспечения ... 9
8.1 Идентификация серийного номера ... 10
8.2 Идентификация программного обеспечения ... 10
9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений ... 11
9.1 Подготовка к поверке ... 11
9.2 Опробование ... 12
9.2.1 Опробование в ручном режиме ... 12
9.2.2 Опробование в режиме многоканальной автоматизированной поверки с использованием ПО СИГМА-КМУТ-Контроль ... 16
10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям ... 20
10.1 Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки ... 22
10.2 Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) ... 24
10.3 Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных ... 26
10.4 Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных ... 27
10.5 Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU) ... 28
10.6 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) ... 29
10.6.1 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при первичной поверке и поверке Зонда КМУТ, не установленного на сети связи ... 30
10.6.2 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при поверке Зонда КМУТ, установленного на сети связи ... 32
10.7 Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV) ... 34
10.8 Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL) ... 35
10.9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям ... 36
11 Оформление результатов поверки ... 37
Приложение А ... 39
Характеристики прибора СИГМА-2 ... 39

Математический аппарат обработки результатов 39
А.1 Формирователь – измеритель соединений универсальный СИГМА. Общие сведения.39
А.2 Математический аппарат обработки результатов 40

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее также – МП) распространяется на Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком КМУТ М7 (далее также – Зонды КМУТ) и устанавливает объем, методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 В результате проведения поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений количества переданной (принятой) информации (данных), байт	от 1 до 10^8
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) при передаче количества информации менее или равно 100 кбайт, байт	±10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества переданной (принятой) информации при передаче количества информации более 100 кбайт, где K – количество переданной информации (данных) байт, байт	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$ K
Диапазон измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных, с	от 1 до 3600
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных, с	±0,3
Диапазон измерений пропускной способности канала передачи данных, кбит/с	от 100 до $200 \cdot 10^3$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных, %	±1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU), с	±0,3
Диапазон измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD), мкс	от 0 до $1{,}5 \cdot 10^6$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне, %	±(0,5…1)
Диапазон измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV), мкс	от 0 до $1 \cdot 10^5$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV), %	±(0,5…1)
Диапазон измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)	от 0 до 1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента потерь пакетов	$\pm 3{,}0 \cdot 10^{-5}$

1.3 Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единиц измерения объемов передаваемой цифровой информации по каналам Интернет и телефонии (ГЭТ 200-2023) при поверке Зондов КМУТ обеспечена в соответствии с документом "Государственная поверочная схема для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных», утверждённым Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. № 1707.

Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ 1-2022) при поверке Зондов КМУТ обеспечена в соответствии с документом «Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты», утвержденным Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360.

1.4 Для определения метрологических характеристик поверяемых Зондов используется метод прямых измерений.

1.5 Допускается проведение первичной поверки Зондов КМУТ одного типа, входящих в состав Систем КМУТ, при выпуске их из производства до ввода в эксплуатацию на основании выборки (данный пункт не распространяется на сервера систем КМУТ).

Определение объема выборки осуществляется в соответствии с принятыми исходными данными по таблице 1, 2-А ГОСТ Р ИСО 2589-1-2007 «Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества».

Принимается приемлемый уровень качества AQL=0,1. Тип контроля – нормальный, план контроля – одноступенчатый. Уровень контроля – общий, III (ввиду важности принятия правильного решения). Приемочное число Ac = 0, браковочное число Re = 1.

При отсутствии в выборке непригодных Зондов КМУТ всю партию принимают, а при наличии в выборке, хотя бы одного непригодного Зонда КМУТ всю партию бракуют и подвергают сплошному контролю.

1.6 По заявлению владельца Зондов КМУТ или лица, предоставившего их на поверку, допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Проведении операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Нет	7
Идентификация программного обеспечения	Да	Да	8.2
Подготовка к поверке	Да	Да	9.1
Опробование	Да	Да	9.2
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:			10
Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки	Да	Да	10.1
Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных)	Да	Да	10.2
Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных	Да	Да	10.3
Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных	Да	Да	10.4
Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU)	Да	Да	10.5
Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)	Да	Нет	10.6
Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)	Да	Нет	10.7
Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)	Да	Нет	10.8
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10.9
Оформление результатов поверки	Да	Да	11

2.2 При использовании средств поверки, указанных в таблице 3, норма времени на проведение первичной поверки одного Зонда КМУТ составляет не более 2-х часов. Прибор СИГМА-2 поддерживает режим многоканальной автоматизированной поверки Зондов КМУТ с помощью набора специального ПО СИГМА-КМУТ-Контроль, которое включает в себя программные модули автоматической конфигурации и управления программным обеспечением СИГМА-СИПД, СИГМА-СИДС, СИГМА-РШВ, СИГМА-СПД, имитатором параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС и поверяемыми Зондами КМУТ.

ПО СИГМА-КМУТ-Контроль не оказывает влияния на метрологическую значимую часть ПО СИГМА-2, а лишь автоматизирует действия пользователя по управлению ПО прибора, поверяемым Зондом КМУТ и обработке результатов измерений.

Использование ПО СИГМА-КМУТ-Контроль позволяет проводить поверку одновременно до 99 шт. Зондов КМУТ.

2.3 При проведении поверки Зондов КМУТ, установленных на сети связи, поверка проводиться в объеме периодической поверки.

2.4 В случае получения отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенной в таблице 2, поверка прекращается, а владелец СИ извещается об отрицательных результатах поверки.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С (25 ± 10);
- относительная влажность воздуха при температуре +25 ºС, %: не более 80;
- атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа) от 630 до 800 (от 84,0 до 107 кПа).

Электропитание средств поверки и Зондов КМУТ в соответствии с эксплуатационной документацией.

Контроль параметров условий проведения поверки осуществляется в месте установки средств поверки.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, отвечающие требованиям Приказа Министерства экономического развития РФ от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации».

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки и эталоны, приведенные в таблице 3.

5.2 Для определения условий проведения поверки используют вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 3.

5.3 Эталоны единиц величин должны быть аттестованы в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734.

5.4 Средства измерений должны быть утвержденного типа.

5.5 Эталоны единиц величин и средства измерений, применяемые в качестве эталонов единиц величин, должны быть исправны и поверены с присвоением соответствующего разряда по требованию государственных поверочных схем.

5.6 Результаты поверки применяемых средств измерений и эталонов должны быть подтверждены сведениями о результатах поверки средств измерений и эталонов, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, или свидетельством о поверке.

Таблица 3 – Средства поверки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки
9.2, 10.1 – 10.8	Рабочий эталон единиц времени и частоты, соответствующий требованиям к рабочим эталонам не ниже 5 разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360. пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с ±0,05 с Рабочий эталон в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. № 1707 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных Диапазон измерений переноса эталонных единиц количества (объёмов) информации от 1 байта до 1 Тбайт, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений переноса единиц количества (объемов) информации ±0 байт. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс ±0,05 мкс. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $1{,}5 \cdot 10^6$ мкс ±10 мкс. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс ±0,05 мкс. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ мкс ±10 мкс. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных в диапазоне от 0 до 1 $\pm 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ Пределы допускаемой относительной погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных в диапазоне от $10 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^9$ бит/с ±0,5%	Формирователь – измеритель соединений универсальный СИГМА-2 (рег. № 84943-22) в комплекте с сервером хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ, имитатором параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС, приемником сигналов ГНСС СВТН.466961.004ТУ

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Пример возможного средства поверки
9.2, 10.1 – 10.8	пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования шкалы времени относительно шкалы времени UTC (SU), ± 1 мкс	Устройства синхронизации частоты и времени Метроном 300 (рег. № 74018-19)
Вспомогательные средства поверки		
9.2	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока в диапазоне от 0 до 750 В при частоте от 10 Гц до 20 кГц ±(0,07+0,02), где первое слагаемое – процент от измеренного значения, второе слагаемое – процент от предела измерений	Мультиметр цифровой СММ-11 (рег. № 85766-22)
9.2	Диапазон измерения температуры от 0 до 50 °С, погрешность ±0,2 °С; диапазон измерения влажности от 0 до 98 %, погрешность ±3 %.	Термогигрометр автономный ИВА-6Н-Д2 (рег. № 82393-21)
9.2, 10.1- 10.8	Технология Ethernet, 10/100/1000 Base-T, не менее 5 портов	Сетевой коммутатор уровня L2 (2 шт.)
Примечание: допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Помещение для проведения поверки должно соответствовать правилам техники безопасности и производственной санитарии.

6.2 При проведении поверки необходимо соблюдать правила техники безопасности, определенные в эксплуатационных документах на средства поверки и поверяемые СИ.

6.3 При проведении поверки запрещается:

- проводить работы по монтажу и демонтажу применяемого в поверке оборудования;
- производить работы по подключению соединительных кабелей при включенном питании прибора СИГМА-2.

6.5 Процесс проведения поверки не относится к работам с вредными или особо вредными условиями труда.

6.6 Безопасность поверителей и обслуживающего персонала при поверке Зондов КМУТ на месте установки должна обеспечиваться конструкцией оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.1.045, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 25861 и технической документацией на Зонды КМУТ.

7 Внешний осмотр

7.1 При проведении осмотра проверить:

- соответствие внешнего вида зондов описанию и изображению из описания типа;
- отсутствие механических повреждений;
- чистоту разъемов;

– наличие маркировки согласно требованиям руководства по эксплуатации и техническим условиям.

7.2 Визуально проверить комплектность Зондов КМУТ на соответствие формуляру.

7.3 При проведении поверки Зондов КМУТ, установленных на сети связи, внешний осмотр допускается не проводить.

8 Проверка программного обеспечения

8.1 Идентификация серийного номера

Идентификация серийного номера осуществляется методом визуального осмотра на наличие заводского или серийного номера. Место нанесения заводского номера или серийного номера указано в описании типа.

Допускается идентификация заводского номера с использованием интерфейса командной строки с помощью команды:

```
hw_serial
```

Пример индицирования заводского номера в командной строке приведен ниже:

```
user@03_50820 $ hw_serial
VI6F050820
```

При использовании ПО СИГМА-КМУТ-Контроль идентификация серийного номера осуществляется автоматически для всех Зондов КМУТ и сервером системы КМУТ, добавленных в список поверяемых Зондов, при нажатии кнопки «Идентификация и опробование» на вкладке «Настройки окружения и опробование» или кнопки «Запрос конфигурации Зонда» в настройках Зонда КМУТ, добавленного в список поверяемых Зондов.

8.2 Идентификация программного обеспечения

8.2.1 Идентификационные данные программного обеспечения Зондов КМУТ определяются с использованием интерфейса командной строки с помощью команды:

```
os_version
```

Проверка цифрового идентификатора ПО с помощью команды:

```
kmut-md5sum
```

Пример индицирования в командной строке приведен ниже:

```
user@03_50820 $ os_version
ЭХО-Зонд 2.Э
5.0.63
# kmut-md5sum
```

Идентификационные данные программного обеспечения сервера КМУТ определяются с использованием интерфейса командной строки с помощью команды:

```
os_version
```

Проверка цифрового идентификатора ПО с помощью команды:

```
kmut-md5sum
```

Пример индицирования в командной строке приведен ниже:

```
# os_version
ЭХО-Центр 2.Э
```

```
# kmut-md5sum
```

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные соответствуют данным, указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ЭХО-Зонд 2.Э
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2
Цифровой идентификатор ПО	указывается в формуляре
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	md5

При использовании ПО СИГМА-КМУТ-Контроль идентификация программного обеспечения осуществляется автоматически для всех устройств, добавленных в список поверяемых Зондов, при нажатии кнопки «Идентификация и опробование» на вкладке «Настройки окружения и опробование» или кнопки «Запрос конфигурации» в настройках Зонда КМУТ, добавленного в список поверяемых Зондов.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 При проведении проверки работоспособности руководствоваться требованиями (в части применения команд и анализа вывода результата в интерфейсе командной строки), изложенными в документе РМБТ.466961.002-012 РЭ «Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком КМУТ М7. Руководство по эксплуатации».

