

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ООО «НТЦ СОТСБИ»

В. Ю. Гойхман



«28» февраля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**ЗОНДЫ ПЕРИФЕРИЙНОГО УЗЛА
СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП5295-003-63551267-2022

2023 г.

Содержание

1	Общие положения	3
2	Перечень операций поверки	5
3	Требования к условиям проведения поверки	6
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	6
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	9
8.2	Идентификация программного обеспечения	10
9	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	10
9.1	Подготовка к поверке	10
9.2	Опробование	12
10	Определение метрологических характеристик	16
10.1	Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных)	18
10.2	Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных	27
10.3	Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL) ..	29
10.4	Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных	29
10.5	Определение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации	30
10.6	Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU)	31
10.7	Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)	34
10.8	Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)	43
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	43
12	Оформление результатов поверки	45
	Приложение А	47
	Характеристики прибора СИГМА-2	47
	Математический аппарат обработки результатов	47
	А.1 Формирователь – измеритель соединений универсальный СИГМА. Общие сведения	47
	А.2 Математический аппарат обработки результатов	48
	Приложение Б	53
	Приложение В	54

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее также – МП) распространяется на Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком (далее – зонды КМУТ), производства Общества с ограниченной ответственностью «Инженер Центр», Московская обл., г. Химки, и устанавливает объем, методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком (версия ПО не ниже 4), производства ООО «Инженер Центр», Московская обл., г. Химки, предназначены для измерений параметров сетей передачи данных.

1.3 Настоящая методика поверки распространяется на Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком, входящие в состав Системы контроля, мониторинга и управления трафиком (далее – Система КМУТ), следующих модификаций: КМУТ М4, КМУТ-10 М1. В зависимости от функциональных возможностей и конструктивного исполнения Зонды КМУТ позволяют:

- проводить измерение характеристик трафика в сети связи, в том числе с подключением по волоконно-оптическим линиям связи (модификации КМУТ-10 М1);
- обеспечивать резервирование каналов связи (услуг связи) с использованием протокола динамической маршрутизации BGP;
- определять наличие напряжения в сети электропитания Зондов КМУТ, распределенных по сети связи в составе Систем КМУТ, с привязкой к системной шкале времени (режим синхронизации от сервера Системы КМУТ) относительно национальной шкалы времени UTC (SU), хранение в памяти и выдача информации в серверы Систем КМУТ о событиях выключения, временного интервала отсутствия и включения электропитания.

1.4 Методика разработана в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 2907 от 28.08.2020, рекомендацией РМГ 51-2002 «ГСИ Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения» и ГОСТ Р 8.973-2019 «ГСИ. Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению».

1.5 Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единиц измерений объемов передаваемой цифровой информации по каналам Интернет и телефонии (ГЭТ 200-2012) при поверке зондов КМУТ обеспечена согласно ГОСТ Р 8.873-2014 «ГСИ. Государственная поверочная схема для технических систем и устройств с измерительными функциями, осуществляющих измерения объемов (количества) цифровой информации (данных), передаваемых по каналам интернет и телефонии», утвержденного Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июня 2014 г. N 666-ст.

Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ 1-2022) при поверке Зондов периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком обеспечена согласно документу «Государственная поверочная схема для средств измерений времени и частоты», утвержденная Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360.

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

1.7 В методике поверки приведены команды, их синтаксис и результат вывода в командной строке. В зависимости от версии внутреннего ПО поверяемого зонда, назначение команд, их синтаксис и результат могут отличаться от приведенных в методике поверки, в связи с чем при проведении поверки следовать требованиям руководства по эксплуатации.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта стандарта на методику поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7	Да	Нет
Идентификация программного обеспечения	8.2	Да	Да
Подготовка к поверке	9.1	Да	Да
Опробование	9.2	Да	Да
Определение метрологических характеристик:			
Определение погрешности измерений количества переданной (принятой) информации (данных)	10.1	Да	Да
Определение погрешности измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных	10.2	Да	Да
Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных	10.3	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации	10.4	Да	Нет
Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU)	10.5	Да	Да
Определение погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)	10.6	Да	Да
Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)	10.7	Да	Нет
Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)	10.8	Да	Нет
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

2.2 При использовании средств поверки, указанных в таблице 2, норма времени на проведение поверки одного зонда КМУТ составляет не более 2-х часов. Прибор СИГМА-2 поддерживает режим многоканальной автоматизированной поверки зондов КМУТ, при этом количество одновременно поверяемых зондов КМУТ ограничено производительностью сети. При работе в данном режиме норма времени на проведение поверки одного зонда КМУТ составляет не более 1,5 часов при проведении поверки по каналам связи с пропускной способностью не менее 1 Гбит/с.

2.3 Допускается проведение поверки меньшего числа измеряемых величин или на меньшем поддиапазоне измерений.

2.4 При проведении первичной поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, допускается проводить поверку в объеме периодической поверки.

2.5 В случае получения отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенной в таблице 1, поверка прекращается, а владелец СИ извещается об отрицательных результатах поверки. Повторная поверка проводится в полном объеме после проверки параметров сети и зондов КМУТ, а также устранения неисправности, вызвавшей отрицательные результаты поверки. Допускается проведение повторной поверки в сокращенном объеме.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106 кПа.

Электропитание средств поверки и Зондов периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком 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:

- изучившие документ ЦТСВ.466961.002 РЭ «Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком. Руководство по эксплуатации», эксплуатационную документацию на основные и вспомогательные средства поверки и настоящую методику поверки;
- имеющие навык работы в операционной среде Linux, пакетах офисных программ;
- обладающие знаниями в области телекоммуникаций, IP-технологий, сетей передачи данных.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки и эталоны, приведенные в таблице 2.

5.3 Для определения условий проведения поверки используют вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

5.4 Эталоны единиц величин должны быть утвержденного типа в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. N 734.

5.5 Средства измерений должны быть утвержденного типа.

5.6 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.

5.7 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 2 – 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, 10.2, 10.4 – 10.8	Диапазон измерений переноса эталонных единиц количества (объемов) информации от 1 байта до 1 Тбайт, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений переноса единиц количества (объемов) информации 0 байт. Диапазон измерений количества (объемов) информации от 1 байта до 1 Тбайт, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений единиц количества (объемов) информации, принимаемой в сеансе передачи данных ± 1 байт. Пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с $\pm 0,05$ с. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с $\pm 0,05$ с. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс $\pm 0,05$ 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.	Формирователь – измеритель соединений универсальный СИГМА-2 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
	<p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс $\pm 0,05$ мкс.</p> <p>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.</p> <p>Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных в диапазоне от 0 до $1 \pm 1,5 \cdot 10^{-5}$</p> <p>Пределы допускаемой относительной погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных в диапазоне от $10 \cdot 10^3$ до $4 \cdot 10^9$ бит/с $\pm 0,5\%$</p>	
9.2, 10.1, 10.2, 10.4, 10.6	Пределы допускаемой абсолютной погрешности привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP через интерфейс Ethernet ± 100 мкс	Источники первичные точного времени УКУС-ПИ 02ДМ
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 $\pm (0,07 + 0,02)$, где первое слагаемое – процент от измеренного значения, второе слагаемое – процент от предела измерений	Цифровой мультиметр 34460А
9.2	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности (после введения поправок из паспорта) $\pm 0,2$ кПа, пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности (после введения поправок из паспорта) $\pm 0,5$ кПа в диапазоне от 80 до 106 кПа	Барометр БАММ-1
9.2	<p>Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений температуры при температуре воздуха в зоне измерений $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ $\pm 0,5^\circ\text{C}$, пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений при изменении температуры на каждые $10^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне от 0 до 50°C;</p> <p>Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений относительной влажности при температуре воздуха в зоне измерений $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ $\pm 5\%$, пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности при изменении температуры на каждые $10^\circ\text{C} \pm 5\%$ в диапазоне от 10 до 98 %</p>	Измеритель температуры и влажности ТКА-ПКМ
9.2, 10.1 –	Технология Ethernet, 10/100/1000 Base-T, не менее 5 портов	Сетевой коммутатор уровня L2 (2 шт.)
9.2, 10.1 – 10.4, 10.6 – 10.8	Аппаратно-программный комплекс	сервер системы контроля, мониторинга и управления трафиком или зонд КМУТ
<p>1) Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.</p> <p>2) В приложении А приведены характеристики прибора СИГМА и математический аппарат, положенный в основу обработки результатов поверки (испытаний).</p>		

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:

- отсутствие механических повреждений;
- чистоту разъемов;
- наличие маркировки согласно требованиям руководства по эксплуатации и техническим условиям.

7.2 Визуально проверить комплектность Зондов на соответствие формуляру.

7.3 В случае удаленной поверки (при установке зонда КМУТ 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
```

8.2 Идентификация программного обеспечения

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

`os_version`

Пример индицирования в командной строке приведен ниже:

```
user@03_50820 $ os_version
ЭХО-Зонд 2.0
6.3.4.83
```

Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные соответствуют данным, указанным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ЭХО – Зонд 2.0.
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 4
Цифровой идентификатор ПО	указывается в формуляре
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	md5

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 «Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком. Руководство по эксплуатации. ЦТСВ.466961.002 РЭ».

9.1.2 Перед проведением поверки необходимо провести следующие подготовительные работы:

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

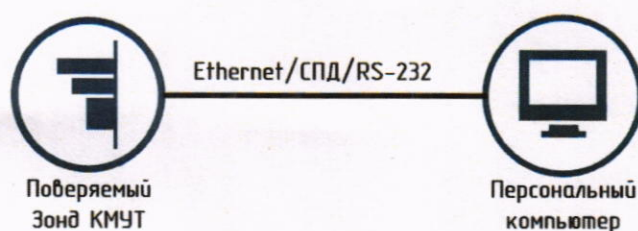


Рисунок 1 – Схема измерений для настройки сетевого интерфейса зонда КМУТ

3. Получить данные для подключения к зонду 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.

В случае отсутствия данных для доступа к зонду КМУТ необходимо осуществить возврат к заводским настройкам в соответствии с документом «Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком. Руководство по эксплуатации. ЦТСВ.466961.002 РЭ».

4. При необходимости осуществить настройку сетевого интерфейса зонда КМУТ в соответствии с Приложением Б документа «Зонды периферийного узла Системы контроля, мониторинга и управления трафиком. Руководство по эксплуатации. ЦТСВ.466961.002 РЭ». Для этого:

- осуществить подключение к зонду КМУТ с использованием сетевой карты (Ethernet) ПК или консольного порта.

При подключении с использованием сетевой карты (Ethernet) ПК предварительно вручную настроить порт сетевой карты ПК и назначить IP-адрес из того же адресного пространства, что и IP-адрес зонда КМУТ. IP-адрес зонда КМУТ указывается на верхней панели зонда, в формуляре или руководстве по эксплуатации.

При подключении по консольному порту использовать настройки, указанные в руководстве по эксплуатации для конкретной модификации 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/networking 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. Допускается проведение первичной поверки зондов КМУТ одного типа при выпуске их из производства до ввода в эксплуатацию на основании выборки. 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 (в виду важности принятия правильного решения). Приемочное число $A_c = 0$, браковочное число $Re = 1$.

При отсутствии в выборке непригодных зондов КМУТ всю партию принимают, а при наличии в выборке, хотя бы 1 непригодного зонда КМУТ всю партию бракуют и подвергают сплошному контролю.

Пример выбора плана контроля и количества проверяемых изделий в выборке для партий 100 и 1000 шт. приведены в Приложении Б и В, соответственно.

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование проводят в несколько этапов.

1 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 источника первичного точного времени для обеспечения связности между проверяемым зондом КМУТ и источником первичного точного времени. Источник первичного точного 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 источника первичного точного времени в месте уверенного приема сигналов точного времени, передаваемых ГЛОНАСС/ГЛОНАСС/GPS.

3. По индикаторам отображения состояния устройства источника первичного точного времени убедиться, что источник вошел в режим нормальной работы, часы синхронизированы (состояние индикаторов: «Устройство» – зеленый (мигает), «СРНС» – зеленый (горит), «Частота» – зеленый (горит), «Время» – зеленый (горит)).
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 в конфигурационном файле `/etc/ntp.conf`:

`server < IP адрес сервера> iburst`

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

`/etc/init.d/ntp 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 $\pm 0,1$ 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-ftp-proxy restart
```

