

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «НТЦ СОТСБИ»

В. Ю. Гойхман



ГСИ. КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ
РТК Мониторинг

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП5295-001-17514186-2023

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.....	6
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	8
7	Внешний осмотр.....	8
8	Проверка программного обеспечения.....	9
	8.1 Идентификация серийного номера	9
	8.2 Идентификация программного обеспечения	9
9	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	10
	9.1 Подготовка к поверке	10
	9.2 Опробование.....	14
10	Определение метрологических характеристик	17
	10.1 Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки	18
	10.2 Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU).....	24
	10.3 Определение диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD).....	27
	10.4 Определение диапазона и погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)	32
	10.5 Определение диапазона и погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL).....	33
	10.6 Определение диапазона и погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных	34
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	37
12	Оформление результатов поверки.....	41
	Приложение 1	42
	Приложение 2	44
	Приложение 3	45
	Приложение 4	46
	Приложение 5	48

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее также – МП) распространяется на Комплексы программно-аппаратные РТК Мониторинг (далее – ПАК РТК Мониторинг), производства Публичного акционерного общества «Ростелеком», г. Санкт-Петербург, и устанавливает объем, методы и средства первичной и периодической поверок.

1.2 ПАК РТК Мониторинг предназначены для измерений величин параметров пакетных сетей передачи данных: средней задержки передачи пакетов данных (PD), вариации задержки передачи пакетов данных (PDV), коэффициента потерь пакетов данных (PL), пропускной способности канала передачи данных с целью обеспечения мониторинга показателей качества обслуживания каналов передачи данных и последующей передачи измерительной информации на серверное оборудование для регистрации времени проведения измерений с привязкой к национальной шкале UTC(SU), статистического анализа и дальнейшего централизованного предоставления полученных результатов пользователям.

1.3 Настоящая методика поверки распространяется на ПАК РТК Мониторинг в составе маршрутизаторов серии ESR (модификации ESR-10 SLA, ESR-100) (далее – маршрутизатор) и серверов РТК Мониторинг (далее – сервер). Поверка остальных элементов ПАК, которые могут входить в его состав: формирователей-измерителей соединений СИГМА-2, устройств синхронизации и коррекции времени ХРОНО-С и т.п. осуществляется по методикам поверки, установленным для данных средств измерений в соответствии с действующим законодательством.

1.4 ПАК РТК Мониторинг обеспечивает:

- проведение измерений величин параметров пакетных сетей передачи данных;
- сбор, обработку и хранение результатов измерений;
- многопользовательский (разграниченный) и защищенный доступ к результатам измерений;
- централизованное отображение (мониторинг) результатов измерений всех контролируемых точек для пользователей.
- прозрачное прохождение пакетов информации через маршрутизаторы в случае отсутствия электропитания;
- синхронизацию шкалы времени, относительно национальной шкалы времени UTC (SU).

1.5 Методика разработана в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 2907 от 28.08.2020, ГОСТ Р 8.973-2019 «ГСИ. Национальные стандарты на методики поверки. Общие требования к содержанию и оформлению».

1.6 Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единицы количества переданной (принятой) информации (данных) и единиц величин параметров пакетных сетей передачи данных (ГЭТ 200-2023) при поверке ПАК РТК Мониторинг обеспечена согласно документу «Государственная поверочная схема для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных», утвержденному Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. №1707.

Прослеживаемость результатов измерений к Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ 1-2022) при поверке ПАК РТК Мониторинг обеспечена согласно документу «Государственная поверочная схема для средств

измерений времени и частоты», утвержденному Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360.

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

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

1.9 Примеры настроек, синтаксиса команд и их вывода, приведенные в настоящей методике поверки, содержат IP-адреса и параметры, которые должны выбираться, исходя из используемой конфигурации сети.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта стандарта на методику поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Идентификация программного обеспечения	Да	Да	8.2
Подготовка к поверке	Да	Да	9.1
Опробование	Да	Да	9.2
Определение метрологических характеристик:			10
Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU)	Да	Да	10.2
Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)	Да	Да	10.3
Определение диапазона и относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)	Да	Да	10.4
Определение диапазона и погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)	Да	Нет	10.5
Определение диапазона и погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных	Да	Нет	10.6
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
Оформление результатов поверки	Да	Да	12

2.3 В случае получения отрицательных результатов при выполнении любой из операций, приведенной в таблице 1, поверка прекращается, а владелец ПАК РТК Мониторинг извещается об отрицательных результатах поверки. Повторная поверка проводится в полном объеме после устранения неисправности, вызвавшей отрицательные результаты поверки.

2.4 Допускается поверка в сокращенном объеме для меньшего числа измеряемых величин путем проведения операций поверки для требуемых величин.

2.5 Допускается проведение первичной поверки ПАК РТК Мониторинг и/или маршрутизаторов, входящих в их состав, 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 маршрутизаторов всю партию принимают, а при наличии в выборке, хотя бы 1 непригодного маршрутизатора 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 2 и 3, соответственно.

Применение выборки при проведении первичной поверки ПАК РТК Мониторинг и/или маршрутизаторов, входящих в их состав, установленных на сети связи, не допускается.

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 ПАК РТК Мониторинг 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 поверки ПАК РТК Мониторинг, 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.

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

5.3 Эталоны единиц величин должны быть утверждены 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.

5.4 Средства измерений должны быть утвержденного типа.

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

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

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) п. 10 Определение метрологических характеристик	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С	Измеритель температуры и влажности ТКА-ПКМ, рег. № 24248-09
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа	Барометр БАММ-1, рег. № 5738-76
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 98 % с погрешностью не более 5%	Измеритель температуры и влажности ТКА-ПКМ, рег. № 24248-09
	Рабочий эталон единиц времени и частоты 5-го разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360, поддержка передачи шкалы времени методом сравнения с мерой с использованием сигналов, передаваемых по линиям связи, с пределом допускаемой абсолютной погрешности привязки шкалы времени относительно шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP через интерфейс Ethernet не более ± 100 мс	Источники первичные точного времени УКУС-ПИ 02ДМ, рег. № 60738-15
	Рабочий эталон единиц времени и частоты 5-го разряда по государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360, поддержка передачи шкалы времени методом измерений разности шкал времени с использованием сигналов, передаваемых по линиям связи с использованием протокола NTP. 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 $\pm 0,5$ мс. Рабочий эталон единиц количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных по государственной поверочной схеме для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. №1707 в диапазонах для: задержки передачи пакетов данных $1 \cdot 10^3$ до $1,5 \cdot 10^6$ мкс, вариации задержки передачи пакетов данных в диапазоне от 0 до $1 \cdot 10^5$ мкс, коэффициента потерь пакетов данных в диапазоне от 0 до 1, пропускной способности канала передачи данных от $512 \cdot 10^3$ до $500 \cdot 10^6$ бит/с.	Формирователи – измерители соединений СИГМА-2, рег. № 84943-22, в комплекте с приемником сигналов ГНСС
	Воспроизведение величин параметров пакетных сетей передачи данных: задержка передачи пакетов данных $1 \cdot 10^3$ до $1,5 \cdot 10^6$ мкс, вариация задержки передачи пакетов данных	Имитаторы параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС (из

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	в диапазоне от 0 до $1 \cdot 10^5$ мкс, коэффициент потерь пакетов данных в диапазоне от 0 до 1, пропускной способности канала передачи данных от $512 \cdot 10^3$ до $500 \cdot 10^6$ бит/с.	комплекта СИГМА-2), рег. № 84943-22
	Вспомогательное средство поверки – маршрутизатор L3 с поддержкой измерений SLA (активированной лицензией)	Сервисный маршрутизатор Eltex серии ESR
	Вспомогательное средство поверки – неуправляемый коммутатор Ethernet, 10/100/1000 Base-T, 5 портов	Сетевой коммутатор уровня L2 (2 шт.)
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице и государственным поверочным схемам.		

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.

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

6.5 Безопасность поверителей и обслуживающего персонала при поверке ПАК РТК Мониторинг 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 ПАК РТК Мониторинг.

7 Внешний осмотр

7.1 При проведении осмотра проверить:

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

7.2 Визуально проверить комплектность ПАК РТК Мониторинг на соответствие сопроводительной документации.

7.3 В случае удаленной поверки (при установке составных частей ПАК РТК Мониторинг на сети связи) внешний осмотр допускается не проводить. Вместо этого проводится идентификация модификации поверяемого маршрутизатора с использованием интерфейса командной строки с помощью команды: **show system**.

Пример ответа на команду **show system** (модификация выделена подчеркиванием):

```
sender# show system
System type:      Eltex ESR-10 SLA Service Router
System name:      sender
Software version: 1.8.9 build 5[1df4e15ecc] (date 02/02/2021 time 16:29:30)
Hardware version: 1v0
```


System uptime: 12 days, 3 hours, 56 minutes and 9 seconds
System MAC address: A8:F9:4B:AD:F5:78
System serial number: NP14000026

Допускается проведение идентификации модификации поверяемого маршрутизатора с использованием протокола SNMP посредством специальной команды с применением уникального идентификатора объекта в дереве значений .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.13.680000.