9.1.2 Перед проведением поверки Зонда КМУТ необходимо провести следующие подготовительные работы:

1. Проверить срок действия свидетельств о поверке на применяемые средства поверки.
2. Собрать схему измерений, приведенную на рисунке 1.

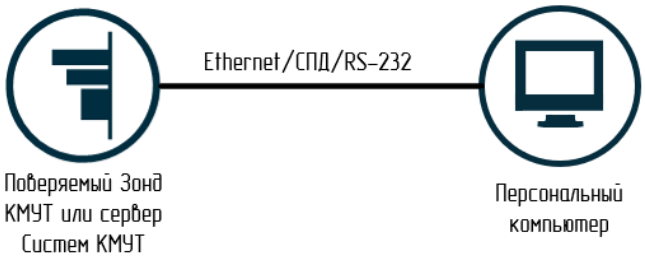


Рисунок 1 – Схема измерений для настройки сетевого интерфейса

3. Получить данные для подключения к Зонду КМУТ или серверу системы КМУТ. Для этого необходимо:

– при первичной поверке использовать данные, указанные в руководстве по эксплуатации;

– при периодической поверке получить у лица, предоставившего Зонд КМУТ на поверку, логин, пароль и IP-адрес для доступа к поверяемому Зонду КМУТ, а в случае поверки Зонда КМУТ, установленного на сети связи, согласовать способ доступа к данной сети, сетевые настройки для подключения к сети связи эталонов и средств поверки с целью обеспечения их

связности с поверяемым Зондом КМУТ. Все расходы на услуги связи для проведения поверки должно нести лицо, предоставившее Зонд КМУТ на поверку.

4. При необходимости осуществить настройку сетевого интерфейса Зонда КМУТ или сервера Системы КМУТ в соответствии с руководством по эксплуатации. Для этого:

– настроить порт сетевой карты ПК и назначить IP-адрес из того же адресного пространства, что и IP-адрес Зонда КМУТ.

– осуществить вход в режим администратора;

– осуществить настройку сетевого интерфейса Зонда КМУТ, назначив IP-адрес, маску подсети и IP-адрес «шлюза по умолчанию», используемые в локальной вычислительной сети, для обеспечения прямой связи с эталонами, средствами измерений и вспомогательным оборудованием;

– после сохранения файла настроек сетевых интерфейсов необходимо перезагрузить Зонд КМУТ или выполнить команду

```
/etc/init.d/kmut restart
```

после чего осуществить повторное подключение к Зонду КМУТ и проверить настройки сетевых интерфейсов.

Результаты настройки считать положительными, если после применения команд просмотра настроек сетевого интерфейса, вывод соответствует установленным значениям.

5. Возможно проведение первичной и периодической поверки Зондов КМУТ в режиме многоканальной автоматизированной поверки с помощью набора специального интерфейсного ПО СИГМА-КМУТ-Контроль. Для этого необходимо получить у лица, предоставившего Зонды КМУТ на поверку, список логинов, паролей и IP-адресов для доступа к поверяемым Зондам КМУТ, согласовать сетевые настройки для подключения к сети связи эталонов и средств поверки с целью обеспечения их связности с поверяемыми Зондами КМУТ. Допускается установка эталонов и средств поверки в специализированных серверных помещениях на объектах с возможностью подключения к сети Системы КМУТ. Управление средствами поверки в таком случае осуществляется поверителем с помощью удаленного доступа к формирователю-измерителю СИГМА-2 по протоколу SSH и (или) с помощью IP KVM по сети Интернет (рис. 8).

Для данного режима подпункты 2-4 п. 9.1.2 не требуется проводить.

Все расходы на услуги связи для проведения поверки должно нести лицо, предоставившее Зонды КМУТ на поверку.

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование в ручном режиме

Выполнить контроль условий поверки в соответствии с требованиями, указанными в разделе 3 настоящей методики поверки.

Опробование проводят в несколько этапов.

I этап. Настройка общих параметров Зондов КМУТ

1. При первичной и периодической поверке опробование проводят по схеме в соответствии с рисунком 2. В случае проведения периодической поверки Зонда КМУТ, установленного на сети связи, опробование проводят по схеме в соответствии с рисунком 3. При этом необходимо согласовать с лицом, предоставившим Зонд КМУТ на поверку, схему

включения устройства синхронизации шкалы времени для обеспечения связности между поверяемым Зондом КМУТ и устройством синхронизации шкалы времени. Устройство синхронизации шкалы времени обеспечивает выполнение функций сервера времени 1-го уровня (Stratum 1) и выдачу информации о текущих значениях времени и даты по протоколу NTP через интерфейс Ethernet.



Рисунок 2 – Схема измерений для проведения опробования при первичной поверке



Рисунок 3 – Схема измерений для проведения опробования при периодической поверке

2. Расположить антенный блок устройства синхронизации шкалы времени в месте уверенного приема сигналов точного времени, передаваемых ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

3. По индикаторам отображения состояния устройства синхронизации шкалы времени убедиться, что источник вошел в режим нормальной работы, часы синхронизированы.

4. Произвести настройку общих параметров Зонда в соответствии с руководством по эксплуатации. Указать код объекта в Системе КМУТ (для каждого Зонда код объекта должен быть уникальный), IP-адрес сервера синхронизации времени (источника первичного точного времени).

Для выполнения настройки необходимо внести изменения в конфигурационном файле */etc/kmut/main.conf* в секцию:

Код объекта в Системе КМУТ:

```
mycode = <код объекта>
```

Для выполнения настройки параметров сервера синхронизации времени необходимо внести изменения:

```
server < IP адрес сервера> iburst
```

После редактирования конфигурации ntp.conf, необходимо перезапустить службу NTP, выполнив команду:

```
/etc/init.d/kmut restart
```

5. Результат настройки общих параметров Зонда КМУТ считать положительным, если после применения настроек и выполнения команды `date`, результат выполнения команды возвращает текущее время и дату с учетом поправки на часовой пояс. Необходимо иметь в виду, что при первичном указании сервера синхронизации времени Зонд КМУТ должен синхронизироваться с ним не менее двух часов.

6. При периодической поверке вместо источника первичного точного времени допускается применять сервер точного времени, входящий в состав системы КМУТ, при условии, если он является средством измерения утвержденного типа, имеет действующее свидетельство о поверке, а погрешность синхронизации приборного системного времени сервера точного времени со шкалой времени РФ не превышает ±0,1 с.

II этап. Проверка работоспособности модуля метрологической поверки

1. Изменить параметры в конфигурационном файле */etc/kmut/main.conf*, указав IP-адрес и порт сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ.

Параметры настроек модуля метрологической поверки:

`ftp_proxy_dst_ip` – необходимо указать IP адрес сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ, на который будет происходить трансляция получаемых файлов эталонных объемов.

`ftp_proxy_dst_port` – необходимо указать TCP порт FTP сессии, которую необходимо транслировать;

`ftp_proxy_dst_dataport` – необходимо указать TCP порт FTP сессии, на который будет происходить трансляция сессии передачи данных (можно оставить значение по умолчанию).

Ниже приведен пример настроек модуля метрологической поверки:

```
ftp_proxy_dst_ip = 192.168.14.152
ftp_proxy_dst_port = 9021
ftp_proxy_dst_dataport = 20000
```

После сохранения файла настроек необходимо либо перезагрузить Зонд КМУТ, либо выполнить команду:

```
/etc/init.d/kmut restart
```

2. Провести проверку работоспособности модуля метрологической поверки. Чтобы удостовериться, что модуль метрологической проверки запущен, ввести команду:

```
ps | grep ftp
```

3. Результат проверки считать положительным, если модуль запущен. Пример индицирования результата применения команды:

```
root      1152  0.0  0.0   5804  1672 ?        S     2022  14:34 kmut-ftp-proxy <код объекта> 9021 20000 192.168.14.152 21
```

III этап. Проверка измерения коэффициента потерь пакетов, времени задержки передачи пакетов и вариации времени задержки

1. Использовать схему измерений, приведенную на рисунке 2 или 3;

2. Для измерения коэффициента потерь пакетов, времени задержки передачи пакетов и вариации времени задержки использовать модуль `kmut-qual;`

3. Проверить работоспособность модуля kmut-qual следующей командой:

```
/etc/init.d/kmut-qual status
```

Вывод:

```
kmut-qual running OK with PID=1058 on port=2000
```

4. Запустить модуль и провести измерение двухсторонней задержки между Зондами КМУТ или Зондом КМУТ и сервером системы КМУТ, для этого выполнить команду:

```
kmut-qual -h <IP-адрес Зонда КМУТ №2 или сервера системы КМУТ> -s 100 –i 1000 –c 5
```

5. Проверить результат применения команды, он должен соответствовать примеру, приведенному ниже, где: 10.10.10.3 – это указанный IP-адрес Зонда КМУТ №2 или сервера системы КМУТ. Измеренное значение двухсторонней задержки (rtt) может отличаться от приведенного.

```
100 bytes 10.10.10.3 (10.10.10.3): rtt = 0.97 ms.
100 bytes 10.10.10.3 (10.10.10.3): rtt = 0.61 ms.
100 bytes 10.10.10.3 (10.10.10.3): rtt = 0.88 ms.
100 bytes 10.10.10.3 (10.10.10.3): rtt = 0.93 ms.
100 bytes 10.10.10.3 (10.10.10.3): rtt = 0.34 ms.
--- 10.10.10.3 UDP ping statistics 100 bytes
5 packets transmitted every 1000 ms
5 packets received, 0.0% packet lost
round trip time(RTT) min/avg/max = 0.34/0.75/0.97 ms
```

```
absolute deviation min/avg/max = 0.05/0.32/0.60 ms
positive deviation min/avg/max = 0.05/0.16/0.27 ms
negative deviation min/avg/max = -0.60/-0.48/-0.36 ms
--- MTU statistics
MTU errors = 0
```

6. Результат проверки считать положительным, если измерение проведено, а результат применения команды содержит результат измерений.

IV этап. Проверка измерения пропускной способности канала связи

1. Использовать схему измерений, приведенную на рисунке 2 или 3.
2. Для измерения пропускной способности канала использовать модуль `kmut-band`.
3. Проверить работоспособность модуля следующей командой:

```
/etc/init.d/kmut-band status
```

4. Провести проверку измерения пропускной способности к Зонду КМУТ №2 или серверу системы КМУТ командой:

```
kmut-band -T10 -R10M  < IP-адрес Зонда КМУТ №2 или сервера системы КМУТ>
```

5. Проверить результат применения команды:

```
11.9375 MB/ 10.01 sec = 9.9989 Mbps 99 %TX 0 %RX 0 retrans 141 KB-cwnd 0.81 msRTT
```

6. Результат проверки считать положительным, если модуль запущен, измерение проведено, а результат применения команды содержит результат измерений.

9.2.2 Опробование в режиме многоканальной автоматизированной поверки с использованием ПО СИГМА-КМУТ-Контроль

Набор специального интерфейсного ПО СИГМА-КМУТ-Контроль позволяет автоматизировать, значительно упростить и ускорить процесс проведения этапов опробования (п.9.2.1 настоящей МП) для всех Зондов КМУТ, добавленных в список поверяемых Зондов.

Для этого необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить ПО СИГМА-КМУТ-Контроль, откроется основное окно интерфейсного ПО СИГМА-КМУТ-Контроль (Рисунок 4).

2. На вкладке «Настройки окружения и опробование» осуществить следующие настройки:

2.1. в разделе «Настройка серверов хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ» нажать кнопку «Добавить» и в появившемся окне (Рисунок 5) ввести необходимые параметры сервера хранения эталонных файлов: параметры подключения (IP-адрес, TCP-порт, каталог для загрузки ЭФ), а также добавить данные пользователей (имя пользователя, пароль). Для этого необходимо в подразделе «Управление пользователями» ввести имя пользователя и пароль в формате ftpuser<порядковый номер> в соответствующие поля и нажать кнопку «Добавить». После завершения настройки всех параметров сервера хранения эталонных файлов нажать

кнопку «ОК». ВНИМАНИЕ! Количество добавленных FTP-пользователей определяет количество одновременно поверяемых Зондов КМУТ.