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

```
ps axfu | 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 результата 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 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

1. Перед проведением поверки необходимо:

- проверить срок действия свидетельств о поверке применяемых эталонов и средств измерений;
- собрать схему измерений, приведенную на рисунке 4 (при локальной поверке зонда КМУТ) или рисунке 5 (при поверке зонда КМУТ, установленного на сети связи). Прибор СИГМА-2 поддерживает автоматизированное проведение поверки в многоканальном режиме. Для проведения поверки в таком режиме необходимо получить у лица, предоставившего зонды КМУТ на поверку файл с указанием идентификаторов зондов КМУТ, подлежащих поверке с указанием данных для доступа к поверяемому зонду КМУТ (логин, пароль, IP-адрес);

- проверить настройки модуля метрологической поверки зонда КМУТ. Удостовериться, что параметры настроек содержат корректный IP адрес и порт сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ.
 - 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;
 - по индикаторам отображения состояния устройства источника первичного точного времени убедиться, что источник вошел в режим нормальной работы, часы синхронизированы (состояние индикаторов: «Устройство» – зеленый (мигает), «СРНС» – зеленый (горит), «Частота» – зеленый (горит), «Время» – зеленый (горит).
2. При проведении поверки запрещается:
- проводить работы по монтажу и демонтажу оборудования;
 - производить работы по подключению соединительных кабелей при включенном питании ПЭВМ и рабочих эталонов.
3. При обработке результатов измерений руководствоваться положениями ГОСТ Р 8.736-2011 и математическим аппаратом обработки результатов поверки, приведенном в приложении А.

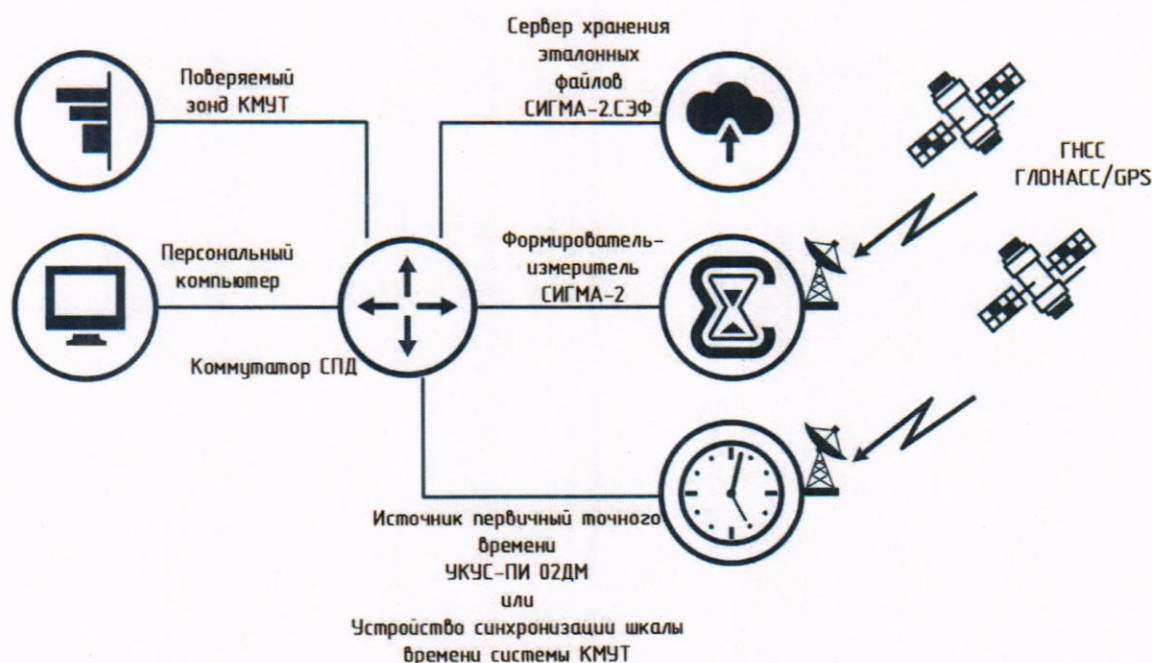


Рисунок 4 – Схема измерений при поверке зонда КМУТ

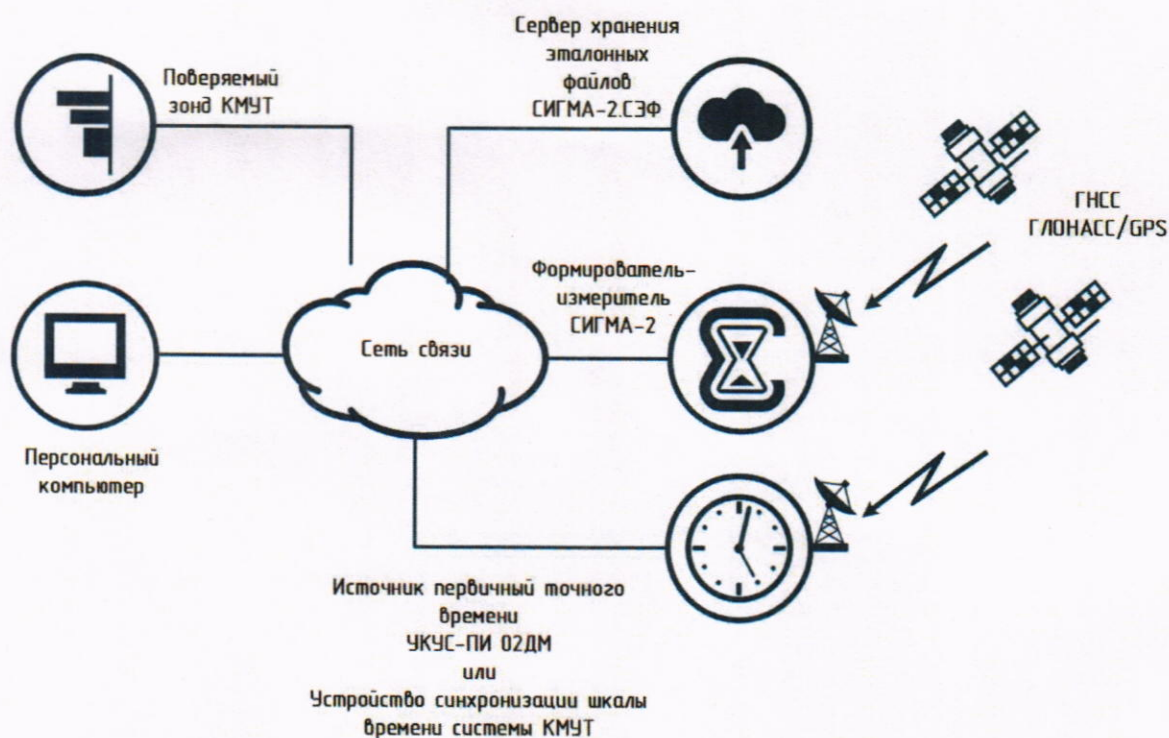


Рисунок 5 – Схема измерений при поверке зонда КМУТ, установленного на сети связи

10.1 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. Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке 4, для проведения поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, схема измерений, приведенная на рисунке 5. При проведении первичной поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, допускается проводить поверку в объеме периодической поверки. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований п. 9.1.
5. Проверить настройки модуля метрологической поверки зонда КМУТ в соответствии с разделом 9. Удостовериться, что параметры настроек содержат корректный IP адрес сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ.
6. На рабочем столе прибора СИГМА-2 расположены пиктограммы, ассоциированные с программным обеспечением СИГМА-2 (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Рабочий стол прибора СИГМА-2

- Щелкнуть по пиктограмме СИГМА-СИПД, откроется основное окно подпрограммы формирователя-измерителя соединений СИГМА-СИПД (см. Рисунок 7).

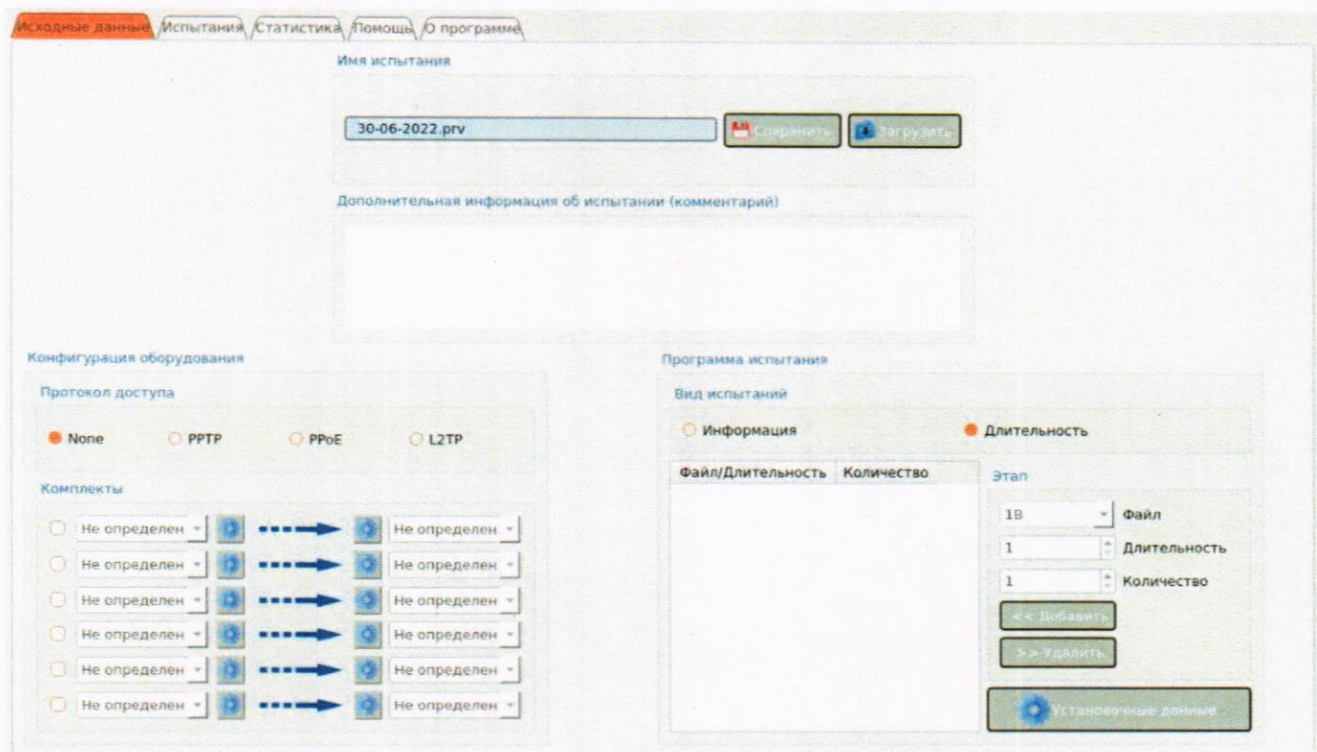



Рисунок 7 – Основное окно подпрограммы СИГМА-СИПД

8. Создать новое испытание, для чего осуществить настройку конфигурации используемого оборудования и выбрать следующие параметры испытания:

Протокол доступа: None

Комплекты: Сервер → eth0

Вид испытаний: Информация

9. В качестве входящего комплекта использовать сетевой интерфейс прибора СИГМА-2, подключенный в локальную вычислительную сеть в соответствии со схемой на рисунке 4, и имеющий IP-адрес в том же адресном пространстве, что и испытываемый зонд КМУТ. При поверке зонда КМУТ, установленного на сети связи, использовать сетевые настройки, согласованные с лицом, предоставившим зонд КМУТ на поверку.
11. В качестве исходящего комплекта использовать «Сервер» и осуществить настройку его параметров, для чего нажать кнопку настроек рядом используемым комплектом  и ввести параметры сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ, где в поле «Адрес» ввести IP адреса испытываемого образца зонда КМУТ, который будет осуществлять трансляцию получаемых файлов эталонных объемов на сервер хранения эталонных файлов (см. Рисунок 8).

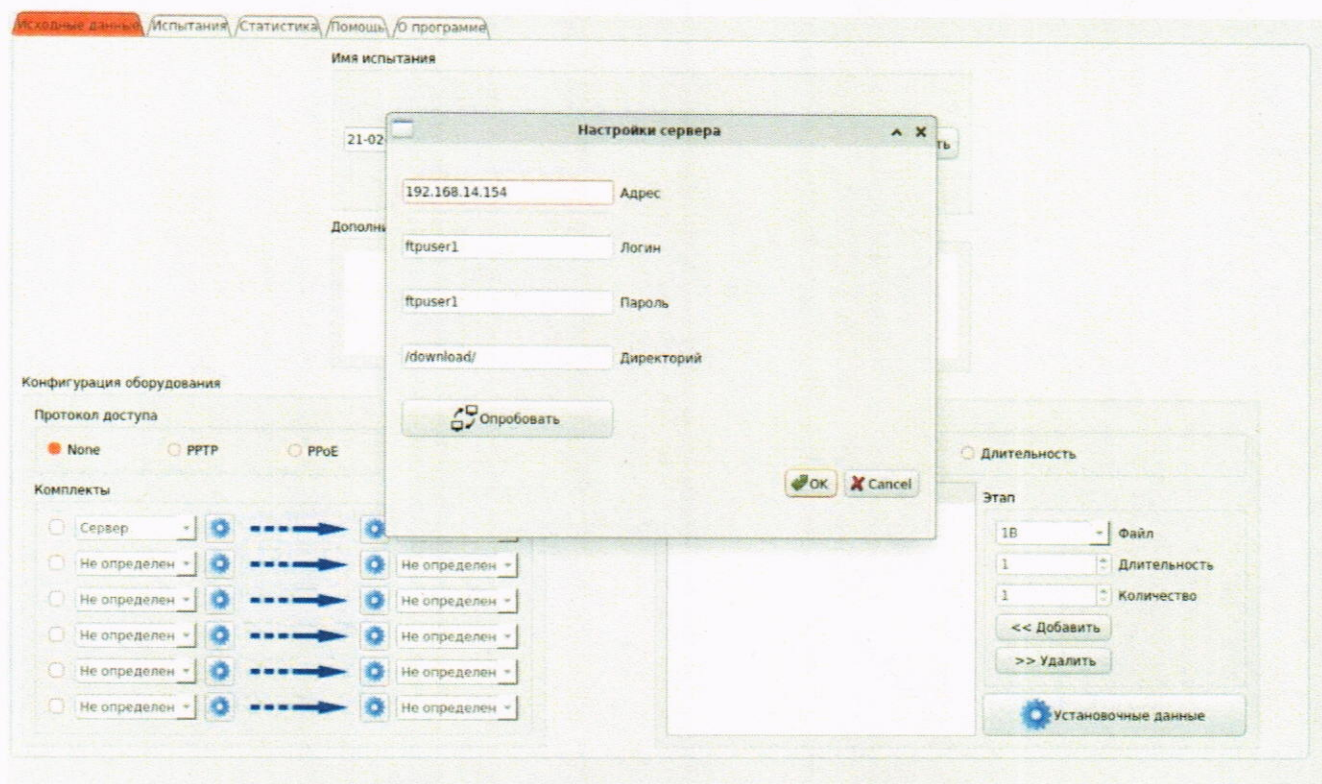


Рисунок 8 – Настройки для подключения к серверу хранения эталонных файлов

12. Составить программу поверки с использованием файлов эталонных объемов:

При локальной поверке зонда КМУТ в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Программа поверки при определении диапазона и 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

При поверке зонда КМУТ, установленного на сети связи:

– необходимо предварительно провести измерение 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,

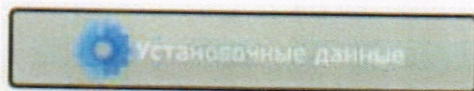
где 941.4156 Mbps – верхняя граница полосы пропускания доступного канала связи между поверяемым зондом КМУТ и вспомогательным зондом КМУТ №2 или сервером системы КМУТ.

– выбрать программу поверки с использованием файлов эталонных объемов в зависимости от верхней границы полосы пропускания доступного канала связи в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 – Программа поверки при определении диапазона и 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	1B (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	20	20
6	100MiB (100 Мбайт)	3	5	10	20	20
	Всего	300				

13. При необходимости осуществить настройку хода испытаний, установив соответствующие параметры в окне «Ход испытаний», вызываемом по нажатию кнопки



(см. Рисунок 9).

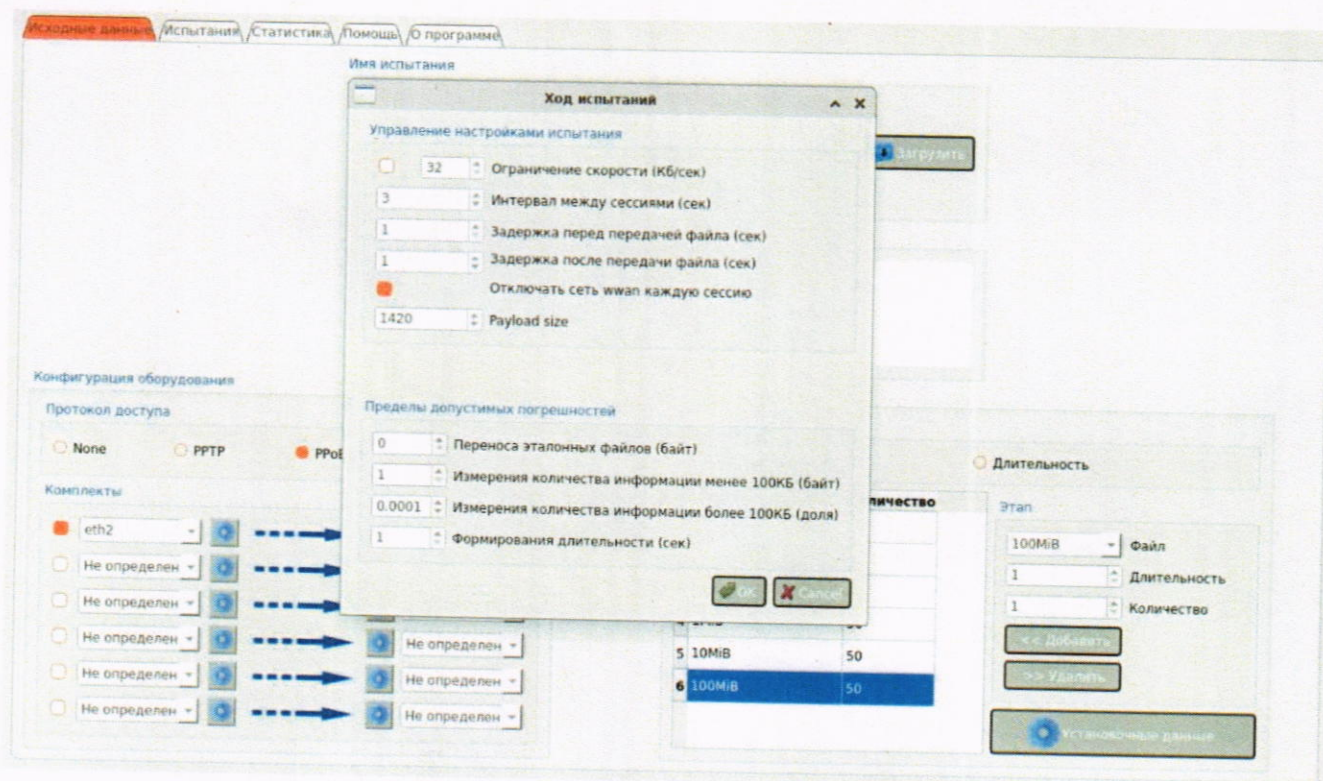


Рисунок 9 – Настройки хода испытаний (параметры)

1. Включить сконфигурированную пару комплектов в работу, для чего установить бокс, расположенный слева от исходящего комплекта, в активное состояние.
2. При необходимости ввести дополнительную информацию об испытании (комментарий) в

соответствующее поле и осуществить его сохранение нажатием на кнопку



Настройка испытания готова к запуску (см. Рисунок 10).

Рисунок 10 – Основное окно подпрограммы СИГМА-СИПД (режим «Информация»)

3. Перейти на вкладку «Испытания» и осуществить запуск испытания, для чего нажать кнопку



. Прибор автоматически выполнит программу испытаний (см. Рисунок 11).

Рисунок 11 – Промежуточное индицирование результата испытаний (режим «Информация»)

4. После выполнения программы необходимо сохранить результат испытания в указанном пользователем месте. Вид протокола в формате «csv» показан на рисунке (см. Рисунок 12).

currentConfig.csv (read-only) - LibreOffice Calc

File Edit View Insert Format Styles Sheet Data Tools Window Help

A2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	pair number	file	sender #Name	sender pseudo name	sender Start	sender Stop	sender ICCID	sender Number	sender Address	sender Tx bytes	sender Rx bytes	sender Tx bytes before	sender Rx bytes before