Пример применения команды и ее вывода приведен ниже (модификация выделена подчеркиванием):

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.13.680000  
ENTITY-MIB::entPhysicalModelName.680000 = STRING: ESR-10 SLA
```

8 Проверка программного обеспечения

8.1 Идентификация серийного номера

8.1.1 Идентификация серийного номера маршрутизатора осуществляется методом визуального осмотра на наличие заводского или серийного номера. Место нанесения заводского или серийного номера указано в описании типа. Допускается идентификация серийного номера с использованием интерфейса командной строки с помощью команды: **show system id** или **show system**.

Пример ответа на команду **show system** приведен выше (см. секцию System serial number в п. 7.3).

Пример ответа на команду **show system id** (серийный номер выделен подчеркиванием):

```
responder# show system id  
Serial number:  
NP14000032
```

8.1.2 Допускается проведение идентификации серийного номера маршрутизаторов с использованием протокола SNMP посредством специальной команды с применением уникального идентификатора объекта в дереве значений .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.11.680000.

Пример применения команды и ее вывода приведен ниже (серийный номер выделен подчеркиванием):

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.11.680000  
ENTITY-MIB::entPhysicalSerialNum.680000 = STRING: NP14000032
```

8.1.3 Идентификация серийного номера сервера осуществляется посредством web-интерфейса в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.2 Идентификация программного обеспечения

8.2.1 Идентификационные данные программного обеспечения маршрутизатора определяются с использованием интерфейса командной строки с помощью команды: **show version** или **show system**.

Пример ответа на команду **show system** приведен выше (см. секцию Software version в п. 7.3).

Пример ответа на команду **show version** (номер версии и цифровой идентификатор ПО выделены подчеркиванием):

```
responder# show version  
Boot version:  
g001f2c13e (date 19/12/2019 time 12:06:15)
```


SW version:

1.8.9 build 5[1df4e15ecc] (date 02/02/2021 time 16:29:30)

HW version:

1v0

8.2.2 Допускается проведение идентификации программного обеспечения маршрутизаторов с использованием протокола SNMP посредством специальной команды с применением уникального идентификатора объекта в дереве значений .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.10.680000.

Пример применения команды и ее вывода приведен ниже (номер версии и цифровой идентификатор ПО выделены подчеркиванием):

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.2.1.47.1.1.1.1.10.680000
```

```
ENTITY-MIB::entPhysicalSoftwareRev.680000 = STRING: 1.8.9 build 5[1df4e15ecc] (date 02/02/2021 time 16:29:30)
```

8.2.3 Идентификация программного обеспечения сервера осуществляется посредством web-интерфейса в соответствии с руководством по эксплуатации.

8.2.4 Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные соответствуют данным, указанным в описании типа.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Подготовка к поверке

9.1.1 Подготовку средств поверки и их прогрев осуществить в соответствии с их руководствами по эксплуатации.

9.1.2 Проверить срок действия свидетельств о поверке на применяемые средства поверки.

9.1.3 Подготовку к поверке в части настройки маршрутизаторов, установленных на сети связи, обеспечивают технические специалисты лица, предоставившего ПАК РТК Мониторинг на поверку, в соответствии с требованиями руководств по эксплуатации, внутренних регламентов и настоящей методики поверки.

9.1.4 Получить данные для подключения к маршрутизатору. Для этого необходимо:

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

- при периодической поверке (или первичной поверке ПАК РТК Мониторинг, установленных на сети связи) получить у лица, предоставившего ПАК РТК Мониторинг на поверку, логин, пароль и IP-адрес для доступа к поверяемому устройству, а в случае поверки ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи, согласовать способ доступа к данной сети, сетевые настройки для подключения к сети связи средств поверки с целью обеспечения их связности с поверяемым ПАК РТК Мониторинг. Все расходы на услуги связи и организацию доступа для проведения поверки должно нести лицо, предоставившее ПАК РТК Мониторинг на поверку.

9.1.5 При необходимости осуществить настройку сетевого интерфейса маршрутизатора в соответствии с Руководством по эксплуатации и документами: «Сервисные маршрутизаторы серии ESR. Руководство по эксплуатации. Описание функционала» и «Сервисные маршрутизаторы серии ESR. Справочник команд CLI». Для этого осуществить подключение к маршрутизатору с использованием сетевой карты (Ethernet) ПК или консольного порта (см. Рисунок 1) и выполнить соответствующие команды (см. примеры).

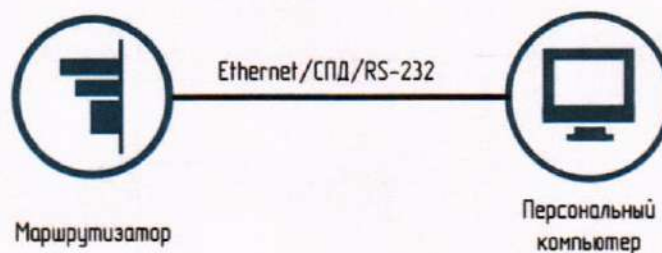


Рисунок 1 – Схема измерений для проверки работоспособности

Пример настройки маршрутизатора (IP-адреса необходимо выбирать из пула доступных для применяемой ЛВС):

Задать уникальное имя для каждого маршрутизатора, с помощью команды **hostname**, например, **hostname sender** или **hostname responder**, установить конфигурацию сетевых интерфейсов маршрутизаторов.

Настройка маршрутизатора №1 (sender):

```
configure
hostname sender
syslog host P7_SYSLOG 192.168.14.215 debug udp 514
interface gigabitethernet 1/0/1
ip firewall disable
ip address 10.0.0.1/24
exit
interface gigabitethernet 1/0/3
ip firewall disable
ip address 192.168.14.211/24
exit
ip route 0.0.0.0/0 192.168.14.1
```

Настройка маршрутизатора №2 (responder):

```
configure
hostname responder
interface gigabitethernet 1/0/1
ip firewall disable
ip address 10.0.0.2/24
exit
interface gigabitethernet 1/0/3
ip firewall disable
ip address 192.168.14.212/24
exit
ip route 0.0.0.0/0 192.168.14.1
```

Результат настройки сетевых параметров маршрутизатора считать положительным, если после применения настроек и выполнения команды **show ip interfaces** индицируемые параметры соответствуют тем, которые были заданы.

9.1.6 Собрать схему в соответствии с рисунком 2 (при локальной поверке) или рисунком 3 в случае проведения поверки ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи.

9.1.7 В случае проведения поверки ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи, необходимо согласовать с лицом, предоставившим ПАК РТК Мониторинг на поверку, схему

включения средств поверки для обеспечения связности между поверяемыми составными частями ПАК РТК Мониторинг и средствами поверки.

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.

Формирователь-измеритель СИГМА-2 (далее – СИГМА-2) обеспечивает настройку, управление и сбор результатов измерений с поверяемых составных частей ПАК РТК Мониторинг.

9.1.8 Расположить антенный блок источника первичного точного времени и приемника сигналов ГНСС формирователя-измерителя соединений СИГМА-2 в месте уверенного приема сигналов точного времени, передаваемых ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

9.1.9 По индикаторам отображения состояния 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)).

9.1.10 Установить синхронизацию шкалы времени маршрутизаторов с источником первичного точного времени, для чего:

- задать маршрутизатору IP-адрес NTP-сервера, с помощью команды **ntp server <ADDR>**, где <ADDR> - это IP – адрес используемого NTP – сервера;
- установить часовой пояс с помощью команды **clock timezone gmt +3**;
- установить минимальное значение интервала времени между отправкой сообщений NTP-серверу 16 с, с помощью команды **minpoll 4**;
- включить синхронизацию шкалы времени маршрутизатора с удаленным NTP – сервером, командой **ntp enable**.

Пример. Настройка синхронизации шкалы времени маршрутизатора по протоколу NTP:

```
ntp server 192.168.14.1
clock timezone gmt +3
minpoll 4
ntp enable
```

9.1.11 Результат считать положительным, если команда **show date** возвращает текущее время и дату.

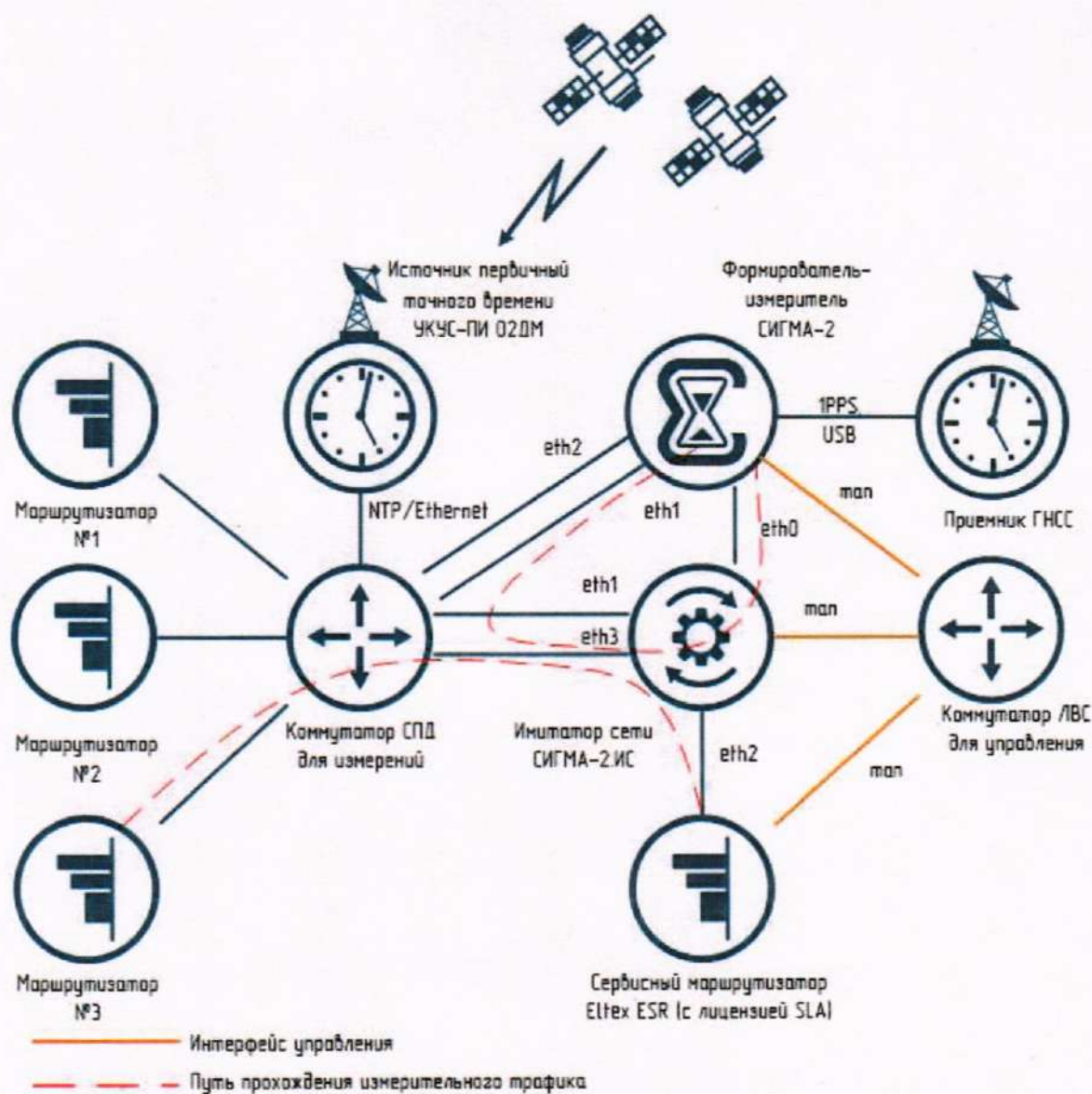


Рисунок 2 – Схема измерений при локальной поверке

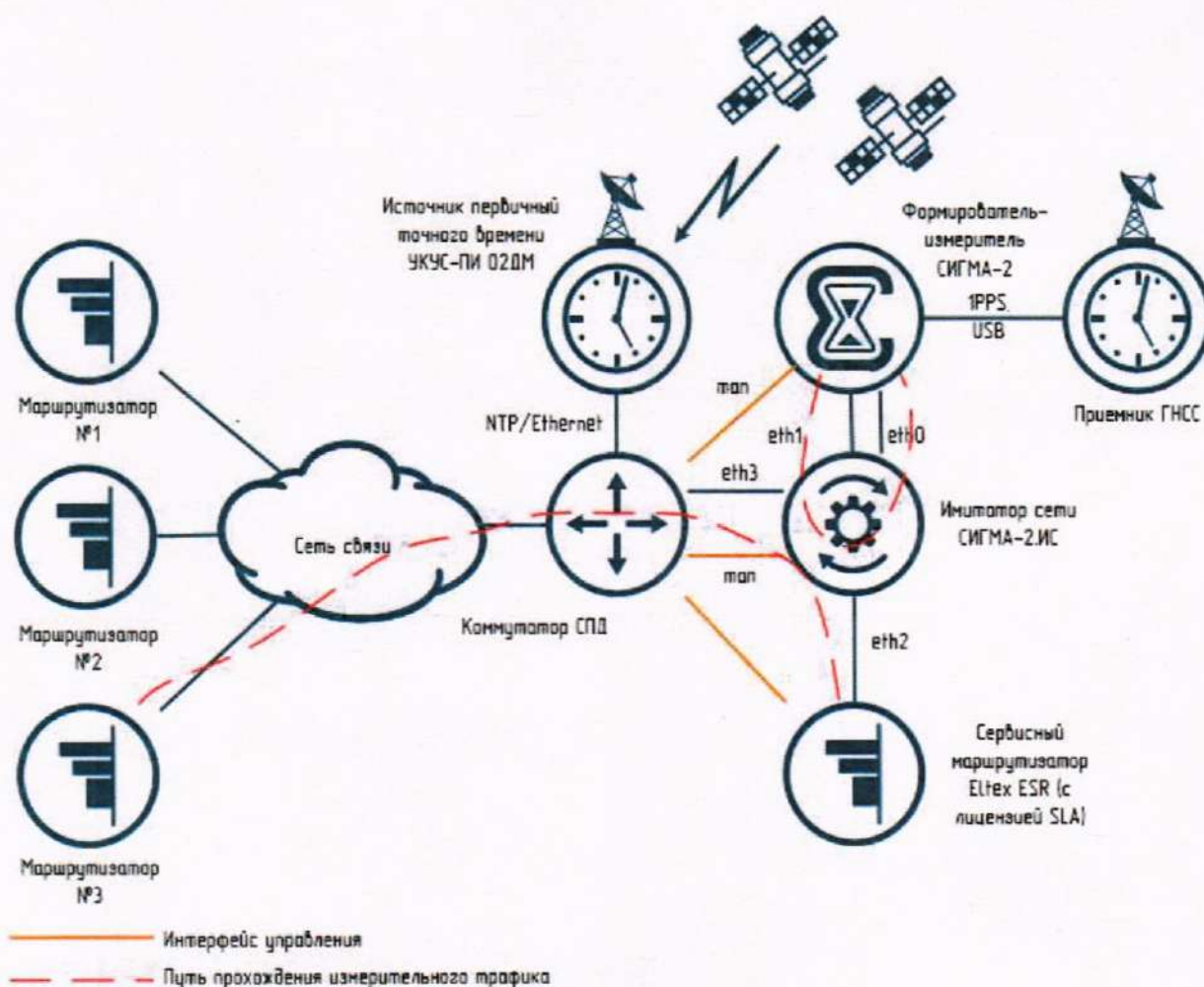


Рисунок 3 – Схема измерений при поверке на сети связи

9.2 Опробование

9.2.1 В случае локальной поверки опробование проводят по схеме в соответствии с рисунком 2.

9.2.2 В случае проведения поверки ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи, опробование проводят по схеме в соответствии с рисунком 3.

9.2.3 Опробование проводят в несколько этапов.

I этап. Проверка синхронизации шкалы времени маршрутизатора относительно национальной шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP

1. Проверка проводится по каналу связи посредством формирователя-измерителя СИГМА-2.
2. При запросе шкалы времени используется протокол NTP.
3. При проведении опробования шкала времени формирователя-измерителя соединений СИГМА-2 выбирается в качестве опорной (эталонной).
4. Обеспечить синхронизацию шкалы времени формирователя-измерителя соединений СИГМА-2 от комплектного приемника сигналов ГНСС в течение не менее 2-х часов.
5. Провести проверку синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC(SU) по протоколу NTP одним из двух способов:

- проверку через интерфейс командной строки используется команда **ntpdate** с ключом **-q**. Пример вывода команды:

```
root@sigma-2-ms-2201:~# ntpdate -q 10.10.10.21
server 10.10.10.21, stratum 3, offset +0.000325, delay 0.02592
2 Nov 17:14:44 ntpdate[2525218]: adjust time server 10.10.10.21 offset +0.000325 sec
```

- проверку с использованием программного обеспечения СИГМА-РШВ проводят в соответствии с требованиями п. 10.1 с использованием следующих параметров:

адрес: указать IP-адрес маршрутизатора

порт: 123

N - число запросов измерения: 10

n - число измерений: 10

период измерений: 1 с

допустимое расхождение: 0,3 с

6. Оценить результат, считать проверку выполненной успешно, если возвращается текущее значение времени и даты.

II этап. Проверка функционирования модуля измерений средней задержки, вариации задержки и коэффициента потерь пакетов данных

1. Использовать схему измерений, приведенную на рисунке 2 (при локальной поверке) или 3 (при поверке ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи);
2. Для проверки функционирования модуля измерений средней задержки, вариации задержки и коэффициента потерь пакетов данных необходимо подготовить конфигурацию теста. При формировании теста используются следующие команды:

```
ip sla - включает функционал IP-SLA (SLA-agent);
ip sla logging - включает логирование событий SLA;
ip sla test - используется для создания SLA-теста;
udp-jitter - задаёт UDP-режим и параметры тестирования;
frequency - устанавливает время между запусками SLA-сессии;
history - задает количество сохраняемых результатов SLA-тестов;
packet-size - задает размер исходящих на SLA-responder пакетов;
enable - активирует SLA-тест.
```

Пример. Конфигурирование теста:

```
ip sla
ip sla logging
ip sla test 1
udp-jitter 10.0.0.2 20001 source-ip 10.0.0.1 num-packets 10 interval 100
frequency 15
history 20
packet-size 64
enable
```

3. Провести измерение с использованием ранее созданного теста, для чего использовать команду **ip sla schedule**.
4. Результат проверки считать положительным, если после проведения теста команда вывода результатов теста **show ip sla test statistics 1** содержит результат измерений.