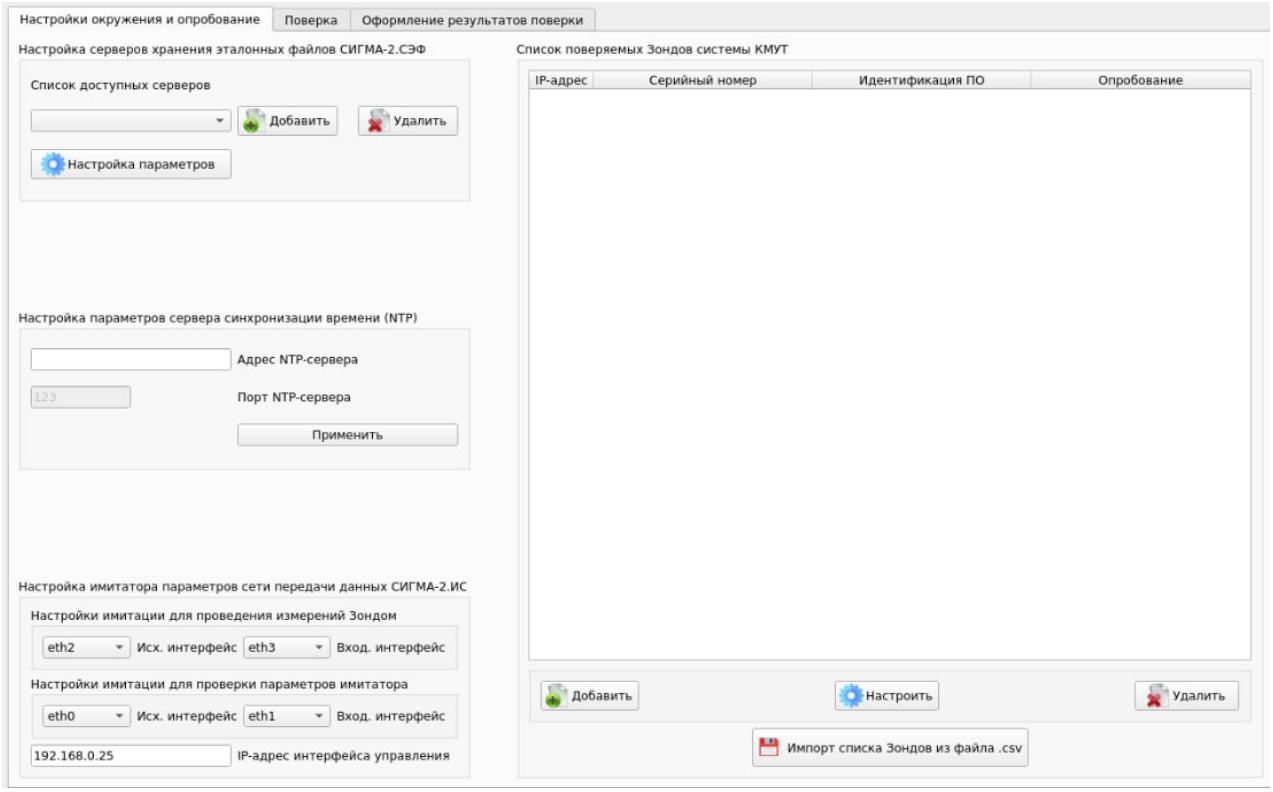


Рисунок 4 – Основное окно интерфейсного ПО СИГМА-КМУТ-Контроль

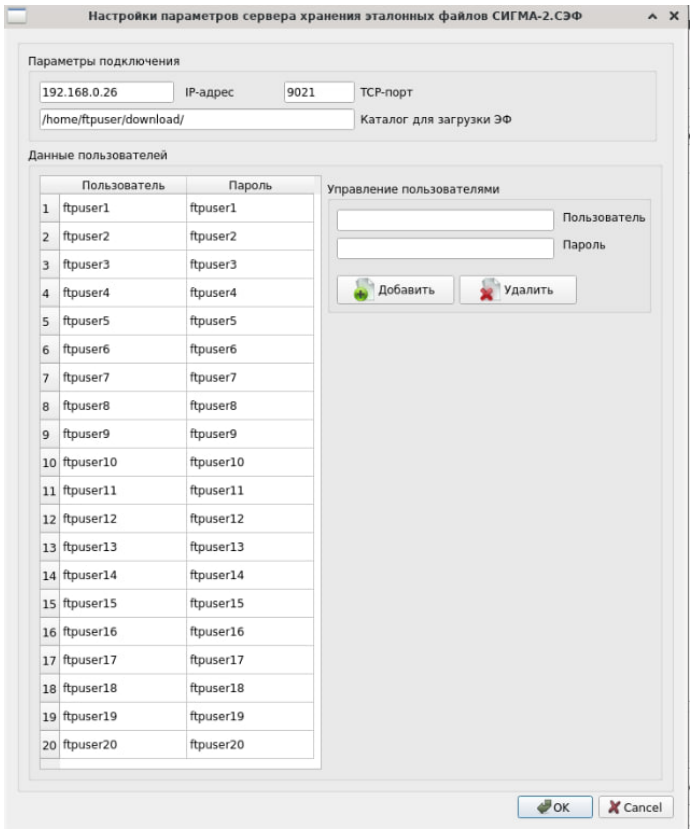


Рисунок 5 – Окно настройки параметров сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ

2.2. В разделе «Настройка параметров сервера синхронизации времени (NTP)» ввести IP-адрес Источника первичного точного времени в поле «Адрес NTP-сервера» и нажать «Применить».

2.3. В разделе «Настройка имитатора параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС» задать имена интерфейсов для проверки параметров имитатора, к которым подключен блок формирователя-измерителя СИГМА-2, и имена интерфейсов, к которым подключены сервер Системы КМУТ и интерфейс сети (коммутатора) в сторону поверяемых Зондов КМУТ.

2.4. В разделе «Список поверяемых Зондов Системы КМУТ» добавить объекты поверки (Зонды КМУТ). Добавление объектов поверки возможно, как в ручном режиме, так и автоматическом режиме путем загрузки файла, содержащего предварительно подготовленный список Зондов КМУТ.

2.4.1. Для добавления объекта поверки в ручном режиме нажать кнопку «Добавить», расположенную под списком поверяемых Зондов Системы КМУТ. В появившемся окне (Рисунок 6) ввести данные для подключения к Зонду в разделе «Настройка параметров подключения» (IP-адрес поверяемого Зонда КМУТ порт ssh, имя пользователя, пароль пользователя, пароль суперпользователя) после чего можно осуществить запрос конфигурации модуля метрологической поверки Зонда или нажать кнопку «ОК» для добавления в список поверяемых Зондов.

2.4.2. В случае нажатия кнопки «Запрос конфигурации Зонда» выполняется подключение к Зонду с целью проверки введенных параметров подключения, проведения идентификации программного обеспечения и серийного номера, запроса настроек модуля метрологической поверки (указанного IP-адреса сервера эталонных файлов и TCP-порта) параметров сервера синхронизации времени (NTP). Полученные данные индицируются в соответствующих разделах,

если данные не получены, то необходимо проверить введенные данные подключения, удостовериться в том, что Зонд подключен к сети и повторить запрос конфигурации.

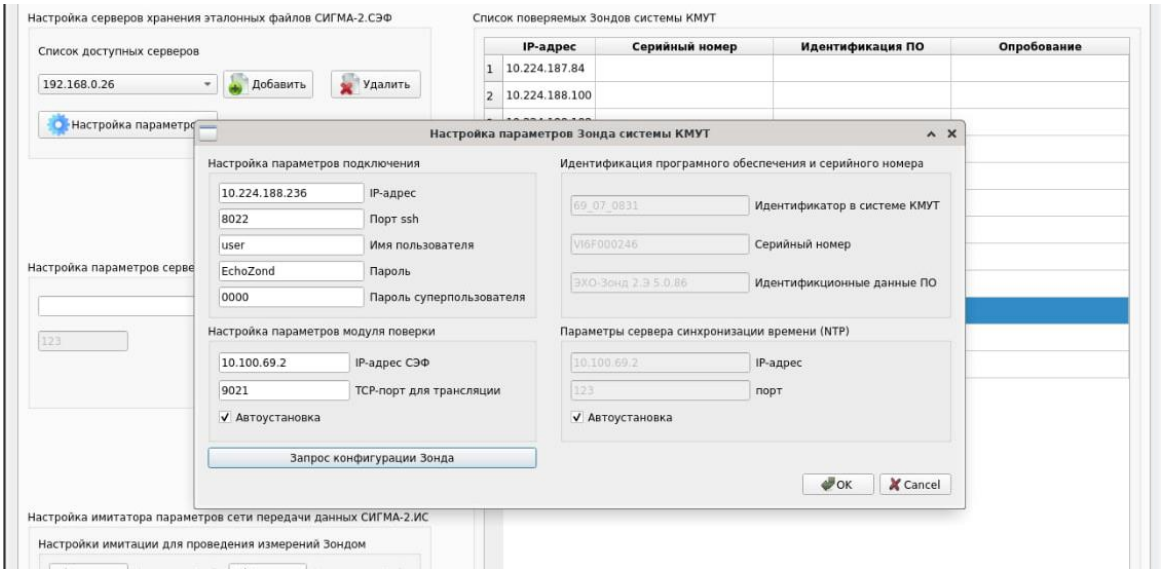


Рисунок 6 – Окно настройки параметров Зонда Системы КМУТ

2.5. Для добавления объектов поверки списком необходимо предварительно подготовить соответствующий файл в формате csv (текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных). Каждая строка текста соответствует строке таблицы, которая содержит несколько полей (IP-адрес Зонда;ssh-порт;имя пользователя; пароль пользователя;пароль суперпользователя), разделенных точкой с запятой. Пример записей приведен ниже:

```
192.168.14.154;8022;user;EchoZond;0000
192.168.14.155;8022;user;EchoZond;0000
```

2.6. Для загрузки подготовленного списка нажать кнопку «Импорт списка Зондов из файла .csv», выбрать файл и нажать кнопку «ОК». После успешного импорта файла в разделе «Список поверяемых Зондов Системы КМУТ» появятся IP-адреса Зондов КМУТ, которые необходимо поверить. Для проверки доступности, идентификации ПО и серийного номера нажать кнопку «Идентификация и опробование». После успешного выполнения запроса идентификации в разделе «Список поверяемых Зондов Системы КМУТ» для каждого Зонда КМУТ появится информация о серийном номере и идентификационных данных ПО. Если данные не получены, то отсутствует подключение к данному Зонду и его поверку провести невозможно. Такой Зонд следует удалить из списка поверяемых Зондов.

3. Провести идентификацию серийного номера и программного обеспечения для всех объектов поверки (Зондов КМУТ) из списка поверяемых Зондов Системы КМУТ. Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать данным, указанным в таблице 4.

4. Запустить процедуру опробования для всех объектов поверки из списка поверяемых Зондов Системы КМУТ, нажав кнопку «Опробование». Результат опробования (успешно, неуспешно) будет отображен для каждого Зонда КМУТ из Списка поверяемых Зондов Системы КМУТ в столбце «Опробование».

9.2.3 Оценить результаты опробования (успешно, неуспешно):

а) при успешном результате опробования (результаты всех этапов положительные) поверка продолжается;

б) при неуспешном результате (хотя бы один этап опробования завершен с отрицательным результатом), поверка прекращается до поиска и устранения неисправности.

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

1. Перед проведением поверки необходимо:

– проверить срок действия свидетельств о поверке применяемых эталонов и средств измерений;

– при локальной поверке Зонда КМУТ собрать схему измерений, приведенную на рисунке 7. При сборке схемы необходимо использовать коммутационные шнуры (патч-корды) одинаковой длины и категории, чтобы минимизировать их влияние на результаты поверки.