2	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:06:26.814	30.06.2022 20:06:28.947			192.168.200.49	136	0	44	
3	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:06:30.216	30.06.2022 20:06:32.429			192.168.200.50	136	0	44	
4	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:06:33.785	30.06.2022 20:06:35.941			192.168.200.50	136	0	44	
5	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:06:37.265	30.06.2022 20:06:39.427			192.168.200.50	136	0	44	
6	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:06:40.821	30.06.2022 20:06:42.942			192.168.200.50	136	0	44	
7	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:06:44.266	30.06.2022 20:06:46.432			192.168.200.50	136	0	44	
8	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:06:47.819	30.06.2022 20:06:49.932			192.168.200.49	136	0	44	
9	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:06:51.291	30.06.2022 20:06:53.473			192.168.200.49	136	0	44	
10	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:06:54.824	30.06.2022 20:06:57.184			192.168.200.49	136	0	44	
11	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:06:58.640	30.06.2022 20:07:00.859			192.168.200.49	136	0	44	
12	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:02.200	30.06.2022 20:07:04.443			192.168.200.49	136	0	44	
13	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:05.769	30.06.2022 20:07:07.934			192.168.200.50	136	0	44	
14	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:09.243	30.06.2022 20:07:11.435			192.168.200.49	136	0	44	
15	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:12.780	30.06.2022 20:07:14.931			192.168.200.50	136	0	44	
16	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:16.234	30.06.2022 20:07:18.428			192.168.200.50	136	0	44	
17	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:19.815	30.06.2022 20:07:21.942			192.168.200.49	136	0	44	
18	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:23.225	30.06.2022 20:07:25.432			192.168.200.50	136	0	44	
19	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:26.780	30.06.2022 20:07:28.964			192.168.200.49	136	0	44	
20	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:30.284	30.06.2022 20:07:32.433			192.168.200.49	136	0	44	
21	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:33.803	30.06.2022 20:07:35.959			192.168.200.50	136	0	44	
22	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:37.301	30.06.2022 20:07:39.436			192.168.200.49	136	0	44	
23	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:40.802	30.06.2022 20:07:42.933			192.168.200.50	136	0	44	
24	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:44.337	30.06.2022 20:07:46.423			192.168.200.49	136	0	44	
25	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:47.779	30.06.2022 20:07:49.927			192.168.200.50	136	0	44	
26	01000	eth2	ppp1		30.06.2022 20:07:51.251	30.06.2022 20:07:53.433			192.168.200.49	136	0	44	
27	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:54.740	30.06.2022 20:07:56.936			192.168.200.50	136	0	44	
28	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:07:58.210	30.06.2022 20:08:00.416			192.168.200.50	136	0	44	
29	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:08:01.722	30.06.2022 20:08:03.949			192.168.200.50	136	0	44	
30	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:08:05.235	30.06.2022 20:08:07.480			192.168.200.50	136	0	44	
31	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:08:08.779	30.06.2022 20:08:10.934			192.168.200.50	136	0	44	
32	01000	eth2	ppp0		30.06.2022 20:08:12.111	30.06.2022 20:08:14.338			192.168.200.50	136	0	44	

Рисунок 12 – Вид протокола СИГМА-2, содержащий результат испытания

5. Получить от зонда протокол измерений в соответствии с РЭ с помощью встроенного Web-сервера с использованием Web-браузера путем ввода IP-адреса зонда КМУТ и указанием порта 1000. Откроется окно Web-браузера, в котором будет отражен протокол измерений зонда (см. Рисунок 13).

id;size;clientIp;clientTcp;serverIp;serverTcp;begin;end;duration;tcpSpeedMax
03_50820;100;192.168.14.75;34480;192.168.14.154;9021;18:17:26,20;18:17:26,20;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34482;192.168.14.154;9021;18:17:26,41;18:17:26,41;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34484;192.168.14.154;9021;18:17:26,61;18:17:26,61;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34486;192.168.14.154;9021;18:17:26,83;18:17:26,83;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34488;192.168.14.154;9021;18:17:27,03;18:17:27,03;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34490;192.168.14.154;9021;18:17:27,24;18:17:27,24;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34492;192.168.14.154;9021;18:17:27,46;18:17:27,46;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34494;192.168.14.154;9021;18:17:27,67;18:17:27,67;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34496;192.168.14.154;9021;18:17:27,88;18:17:27,88;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34498;192.168.14.154;9021;18:17:28,09;18:17:28,09;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34500;192.168.14.154;9021;18:17:28,31;18:17:28,31;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34502;192.168.14.154;9021;18:17:28,51;18:17:28,51;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34504;192.168.14.154;9021;18:17:28,73;18:17:28,73;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34506;192.168.14.154;9021;18:17:28,94;18:17:28,94;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34508;192.168.14.154;9021;18:17:29,15;18:17:29,15;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34510;192.168.14.154;9021;18:17:29,36;18:17:29,36;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34512;192.168.14.154;9021;18:17:29,57;18:17:29,57;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34514;192.168.14.154;9021;18:17:29,78;18:17:29,78;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34516;192.168.14.154;9021;18:17:29,99;18:17:29,99;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34518;192.168.14.154;9021;18:17:30,20;18:17:30,20;0;
03_50820;100;192.168.14.75;34520;192.168.14.154;9021;18:17:30,41;18:17:30,41;0;

Рисунок 13 – Вид протокола зонда КМУТ, содержащий результат измерения

6. Полученный протокол измерений необходимо сохранить на приборе СИГМА-2 в каталог расположения программного обеспечения СИГМА-СИПД: /SIGMA-II/SIPD/ под уникальным именем с расширением «csv».
7. Осуществить конвертацию, полученного с зонда КМУТ, протокола измерений в формат, совместимый с ПО прибора СИГМА-2, для подготовки к операции автоматического расчета результатов поверки. Для этого:
- руководствуясь РЭ на прибор СИГМА-2 создать файл конвертора. При создании файла конвертора необходимо учитывать, что протокол измерений имеет текстовый формат,