```
Test number: 1
Transmitted packets: 1000
Lost packets: 0 (0%)
```

Lost packets in forward direction: 0 (0%)
Lost packets in reverse direction: 0 (0%)
One-way delay forward min/avg/max: 9/10/11 milliseconds
One-way delay reverse min/avg/max: 10/10/11 milliseconds
One-way jitter forward min/avg/max: 0/0/0 milliseconds
One-way jitter reverse min/avg/max: 0/0/0 milliseconds
Two-way delay min/avg/max: 20/20/21 milliseconds
Duplicate packets: 0
Out of sequence packets in forward direction: 0
Out of sequence packets in reverse direction: 0

5. Допускается запрос результатов измерений по каналу связи с использованием протокола SNMP посредством специальных команд. Примеры применения и вывода команд для теста 1 приведены ниже:

Количество переданных пакетов данных в прямом направлении

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.4.1.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.2.1  
SNMPv2-SMI::enterprises.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.2.1 = Gauge32: 10
```

Количество потерянных пакетов данных в прямом направлении:

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.4.1.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.4.1  
SNMPv2-SMI::enterprises.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.4.1 = Gauge32: 0
```

Средняя задержка передачи пакетов данных в прямом направлении:

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.4.1.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.8.1  
SNMPv2-SMI::enterprises.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.8.1 = Gauge32: 999600
```

Вариация задержки передачи пакетов данных в прямом направлении

```
$ snmpwalk -v2c -c rtktest 10.10.10.21 .1.3.6.1.4.1.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.14.1  
SNMPv2-SMI::enterprises.35265.1.147.2.2.1.3.1.1.14.1 = Gauge32: 0
```

III этап. Проверка модуля измерений пропускной способности канала связи

1. Использовать схему измерений, приведенную на рисунке 2 (при локальной поверке) или 3 (при поверке ПАК РТК Мониторинг, установленного на сети связи);
2. Для измерения пропускной способности канала необходимо настроить Zabbix-агент на Маршрутизаторе. Кроме команд, использовавшихся ранее, используются:

zabbix-agent - осуществляет переход в режим конфигурирования Zabbix-агента;
remote-commands - активирует возможность выполнение команд на маршрутизаторе с Zabbix-сервера;
server - задает IP-адрес Zabbix-сервера для zabbix-agent, с которого разрешено принимать входящие соединения. В данном случае IP-адрес СИГМА-2;
source-address - указывает адрес, с которого будет устанавливаться соединение с Zabbix-сервером;
enable - активирует функционал Zabbix-агента

Пример. Настройка Zabbix-агента:

```
zabbix-agent  
  hostname sender  
  remote-commands  
  server 192.168.14.175  
  source-address 10.0.0.1  
  timeout 30  
  enable
```


После настройки Zabbix-агента выполнить запуск измерения между маршрутизаторами с помощью формирователя-измерителя соединений СИГМА-2 последовательностью команд:

```
#zabbix_get -s 192.168.14.212 -p 10050 -k "system.run[sudo iperf -c 10.0.0.02 -s -u]"  
#zabbix_get -s 192.168.14.211 -p 10050 -k "system.run[sudo iperf -c 10.0.0.20 -u -b  
500M -i 1 -t X]"
```

где X – время измерения равное времени прохождения теста.

IP-адреса приведены для примера.

В процессе измерения в открывшемся окне, в колонке Bitrate будет индцироваться измеренное значение пропускной способности.

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

9.2.4 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 2 (при локальной поверке ПАК РТК Мониторинг) или рисунке 3 (при поверке оборудования, установленного на сети связи).
- формирователь-измеритель соединений СИГМА-2 поддерживает автоматизированное проведение поверки в многоканальном режиме с использованием интерфейсного ПО СИГМА-РТК-Контроль. Для проведения поверки в таком режиме необходимо получить у лица, предоставившего ПАК РТК Мониторинг на поверку, файл с указанием данных для доступа к поверяемому оборудованию (логин, пароль, IP-адрес);
- 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 формирователя-измерителя соединений 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 рабочих эталонов.

3. При обработке результатов измерений руководствоваться положениями ГОСТ Р 8.736-2011.

10.1 Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки

1. Определение метрологических характеристик в режиме автоматизированной поверки осуществляется в соответствии с требованиями настоящей методики поверки (п. 10.2-10.6) посредством специального интерфейсного программного обеспечения СИГМА-РТК-Контроль формирователя-измерителя соединений СИГМА-2.
2. Программное обеспечение СИГМА-РТК-Контроль не является метрологически значимым ПО, а использует метрологически значимое программное обеспечение СИГМА-РШВ, СИГМА-СПД в автоматизированном режиме. Автоматизация действий поверителя выполняется по специальной программе, которая содержит необходимые инструкции по управлению средствами поверки, объектами поверки, считывания результатов измерений с объектов поверки и их фиксацию в протоколе поверки. Вердикты об успешности или не успешности выполнения операций поверки являются предварительными. Окончательную оценку успешности операции поверки осуществляет поверитель на основании результатов поверки, содержащихся в протоколе, и наблюдением за ходом поверки.
3. Предварительная настройка ПО СИГМА-РТК-Контроль осуществляется с использованием набора конфигурационных файлов и профилей поверки согласно руководству по эксплуатации ПО СИГМА-РТК-Контроль.
4. Согласно руководству по эксплуатации ПО СИГМА-РТК-Контроль подготовить текстовый файл формата csv с настройками поверки и перечнем поверяемых маршрутизаторов с указанием требуемых параметров для подключения и настройки (IP-адрес и номер порта для подключения с использованием протокола ssh, логин, пароль, настройки протокола SNMP и т.п. необходимые параметры). Шаблон текстового файла располагается в каталоге программного обеспечения СИГМА-РТК-Контроль.
5. Выполнить запуск интерфейсного ПО СИГМА-РТК-Контроль, щелкнув на пиктограмму СИГМА-РТК-Контроль, расположенную на рабочем столе СИГМА-2 (см. Рисунок 4).
6. Осуществить загрузку ранее подготовленного списка с перечнем поверяемых маршрутизаторов в разделе «Опробование» нажав кнопку «Загрузить конфигурацию». В таблице появится перечень IP-адресов поверяемых маршрутизаторов (см. Рисунок 5).
7. Осуществить проверку настроек поверки на вкладке «Настройки окружения».
 - 7.1. Перейти в раздел «Настройки окружения» основного окна ПО СИГМА-РТК-Контроль. Проверить или указать IP-адрес вспомогательного сервисного маршрутизатора ESR и источника первичного точного времени УКУС-ПИ 02ДМ.
 - 7.2. Указать имя каталога для сохранения результатов.
 - 7.3. Нажать кнопку «Перечень средств поверки». В открывшемся окне через выпадающее меню «Номер госреестра ФИФ ОЕИ» выбрать профиль для поверяемых маршрутизаторов, проверить или указать перечень указанных средств поверки для формирования протокола (см. Рисунок 6).
 - 7.4. Указать условия проведения поверки в соответствующем подразделе. При использовании термогигрометров с поддержкой индикации результатов измерений по каналам связи

нажать кнопку «Запрос условий». При необходимости перезапроса условий поверки при переходе к следующей партии поверяемых маршрутизаторов установить отметку в боксе «Автообновление».

7.5. Указать персональные данные поверителя (фамилия, имя, отчество).

8. Проверить доступность поверяемых маршрутизаторов с помощью:

8.1. кнопки «Проверить подключение». В этом случае СИГМА-2 осуществляет подключение к каждому маршрутизатору из списка с выгрузкой его настроек, а также проводит идентификацию серийного номера и программного обеспечения (см. п. 8);

8.2. кнопки «Идентификация и опробование». В этом случае СИГМА-2 дополнительно проводит опробование каждого поверяемого маршрутизатора согласно требованиям п. 9.2 в автоматическом режиме;

8.3. полученные идентификационные данные и результат опробования отображаются в соответствующих столбцах таблицы (см. Рисунок 7).