– при поверке Зонда КМУТ, установленного на сети связи, использовать схему измерений, приведенную на рисунке 8.

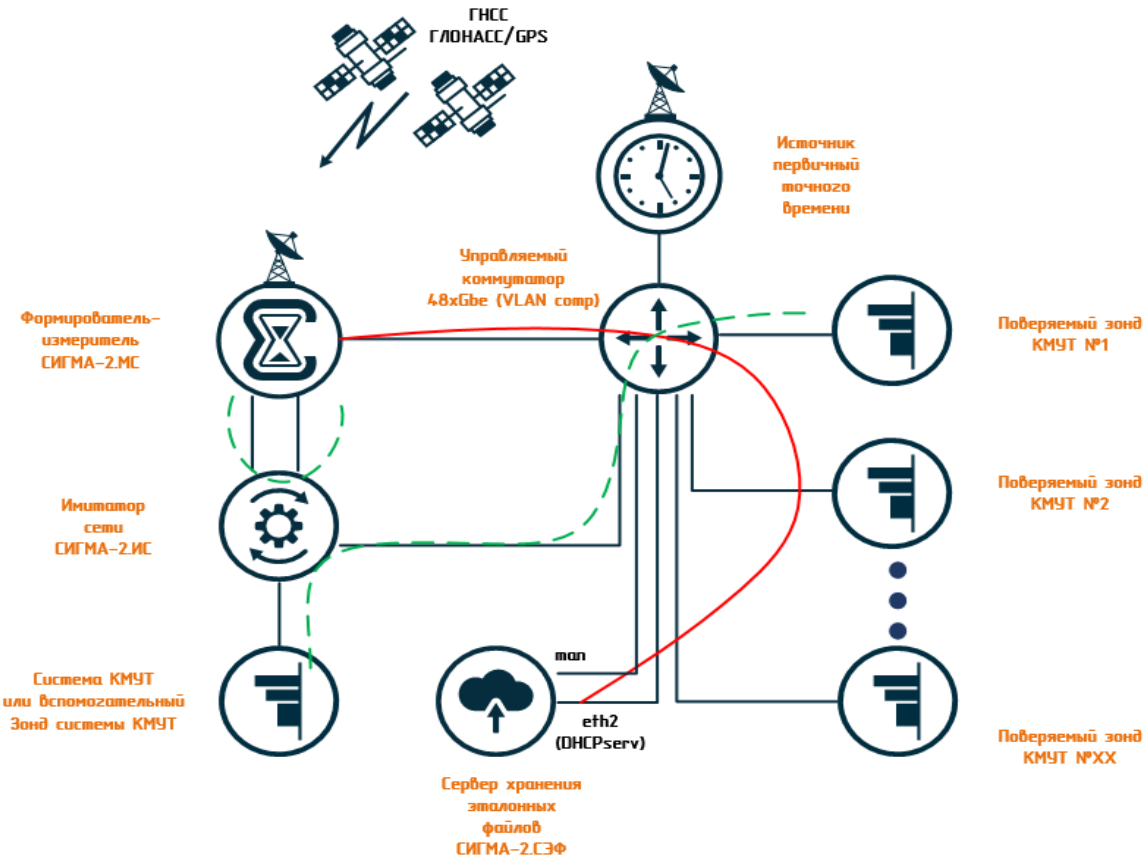


Рисунок 7 – Схема измерений при поверке Зонда КМУТ или сервера КМУТ

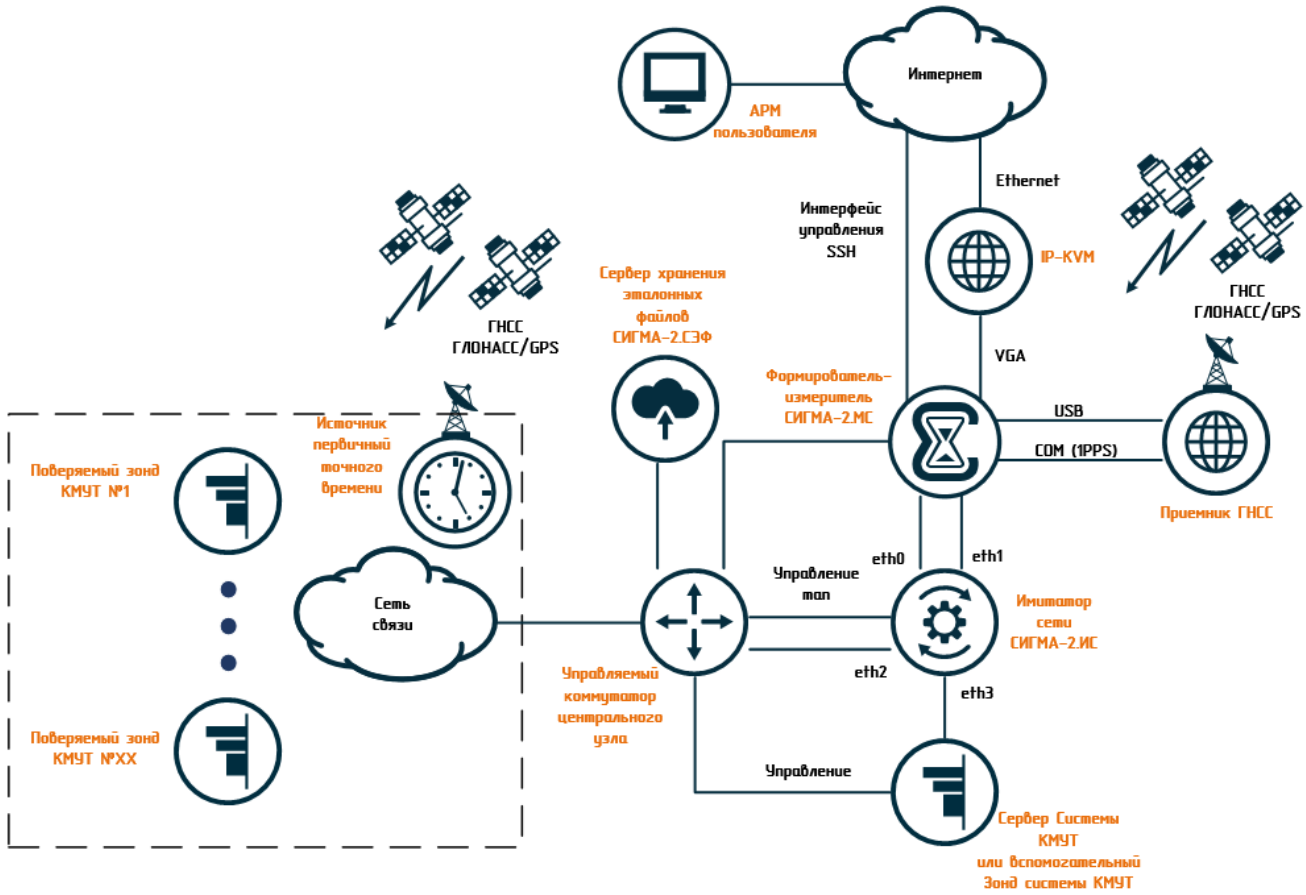


Рисунок 8 – Схема измерений при поверке Зонда КМУТ, установленного на сети связи

– прибор СИГМА-2 поддерживает автоматизированное проведение поверки в многоканальном режиме с использованием интерфейсного ПО СИГМА-КМУТ-Контроль. Для проведения поверки в таком режиме необходимо получить у лица, предоставившего Зонды КМУТ на поверку, файл с указанием с указанием данных для доступа к поверяемому Зонду КМУТ (логин, пароль, IP-адрес, порт);

– расположить антенные блоки источника Формирователя-измерителя СИГМА-2 и источника первичного точного времени в месте уверенного приема сигналов точного времени, передаваемых ГНСС ГЛОНАСС/GPS;

– произвести синхронизацию шкалы времени прибора СИГМА-2 с национальной шкалой времени UTC (SU) с помощью приёмника временной синхронизации (приемника сигналов точного времени ГНСС ГЛОНАСС/GPS), входящего в его состав. Синхронизацию проводить в режиме Stratum 1 в течение не менее 2-х часов;

2. По индикаторам отображения состояния устройства синхронизации шкалы времени убедиться, что источник вошел в режим нормальной работы, часы синхронизированы. При проведении поверки запрещается:

– проводить работы по монтажу и демонтажу оборудования;

– производить работы по подключению соединительных кабелей при включенном питании ПЭВМ и рабочих эталонов.

10.1 Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки

1. Выполнить запуск ПО СИГМА-КМУТ-Контроль, щелкнув на пиктограмму КМУТ-Контроль, расположенную на рабочем столе СИГМА-2.

2. Осуществить настройку сетевого окружения на вкладке «Настройки окружения и опробование» для обеспечения связности поверяемых Зондов КМУТ с эталонами и средствами поверки (см. 9.2.2).

2.1. Перейти в раздел «Настройка окружения и опробование» основного окна ПО СИГМА-КМУТ-Контроль. Удостовериться, что параметры настроек содержат корректный IP адрес и порт сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ. Проверить настройки сервера синхронизации времени (NTP), а также настройки параметров имитатора сети передачи данных СИГМА-2 ИС.

2.2. Подраздел «Список поверяемых Зондов Системы КМУТ» должен содержать объекты поверки (Зонды КМУТ). Удостовериться, что для каждого из Зондов КМУТ указан верный IP адрес, серийный номер и идентификаторы ПО.

2.3. Убедиться, что для каждого Зонда КМУТ из Списка поверяемых Зондов системы КМУТ результаты опробования «успешно».

2.4. В случае, если подключение к Зонду осуществить не удалось, то такой Зонд следует удалить из списка поверяемых Зондов до устранения проблем с подключением.

3. Перейти в раздел «Поверка» основного окна ПО СИГМА-КМУТ-Контроль (Рисунок 9).

3.1. В подразделе «Имя файла конфигурации поверки» ввести имя испытания (название каталога), в котором будет сохранена конфигурация. Для автоматического сохранения результатов по завершению поверки (результаты измерений и протоколы поверки) установить соответствующую галочку.

3.2. Выбрать тип поверки: первичная или периодическая и нажать кнопку «Сохранить» для сохранения файла конфигурации поверки. Файл конфигурации – это файл в формате csv, используемый для управления программой поверки, сохранения и изменения параметров поверки.

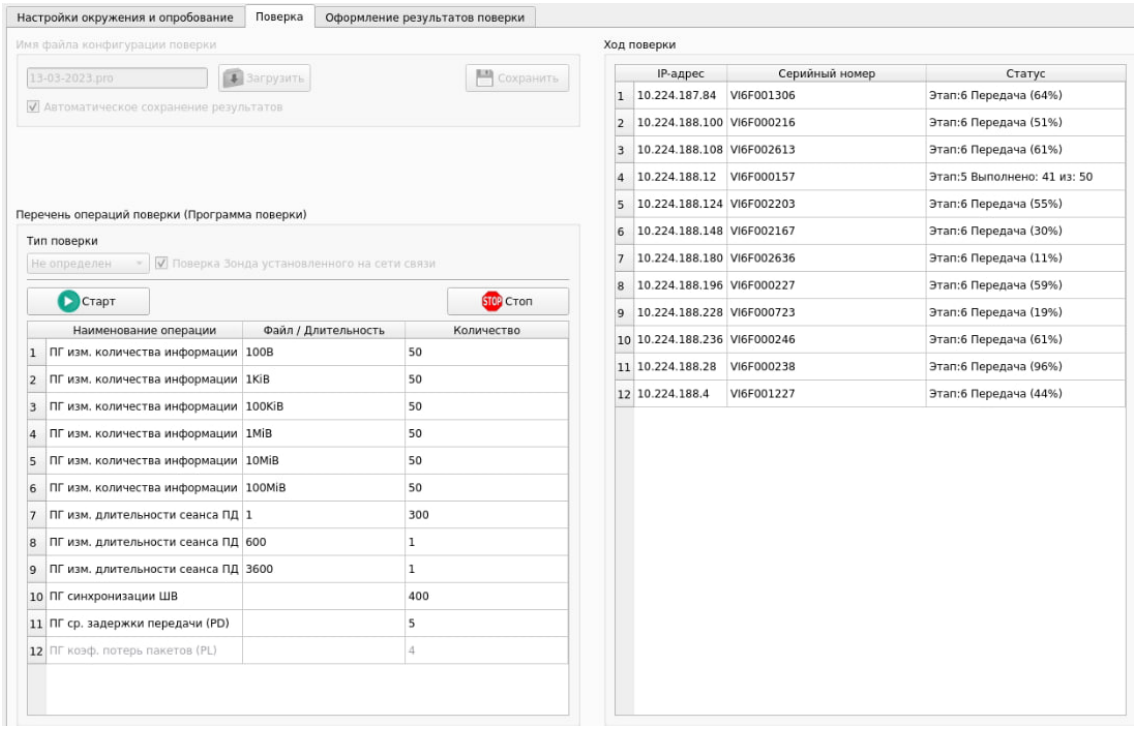


Рисунок 9 – Окно раздела «Поверка»

3.3. В случае проведения поверки Зондов КМУТ, установленных на сети связи, установить галочку в поле «Поверка Зонда, установленного на сети связи».