предназначенный для представления табличных данных. Каждая строка содержит поля с результатами измерений параметров одного сеанса передачи данных (этапа). Для разделения полей используется разделитель «точка с запятой». Осуществить предварительный просмотр протокола измерений можно в Web-браузере (при скачивании файла с зонда КМУТ), а также в любом табличном или текстовом редакторе;

- протокол измерений содержит следующие поля результатов измерений, где: **id** – код объекта в Системе КМУТ (указанный в конфигурационном файле */etc/kmut/main.conf* зонда КМУТ); **size** – измеренное количество переданной (принятой) информации (данных), байт; **clientIp** – IP-адрес устройства, с которого осуществляется прием файлов эталонного объема информации; **clientTcp** – TCP порт FTP сессии устройства, с которого осуществляется прием файлов эталонного объема информации; **serverIp** – IP адрес зонда КМУТ, с которого происходила трансляция получаемых файлов эталонных объемов (задается в конфигурационном файле */etc/kmut/main.conf* зонда КМУТ); **serverTcp** – TCP порт FTP сессии, с которого осуществлялась трансляция получаемых файлов эталонных объемов (задается в конфигурационном файле */etc/kmut/main.conf* зонда КМУТ); **begin**, **end** – текущее значение шкалы времени зонда КМУТ начала и окончания FTP сессии сеанса передачи данных; **duration** – продолжительность сеанса передачи данных, мс; **tcpSpeedMax** – значение скорости передаваемой информации, измеренное зондом КМУТ, байт/с (Рисунок 14).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	id	size	clientip	clientTcp	serverIp	serverTcp	begin	end	duration	tcpSpeedMax
2	03_50820	1048576	192.168.14.75	34782	192.168.14.154	9021	21:17:33,44	21:17:35,46	2017	55847090

Рисунок 14 – Вид протокола зонда КМУТ, содержащий результат измерения, в программе Excel

- в программном обеспечении СИГМА-СИПД на приборе СИГМА-2 перейти во вкладку «Статистика» и в разделе «Конвертация» осуществить загрузку протокола измерений в графе «Файл(ы) для конвертации», выбрать предварительно созданный в соответствии с РЭ на прибор СИГМА-2 файл конвертора в графе «Файл конвертора» и начать



конвертацию нажатием кнопки . Прибор автоматически осуществит конвертацию протокола измерений зонда КМУТ в формат совместимый с ПО прибора СИГМА-2;

- осуществить сохранение файла результата конвертации в каталог по умолчанию под уникальным именем.

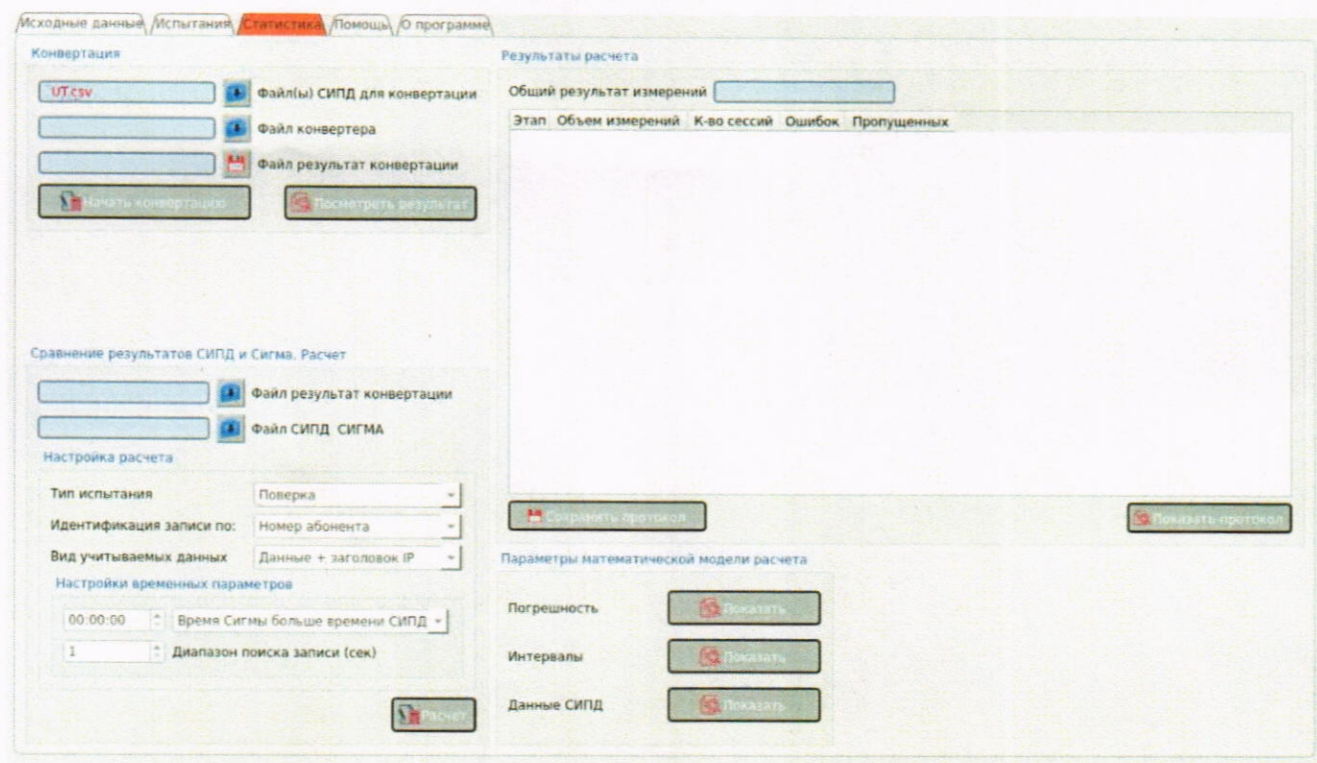


Рисунок 15 – Окно расчета статистических параметров подпрограммы СИГМА-СИПД

8. Провести операцию автоматического расчета результатов. Для этого:

- в разделе «Сравнение результатов СИПД и Сигма. Расчет» осуществить выбор ранее сохраненных соответствующих файлов результата конвертации протокола измерений зонда КМУТ и Файла результата прибора СИГМА-2;
- в разделе «Настройка расчета» осуществить настройку расчета. Настройку временных параметров осуществить при необходимости (расхождения ШВ зонда КМУТ и прибора СИГМА-2 более одной секунды):

тип испытания – Поверка

идентификация записи по – IP соединения

Вид учитываемых данных – Пользовательские данные

- осуществить расчет результатов поверки, нажав кнопку «Расчет» и оценить результаты поверки (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, $\pm 1 \cdot 10^{-4} \cdot K$ байт, где K – количество измеренной информации, в диапазоне от 100 кбайт до 100 Мбайт, конвертация учетного файла успешна – 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 нормированного значения, или конвертация учетного файла не успешна - поверка прекращается до устранения неисправности. Если устранение неисправности невозможно, то поверка считается завершенной неуспешно.

10.2 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. Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке Рисунок 4, для проведения поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, схема измерений, приведенная на рисунке 5. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований п. 9.1. Проверить настройки модуля метрологической поверки зонда КМУТ, в соответствии с разделом 9. Удостовериться, что параметры настроек содержат корректный IP адрес сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ.
5. На рабочем столе прибора СИГМА-2 расположены пиктограммы, ассоциированные с программным обеспечением СИГМА-2 (см. Рисунок 6).
6. Щелкнуть по пиктограмме СИГМА-СИПД, откроется основное окно подпрограммы формирователя-измерителя соединений СИГМА-СИПД (см. Рисунок 7).
7. Создать новое испытаний, для чего осуществить настройку конфигурации используемого оборудования и выбрать следующие параметры испытаний:

Протокол доступа: None

Комплекты: eth0 ← Сервер

Вид испытаний: Длительность


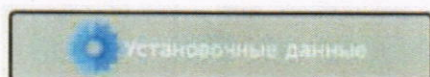
8. В качестве исходящего комплекта использовать сетевой интерфейс прибора СИГМА-2, подключенный в локальную вычислительную сеть в соответствии со схемой на рисунке Рисунок 4 и имеющий IP-адрес в том же адресном пространстве, что и испытываемый зонд КМУТ. В качестве входящего комплекта использовать «Сервер» и осуществить настройку его параметров, для чего нажать кнопку настроек рядом с используемым комплектом  и ввести параметры сервера хранения эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ, где в поле «Адрес» ввести IP адреса испытываемого образца зонда КМУТ (см. Рисунок 8).
11. Составить программу испытаний с указанием эталонных значений длительности в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Программа испытаний при определении диапазона и 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

12. При необходимости осуществить настройку хода испытаний, установив соответствующие параметры в окне «Ход испытаний», вызываемом по нажатию кнопки



(см. Рисунок 9).

13. Включить сконфигурированную пару комплектов в работу, для чего установить бокс, расположенный слева от исходящего комплекта, в активное состояние.

14. При необходимости ввести дополнительную информацию об испытании (комментарий) в

соответствующее поле и осуществить его сохранение нажатием на кнопку



Настройка испытания готова к запуску (см. Рисунок 16).

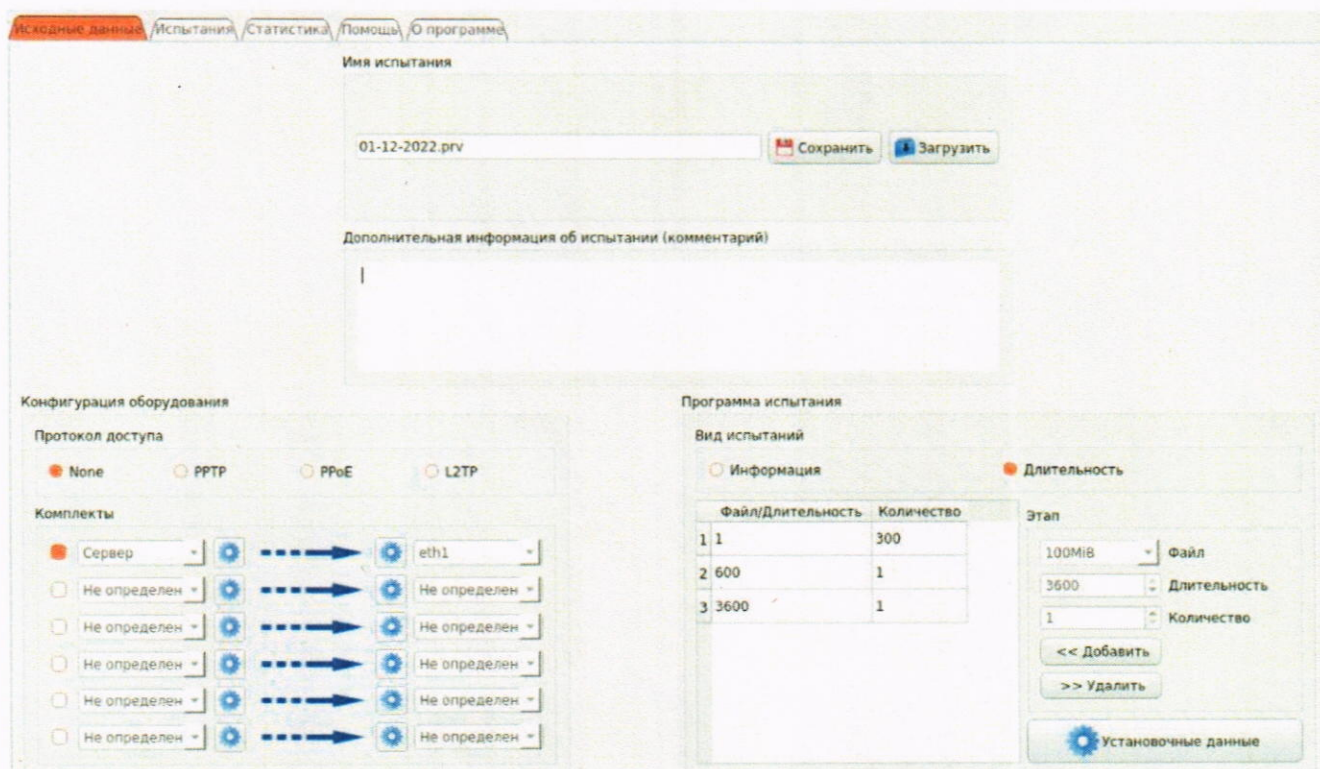
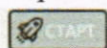


Рисунок 16 – Основное окно подпрограммы СИГМА-СИПД (режим «Длительность»)

15. Перейти на вкладку «Испытания» и осуществить запуск испытания, для чего нажать кнопку



, прибор автоматически выполнит программу испытаний (см. Рисунок 17).

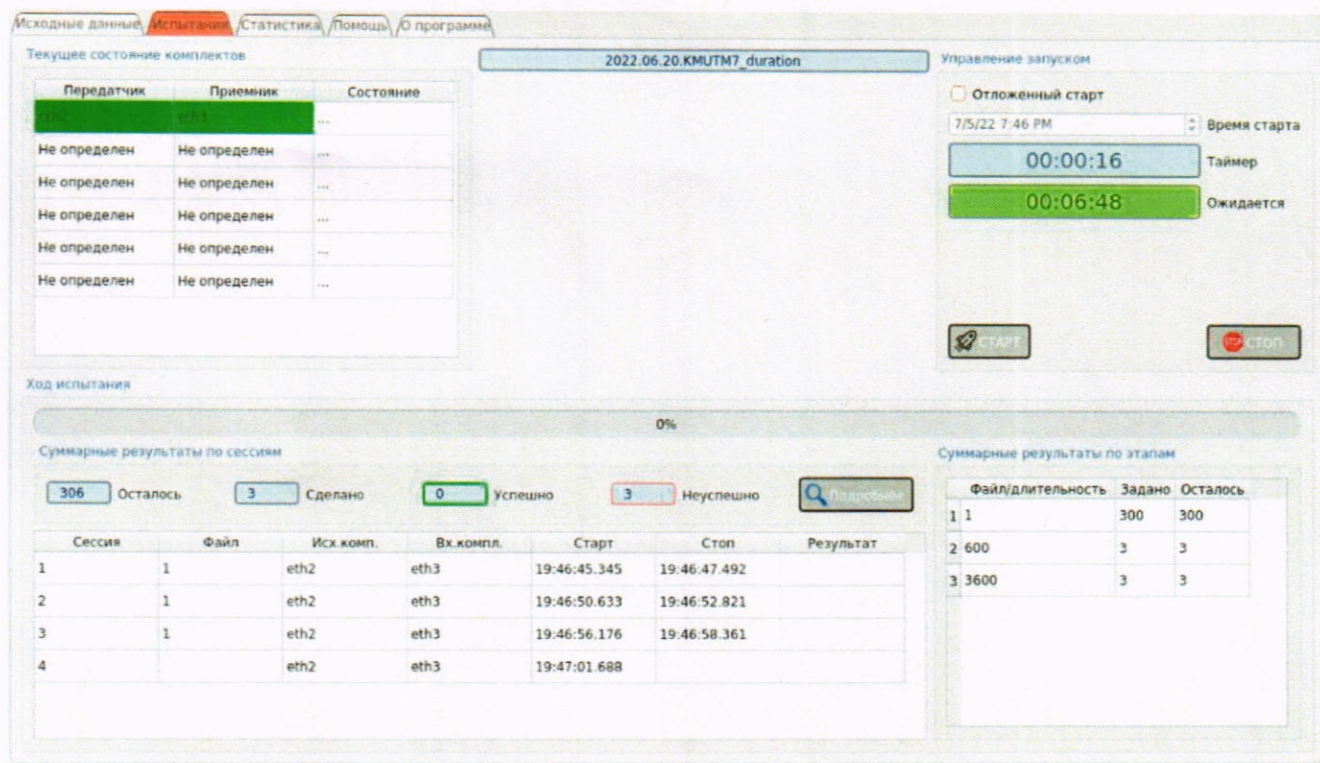


Рисунок 17 – Промежуточное индицирование результата испытаний (режим «Информация»)

16. После выполнения программы необходимо сохранить результат испытания в указанном пользователем месте. Вид протокола в формате «csv» показан на рисунке 12.
17. Обработку и расчет результатов поверки провести в соответствии с п. 5 – 8 раздела 10.1.