9. Убедиться, что для каждого маршрутизатора в ячейке столбца «Опробование» указан статус «успешно», а ячейки столбцов «Серийный номер» и «Идентификация ПО» содержат верные значения согласно описанию типа (см. Рисунок 7).

10. В случае недоступности маршрутизатора из списка поверяемых маршрутизаторов, проверить настройки подключения путем выделения необходимой строки и нажатия кнопки «Настроить» (см. Рисунок 8).

11. Перейти в подраздел «Программа поверки» (см. Рисунок 9). Выбрать необходимую программу поверки в соответствующем выпадающем меню. При проведении первичной поверки и/или поверки маршрутизатора, установленного на сети связи, поставить соответствующие отметки.

12. Удостовериться, что подраздел «Программа поверки» содержит список операций поверки, которые должны быть выполнены (см. Рисунок 10). При необходимости проведения поверки в сокращенном объеме или исключения конкретных операций поверки из программы поверки нажать правой кнопкой мыши на соответствующей операции и выбрать «Запретить».

13. При необходимости осуществить экспорт перечня маршрутизаторов, которые по результатам поверки не прошли опробование или недоступны, в отдельный файл с помощью кнопки «Экспорт неуспешных».

14. При необходимости осуществить удаление маршрутизаторов из списка на поверку при экспорте их в файл или с помощью выделения и нажатия кнопки «Удалить».

15. Сохранить обновленную конфигурацию нажатием кнопки «Сохранить конфигурацию».

16. Перейти в подраздел «Поверка» и запустить поверку нажатием кнопки «Старт».

17. Наблюдать ход поверки. В столбце «Статус поверки» будет отображаться статус поверки (этапы прохождения поверки и конечный результат) по каждому из поверяемых маршрутизаторов (см. Рисунок 11).

18. По окончании программы поверки, независимо от результата поверки (пригоден или непригоден), в каталоге сохранения конфигурации для каждого поверяемого маршрутизатора будет сформирован протокол поверки, содержащий результаты поверки.

19. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям осуществляется в соответствии с п. 11 настоящей методики поверки.

The screenshot displays the 'СИГМА-РТК-Контроль' software interface, divided into several functional panels:

- Настройки окружения (Environment Settings):**
 - Настройка параметров сервера системы (System server parameters):**
 - Адрес сервера: 192.168.14.100
 - Порт сервера: 22
 - Настройка параметров сервера NTP:**
 - Адрес сервера: 192.168.14.1
 - Порт сервера: 123
 - Имя каталога сохранения (Save catalog name):** 24-10-2023. Includes a button 'Перечень средств поверки'.
 - Условия проведения поверки (Verification conditions):**
 - Температура, °C: 25.0
 - Отн. влажность, %: 50.0
 - Атм. давл., кПа: 101.3
 - Чекбокс 'Автообновление' (Auto-update) is unchecked.
 - Buttons: 'Запрос условий' (Request conditions), 'ДП' (DP).
 - Поверитель (Verifier):**
 - ФИО: Константинов Константин Константинович
 - № заявки: 123455
- Опробование (Verification):**
 - Buttons: 'Загрузить конфигурацию' (Load configuration), 'Сохранить конфигурацию' (Save configuration), 'Настроить' (Configure), 'Удалить' (Delete).
 - Table with columns: №, IP-адрес, Серийный номер, Идентификация ПО, Опробование.
 - Buttons at the bottom: 'Проверить подключение' (Check connection), 'Идентификация и опробование' (Identification and verification), 'Экспорт неуспешных' (Export unsuccessful).

At the bottom left, the text 'СИГМА-РТК-Контроль 1.0.0-01' and 'Сформировать протокол' (Generate protocol) are visible.

Рисунок 4 – Внешний вид ПО СИГМА-РТК-Контроль

The screenshot displays the main interface of the SIGMA-RTK-Control software. It is divided into several sections:

- Настройки окружения (Environment Settings):**
 - Настройка параметров сервера системы (System server parameter setting):**
 - Адрес сервера: 192.168.14.100
 - Порт сервера: 22
 - Настройка параметров сервера NTP (NTP server parameter setting):**
 - Адрес сервера: 192.168.14.1
 - Порт сервера: 123
- Имя каталога сохранения (Save catalog name):** 24-10-2023
- Условия проведения поверки (Verification conditions):**
 - Температура, °C: 25.0
 - Отн. влажность, %: 60.0
 - Атм. давл., кПа: 101.3
 - ☒ Автообновление
 - Запрос условий
- Поверитель (Verifier):**
 - ФИО: Константинов Константин Константинович
 - № заявки: 123456
- Опробование (Testing):**
 - Buttons: Загрузить конфигурацию, Сохранить конфигурацию, Настроить, Удалить
 - Table with 5 columns: №, IP-адрес, Серийный номер, Идентификация ПО, Опробование
 - Table data:

№	IP-адрес	Серийный номер	Идентификация ПО	Опробование
1	192.168.15.1			
2	192.168.15.2			
3	192.168.15.3			
- Buttons at the bottom:** Проверить подключение, Идентификация и опробование, Экспорт неуспешных

Рисунок 5 – Внешний вид ПО СИГМА-РТК-Контроль с загруженной конфигурацией

The screenshot shows a modal window titled "Перечень средств поверки" (List of verification means). It contains the following information:

- № в госреестре ФНБ ОЕИ:** №XXXXX 24
- Методика поверки:** МП5295-001-17514186-2023
- Средства поверки:**
 - 84943-22 Формирователи-измерители соединений СИГМА-2 2201 ФИ 2022
 - Рабочий эталон ГПС для систем и устройств измерения объемов цифровой информации, передаваемых по каналам Интернет и телефонии ГОСТ Р 8 875-2014; 84943-22
 - Формирователи-измерители соединений СИГМА-2 2201 ФИ 2022 Эталон 5-го разряда ГПС для СИ времени и частоты, приказ Росстандарта №1621 от 31.07.2018 г.
- Buttons:** Применить, Отмена

Рисунок 6 – Окно «Перечень средств поверки»

Настройки окружения **Программа поверки** **Опробование** **Поверка**

Настройка параметров сервера системы

Адрес сервера	Порт сервера
192.168.14.100	22

Настройка параметров сервера NTP

Адрес сервера	Порт сервера
192.168.14.1	123

Имя каталога сохранений: 24.10.2023 **Перечень средств поверки**

Условия проведения поверки

Температура, °C: 25.0

Отн. влажность, %: 50.0 Атм. давл., кПа: 101.3

☒ Автообновление **Запрос условий**

Поверитель

ФИО: КОНСТАНТИНОВ КОНСТАНТИН КОНСТАНТИНОВИЧ

№ заявки: 123456

Опробование

Загрузить конфигурацию **Сохранить конфигурацию** **Настроить** **Удалить**

№	IP-адрес	Серийный номер	Идентификация ПО	Опробование
1	192.168.15.1	NP14000026	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
2	192.168.15.2	NP14000032	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
3	192.168.15.3			Ошибка подключения

Проверить подключение **Идентификация и опробование** **Экспорт неуспешных**

СИГМА-РТК-Контроль 1.0.0.0-01 Сформировать протокол

Рисунок 7 – Внешний вид окна СИГМА-РТК-Контроль после проведения опробования

Настройка параметров

Настройка параметров подключения

IP-адрес: 192.168.15.1

Порт SSH: 8022

Имя пользователя: support Пароль: password

Идентификация ПО и серийного номера

Серийный номер: NP14000026

Идентификационные данные ПО: 1.8.9 build 5[1df4e15ecc]

Модификация: SSH-10-SLA

Настройка параметров подключения по SNMP

IP-адрес: 192.168.15.1

Сообщество: rtktest Пароль:

Порт: 161 Версия протокола:

Параметры сервера синхронизации времени (NTP)

IP-адрес: 192.168.14.1

Порт: 123

Запрос конфигурации

Применить **Отмена**

Рисунок 8 – Окно настройки параметров

Настройки окружения Программа поверки Опробование Поверка

Программа поверки
Не определена

☐ Первоначальная поверка
☐ Поверка на сети связи

№	Наименование операции	Количество

▶ Старт □ Стоп

Загрузить конфигурацию Сохранить конфигурацию Ничего Удалить

№	IP-адрес	Серийный номер	Идентификация ПО	Опробование
1	192.168.15.1	NP14000026	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
2	192.168.15.2	NP14000032	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
3	192.168.15.3	NP03001822	118.3[24d5a55b4]	Завершено успешно

Проверить подключение Идентификация и опробование Экспорт неуспешных

СИГМА-РТК: контроль 10.0.0.01 Сохранить протокол

Рисунок 9 – Окно «Программа поверки»

Настройки окружения Программа поверки Опробование Поверка

Программа поверки
XXXXXX-24

☐ Первоначальная поверка
☐ Поверка на сети связи

№	Наименование операции	Количество
1	ПГ синхронизации ШВ	400
2	ПГ ср. задержки передачи (PD)	5
3	ПГ коэф. потерь пакетов (PL)	4