3.4. Удостовериться, что подраздел «Перечень операций поверки (Программа поверки)» содержит полный список операций поверки, которые должны быть выполнены. При необходимости проведения поверки в сокращенном объеме или исключения конкретных операций поверки из программы поверки нажать правой кнопкой мыши на соответствующей операции и выбрать «Запретить».

4. Перейти в раздел «Оформление результатов поверки» и заполнить данные, необходимые для включения в протокол поверки.

4.1. ПО СИГМА-КМУТ-Контроль поддерживает автоматическое заполнение полей подраздела «Нормативная база» при выборе модификации поверяемых Зондов КМУТ в выпадающем списке «Модификация» (Рисунок 10). При необходимости данные могут быть изменены или дополнены.

4.2. В подразделе «Условия проведения поверки» указать значения температуры окружающей среды, относительной влажности и атмосферного давления зафиксированные в месте установки средств поверки.

4.3. В подразделе «Поверитель» указать ФИО поверителя, выполняющего поверку.

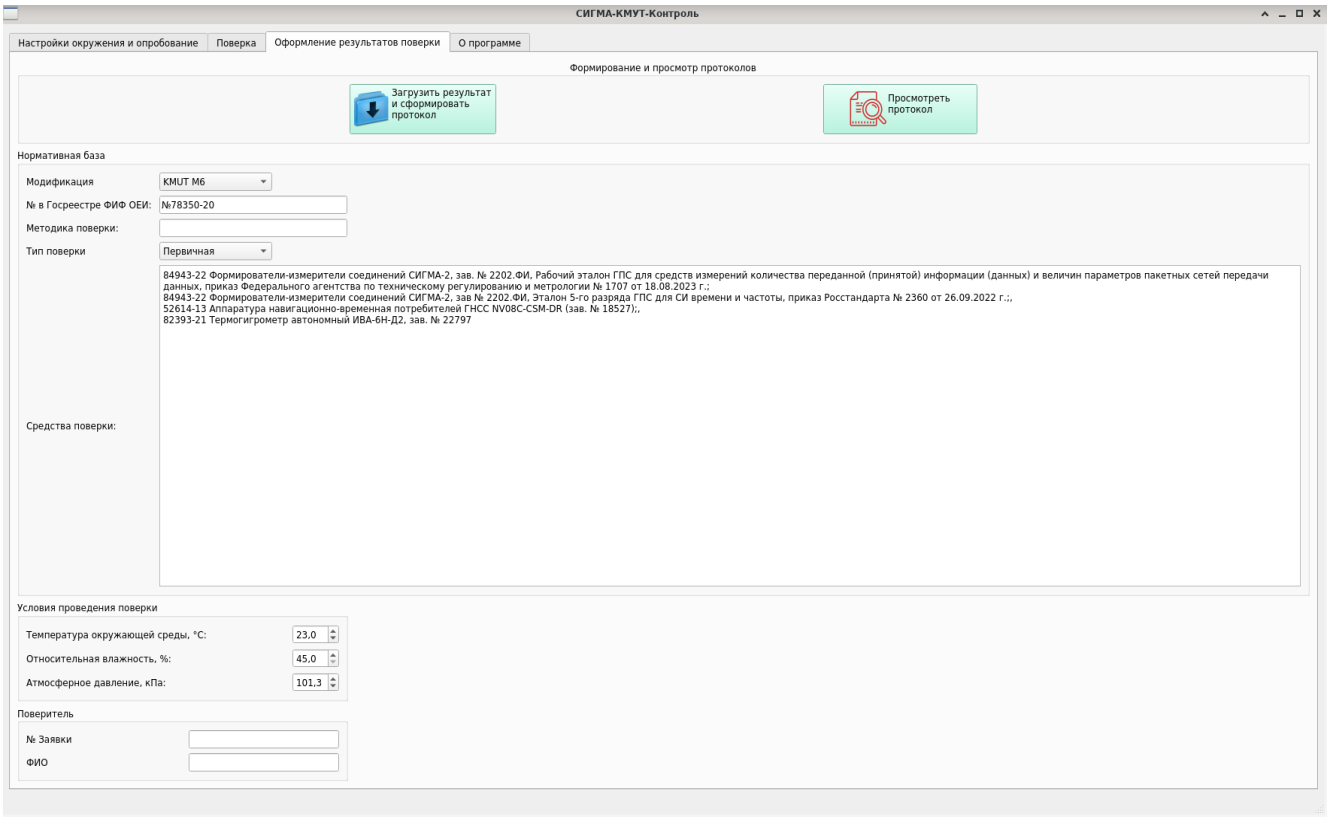


Рисунок 10 – Окно раздела «Оформление результатов поверки»

5. Перейти в раздел «Поверка». Для запуска автоматического выполнения всех операций программы поверки нажать кнопку «Старт». В подразделе «Ход поверки» будет отображаться статус поверки (этапы прохождения поверки и конечный результат) по каждому из поверяемых Зондов КМУТ.

6. По окончанию программы поверки, независимо от результата поверки (успешно или неуспешно), будет сформирован протокол поверки по каждому из поверенных Зондов КМУТ, содержащий результаты поверки.

10.2 Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных)

1. Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) в нормированном диапазоне проводят методом измерения объемов информации, проходящих через Зонд КМУТ. Схема поверки состоит из последовательно осуществляемых опытов, в каждом из которых Зонд КМУТ проводит измерение заведомо известного (эталонного) значения объема информации. Результатом каждого опыта, то есть наблюдаемым событием, будет погрешность измерения, то есть разность между измеренным и подаваемым на вход эталонным значением. Результат считается успешным, если погрешность измерения меньше или равна заданному предельно допустимому значению и неуспешным – в противном случае. Математический аппарат обработки результатов приведен в приложении А.

2. Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) выполняется с использованием ПО СИГМА-СИПД под управлением ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

3. Программа поверки с использованием файлов эталонных объемов.

3.1. При локальной поверке Зонда КМУТ в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 – Программа поверки при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) (локальная поверка Зонда КМУТ)

Этап	**Название файла (Объем информации)**	**Количество соединений**
1	100B (100 байт)	50
2	1KiB (1 Кбайт)	50
3	100KiB (100 Кбайт)	50
4	1MiB (1 Мбайт)	50
5	10MiB (10 Мбайт)	50
6	100MiB (100 Мбайт)	50
	Всего:	300

3.2. При поверке Зонда КМУТ, установленного на сети связи:

– необходимо предварительно провести приближенную оценку пропускной способности доступного канала связи между поверяемым Зондом КМУТ и вспомогательным Зондом КМУТ №2 или сервером системы КМУТ с использованием команды (см. подпункт 4 этапа IV п. 9.2):

```
kmut-band –T60 -R1000M < IP-адрес Зонда КМУТ №2 или сервера системы КМУТ>
```

Вывод:

```
6735.8605 MB / 60.02 sec = 941.4156 Mbps 1 %TX 3 %RX 0 retrans 528 KB-cwnd
0.91 msRTT,
```

где 941.4156 Mbps – верхняя граница полосы пропускания доступного канала связи между поверяемым Зондом КМУТ и вспомогательным Зондом КМУТ №2 или сервером системы КМУТ.

– выбрать программу поверки с использованием файлов эталонных объемов в зависимости от верхней границы полосы пропускания доступного канала связи в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Программа поверки при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) (поверка Зонда КМУТ, установленного на сети связи)

№	**Название файла (Объем информации)**	**Пропускная способность канала связи, Мбит/с**				
		от 0,1 до 5 включ.	от 5 до 10 включ.	от 10 до 50 включ.	от 50 до 100 включ.	от 100 до 4000 включ.
		Количество соединений				
1	100B (1 байт)	50	50	50	50	50
2	1KiB (1 Кбайт)	50	50	50	50	50
3	100KiB (100 Кбайт)	184	170	150	150	150
4	1MiB (1 Мбайт)	10	20	30	30	30
5	10MiB (10 Мбайт)	3	5	10	10	10
6	100MiB (100 Мбайт)	3	5	10	10	10
	Всего	300				

Изменение программы поверки при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) возможно путем внесения изменений в файл конфигурации поверки и дальнейшей его загрузке в разделе «Поверка» ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в соответствии с руководством по эксплуатации.

3.3. При определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) осуществляется передача файлов эталонных объемов с сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ на сетевой интерфейс прибора СИГМА-2 через поверяемый Зонд КМУТ, который осуществляет трансляцию получаемых/передаваемых файлов эталонных объемов.

3.4. После выполнения заданной программы приема/передачи файлов эталонных объемов ПО СИГМА-КМУТ-Контроль автоматически запрашивает протокол измерений от Зонда КМУТ, осуществляет автоматическое сравнение и расчет результатов поверки, а также формирует файл-результат в формате «csv», который содержит данные измерений прибора СИГМА-2, данные измерений Зонда КМУТ и результаты расчетов.

4. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ для каждого сеанса передачи данных не превышает ±10 байт в диапазоне измерений количества переданной (принятой) информации (данных) от 1 до 100 кбайт включительно, и $\pm 1 \cdot 10^{-4}$K байт в диапазоне от 100 кбайт до 100 Мбайт (где K – количество измеренной информации), определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) считается завершенным успешно;

б) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ хотя бы для одной сессии превышает нормированное значение, поверка прекращается до устранения неисправности. Если устранение неисправности невозможно, то поверка считается завершенной неуспешно.

10.3 Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных

1. Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных проводят методом измерения длительности осуществляемых сеансов передачи данных, проходящих через Зонд КМУТ. Схема поверки состоит из последовательно осуществляемых опытов, в каждом из которых Зонд КМУТ проводит измерение заведомо известного (эталонного) значения длительности. Результатом каждого опыта, то есть наблюдаемым событием, будет погрешность измерения, то есть разность между измеренным и подаваемым на вход эталонным значениями. Результат считается успешным, если погрешность измерения меньше или равна заданному предельно допустимому значению и неуспешным – в противном случае. Математический аппарат обработки результатов приведен в приложении А.

2. Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных выполняется с использованием ПО СИГМА-СИПД под управлением ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

3. Программа поверки с указанием эталонных значений длительности в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7 – Программа поверки при определении погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных

Этап	Длительность	Количество соединений
1	1 с	300
2	600 с	1
3	3600 с	1
	Всего:	302

Изменение программы поверки при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) возможно путем внесения изменений в файл конфигурации поверки и дальнейшей его загрузке в разделе «Поверка» ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в соответствии с руководством по эксплуатации.