18. Оценить результаты поверки (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда погрешность измерений зонда КМУТ для каждого сеанса передачи данных не превышает $\pm 0,3$ секунд в диапазоне измерений продолжительности (длительности) сеансов передачи данных измерений количества переданной (принятой) информации (данных) от 1 до 3600 с, конвертация учетного файла успешна – поверка считается завершенными успешно;

б) при результате, когда погрешность измерений зонда КМУТ хотя бы для одной сессии превышает нормированного значения, или конвертация учетного файла не успешна – поверка прекращается до устранения неисправности. Если устранение неисправности невозможно, то поверка считается завершенной неуспешно.

10.3 Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных

1. Определение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных проводят методом сравнения с использованием данных, полученных прибором СИГМА-2 и измеренных зондом при проведении операций по п. 10.1.
2. Вычислить значения по формуле $\left(1 - \frac{V_{\text{зонд}}}{V_{\text{СИГМА-2}}}\right) \cdot 100\%$ для каждого из результатов измерений из 4-6 этапов, где:

$V_{\text{зонд}}$ – значение скорости передаваемой информации, измеренное зондом КМУТ;

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

3. Оценить результаты поверки (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда погрешность измерений зонда КМУТ для каждого сеанса передачи данных не превышает $\pm 1\%$ 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.

10.4 Определение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации

1. Определение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации проводят методом косвенных измерений путем передачи информации эталонного объема за установленное время передачи информации и ограничения скорости передаваемой информации по каналу связи средствами сервера эталонных файлов СИГМА-2.СЭФ.

2. Скорость передачи данных определяется отношением объема переданной информации к времени (длительности) передачи этого объема информации. Таким образом, измерение скорости передачи данных представляет собой косвенное измерение, при котором производятся прямые измерения величин объема переданной информации и длительности передачи этого объема информации, по значениям которых вычисляется скорость передачи данных.

3. Примем обозначения:

\underline{U} – скорость передачи данных;

ΔU – погрешность измерения скорости передачи данных;

$\acute{\epsilon}$ – относительная погрешность измерения скорости передачи данных;

V – объем переданной информации;

ΔV – погрешность измерения объема принятой информации;

T – длительность передачи объема V информации;

ΔT – погрешность измерения длительности передачи объема V информации.

Относительная погрешность измерений скорости передачи информации вычисляется по

формуле: $\acute{\epsilon} = \sqrt{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2}$.

4. Таким образом, измерение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации сводится к переносу файла эталонного объема с сервера хранения эталонных файлов на прибор СИГМА-2 через поверяемый зонд. При переносе файла прибор СИГМА-2 осуществляет измерение объема принятой информации, длительности передачи объема информации и вычисляет скорость передачи данных, а поверяемый зонд проводит измерение скорости передаваемой информации. В связи с этим проведение определения относительной погрешности скорости передаваемой информации проводится в соответствии с п. 10.1 настоящей методики с учетом особенностей нижеизложенных пунктов.

5. Измерение относительной погрешности измерений скорости передаваемой информации для зондов КМУТ (за исключением модификации КМУТ-10) проводится в расчетных точках диапазона измерений, указанных в строках 1-5 таблицы 7, а для модификации КМУТ-10 М1 – в строках 1-6 таблицы 7. Точки устанавливаются исходя из объема эталонных файлов и времени передачи не менее 60 с. Ограничение скорости передачи данных осуществляется сервером эталонных файлов, который настраивается согласно руководству по эксплуатации.

Таблица 7

№	Эталонные файлы	Объем эталонных файлов, байт	Расчетная длительность передачи, не менее, с	Расчетная скорость передачи информации, бит/с	Скорость передачи/приема данных сервером хранения эталонных файлов, Мбит/с
1	10 MiB	1 048 576	60	1 398 101	1,3
2	100 MiB	104 857 600	60	13 981 013	13
3	1 GiB	1 073 741 824	60	143 165 577	143
4	2 GiB	2 147 483 648	60	286 331 153	280
5	5 GiB	5 368 709 120	60	715 827 883	710
6	20 GiB	21 474 836 480	60	2 863 311 531	2 800

6. Для выбранных (с учетом модификации зонда КМУТ) точек диапазона определить относительную погрешность измерений скорости передаваемой информации по формуле:

$$\epsilon_{V_{\text{КМУТ}}}(i) = \frac{V_{\text{СИГМА-2}}(i) - V_{\text{КМУТ}}(i)}{V_{\text{СИГМА-2}}(i)} \cdot 100\%$$

7. Оценить результаты поверки (успешно, неуспешно):

а) при результате, когда относительная погрешность измерений скорости передаваемой информации для каждой выбранной точки диапазона измерений не превышает $\pm 1\%$ в установленном диапазоне измерений – поверка считается завершенной успешно;

б) при результате, когда погрешность измерений зонда КМУТ, хотя бы для одной точки диапазона превышает $\pm 1\%$, 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 проводят методом измерения разности (расхождения) шкал времени (далее также – ШВ), воспроизводимой зондом КМУТ, относительно национальной ШВ UTC (SU).
2. 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).

3. Синхронизация ШВ зондов КМУТ обеспечивается по протоколу NTP от NTP-сервера источника первичного точного времени УКУС-ПИ 02ДМ. 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, если он является средством измерения утвержденного типа и имеет действующее свидетельство о поверке.
4. При проведении измерений ШВ прибора СИГМА-2 выбирается в качестве опорной (эталонной).
5. 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).
6. Измерения разности ШВ проводятся на основании прямых измерений. Метод измерения заключается в сравнении двух ШВ (прибора СИГМА-2 и зонда 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).
7. Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке Рисунок 4, для проведения поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, схема измерений, приведенная на рисунке 5. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований п. 9.1. На рабочем столе прибора СИГМА-2 расположены пиктограммы, ассоциированные с программным обеспечением СИГМА-2 (см. Рисунок 6).
10. Щелкнуть по пиктограмме СИГМА-РШВ, откроется основное окно подпрограммы измерения расхождения шкал времени СИГМА-РШВ (см. Рисунок 18).
11. По индикатору «ГОТОВ» удостовериться, что прибор готов к измерению расхождения шкал времени.
12. Настроить параметры измерений:
адрес: указать IP-адрес зонда КМУТ
порт: 123
число запросов измерения: 10
число измерений: 400
период измерений: 1 с
допустимое расхождение: 0,3 с