▶ Старт □ Стоп

Загрузить конфигурацию Сохранить конфигурацию Ничего Удалить

№	IP-адрес	Серийный номер	Идентификация ПО	Опробование
1	192.168.15.1	NP14000026	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
2	192.168.15.2	NP14000032	1.8.9 build 5[1df4e15ecc]	Завершено успешно
3	192.168.15.3	NP03001822	118.3[24d5a55b4]	Завершено успешно

Проверить подключение Идентификация и опробование Экспорт неуспешных

СИГМА-РТК: контроль 10.0.0.01 Сохранить протокол

Рисунок 10 – Окно «Программа поверки» с выбранным профилем программы поверки

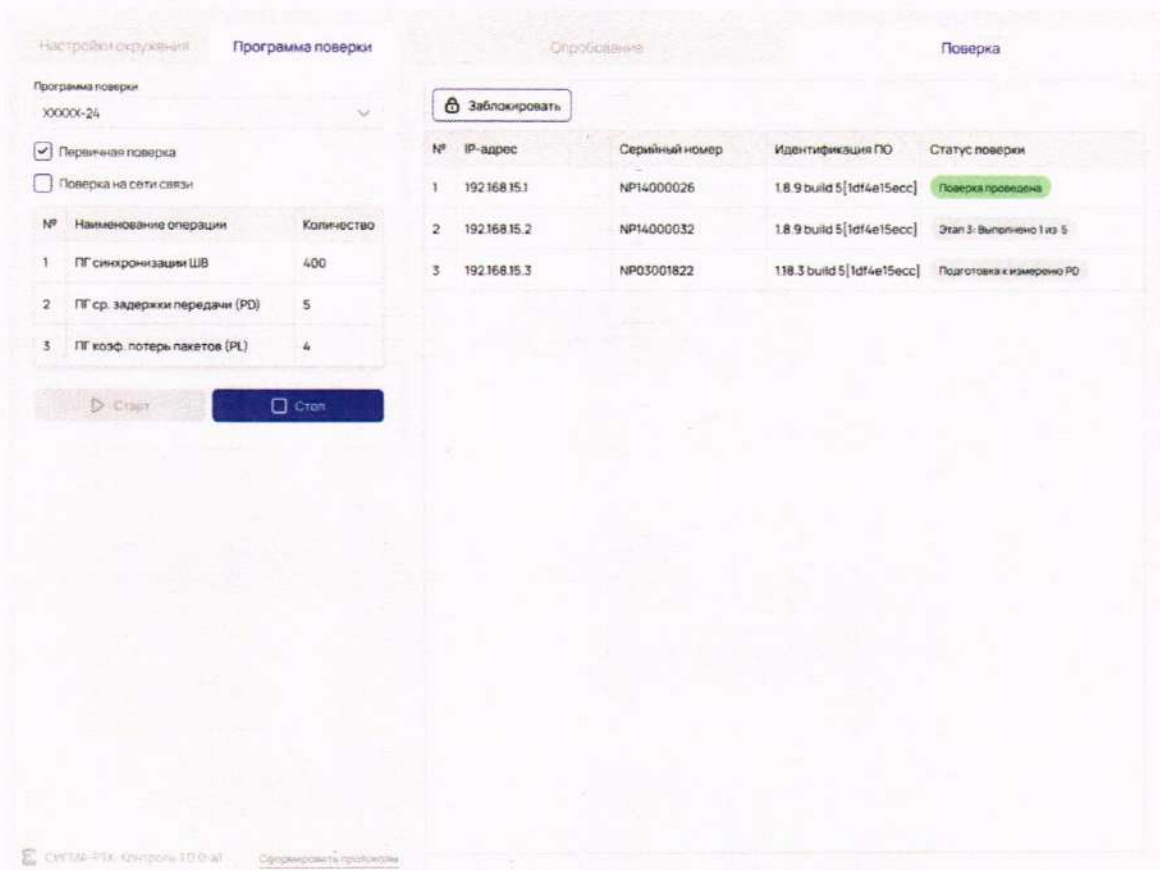


Рисунок 11 – Окно «Программа поверки» при запущенной поверки

10.2 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) шкалы времени (далее также – ШВ), воспроизводимой маршрутизатором, относительно национальной ШВ UTC (SU).
2. При использовании ПО СИГМА-РТК-Контроль проведение поверки и оценка результатов измерений проводится автоматически (см. п. 10.1).
3. При проведении измерений применяется СИГМА-2, оснащенный приемником сигналов ГНСС ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS, обеспечивающим синхронизацию ШВ внутренних часов со ШВ ГЛОНАСС UTC (SU).
4. Синхронизация ШВ маршрутизаторов обеспечивается по протоколу NTP от NTP-сервера источника первичного точного времени УКУС-ПИ 02ДМ. При периодической поверке вместо источника первичного точного времени допускается применять другие серверы точного времени, при условии, если они являются средством измерения утвержденного типа и имеют действующее свидетельство о поверке.
5. При проведении измерений ШВ СИГМА-2 выбирается в качестве опорной (эталонной).
6. Измерения разности ШВ проводятся на основании прямых измерений. Метод измерения заключается в сравнении двух ШВ (СИГМА-2 и маршрутизатора), 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 локальной поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке 2. Для проведения поверки маршрутизатора, установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 3. 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 СИГМА-2 расположены пиктограммы, ассоциированные с программным обеспечением СИГМА-2 (см. Рисунок 12).



Рисунок 12 – Рабочий стол СИГМА-2

9. Щелкнуть по пиктограмме СИГМА-РШВ, откроется основное окно подпрограммы измерения расхождения шкал времени СИГМА-РШВ (см. Рисунок 13).

Измеритель расхождения шкал времени СИГМА-РШВ

Испытание: Имя испытания: ЗАГРУЗИТЬ СОХРАНИТЬ

Настройка:

Адрес: 192.168.14.1 Порт: 123

Число запросов измерения: 20

Число измерений: 10

Период измерений, с: 2

Допустимое расхождение, с: 1

Измерение:

Время МСК: 1.06.2022 21:10:38.529 MSK

Время измеренное:

Расхождение, с:

Погрешность измерения, мс:

Результат:

0%

Измеренное	UTC(SU)	Расхождение	Результат
------------	---------	-------------	-----------

START STOP

Рисунок 13 – Основное окно подпрограммы СИГМА-РШВ

Измеритель расхождения шкал времени СИГМА-РШВ

Испытание: КМУТ Имя испытания: ЗАГРУЗИТЬ СОХРАНИТЬ

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:

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

START STOP

Рисунок 14 – Индексирование результата испытаний подпрограммы СИГМА-РШВ

10. По индикатору «ГОТОВ» удостовериться, что формирователь-измеритель СИГМА-2 готов к измерению расхождения шкал времени.

11. Настроить параметры измерений:

адрес: указать IP-адрес маршрутизатора
порт: 123

N - число запросов измерения: 10

n - число измерений: 400

период измерений: 1 с

допустимое расхождение: 0,3 с

12. Нажать кнопку «СТАРТ» и дождаться окончания проведения измерений.
13. Обработку результатов измерений подпрограмма СИГМА-РШВ выполняет в автоматическом режиме (см. п. 11.1.1).
14. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить согласно требованиям п. 11.1.1.
15. При использовании ПО СИГМА-РТК-Контроль проведение поверки и оценка результатов измерений проводится автоматически (см. п. 10.1).

10.3 Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)

1. Схему измерений при определении диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных выбирают исходя из условий применения поверяемого ПАК РТК Мониторинг.
2. Операция проводится только для маршрутизаторов, входящих в состав ПАК РТК Мониторинг модификаций ESR-10 SLA и ESR-100.
3. Для проведения поверки маршрутизатора не установленного на сети связи руководствоваться требованиями п. 10.3.1.
4. Для проведения поверки маршрутизатора, установленного на сети связи, руководствоваться требованиями п. 10.3.2.
5. При использовании ПО СИГМА-РТК-Контроль проведение поверки и оценка результатов измерений проводится автоматически (см. п. 10.1).

10.3.1 Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при поверке маршрутизатора, не установленного на сети связи

1. Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных проводят методом непосредственного сличения с использованием имитатора параметров сети передачи данных СИГМА-2.ИС и блока формирователя-измерителя из состава СИГМА-2. Схема поверки состоит из последовательно осуществляемых опытов, в каждом из которых СИГМА-2 и маршрутизатор проводят измерение заведомо известного (эталонного) значения средней задержки передачи пакетов данных.
2. Для проведения поверки маршрутизатора, не установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 2. 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. 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.

4. 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.
5. Исходными данными для проведения измерения являются следующие задаваемые данные:
 - IP-адрес назначения;
 - длина тестового пакета;
 - интервал между тестовыми пакетами;
 - количество тестовых пакетов.

В процессе поверки производится формирование потока пакетов от исходящего сетевого адаптера СИГМА-2 через имитатор СИГМА-2.ИС (далее также – ИС), который вносит заведомо известное (заданное) значение задержки прохождения пакетов, к входящему сетевому адаптеру СИГМА-2.