4. При определении погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных прибор СИГМА-2 осуществляет с использованием протокола FTP установление и разрушение сеансов передачи данных калиброванной длительности с сервером хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ через поверяемый Зонд КМУТ, который осуществляет трансляцию получаемых/передаваемых команд управления сеансом передачи данных.

5. После выполнения заданной программы формирования сеансов передачи данных ПО СИГМА-КМУТ-Контроль автоматически запрашивает протокол измерений от Зонда КМУТ, осуществляет автоматическое сравнение и расчет результатов поверки, а также формирует файл-результат в формате «csv», который содержит данные измерений прибора СИГМА-2, данные измерений Зонда КМУТ и результаты расчетов.

6. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ для каждого сеанса передачи данных не превышает ±0,3 секунд в диапазоне измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных измерений количества переданной (принятой) информации (данных) от 1 до 3600 с поверка считается завершенной успешно;

б) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ хотя бы для одной сессии превышает нормированное значения – поверка прекращается до устранения неисправности. Если устранение неисправности невозможно, то поверка считается завершенной неуспешно.

10.4 Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных

1. Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных проводится методом сравнения с использованием данных, полученных прибором СИГМА-2 и измеренных Зондом при проведении операций по п. 10.2.

2. Вычисление значения выполняется для каждого из результатов измерений из 4-6 этапов по формуле:

$$\left(1 - \frac{V_{\text{Зонд}}}{V_{\text{СИГМА}-2}}\right) \cdot 100\%, \text{ где:}$$

$V_{\text{Зонд}}$ – значение, измеренное Зондом КМУТ при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации;

$V_{\text{СИГМА}-2}$ – значение, зарегистрированное СИГМА-2 при определении погрешности измерений количества переданной (принятой) информации.

3. ПО СИГМА-КМУТ-Контроль осуществляет автоматический расчет результатов определения погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных и индицирует его в протоколе поверки.

4. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ для каждого сеанса передачи данных не превышает ±1 % в заданном диапазоне измерений – поверка считается завершенной успешно;

б) при результате, когда погрешность измерений Зонда КМУТ хотя бы для одной сессии превышает нормированное значение, поверка считается завершенной неуспешно.

10.5 Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU)

1. Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени и привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP через интерфейс Ethernet проводят методом измерения разности (расхождения) шкал времени (далее также – ШВ), воспроизводимой Зондом КМУТ (сервером Системы КМУТ), относительно национальной ШВ UTC (SU).

2. Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) и привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP через интерфейс Ethernet выполняется с использованием ПО СИГМА-РШВ под управлением ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

3. При проведении измерений применяется прибор СИГМА-2, оснащенный приемником сигналов ГНСС ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, обеспечивающим синхронизацию ШВ внутренних часов со ШВ ГЛОНАСС (UTC SU).

4. Синхронизация ШВ Зондов КМУТ (сервера Системы КМУТ) обеспечивается по протоколу NTP от NTP-сервера источника синхронизации времени. При периодической поверке вместо источника первичного точного времени допускается применять сервер точного времени, обладающий функциями устройств синхронизации и коррекции времени, или источников точного времени, при условии, что он является средством измерения утвержденного типа и имеет действующее свидетельство о поверке.

5. При проведении измерений ШВ прибора СИГМА-2 выбирается в качестве опорной (эталонной).

6. Поскольку погрешность передачи ШВ UTC (SU) с помощью сигналов ГНСС пренебрежительно мала по сравнению с нормируемым значением погрешности измерений разности (расхождения) шкал времени, то этой погрешностью можно в дальнейшем пренебречь, и при определении погрешности измерений считать ШВ, передаваемую сигналами ГНСС, соответствующей ШВ UTC (SU).

7. Измерения разности ШВ проводятся на основании прямых измерений. Метод измерения заключается в сравнении двух ШВ (прибора СИГМА-2 и Зонда КМУТ (сервера Системы КМУТ)), регистрации результата сравнения (разности ШВ), многократном

автоматическом повторении измерений, вычислении среднего значения разности ШВ в одном измерении, вычислении среднего значения ШВ по сумме измерений, отображении окончательного результата измерений и вердикта (соответствия полученного значения разности ШВ допустимому (нормированному) значению).

8. При проведении измерений используются следующие параметры измерений СИГМА-РШВ:

`число запросов измерения: 10`

`число измерений: 400`

`период измерений: 1 с`

9. Обработку результатов измерений прибор СИГМА-2 выполняет в автоматическом режиме в несколько этапов:

– вычисление мгновенного значение ΔT_i разности (расхождения) ШВ своих часов и часов Зонда КМУТ (сервера Системы КМУТ) по формуле:

$$\Delta T_i = T_{NTPi} - T_{\text{ГЛОНАСС}i}$$

– вычисление результата измерения разности (расхождения) ШВ $\Delta T_{\text{изм}j}$, как отношения суммы всех измеренных мгновенных значений ΔT_i к количеству N запросов измерения по формуле:

$$\Delta T_{\text{изм}j} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \Delta T_i$$

– вычисление результата измерения разности (расхождения) ШВ ΔT, как отношения суммы всех вычисленных измерений разности (расхождения) ШВ, как отношения результата измерений разности (расхождения) ШВ $\Delta T_{\text{изм}i}$ к количеству измерений $N_{\text{изм}}$ по формуле:

$$\Delta T = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} \Delta T_{\text{изм}i}$$

10. После выполнения заданной программы ПО СИГМА-КМУТ-Контроль формирует файл-результат в формате «csv», который содержит данные измерений прибора СИГМА-2.

11. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) результат определения абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU) считается успешным, если результат измерения разности (расхождения) ШВ не превышает 0,3 с.

б) результат определения абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU) считается неуспешным, если результат измерения разности (расхождения) ШВ превышает 0,3 с.

10.6 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)

1. Схему измерений при определении погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных выбирают исходя из условий применения поверяемого Зонда КМУТ.

2. Для проведения первичной поверки или поверки Зонда КМУТ, не установленного на сети связи, руководствоваться требованиями п. 10.6.1.

3. Для проведения поверки Зонда КМУТ, установленного на сети связи, руководствоваться требованиями п. 10.6.2.

4. Определение диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных проводят методом сравнения с использованием имитатора параметров сетей передачи данных СИГМА-2.ИС и прибора СИГМА-2. Схема поверки состоит из последовательно осуществляемых опытов, в каждом из которых прибор СИГМА-2 и Зонд КМУТ проводят измерение заведомо известного (эталонного) значения средней задержки передачи пакетов данных.

5. Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных выполняется с использованием ПО СИГМА-СПД и имитатора параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС под управлением ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

6. В ходе поверки имитатор СИГМА-2.ИС обеспечивает реализацию заданных параметров сети передачи данных (средняя задержка передачи пакетов данных, вариация задержки передачи пакетов данных, потери).

7. Исходными данными для проведения измерения являются следующие задаваемые данные:

– IP-адрес назначения;

– длина тестового пакета;

– интервал между тестовыми пакетами;

– количество тестовых пакетов.

8. Поверка длится с учетом заданных значений, в процессе которой производится формирование потока пакетов от исходящего сетевого адаптера СИГМА-2 через имитатор СИГМА-2.ИС к входящему сетевому адаптеру СИГМА-2.

9. Во время передачи фиксируется время отправки (на исходящей стороне) и время приема (на входящей стороне) каждого пакета, синхронизированное с ШВ прибора СИГМА-2. Разность между временами приема пакета и его отправки – фиксируется, как время задержки пакета. Вычисляется и фиксируется среднее значение всех задержек прохождения пакетов потока. Это значение индицируется, как средняя задержка передачи пакетов данных (PD).

10.6.1 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при первичной поверке и поверке Зонда КМУТ, не установленного на сети связи

1. Для проведения первичной поверки или поверки Зонда КМУТ, не установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 7. При сборке схемы необходимо использовать коммутационные шнуры (патч-корды) одинаковой длины и категории, чтобы минимизировать их влияние на результаты поверки.

2. Учитывая, что поверка проводится в локальной сети, в которой отсутствует сторонний трафик, то значение средней задержки, вносимой коммутаторами СПД и линиями связи, можно считать постоянным, а организуемый канал связи симметричным.

3. Настройки параметров имитатора параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС при определении диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов приведены в ниже приведенной таблице 8.

Таблица 8 – Настройки параметров имитатора параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС при определении диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов

Значения настроек		**Опробование**	**Испытание**			
			№1	**№2**	**№3**	**№4**
Имитатора СИГМА-2.ИС	средняя задержка передачи пакетов данных	0 мс	5 мс	20 мс	200 мс	1000 мс
	вариация задержки пакетов	0 мкс				
	коэффициент потерь пакетов	0				
	полоса пропускания	100/1000 Мбит/с полный дуплекс				
Формирователя-измерителя СИГМА-2 Зонда КМУТ	Длина пакета	1500 байт				
	Задержка между тестовыми пакетами	10 мс				
	Количество тестовых пакетов	6000				
	Продолжительность одного измерения	≥ 60 с				
Допускается использовать другие значения параметров из расчета общего времени проведения одного измерения не менее 60 с и количества тестовых пакетов не менее 400.						

4. ПО СИГМА-КМУТ-Контроль обеспечивает автоматическую настройку параметров имитатора СИГМА-2.ИС, их проверку с использованием ПО СИГМА-СПД прибора СИГМА-2, управление Зондом КМУТ и получение результатов измерений с Зонда КМУТ в следующем порядке:

– проводится измерение с помощью прибора СИГМА-2 средней задержки передачи пакетов для опробования. Полученный результат ($t_{PD\ \text{схемы}}$) представляет собой совокупностью односторонних средних задержек передачи пакетов, вносимых каждым из элементов схемы измерений, и используется как поправочный коэффициент при установке значения вносимой задержки передачи пакетов имитатором СИГМА-2.ИС:

$$t_{PD\text{схемы}} = t_{PD\ \text{Имитатор}} + t_{PD\ \text{коммутатор СПД}} + \sum_{i=1}^{n} t_{PD\ \text{линий связи}}(i)$$

– на имитаторе СИГМА-2.ИС устанавливается значение вносимой имитатором сети задержки ($t_{PD\ \text{Имитатор}}$) с учетом поправочного коэффициента для контрольной точки №1:

$$t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) = t_{PD}(i) - t_{PD\text{схемы}}$$

где $t_{PD}(i)$ – значение средней задержки передачи пакетов в i-испытании.

– проводится измерение с помощью прибора СИГМА-2 средней задержки передачи пакетов для контрольной точки №1, воспроизводимое имитатором СИГМА-2.ИС.

– с помощью поверяемого Зонда КМУТ проводится измерение средней задержки передачи пакетов, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для контрольной точки №1 (см. Таблица) с использованием команды:

```
kmut-qual -h <IP-адрес сервера системы КМУТ> -s 100 –i 1000 –c 5
```

где ключи «`-s`» – размер тестового пакета, «`-i`» – интервал следования между пакетами, «`-c`» – кол-во пакетов в тестовой последовательности.

Управлением Зондом КМУТ и получение результатов измерений осуществляется ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

– вышеперечисленные действия повторяются для оставшихся контрольных точек.

5. После выполнения заданной программы ПО СИГМА-КМУТ-Контроль осуществляет автоматическое сравнение и расчет результатов поверки, а также формирует файл-результат в формате «csv», который содержит данные измерений прибора СИГМА-2 и данные измерений Зонда КМУТ.

6. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при успешном результате для каждой контрольной точки должно выполняться условие:

$$t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) - t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) \cdot 1\% \leq (t_{PD\text{КМУТ}}(i) - t_{PD\text{схемы}}) \leq \\ \leq t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) + t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) \cdot 1\%$$

б) если хотя бы для одной контрольной точки условие не выполняется, результат считается неуспешным.

10.6.2 Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при поверке Зонда КМУТ, установленного на сети связи

1. Для проведения поверки Зонда КМУТ, установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 8.