13. Нажать кнопку «СТАРТ», дождаться окончания проведения измерений.
14. Обработку результатов измерений прибор СИГМА-2 выполняет в автоматическом режиме в несколько этапов:
 - вычисление мгновенного значения ΔT_i разности (расхождения) ШВ своих часов и часов зонда КМУТ по формуле:

$$\Delta T_i = T_{NTPi} - T_{ГЛОНАССi}$$

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

$$\Delta T_{измj} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta T_i - \Delta T_{ГЛОНАССi}$$

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

$$\Delta T = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta T_{измj}$$

Рисунок 18 – Основное окно подпрограммы СИГМА-РШВ

- Оценить результаты определения абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) (успешно, неуспешно):

- при успешном результате значение измерения разности (расхождения) ШВ не превышает 0,3 с, а в поле «Результат» индицируется сообщение «Успешно» (см. Рисунок 19).
- при неуспешном результате значение измерения разности (расхождения) ШВ превышает 0,3 с, а в поле «Результат» индицируется сообщение «Неуспешно».

СИГМА-РШВ

Измеритель расхождения шкал времени СИГМА-РШВ

Испытание

Имя испытания: KMUT

Настройка

Адрес: 192.168.14.97 Порт: 123

Число запросов измерения: 10

Число измерений: 400

Период измерений, с: 1

Допустимое расхождение, с: 0.3

Измерение

Время МСК: 24.06.2022 22:00:34.347

Время измеренное: 24.06.2022 22:00:34.198

Расхождение, с: -0.013

Погрешность измерения, мс: 0.478

Результат: Успешно

100%

	Измеренное	UTC(SU)	Расхождение	Результат
1	21:53:54.847	21:53:54.860	-0.013	Успешно
2	21:53:55.896	21:53:55.910	-0.013	Успешно
3	21:53:56.947	21:53:56.960	-0.013	Успешно
4	21:53:57.997	21:53:58.106	-0.013	Успешно
5	21:53:59.209	21:53:59.342	-0.013	Успешно
6	21:54:00.215	21:54:00.348	-0.013	Успешно
7	21:54:01.214	21:54:01.348	-0.013	Успешно

СТАРТ

СТОП

Рисунок 19 – Индексирование результата испытаний подпрограммы СИГМА-РШВ

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

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

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

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

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. Определение 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.
2. Для проведения первичной поверки или поверки зонда КМУТ, не установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 20. При сборке схемы необходимо использовать коммутаторы СПД одинаковых моделей, а коммутационные шнуры (патч-корды) одинаковой длины и категории, чтобы минимизировать их влияние на

результаты поверки. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований п. 9.1.

3. Проверить настройки модуля метрологической поверки зонда КМУТ, в соответствии с разделом 9. Убедиться в работоспособности модуля *kmut-qual* в части измерений двухсторонней задержки.
4. 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.
5. 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), задаваемых ПК управления через *web*-интерфейс.
6. Исходными данными для проведения измерения являются следующие задаваемые данные:
 - IP-адрес назначения;
 - длина тестового пакета;
 - интервал между тестовыми пакетами;
 - количество тестовых пакетов.

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.

Во время передачи эталонного файла фиксируется время отправки (на исходящей стороне) и время приема (на входящей стороне) каждого пакета. 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).

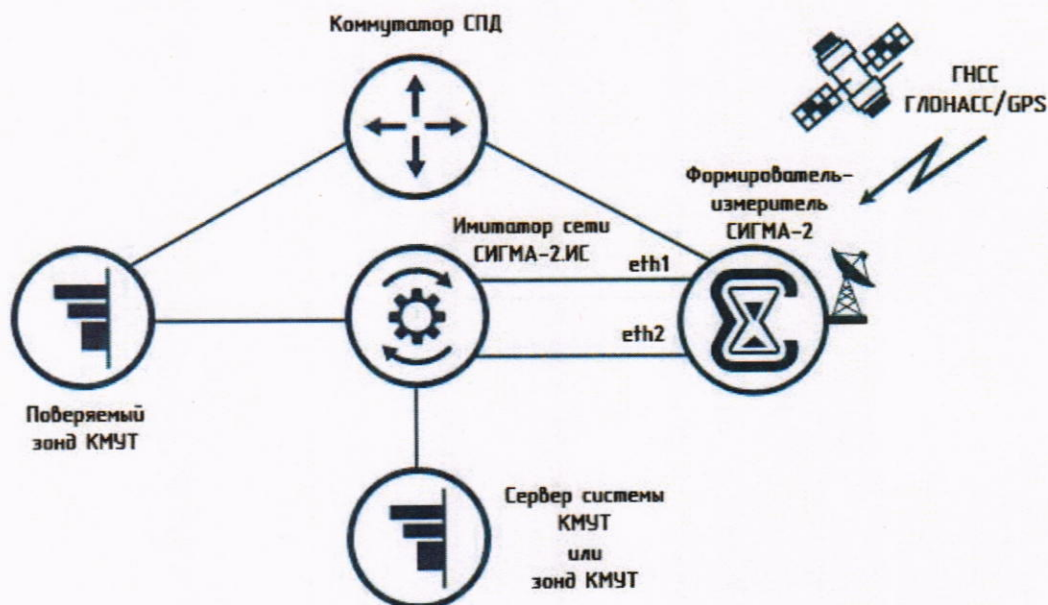


Рисунок 20 – Схема измерений для определения диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)

7. Перед проведением поверки необходимо провести проверку имитатора СИГМА-2.ИС с использованием прибора СИГМА-2. Для этого необходимо выполнить следующее:
- подключить два сетевых интерфейса прибора СИГМА-2 к имитатору СИГМА-2.ИС;
 - запустить на ПК Web-браузер и ввести в адресной строке IP-адрес интерфейса управления имитатора. Откроется страница управления прибором, общий вид которой представлен на рисунке 21.

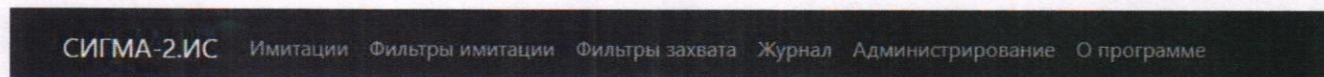


Рисунок 21 – Стартовая страница управления имитатором сети СИГМА-2.ИС

- перейти на вкладку «Имитации» и добавить новый сценарий имитации параметров СПД (см. Рисунок 22).

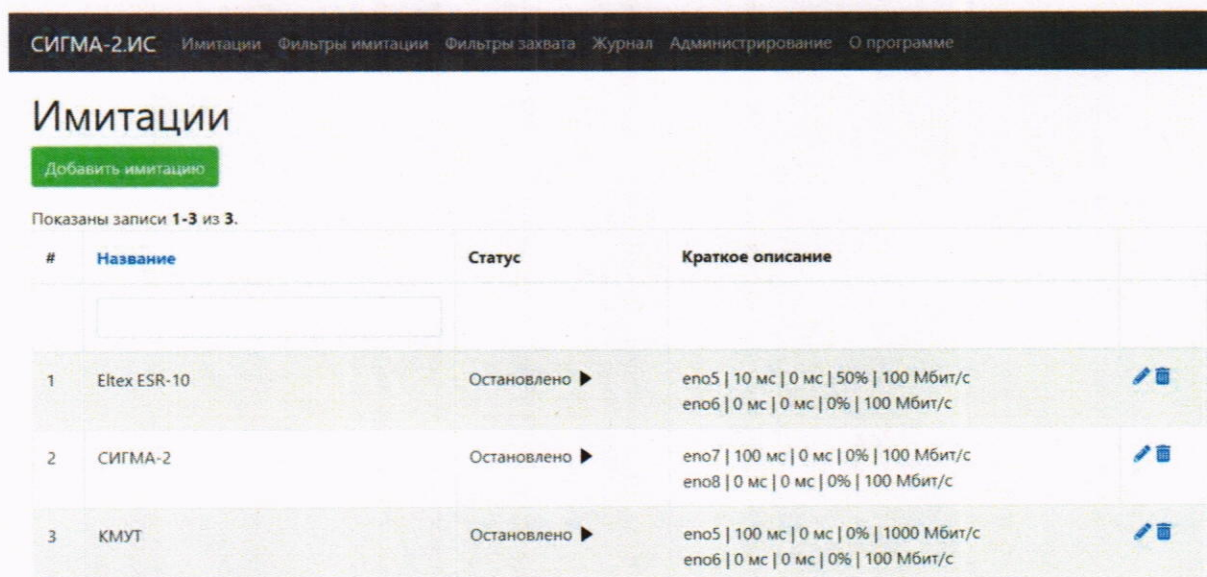


Рисунок 22 – Страница управления имитациями прибора СИГМА-2.ИС

- для добавления имитации нажать соответствующую кнопку. В выпадающем меню выбрать два интерфейса, к которым осуществлено подключение прибора СИГМА-2, указать значения настроек из таблицы 8 и название испытания (см. Рисунок 23). После выбора и задания всех параметров сценария имитации необходимо нажать кнопку «Сохранить»;

Таблица 8 – Настройки испытаний 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

Значения настроек		Опробование	Испытание			
			№1	№2	№3	№4
	вариация задержки пакетов	0 мкс				
	коэффициента потерь пакетов	0				
	полосы пропускания	100 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						

- запуск имитации осуществляется из вкладки «Имитации» путем нажатия на кнопку «Запустить имитацию» в столбце «Статус».

СИГМА-2.ИС
Имитации
Фильтры имитации
Фильтры захвата
Журнал
Администрирование
О программе

Добавить имитацию

Название

Интерфейс
eno1

Средняя задержка передачи пакетов данных (PD)
0 мс

Вариация задержки передачи пакетов данных (PDV)
0 мс

Потери, %
0.00

Фильтры

Скорость передачи
100 Мбит/с

☐ Захват трафика

Фильтры захвата

Интерфейс
eno2

Средняя задержка передачи пакетов данных (PD)
0 мс

Вариация задержки передачи пакетов данных (PDV)
0 мс

Потери, %
0.00

Фильтры

Скорость передачи
100 Мбит/с

☐ Захват трафика

Фильтры захвата

Сохранить

Рисунок 23 – Страница настроек параметров имитации прибора СИГМА-2.ИС

- установить на приборе СИГМА-2 значения параметров испытаний для опробования (см. Таблица 8);
- измерить с помощью прибора СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов для опробования. 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:

$$t_{PD \text{ схемы}} = t_{PD \text{ Имитатор}} + 2 \cdot t_{PD \text{ коммутатор СПД}} + \sum_{i=1}^n t_{PD \text{ линий связи}}(i)$$

8. Отредактировать настройки имитации (предварительно ее остановив), установив значение вносимой имитатором сети задержки $t_{PD \text{ Имитатор}}$ с учетом поправочного коэффициента:

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

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

9. Измерить с помощью прибора СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов для каждой из контрольных точек.
10. Провести с помощью Зондов КМУТ измерение средней задержки передачи пакетов, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из контрольных точек (см. Таблица 8) с использованием команды:
- ```
kmud-qual -h <IP-адрес зонда КМУТ, сервер 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.