Во время передачи потока пакетов 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 задержки прохождения пакетов потока. Это значение индицируется, как средняя задержка передачи пакетов данных (PD).

6. Перед проведением поверки необходимо оценить задержку, которая вносится элементами схемы (линиями связи, коммутатором, Ethernet-портами) и в процессе поверки, суммируется с задержкой, реализуемой имитатором СИГМА-2.ИС. Для этого измерить с помощью СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов при установке на ИС нулевой задержки.
7. Порядок установки необходимых параметров на имитатор СИГМА-2.ИС приведен в Приложении 4.
8. 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 значений задержки передачи пакетов, вносимой имитатором СИГМА-2.ИС:

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

Установить на ИС значения параметров, приведенных в таблице 3. Значение вносимой задержки $t_{PD \text{ Имитатор}}$ вводить 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 по таблице 3

Таблица 3 – Настройки испытаний при определении погрешности измерений средней задержки

Значения настроек		Контрольные точки		
		№ 1	№ 2	№ 3
Имитатор СИГМА-2.ИС	средняя задержка передачи пакетов данных	10 мс	200 мс	1000 мс
	вариация задержки пакетов	0 мкс		
	коэффициента потерь пакетов	0		

	полоса пропускания	100 Мбит/с полный дуплекс
Формирователь-измеритель СИГМА-2 и Маршрутизатор	Длина пакета	64 байт
	Задержка между тестовыми пакетами	50 мс
	Количество тестовых пакетов	1200
	Продолжительность одного измерения	≥ 60 сек
Допускается использовать другие настройки испытаний при условии продолжительности одного измерения не менее 60 с		

9. Измерить с помощью СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов для каждой из контрольных точек, используя параметры, приведенные в таблице 3.
10. Измерение проводить с использованием ПО СИГМА-СПД (см. Рисунок 15). Принцип работы ПО СИГМА-СПД основан на формировании конфигурируемой тестовой последовательности потока пакетов, которые осуществляют перенос файлов эталонного объема и (или) содержат временные метки отправки пакета. На приемной стороне временные метки считываются и по заложенному в программное обеспечение алгоритму рассчитываются показатели: минимальная, средняя и максимальная задержка передачи пакетов данных; вариация задержки передачи пакетов данных; коэффициент потерь пакетов данных; пропускная способность канала передачи данных.

The screenshot shows the 'Измеритель параметров пакетной сети СИГМА-СПД' (Sigma-SPD Network Parameter Measurement) application window. The interface is divided into several sections:

- Настройка окружения (Environment Setup):** Includes fields for outgoing and incoming interface (eth0, eth2), MAC addresses, IP addresses, and subnet mask. There are checkboxes for outgoing and incoming interfaces and buttons for sending DHCP requests and assigning IP addresses.
- Управление испытанием (Test Management):** Contains settings for packet length (1500 bytes), test period (0.120 ms), test time (60 seconds), test speed (100.000 Mbit/s), and packet count (500000). It also shows calculated load (8333 packets/s, 100 Mbit/s).
- Ход испытания (Test Progress):** Displays real-time statistics: Packets sent, Packets received, and Packets lost. A progress bar shows 0% completion. There are 'СТАРТ' (Start) and 'СТОП' (Stop) buttons.
- Результаты (Results):** Displays calculated values for delay (ms), variation (ms), and loss percentage.

The bottom right corner of the window shows the website 'www.sotsbi.ru'.

Рисунок 15 – Внешний вид окна ПО СИГМА-СПД при измерении задержки, вариации задержки и коэффициента потерь

11. Провести с помощью Маршрутизатора измерение средней задержки передачи пакетов, вносимых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из контрольных точек (см. Таблицу 3) с помощью набора команд (см. пример).

Пример

```
ip sla
ip sla logging
ip sla test 1
udp-jitter <DST-ADDRESS> 20001 source-ip<SRC-ADDRESS> num-packets 1200 interval 50 history
20
packet-size 64
enable
configure
ip sla shedule 1 life 100 start-time now
exit
commit
confirm
```

12. После завершения теста получить результат измерения, с помощью команды **show ip sla test statistics 1 microseconds** или с использованием протокола SNMP посредством специальной команды с применением уникального идентификатора объекта в дереве значений (см. п. 9.2).
13. Зафиксировать полученный результат измерения средней задержки передачи пакетов.
14. Измерение средней задержки проводить для всех контрольных точек, приведенных в таблице 3.
15. Обработку результатов измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить в соответствии с п. 11.1.2.

10.3.2 Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD) при поверке маршрутизатора, установленного на сети связи

1. Определение диапазона и относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных проводят методом непосредственного сличения с использованием имитатора параметров сетей передачи данных СИГМА-2.ИС и формирователя-измерителя СИГМА-2.
2. Для проведения поверки маршрутизатора, установленного на сети связи, используется схема измерений, приведенная на рисунке 3.
3. Поверку проводят в соответствии с положениями п. 10.3.1 и учетом требований п. 10.3.2.
4. Поверка проводится на сети связи оператора связи, в которой присутствует сторонний трафик, в связи с этим поверку рекомендуется проводить в режиме эксплуатации сети без перегрузок, сбоев, вне периодов аномальной нагрузки на сеть связи, вызванной нетипичным профилем использования услуг (технические работы, техногенные происшествия, праздничные дни и т.п.).
5. Перед началом поверки необходимо выбрать контрольные точки, распределенные по диапазону измерений, в которых необходимо будет определять погрешность измерений поверяемого маршрутизатора. Для этого необходимо определить начальную точку доступного диапазона измерений.

6. Поверка проводится в следующем порядке:

- Провести с помощью поверяемого маршрутизатора многократное (не менее пяти) измерение средней задержки передачи пакетов $t_{PD\Sigma}(i)$ между поверяемым маршрутизатором и сервисным маршрутизатором ESR, подключенном к имитатору СИГМА-2.ИС, при установленной в имитаторе СИГМА-2.ИС нулевой задержке, а остальными параметрами, в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Настройки при определении погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных

Значения настроек		Опробование
Имитатор СИГМА-2.ИС	средняя задержка передачи пакетов данных	0 мс
	вариация задержки пакетов данных	0 мкс
	коэффициент потерь пакетов данных	0
	полосы пропускания	10/100/1000 Мбит/с полный дуплекс
Формирователь-измеритель СИГМА-2	Длина пакета	64 байт
	Задержка между тестовыми пакетами	40 мс
	Количество тестовых пакетов	400
	Продолжительность одного измерения	≥ 15 с
Маршрутизатор	Длина пакета	64 байт
	Задержка между тестовыми пакетами	50 мс
	Количество тестовых пакетов	1200
	Продолжительность одного измерения	≥ 60 с
Допускается использовать другие значения параметров для маршрутизатора из расчета общего времени проведения одного измерения не менее 60 с и количества тестовых пакетов не менее 400.		

- получить от маршрутизатора результат каждого измерения средней задержки передачи пакетов данных.
- вычислить усредненное значение задержки $t_{PD\Sigma}$ по формуле:

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

- значение $t_{PD\Sigma}$ используется для выбора значений контрольных точек, в которых должна проводиться поверка.
- необходимо иметь в виду, что усредненное значение задержки $t_{PD\Sigma}$ состоит из задержки сети связи, через которую подключен поверяемый маршрутизатор, и задержки $t_{PD\text{схемы}}$, вносимой опытной зоной. Задержка $t_{PD\text{схемы}}$ определяется с помощью СИГМА-2 и может использоваться для исправления результата измерений при сличении результатов измерений:

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

- выбор контрольных точек осуществляется в соответствии с таблицей 5, при этом если полученное значение контрольной точки не удовлетворяет неравенству, то в качестве контрольной точки выбирается наибольшее допустимое значение для данной точки. В случае, если значение начальной контрольной точки превышает верхнюю границу контрольной точки, то данная контрольная точка пропускается. В случае если значение контрольной точки превышает верхнюю границу диапазона измерений ($\geq 1,5$ с), то определение погрешности средней задержки передачи пакетов данных (PD) провести невозможно. В этом случае маршрутизатор должен поверяться в условиях локальной сети по требованиям п. 10.3.1.

Таблица 5

№ контрольной точки $t_{PD}(i)$	Значение средней задержки передачи пакетов данных для имитатора СИГМА-2.ИС
1	$(t_{PD\Sigma} \cdot 10) \leq 250 \text{ мс}$
2	$250 \text{ мс} < (t_{PD\Sigma} \cdot 15) \leq 500 \text{ мс}$
3	$500 \text{ мс} < (t_{PD\Sigma} \cdot 20) \leq 1000 \text{ мс}$

- на СИГМА-2.ИС устанавливаются значения параметров испытаний (см. Таблица 4) и значение вносимой имитатором сети задержки $t_{PD \text{ Имитатор}}$ с учетом усреднённого значения задержки сети для контрольной точки №1:

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

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

- измерить с помощью СИГМА-2 среднюю задержку передачи пакетов для каждой из контрольных точек, используя параметры, приведенные в таблице 4.
 - с помощью поверяемого маршрутизатора проводится измерение средней задержки передачи пакетов, воспроизводимых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой контрольной точки с учетом требований, изложенных в таблицах (см. Таблица 4, Таблица 5).
7. Обработку результатов измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить в соответствии с п. 11.1.2.