2. Поверка проводится на сети связи оператора связи, в которой присутствует сторонний трафик, в связи с этим поверку рекомендуется проводить в режиме эксплуатации сети без перегрузок, сбоев, вне периодов аномальной нагрузки на сеть связи, вызванной нетипичным профилем использования услуг (технические работы, техногенные происшествия, праздничные дни и т.п.).

3. Перед началом поверки выбираются контрольные точки, распределенные по диапазону измерений, в которых необходимо будет определять погрешность измерений поверяемого Зонда КМУТ. Для этого необходимо определить начальную точку доступного диапазона измерений.

4. ПО СИГМА-КМУТ-Контроль обеспечивает автоматическую настройку параметров имитатора СИГМА-2.ИС, их проверку с использованием ПО СИГМА-СПД прибора СИГМА-2, управление Зондом КМУТ и получение результатов измерений с Зонда КМУТ в следующем порядке:

– проводится с помощью поверяемого Зонда КМУТ многократное (не менее пяти) измерение средней задержки передачи пакетов между поверяемым Зондом КМУТ и сервером системы КМУТ (Зондом КМУТ), подключенном к имитатору СИГМА-2.ИС для этапа опробования (см. таблица 9) с использованием команды:

```
kmut-qual -h <IP-адрес сервер системы КМУТ> -s 100 –i 1000 –c 5
```

Таблица 9 – Настройки испытаний при определении диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов

Значения настроек		**Опробование, Испытание**
Имитатор СИГМА-2.ИС	средняя задержка передачи пакетов данных	0 мс
	вариация задержки пакетов данных	0 мкс
	коэффициент потерь пакетов данных	0
	полосы пропускания	100/1000 Мбит/с полный дуплекс
Формирователь-измеритель СИГМА-2 **Зонд КМУТ**	Длина пакета	1500 байт
	Задержка между тестовыми пакетами	10 мс
	Количество тестовых пакетов	6000
	Продолжительность одного измерения	≥ 60 с
Допускается использовать другие значения параметров из расчета общего времени проведения одного измерения не менее 60 с и количества тестовых пакетов не менее 400.		

– вычисляется усредненное значение двухсторонней задержки $t_{PD\Sigma}$ по формуле:

$$t_{PD\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{PD\Sigma}(i)}{n}$$

– с помощью прибора СИГМА-2 измеряется средняя задержка передачи пакетов, вносимых опытной зоной. Полученный результат $t_{PD\text{схемы}}$ будет являться совокупностью односторонних средних задержек, вносимых каждым из элементов схемы измерений, и должен использоваться как поправочный коэффициент при установке значения вносимой задержки передачи пакетов имитатором СИГМА-2.ИС:

$$t_{PD\text{схемы}} = t_{PD\ \text{Имитатор}} + \sum_{i=1}^{n} t_{PD\ \text{линий связи}}(i)$$

– Полученные значения $t_{PD\Sigma}$ и $t_{PD\text{схемы}}$ используются для выбора значений контрольных точек, в которых должна проводиться поверка Зонда КМУТ.

– выбор контрольных точек осуществляется в соответствие с таблицей 10, при этом если полученное значение контрольной точки не удовлетворяет неравенству, то в качестве контрольной точки выбирается наибольшее допустимое значение для данной точки. В случае, если значение начальной контрольной точки превышает верхнюю границу диапазона измерений (≥1,5 с) определение погрешности средней задержки передачи пакетов данных (PD) допускается не проводить.

Таблица 10

№ контрольной точки $t_{PD}(i)$	**Значение средней задержки передачи пакетов данных для имитатора СИГМА-2.ИС**
1	$(t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\ \text{схемы}}) \cdot 5 \leq 200$ мс
2	200 мс $< (t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\ \text{схемы}}) \cdot 15 \leq 500$ мс
3	500 мс $< (t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\ \text{схемы}}) \cdot 20 \leq 1000$ мс

–на приборе СИГМА-2.ИС устанавливаются значения параметров испытаний (см. Таблица) и значение вносимой имитатором сети задержки $t_{PD\,\text{Имитатор}}$ с учетом поправочного коэффициента и усреднённого значения задержки сети для контрольной точки №1:

$$t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) = t_{PD}(i) - t_{PD\Sigma}$$

где $t_{PD}(i)$ – значение средней задержки передачи пакетов в выбранной *i*-контрольной точке.

–с целью проверки значения воспроизводимой средней задержки передачи пакетов проводится измерение с помощью прибора СИГМА-2 средней задержки передачи пакетов для контрольной точки №1, воспроизводимое имитатором СИГМА-2.ИС в течение не менее 10 с. Проверка считается успешной, если в контрольной точке выполняется следующее условие:

$$(t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) - t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) \cdot 0{,}5\%) \le t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) \le (t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) + \\ + t_{PD\text{уст.Имитатор}}(i) \cdot 0{,}5\%).$$

–с помощью поверяемого Зонда КМУТ проводится измерение средней задержки передачи пакетов, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для контрольной точки №1 с учетом требований, изложенных в таблицах (см. Таблица , Таблица):

```
kmut-qual -h <IP-адрес сервера системы КМУТ> -s 100 –i 1000 –c 5
```

где ключи «`-s`» – размер тестового пакета, «`-i`» – интервал следования между пакетами, «`-c`» – кол-во пакетов в тестовой последовательности.

Управлением Зондом КМУТ и получение результатов измерений осуществляется ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

–вышеперечисленные действия повторяются для оставшихся контрольных точек.

5. После выполнения заданной программы ПО СИГМА-КМУТ-Контроль осуществляет автоматическое сравнение и расчет результатов поверки, а также формирует файл-результат в формате «csv», который содержит данные измерений прибора СИГМА-2 и данные измерений Зонда КМУТ.

6. Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при успешном результате для каждой контрольной точки должно выполняться условие:

$$(t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) - t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) \cdot 1\%) \le (t_{PD\text{КМУТ}}(i) - t_{PD\Sigma} + t_{PD\ \text{схемы}}) \le \\ \le (t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) + t_{PD\text{СИГМА}-2}(i) \cdot 1\%)$$

б) если хотя бы для одной контрольной точки условие не выполняется, результат считается неуспешным.

10.7 Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)

10.7.1 Так как средняя задержка передачи пакетов данных измеряется, как сумма задержек всех переданных пакетов, деленная на количество пакетов, то погрешность измерения средней задержки передачи пакетов равна сумме всех погрешностей измерений задержки каждого переданного пакета, то есть количеству переданных пакетов. Согласно требованиям (п. 10.6) минимальное количество тестовых пакетов, используемых для определения погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных, составляет не менее 60.

10.7.2 Вариация задержки передачи пакетов данных представляет собой разность только двух независимо измеренных значений задержки передачи пакетов данных: максимальной и минимальной. Следовательно, погрешность измерения вариации задержки передачи пакетов

данных равна суммарному значению погрешностей всего двух измерений задержки передачи пакетов данных и можно утверждать, что погрешность измерения вариации задержки передачи пакетов не может превышать погрешность измерения средней задержки передачи пакетов данных, определяемой в п. 10.6.

10.7.3 Ввиду однородности причин возникновения погрешностей при измерении средней задержки и вариации задержки передачи пакетов и с учетом вышеуказанного определение погрешности измерения вариации задержки передачи пакетов данных проводят косвенным методом по результатам определения погрешности средней задержки передачи пакетов данных следующим образом:

а) успешно, если оценка результата определения погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных завершена успешно (погрешность измерений средней задержки передачи пакетов данных не превышает 1%);

б) неуспешно, если результат определения погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных превышает 1%).

10.8 Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)

10.8.1 Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных проводят методом сравнения с использованием имитатора параметров сетей передачи данных СИГМА-2.ИС и прибора СИГМА-2.

10.8.2 Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке 7.

10.8.3 Учитывая, что поверка проводится в локальной сети, в которой отсутствует сторонний трафик, то можно принять, что потери, вносимые активным оборудованием и линиями связи, отсутствуют.

Таблица 11 – Настройки испытаний при определении диапазона и погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Значения настроек</th><th rowspan="2">Опробование</th><th colspan="3">Испытание</th></tr>
<tr><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Имитатора СИГМА-2.ИС</td><td>средняя задержка передачи пакетов данных</td><td colspan="4">0 мс</td></tr>
<tr><td>вариация задержки пакетов</td><td colspan="4">0 мкс</td></tr>
<tr><td>коэффициента потерь пакетов</td><td>0</td><td>0,01</td><td>0,1</td><td>0,9</td></tr>
<tr><td>полосы пропускания</td><td colspan="4">100 Мбит/с
полный дуплекс</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Формирователя-измерителя СИГМА-2

Зонда КМУТ</td><td>Длина пакета</td><td colspan="4">1500 байт</td></tr>
<tr><td>Задержка между тестовыми пакетами</td><td colspan="4">6 мс</td></tr>
<tr><td>Количество тестовых пакетов</td><td colspan="4">не менее 100 000</td></tr>
<tr><td>Максимальное время ожидания прихода пакета</td><td colspan="4">3 с</td></tr>
</table>

10.8.4 ПО СИГМА-КМУТ-Контроль обеспечивает автоматическую настройку параметров имитатора СИГМА-2.ИС, их проверку с использованием ПО СИГМА-СПД прибора СИГМА-2, управление Зондом КМУТ и получение результатов измерений с Зонда КМУТ в следующем порядке:

- с помощью прибора СИГМА-2 и Зонда КМУТ измеряется коэффициент потерь пакетов данных, воспроизводимый имитатором СИГМА-2.ИС, для опробования. Опробование считается успешным, если значение коэффициента потерь пакетов равно установленному значению (0) с учетом МХ прибора СИГМА-2 и Зонда КМУТ, в противном случае увеличивается значение задержки между тестовыми пакетами и измерение повторяется;
- с помощью прибора СИГМА-2 проводится измерение коэффициента потерь пакетов данных, воспроизводимого имитатором СИГМА-2, для каждой из контрольных точек (см. таблица 11), в качестве значения задержки между тестовыми пакетами используется значение, полученное при успешном опробовании для прибора СИГМА-2.
- с помощью Зонда КМУТ проводится измерение коэффициента потерь пакетов данных, воспроизводимых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из контрольных точек, в качестве значения задержки между тестовыми пакетами используется значение, полученное при успешном опробовании для Зонда КМУТ с использованием команды:

kmut-qual -h <IP-адрес сервера системы КМУТ> -s 100 –i 1000 –c 5

где ключи «-s» – размер тестового пакета, «-i» – интервал следования между пакетами, «-c» – кол-во пакетов в тестовой последовательности.

Управлением Зондом КМУТ и получение результатов измерений осуществляется ПО СИГМА-КМУТ-Контроль в автоматическом режиме.

- вышеперечисленные действия повторяются для оставшихся контрольных точек.

10.8.5 Результаты определения погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных будут сохранены и отражены в протоколе поверки.

10.8.6 Результаты поверки оцениваются автоматически (успешно, неуспешно):

а) при успешном результате разность полученных значений не должна превышать $3 \cdot 10^{-5}$;

б) при неуспешном результате разность полученных значений превышает $3 \cdot 10^{-5}$.

10.9 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.9.1 Обработка результатов измерений и определение МХ для части операций поверки проводится полностью автоматически в рабочем эталоне единиц объёмов (количества) цифровой информации (данных) по Приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. № 1707 "Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных по соответствующей программе.

10.9.2 Зонды КМУТ считаются прошедшими поверку (подтвердившими соответствие метрологическим требованиям), если:

- диапазон измерений количества переданной (принятой) информации (данных) составляет от 1 до 10^8 байт;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) при передаче количества информации менее или равно 100 кбайт не превышают ±10 байт;

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных) при передаче количества информации более 100 кбайт находятся в пределах $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ K байт, где K – количество переданной информации (данных) байт;

- диапазон измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных составляет от 1 до 3600 с;

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных составляют ±0,3 с;

- диапазон измерений пропускной способности канала передачи данных составляет: от 100 до $200 \cdot 10^3$ кбит/с;

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных составляют ±1 %;

- пределы допускаемой абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) составляют ±0,3 с;

- диапазон измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) составляет от 0 до $1{,}5 \cdot 10^6$ мкс;

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне составляют ±(0,5…1) %;

- диапазон измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV) составляет от 0 до $1 \cdot 10^5$ мкс;

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV) составляют ±(0,5…1) %;

- диапазон измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL) составляет от 0 до 1;

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента потерь пакетов не превышают значение $\pm 3{,}0 \cdot 10^{-5}$

В противном случае прибор дальнейшей поверке не подвергается, бракуется и направляется в ремонт или для проведения настройки.