11. Допускается использовать другие значения параметров из расчета общего времени проведения одного измерения не менее 60 с.
12. Зафиксировать полученный результат измерения средней задержки передачи пакетов.
13. Оценить результаты определения диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов (успешно, неуспешно):
- а) при успешном результате для каждой контрольной точки должно выполняться условие:

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

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. 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.



2. Для проведения поверки зонда КМУТ, установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 24. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований п. 9.1.
3. Проверить настройки модуля метрологической поверки зонда КМУТ, в соответствии с разделом 9. Убедиться в работоспособности модуля kmut-qual в части измерений двухсторонней задержки.
4. Поверка проводится на сети связи оператора связи, в которой присутствует сторонний трафик, в связи с этим рекомендуется выбирать время проведения поверки при минимальной загрузке сети связи.

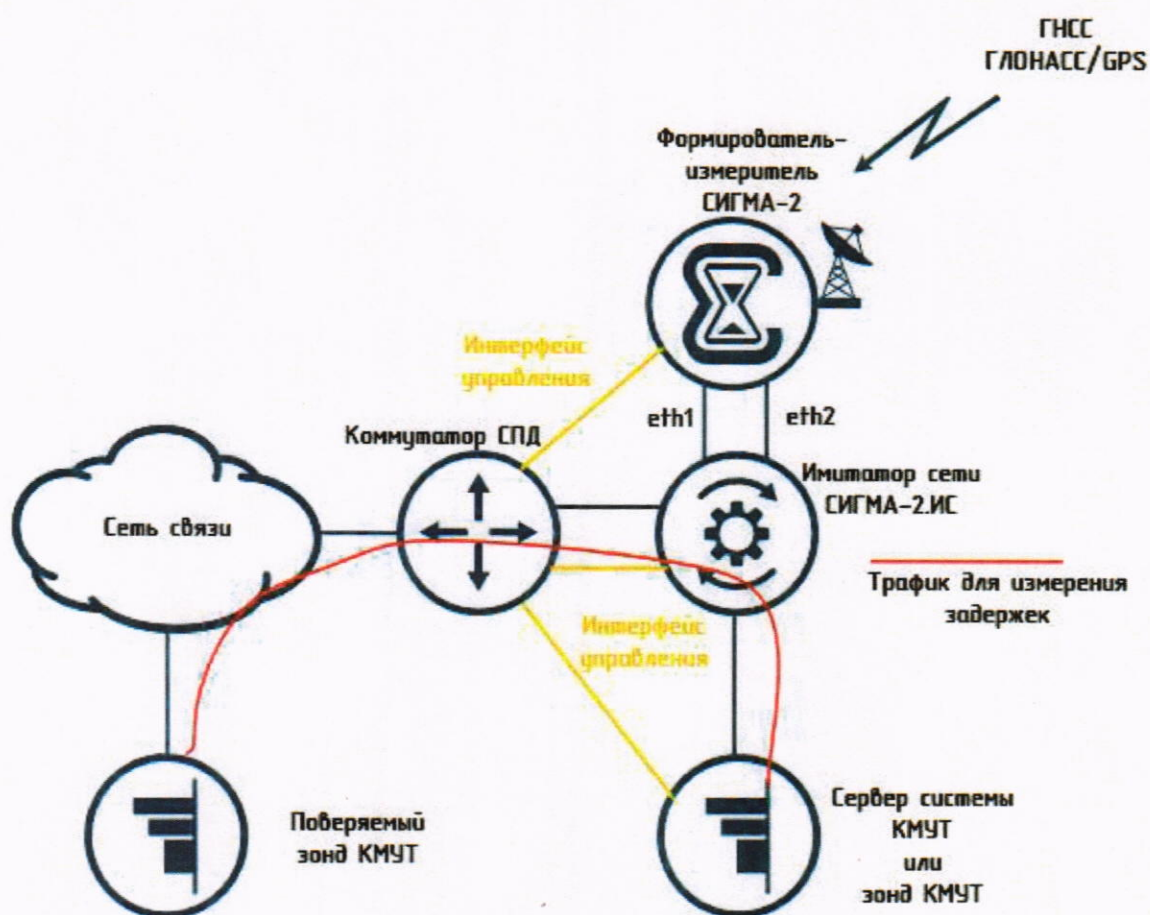


Рисунок 24 – Схема измерений для определения диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)

5. 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), задаваемых с ПК управления через web-интерфейс.
6. Исходными данными для проведения измерения являются следующие задаваемые данные:
  - IP-адрес назначения;
  - длина тестового пакета;
  - интервал между тестовыми пакетами;



–количество тестовых пакетов.

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

Во время передачи эталонного файла фиксируется время отправки (на исходящей стороне) и время приема (на входящей стороне) каждого пакета. 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).

7. Перед началом поверки необходимо выбрать 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.
8. Провести с помощью поверяемого зонда КМУТ многократное (не менее пяти) измерение средней задержки передачи пакетов между поверяемым зондом КМУТ и сервером системы КМУТ (зондом КМУТ), подключенному к имитатору СИГМА-2.ИС для этапа опробования (см. Таблица 9) с использованием команды:

`kmur-qual -h <IP-адрес зонда КМУТ, 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                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Имитатора СИГМА-2.ИС</b>                                                                                             | средняя задержка передачи пакетов данных | 0 мс                         |
|                                                                                                                         | вариация задержки пакетов                | 0 мкс                        |
|                                                                                                                         | коэффициента потерь пакетов              | 0                            |
|                                                                                                                         | полосы пропускания                       | 100 Мбит/с<br>полный дуплекс |
| <b>Формирователя-измерителя СИГМА-2</b><br><b>Зонда КМУТ</b>                                                            | 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 |                                          |                              |

9. Вычислить усредненное значение двухсторонней задержки  $t_{PD\Sigma}$  по формуле:

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

10. Измерить с помощью прибора СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов, вносимых опытной зоной. Для этого необходимо выполнить следующее:



- подключить два сетевых интерфейса прибора СИГМА-2 к имитатору СИГМА-2.ИС в соответствии со схемой на рисунке 24;
- запустить на ПК Web-браузер и ввести в адресной строке IP-адрес интерфейса управления имитатора. Откроется страница управления прибором, общий вид которой представлен на рисунке 21.
- перейти на вкладку «Имитации» и добавить новый сценарий имитации параметров СПД (см. Рисунок 22).
- для добавления имитации нажать соответствующую кнопку. В выпадающем меню выбрать два интерфейса, к которым осуществлено подключение прибора СИГМА-2, указать значения настроек из таблицы 9 и название испытания (см. Рисунок 23). После выбора и задания всех параметров сценария имитации необходимо нажать кнопку «Сохранить»;
- запуск имитации осуществляется из вкладки «Имитации» путем нажатия на кнопку «Запустить имитацию» в столбце «Статус».
- установить на приборе СИГМА-2 значения параметров испытаний (см. Таблица 9);
- измерить с помощью прибора СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов для опробования. 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:

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

11. Полученные значения  $t_{PD\Sigma}$  и  $t_{PD\text{схемы}}$  используются для выбора значений контрольных точек, в которых должна проводится поверка зонда КМУТ.
12. Осуществить выбор контрольных точек в соответствии с таблицей 10, если полученное значение контрольной точки не удовлетворяет неравенству, то в качестве контрольной точки выбрать наибольшее допустимое значение для данной точки. В случае, если значение начальной контрольной точки превышает верхнюю границу диапазона измерений ( $\geq 1,5$  с) определение погрешности средней задержки передачи пакетов данных (PD) допускается не проводить.

Таблица 10

| № контрольной точки<br>$t_{PD}(i)$ | Значение средней задержки передачи пакетов данных<br>для имитатора СИГМА-2.ИС                |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                  | $(t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\text{схемы}}) \cdot 10 \leq 200 \text{ мс}$                   |
| 2                                  | $200 \text{ мс} < (t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\text{схемы}}) \cdot 15 \leq 500 \text{ мс}$  |
| 3                                  | $500 \text{ мс} < (t_{PD\Sigma} - 2 \cdot t_{PD\text{схемы}}) \cdot 20 \leq 1000 \text{ мс}$ |

13. Перед проведением поверки необходимо провести проверку имитатора СИГМА-2.ИС с использованием прибора СИГМА-2 для выбранных в предыдущем пункте контрольных точек.

Для этого необходимо выполнить следующее:



- подключить два сетевых интерфейса прибора СИГМА-2 к имитатору СИГМА-2.ИС в соответствии со схемой на рисунке 24;
- запустить на ПК Web-браузер и ввести в адресной строке IP-адрес интерфейса управления имитатора. Откроется страница управления прибором, общий вид которой представлен на рисунке 21.
- перейти на вкладку «Имитации» и добавить новый сценарий имитации параметров СПД (см. Рисунок 22).
- для добавления имитации нажать соответствующую кнопку. В выпадающем меню выбрать два интерфейса, к которым осуществлено подключение прибора СИГМА-2, указать значения настроек из таблицы 9 и название испытания (см. Рисунок 23). После выбора и задания всех параметров сценария имитации необходимо нажать кнопку «Сохранить»;
- запуск имитации осуществляется из вкладки «Имитации» путем нажатия на кнопку «Запустить имитацию» в столбце «Статус».

14. Установить на приборе СИГМА-2 значения параметров испытаний (см. Таблица 9) и значение вносимой имитатором сети задержки  $t_{PD \text{ Имитатор}}$  с учетом поправочного коэффициента и усреднённого значения задержки сети:

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

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

15. Результат проверки СИГМА-2.ИС считать успешным, если в каждой выбранной контрольной точке выполняется следующее условие:

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

16. Провести с помощью Зондов КМУТ измерение средней задержки передачи пакетов, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из выбранных контрольных точек (см. Таблица 9, Таблица 10) с использованием команды:

`kmud-qual -h <IP-адрес зонда КМУТ, сервер 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.

17. Зафиксировать полученный результат измерения средней задержки передачи пакетов для каждой из контрольных точек.