10.9.3 Зонды КМУТ не применяются в качестве эталонов.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки подтверждаются сведениями, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

11.2 В случае организации поверки для меньшего числа измеряемых величин, в сведениях о поверке должны быть отражены сведения об объеме проведенной поверки.

11.3 В случае положительных результатов поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное по установленной форме.

11.4 В случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдается извещение о непригодности к применению средства измерений по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством.

11.5 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, результаты поверки могут быть оформлены протоколом поверки в произвольной форме.

11.6 После выполнения поверки ПО СИГМА-КМУТ-Контроль осуществляет сравнение и расчет результатов поверки, а также формирует файл-результат в формате «csv» и протокол, которые содержат данные измерений прибора СИГМА-2, данные измерений Зонда КМУТ и результаты расчетов в автоматическом режиме.

11.7 В связи с условиями эксплуатации знак поверки на Зонды КМУТ не наносится. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки, оттиска поверительного клейма или иным способом изготовленного условного изображения (в случае наличия заявления о выдачи свидетельства владельцу СИ или лицу, представившему их на поверку).

Приложение А

(справочное)

Характеристики прибора СИГМА-2

Математический аппарат обработки результатов

А.1 Формирователь – измеритель соединений универсальный СИГМА. Общие сведения.

Формирователи – измерители соединений СИГМА-2 (далее – Приборы) предназначены для:

- формирования и измерений длительности телефонных соединений, сеансов передачи данных, объемов переданной и принятой информации (данных);
- статистического анализа информации, полученной из систем измерений длительности соединений (далее – СИДС) или систем измерений передачи данных (далее – СИПД) оборудования связи;
- измерения разности (расхождения) шкал времени в сетях операторов связи относительно национальной шкалы времени Российской Федерации UTC (SU);
- хранения и воспроизведения внутренней шкалы времени, синхронизированной с национальной шкалой времени Российской Федерации UTC (SU) по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ГНСС) ГЛОНАСС/GPS или по сети Интернет путем установления связи с серверами точного времени, используя протокол NTP;
- измерения параметров сетей передачи данных, выполняемых при обеспечении целостности и устойчивости функционирования сети связи общего пользования.

Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений разности (расхождения) шкал времени относительно национальной шкалы времени Российской Федерации UTC (SU) в режиме синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS, в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до 86400 с, мс	±0,5
Пределы допускаемой абсолютной погрешности расхождения шкалы времени Прибора со шкалой времени Российской Федерации UTC (SU) при отсутствии синхронизации по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS, мс/сутки, не более	±150
Пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с, с	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с, с	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности телефонного соединения с использованием таксофона в диапазоне от 1 до 600 с, с	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений переноса единиц объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт, байт	±0
Погрешность измерений единиц объемов (количества) информации, принимаемой в сеансе передачи данных в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт, байт	±1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс, мкс	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $1{,}5 \cdot 10^6$ мкс, мкс	±10

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс, мкс	±0,05
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ мкс, мкс	±10
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных в диапазоне от 0 до 1	$\pm 1{,}5 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных в диапазоне от $10 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^9$ бит/с, %	±0,5

А.2 Математический аппарат обработки результатов

1. Исходные данные

Δt – предельно допустимое значение погрешности измерения длительности;

ΔV – предельно допустимое значение погрешности измерения количества переданной (принятой) информации;

$P_{\text{ДОВ}}$ – доверительная вероятность (принимается 0,95);

P_0 – предельно допустимая вероятность превышения допустимых значений погрешности измерений – 10^{-2} (выбирается из компромиссным соображений, так чтобы обеспечить репрезентативность выборки и одновременно минимизировать ее объем).

2. Модель испытаний:

Проводимые испытания представляет собой последовательность независимых друг от друга опытов, в которых вероятность успеха – p, вероятность неуспеха (отказа) $q = (1 - p)$. Причем эти вероятности независимы и одинаковы для каждого опыта. Тогда, число успехов S из n проводимых опытов - является случайной величиной, распределенной по биномиальному закону:

$$\mathrm{P}(S < s) = \sum_{k=0}^{S} \binom{k}{n} p^k (1-p)^{n-k}, \quad (1)$$

где $\mathrm{P}(S < s)$ – вероятность того, что число успехов не превысит величины s.

В модели событием (успешным или неуспешным) будет каждый результат измерения контролируемого параметра.

Событие (измерение) считается успешным событие, если погрешность измерения меньше или равна установленному нормативным документом предельно допустимому значению погрешности, в противном случае событие (измерение) считается неуспешным. Неуспешным, также считается измерение, результат которого не зафиксирован.

Тогда, p – вероятность появления успешного события, а q – вероятность появления неуспешного события (отказа).

3. Критерии завершения испытаний:

В ходе проведения испытаний требуется проверить, что оцениваемое значение $\overline{q} < P_0$ при выбранном значении доверительной вероятности.

Вероятность $\mathrm{P}(S < s)$ можно рассматривать, как вероятность попадания оцениваемой величины $\overline{q}$ в заданный интервал $[0, q]$.

Т.е. должно выполняться соотношение $\mathrm{P}(S < s) = P_{\text{дов}}$, или, исходя из (1):

$$\sum_{k=0}^{s} \binom{k}{n} (1 - P_0)^k P_0^{n-k} \geq P_{\text{дов}} \quad (2)$$

Из соотношения (2) находим s. Фактически это означает, что при вероятности отказа (ошибки измерения), равной P_0, с вероятностью $P_{\text{дов}}$ будут успешными не более s измерений.

Иначе говоря, если в серии из n испытаний число отказов составит не более, чем $y = (n - s)$, то можно утверждать, вероятность неправильной работы меньше предельно допустимой. Обозначим это значение $y_{\text{н}}$.

Аналогично, из соотношения (3), можно определить значение s и, соответственно, $y = (n - s)$, при котором вероятность неправильной работы контролируемой системы измерений – окажется больше предельно допустимой. Обозначим его $y_{\text{в}}$.

$$\sum_{k=0}^{s} \binom{k}{n} (1 - P_0)^{n-k} \geq P_{\text{дов}} \quad (3)$$

Таким образом, в процессе проведения испытаний, в соответствующие моменты времени, проводится анализ зафиксированного количества ошибок (отказов) y на соответствие границам $y_{\text{н}}$ и $y_{\text{в}}$,определенным, в соответствие с (2) и (3).

Если $y < y_{\text{н}}$, то испытания закончены, результат **УСПЕШНО**;

Если $y < y_{\text{в}}$, то испытания закончены, результат **НЕУСПЕШНО**;

Если $y_{\text{н}} < y < y_{\text{н}}$, то испытания следует продолжать, **ДАННЫХ НЕДОСТАТОЧНО**;

Результаты расчетов, определяющие соотношения необходимого числа испытаний и зафиксированного числа ошибок (измерений, превышающих допустимую погрешность) приведены в Таблице А.1.

Таблица А.1

Вероятность	ошибки P_0	0,01
Число испытаний	Успешно если ошибок меньше или равно	Неуспешно если ошибок больше
300	1	6
473	2	9
628	3	11
773	4	13
913	5	14
1049	6	16
1182	7	18
1312	8	19
1441	9	21
1568	10	22
1693	11	24
1818	12	25
1941	13	27
2064	14	28
2185	15	30
2306	16	31

Т.е, если проведено 300 испытаний (измерений) и число ошибок (превышения допустимой погрешности) не более 1, то вероятность безотказной работы контролируемого Зонда не превосходит P_0. Если же число ошибок превысило 6, то вероятность отказа для данного Зонда заведомо превышает P_0.

4. Точечные и интервальные оценки погрешности

Оцениваемая погрешность измерений – это случайная величина, обозначим её X.

Набор значений этой величины мы можем вычислить для каждого измерения, как разность между эталонным (задаваемым прибором СИГМА-2) значением и значением, измеренным контролируемым оборудованием.

$$X_i = Э_{Т_i} - Изм_i$$

Таким образом, после *n* измерений получим набор значений погрешности измерений от X_1 до X_n.

Нашей задачей является оценка математического ожидания и дисперсии погрешности, их интервальных оценок с доверительной вероятностью 0,95.

Погрешность измерений является случайной величиной. На практике, принимают, что эти погрешности имеют нормальное распределение. Это обусловлено тем, что погрешности измерений складываются из большого числа небольших воздействий, ни одно из которых не является преобладающим. Согласно же центральной предельной теореме сумма бесконечно большого числа взаимно независимых бесконечно малых случайных величин с любыми распределениями имеет нормальное распределение**.**

Реально, даже воздействие ограниченного числа воздействий, приводит к нормальному распределению погрешностей результатов измерений.

Вычисление точечных и интервальных оценок проводится после окончания испытаний, на основе данных о погрешностях, зафиксированных в каждом измерении.

4.1 Систематическая составляющая погрешности – это матожидание. При многократных измерениях эффективной оценкой математического ожидания для группы из n наблюдений является среднее арифметическое $\overline{x}$:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{4}$$

4.2 Оценка СКО (среднего квадратического отклонения) систематической погрешности:

$$S = \frac{\sigma_{\text{в}}}{\sqrt{n}} \tag{5}$$

$$\sigma_{\text{В}} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i}^{n} (x_i - \bar{x})^2} \tag{6}$$

4.3 Доверительный (95 %) интервал систематической составляющей погрешности:

$$a = \bar{x} \pm 1{,}96 \cdot s \tag{7}$$

Значение 1,96 (обратная функция Лапласа для значения доверительной вероятности 0,95) выбирается ввиду того, что при выбранном нами объеме испытаний, распределение Стьюдента аппроксимируется нормальным распределением.

4.4 Доверительный (95 %) интервал для СКО систематической погрешности (при больших выборках):

$$\frac{\sqrt{2n}}{\sqrt{2n-3}+1{,}96} \cdot s \le \sigma \le \frac{\sqrt{2n}}{\sqrt{2n-3}-1{,}96} \cdot s \tag{8}$$

4.5 Доверительный (95 %) интервал, в котором находится значение суммарной погрешности:

$$X_{min} \le X_{\text{СУМ}} \le X_{max} \tag{9}$$

min и *max* – это минимальное и максимальное значения погрешности соответствующего измерения.

4.6 Доверительный интервал вероятности ошибки (отказа).

Доверительный (95 %) интервал вероятности ошибки оценивается на основе соотношения между значениями количества ошибок (отказов) *n* и объемом проведенных испытаний (количеством сеансов/соединений) *N***.**

Эти оценки для количества ошибок *n*, в диапазоне от 0 до 5 просчитаны заранее и представлены в таблице А.2.

Таблица А.2.

Количество ошибок, *N*	P_{min}	P_{max}
0	0,00017	0,009
1	0,0012	0,016
2	0,0027	0,02
3	0,005	0,03
4	0,006	0,03
5	0,009	0,04

Для значений n > 5 доверительный интервал для вероятности ошибки рассчитывается по формулам 10 и 11.

$$P_{min} = \omega - 1{,}96 \cdot \sqrt{\frac{\omega(1-\omega)}{n}} \quad (10)$$

$$P_{max} = \omega + 1{,}96 \cdot \sqrt{\frac{\omega(1-\omega)}{n}} \quad (11)$$

где: $\omega = \frac{n}{N}$

Примечание: если при расчете получаются отрицательные значения СКО или вероятностей – эти значения следует заменить на ноль.