18. Оценить результаты определения диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов (успешно, неуспешно).

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

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

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)**

1. Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных проводят методом косвенных измерений.
2. Вариация задержки передачи пакетов данных представляет собой разность двух независимо измеренных значений задержки передачи пакетов данных: максимальной и минимальной. Соответственно, погрешность измерения вариации задержки передачи пакетов данных равна суммарному значению погрешностей двух измерений задержки передачи пакетов данных.
3. В связи с этим определение погрешности измерения вариации задержки проводят посредством измерения погрешностей двух последовательных независимых измерений задержки передачи пакетов для каждой контролируемой точки диапазона, в соответствии с методикой, изложенной в п. 10.6.1.
4. Полученные в этих двух последовательных измерениях погрешности суммируются. Полученная суммарная погрешность соответствует погрешности измерения вариации задержки передачи пакетов данных.
5. Определение погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных проводят для всех значений задержки, приведенных в разделе «Испытание» таблицы 6.
6. Оценить результаты определения погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (успешно, неуспешно):
  - а) при успешном результате разность полученных значений для каждой контрольной точки не должна превышать 1%;
  - б) при неуспешном результате разность полученных значений для любой из контрольных точек превышает 1%.

#### **10.8 Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)**

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.
2. Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке 20. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований раздела 9.
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.
4. Перед проведением поверки необходимо провести проверку имитатора СИГМА-2.ИС с использованием прибора СИГМА-2 в контрольных точках. Для этого необходимо выполнить следующее:
  - подключить два сетевых интерфейса прибора СИГМА-2 к имитатору СИГМА-2.ИС через коммутаторы СПД;



- запустить на ПК *Web*-браузер и ввести в адресной строке IP-адрес интерфейса управления имитатора. Откроется страница управления прибором, общий вид которой представлен на рисунке 21;
- перейти на вкладку «Имитации» и добавить новый сценарий имитации параметров СПД (см. Рисунок 22);
- для добавления имитации нажать соответствующую кнопку. В выпадающем меню выбрать два интерфейса, к которым осуществлено подключение прибора СИГМА-2, указать значения настроек из таблицы 11 и название испытания (см. Рисунок 23). После выбора и задания всех параметров сценария имитации необходимо нажать кнопку «Сохранить»;

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

| Значения настроек                                     |                                            | Опробование                  | Испытание |     |     |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-----------|-----|-----|
|                                                       |                                            |                              | №1        | №2  | №3  |
| Имитатора<br>СИГМА-2.ИС                               | средняя задержка передачи пакетов данных   | 0 мс                         |           |     |     |
|                                                       | вариация задержки пакетов                  | 0 мкс                        |           |     |     |
|                                                       | коэффициента потерь пакетов                | 0                            | 0,01      | 0,1 | 0,9 |
|                                                       | полосы пропускания                         | 100 Мбит/с<br>полный дуплекс |           |     |     |
| Формирователя-измерителя<br>СИГМА-2<br><br>Зонда КМУТ | Длина пакета                               | 1500 байт                    |           |     |     |
|                                                       | Задержка между тестовыми пакетами          | 6 мс                         |           |     |     |
|                                                       | Количество тестовых пакетов                | не менее 100 000             |           |     |     |
|                                                       | Максимальное время ожидания прихода пакета | 3 с                          |           |     |     |

- запуск имитации осуществляется из вкладки «Имитации» путем нажатия на кнопку «Запустить имитацию» в столбце «Статус»;
  - установить на приборе СИГМА-2 значения параметров испытаний для опробования (см. Таблица 11);
  - измерить с помощью прибора СИГМА-2 коэффициент потерь пакетов данных для опробования. Опробование считается успешным, если значение коэффициента потерь пакетов равен установленному значению с учетом МХ прибора СИГМА-2, в противном случае увеличить значение задержки между тестовыми пакетами и повторить измерение;
  - измерить с помощью зонда КМУТ коэффициент потерь пакетов данных для опробования. Опробование считается успешным, если значение коэффициента потерь пакетов равен установленному значению с учетом МХ зонда КМУТ, в противном случае увеличить значение задержки между тестовыми пакетами и повторить измерение.
5. Измерить с помощью прибора СИГМА-2 коэффициента потерь пакетов данных для каждой из контрольных точек (см. Таблица 11), в качестве значения задержки между тестовыми



пакетами использовать значение, полученное при успешном опробовании для прибора СИГМА-2.

6. Провести с помощью Зондов КМУТ измерение коэффициента потерь пакетов данных, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из контрольных точек (см. Таблица 11), в качестве значения задержки между тестовыми пакетами использовать значение, полученное при успешном опробовании для зонда КМУТ, с использованием команды:

`kmut-qual -h <IP-адрес зонда или 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.

7. Оценить результаты определения погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (успешно, неуспешно):

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

## **11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

11.1 Обработка результатов измерений и определение МХ для части операций поверки проводится полностью автоматически в приборе СИГМА-2 по соответствующей программе.

11.2 Результаты поверки зонда КМУТ считаются положительными, если оценка результата всех операций поверки успешны.

11.3 Результаты поверки зонда КМУТ считаются отрицательными, если хотя бы одна операция поверки проведена неуспешно.

11.4 При отрицательных результатах поверки после устранения причин проводится повторная поверка в объеме первичной поверки. Допускается проведение поверки в сокращенном объеме.

11.5 Зонды КМУТ не применяются в качестве эталонов.

## **12 Оформление результатов поверки**

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

12.2 В случае организации поверки в сокращенном объеме, в сведениях о поверке должны быть отражены сведения об объеме проведенной поверки.

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



12.4 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.

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

12.5 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 выдаче 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 | $\pm 0,5$  |
| 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                                                          | $\pm 150$  |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности формирования длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с, с                                                                                                                  | $\pm 0,05$ |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности сеанса передачи данных и телефонного соединения в диапазоне от 1 до 3600 с, с                                                                                                                     | $\pm 0,05$ |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений длительности телефонного соединения с использованием таксофона в диапазоне от 1 до 600 с, с                                                                                                                    | $\pm 0,05$ |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений переноса единиц объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт, байт                                                                                                                        | $\pm 0$    |
| Погрешность измерений единиц объемов (количества) информации, принимаемой в сеансе передачи данных в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт, байт                                                                                                                          | $\pm 1$    |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс, мкс                                                                                                                           | $\pm 0,05$ |
| 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                                                                                                            | $\pm 10$   |



| Наименование характеристики                                                                                                                                     | Значение                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $2 \cdot 10^3$ мкс, мкс                      | $\pm 0,05$              |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от $2 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^5$ мкс, мкс         | $\pm 10$                |
| 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, % | $\pm 0,5$               |

## A.2 Математический аппарат обработки результатов

### 1. Исходные данные

$\Delta t$  – предельно допустимое значение погрешности измерения длительности;

$\Delta V$  – 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:

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

где  $P(S < s)$  – 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  $\bar{q} < P_0$  при выбранном значении доверительной вероятности.

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

Т.е. должно выполняться соотношение  $P(S < s) = P_{\text{дов}}$ , 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  $y_n$ .

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  $y_v$ .

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

Таким образом, в процессе проведения испытаний, в соответствующие моменты времени, проводится анализ зафиксированного количества ошибок (отказов)  $y$  на соответствие границам  $y_n$  и  $y_v$ , определенным, в соответствии с (2) и (3).

Если  $y < y_n$ , то испытания закончены, результат **УСПЕШНО**;

Если  $y < y_v$ , то испытания закончены, результат **НЕУСПЕШНО**;

Если  $y_n < y < y_v$ , 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 $P_0$                    |                       |
|-----------------|---------------------------------|-----------------------|
| Число испытаний | Успешно                         | Неуспешно             |
|                 | если ошибок<br>меньше или равно | если ошибок<br>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.

$$X_i = \mathcal{E}_{T_i} - \text{Изм}_i$$

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  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

4.2 Оценка СКО (среднего квадратического отклонения) систематической погрешности:

$$S = \frac{\sigma_B}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

4.3 Доверительный (95 %) интервал систематической составляющей погрешности:

$$a = \bar{x} \pm 1,96 \cdot s \quad (7)$$

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):

$$\frac{\sqrt{2n}}{\sqrt{2n-3} + 1,96} \cdot s \leq \sigma \leq \frac{\sqrt{2n}}{\sqrt{2n-3} - 1,96} \cdot s \quad (8)$$

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

$$X_{min} \leq X_{сум} \leq X_{max} \quad (9)$$

$min$  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.



**Приложение Б**  
(справочное)

**ПРИМЕР ВЫБОРА ПЛАНА КОНТРОЛЯ И КОЛИЧЕСТВА ПОВЕРЯЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ  
В ВЫБОРКЕ, В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 ДЛЯ ПАРТИИ 100 ШТ.**

**Принятые обозначения**

N – объем контролируемой партии (шт);

n – объем выборки;

AQL – приемлемый уровень качества – процент несоответствующих изделий в контролируемой партии;

Ac – приемочное число – допустимое количество несоответствующих изделий в выборке

Re – браковочное число – количество несоответствующих изделий в выборке, по достижению которого партия бракуется.

**Принимаемые исходные данные**

Тип контроля – нормальный;

план контроля – одноступенчатый;

уровень контроля – общий, III (ввиду важности принятия правильного решения);

AQL= 0,1;

Ac = 0;

Re = 1.

**Определение объема выборки**

Определение объема выборки осуществляется, в соответствии с принятыми исходными данными, по таблицам 1, 2-A ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007.

По таблице 1 определяется код объема выборки. Исходя из объема партии 100 шт и уровня контроля – нормальный, определяется код объема выборки – G

По таблице 2-A, исходя из принятых исходных данных: AQL= 0,1, Ac = 0, Re = 1 и выбранного кода объема выборки – G, определяется необходимый объем выборки – 32.

**Контроль выборки**

В соответствии с полученными данными производится контроль выборки, т.е. поверка случайно извлеченных 32 изделий из партии 100 шт., на соответствие настоящей методике поверки.

При отсутствии в выборке несоответствующих изделий всю партию принимают, а при наличии в выборке, хотя бы, несоответствующего изделия – всю партию бракуют.



## Приложение В (справочное)

### ПРИМЕР ВЫБОРА ПЛАНА КОНТРОЛЯ И КОЛИЧЕСТВА ПОВЕРЯЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ В ВЫБОРКЕ, В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 ДЛЯ ПАРТИИ 1000 ШТ.

#### Принятые обозначения

N – объем контролируемой партии (шт);  
n – объем выборки;  
AQL – приемлемый уровень качества – процент несоответствующих изделий в контролируемой партии;  
Ac – приемочное число – допустимое количество несоответствующих изделий в выборке  
Re – браковочное число – количество несоответствующих изделий в выборке, по достижению которого партия бракуется.

#### Принимаемые исходные данные

Тип контроля – нормальный;  
план контроля – одноступенчатый;  
уровень контроля – общий, III (ввиду важности принятия правильного решения);  
AQL = 0,1;  
Ac = 0;  
Re = 1.

#### Определение объема выборки

Определение объема выборки осуществляется, в соответствие с принятыми исходными данными, по таблицам 1, 2-A ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007.

По таблице 1 определяется код объема выборки. Исходя из объема партии 1000 шт и уровня контроля – нормальный, определяется код объема выборки - K.

По таблице 2-A, исходя из принятых исходных данных: AQL = 0,1, Ac = 0, Re = 1 и выбранного кода объема выборки – K, определяется необходимый объем выборки – 125.

#### Контроль выборки

В соответствии с полученными данными производится контроль выборки, т.е. поверка случайно извлеченных 125 изделий из партии 1000 шт., на соответствие настоящей методике поверки.

При отсутствии в выборке несоответствующих изделий всю партию принимают, а при наличии в выборке, хотя бы, несоответствующего изделия – всю партию бракуют.