10.4 Определение диапазона и относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)

1. Определение диапазона и относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных проводят на основе данных измерений средней задержки передачи пакетов.
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 сумме погрешностей двух измерений задержки передачи пакетов данных.

3. Средняя задержка передачи пакетов данных представляет собой сумму задержек всех переданных пакетов, деленную на константу – количество пакетов (1200 пакетов) т.е, погрешность измерения средней задержки равна сумме погрешностей измерений задержки каждого пакета, т.е. сумме погрешностей измерений 1200 пакетов.
4. Тогда можно сделать вывод о том, что погрешность измерения средней задержки передачи пакетов много больше, чем погрешность измерения вариации задержки передачи пакетов данных. Соответственно, если полученное в п. 10.3 значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов не превышает 1%, то и погрешность измерения вариации задержки передачи пакетов, тем более, не будет превышать 1%.
5. Таким образом, определение относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных проводить путем сравнения измеренного значения относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов с допустимой относительной погрешности измерений – 1%;
6. Определение относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных проводят для всех значений средней задержки, измеренных при проведении поверки по п. 10.3 настоящей методики.
7. Обработку результатов измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить в соответствии с п. 11.1.3 и 11.2.

10.5 Определение диапазона и погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)

1. При проведении поверки маршрутизатора, установленного на сети связи, операция не проводится в виду невозможности передачи воспроизводимой величины коэффициента потерь пакетов данных по каналам связи.
2. Определение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных проводят методом непосредственного сличения с использованием имитатора параметров сетей передачи данных СИГМА-2.ИС и формирователя-измерителя СИГМА-2.
3. Для проведения поверки используется схема измерений, приведенная на рисунке 2. Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований раздела 9.
4. Учитывая, что поверка проводится в локальной сети, в которой отсутствует сторонний трафик, то можно принять, что потери, вносимые активным оборудованием и линиями связи, отсутствуют.
5. Установить на ИС значения параметров, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Настройки испытаний при определении погрешности измерений коэффициента потерь пакетов

Значения настроек		Контрольные точки		
		№1	№2	№3
Имитатора СИГМА-2.ИС	коэффициент потерь пакетов	0	0,5	0,9
	средняя задержка передачи пакетов данных	0 мкс		
	вариация задержки пакетов	0 мкс		
	полосы пропускания	100 Мбит/с, полный дуплекс		
	длина пакета	64 байта		

Формирователя-измерителя СИГМА-2	интервал между тестовыми пакетами	5 мс
	количество тестовых пакетов	100 000
Маршрутизатора	максимальное время ожидания прихода пакета	3 с
Допускается использовать другие значения параметров для маршрутизатора при условии, что количество тестовых пакетов не менее 100000, максимальное время ожидания прихода пакета составляет 3 с		

6. Провести с помощью маршрутизаторов измерение коэффициента потерь пакетов данных, реализуемых имитатором СИГМА-2.ИС, для каждой из контрольных точек (см. Таблица 6). Для измерения использовать набор команд, приведенный в примере.

Пример:

```
ip sla
ip sla logging
ip sla test 1
udp-jitter <DST-ADDRESS> 20001 source-ip<SRC-ADDRESS> num-packets 100000 interval 5 history
20
packet-size 64
enable
ip sla schedule 1 life 1360 start-time now
exit
commit
confirm
```

После завершения теста получить результат измерения, с помощью команды **show ip sla test statistics 1**.

- В случае наличия потерь в контрольной точке №1 (коэф. потерь, установленный на имитаторе сети, равен 0) необходимо увеличить интервал между тестовыми пакетами и повторить измерение.
- Измерить с помощью СИГМА-2 и ПО СИГМА-СПД коэффициент потерь пакетов данных для каждой из контрольных точек (см. 10.3.1)
- Обработку результатов измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить в соответствии с п. 11.1.3 и 11.2.

10.6 Определение диапазона и погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных

- Определение диапазона и погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных проводят методом непосредственного сличения с использованием имитатора параметров сетей передачи данных СИГМА-2.ИС и СИГМА-2.
- При использовании ПО СИГМА-РТК-Контроль проведение поверки и оценка результатов измерений проводится автоматически (см. п. 10.1).
- Для проведения поверки маршрутизатора используется схема измерений, приведенная на рисунке 2.
- Используемые эталоны и средства измерений должны быть подготовлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации и с учетом требований раздела 9.

5. Учитывая, что поверка проводится в локальной сети, в которой отсутствует сторонний трафик, то можно принять, что потери, вносимые активным оборудованием и линиями связи, отсутствуют.
6. Для проведения измерений СИГМА-2 используется программное обеспечение СИГМА-СПД. Принцип работы ПО СИГМА-СПД при измерении пропускной способности канала передачи данных заключается в измерении максимальной скорости передачи информации, при которой отсутствуют потери пакетов, нет нарушения порядка следования пакетов, и вариация задержки пакетов не превосходит некоторой, наперед заданной, величины. В процессе измерения, скорость сначала изменяется крупными шагами, до обнаружения одного из нарушений (потери пакетов, переупорядочение, превышение допустимого значения вариации задержек), затем происходит откат на один шаг назад, и процесс повторяется с новым шагом скорости, уменьшенном в 10 раз, затем снова откат назад и еще раз уменьшение шага скорости в 3 раза. Полученное на последнем шаге максимальное значение скорости, при котором нет нарушений передачи информации – является пропускной способностью.
7. Установить на имитаторе сети значения параметров, приведенных в таблице 7 для контрольной точки №1.
8. Измерить с помощью СИГМА-2 пропускную способность канала передачи данных для каждой из контрольных точек с использованием ПО СИГМА-СПД.

Таблица 7 – Настройки при определении погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных.

Значения настроек	Контрольные точки		
	№ 1	№ 2	№ 3
Имитатор сети СИГМА-2.ИС			
Значение вносимой задержки пакетов	0 мкс	0 мкс	0 мкс
Значение вносимой вариации задержки пакетов	0 мкс	0 мс	0 мс
Значение коэффициента потерь пакетов	0	0	0
Значение пропускной способности	10 Мбит/с	50 Мбит/с	100 Мбит/с (для маршрутизатора) 400 Мбит/с (для сервера)
Формирователь-измеритель СИГМА-2			
Режим работы сетевого интерфейса	100 Мбит/с	100 Мбит/с	1000 Мбит/с
Потери пакетов, не менее	1	1	1
Джиттер, мс, не менее	90	90	90
Диапазон измерения	0-10 Мбит/с	10-100 Мбит/с	Весь диапазон
Длина пакета	1500 байт	1500 байт	1500 байт
максимальное время ожидания прихода пакета	3 с	3 с	3 с

The screenshot shows the 'Измеритель параметров пакетной сети' (Network Parameter Measurer) window of the SIGMA-SPD software. The interface is in Russian and features a top navigation bar with four tabs: 'Задержка и вариация' (Delay and variation), 'Пропускная способность' (Throughput), 'Параметры' (Parameters), and 'О программе' (About the program). The 'Параметры' tab is currently selected.

Under the 'Параметры' tab, there is a section titled 'Настройка окружения' (Environment settings). It contains two columns: 'Исходящий комплект' (Outgoing set) and 'Входящий комплект' (Incoming set). The 'Исходящий комплект' column has fields for 'eth0' (Interface), 'c0:c9:e3:1e:3b:89' (MAC address), and '192.168.42.42' (IP address). The 'Входящий комплект' column has fields for 'eth2' (Interface), 'a0:36:9f:06:49:54' (MAC address), and '10.10.10.10' (IP address). To the right of these fields are checkboxes for 'исходящий интерфейс' (outgoing interface) and 'входящий интерфейс' (incoming interface), and a text field for 'Маска подсети:' (Subnet mask) with the value '255.255.255.0'. Below these fields are two buttons: 'послать DHCP запрос' (send DHCP request) and 'назначить IP адрес' (assign IP address).

Below the 'Настройка окружения' section is a section titled 'Управление испытанием' (Test management). It contains three rows of settings: 'Потери пакетов, менее' (Packet loss, less) with a value of '1', 'Джиттер, менее (мс)' (Jitter, less (ms)) with a value of '90', and 'Диапазон измерения' (Measurement range) with a value of 'Весь диапазон прибора' (entire instrument range).

At the bottom of the 'Управление испытанием' section are two buttons: 'СТАРТ' (START) and 'СТОП' (STOP).

Below the 'Управление испытанием' section is a section titled 'Ход испытания' (Test progress). It contains a large empty text area for logging the test progress.

Below the 'Ход испытания' section is a section titled 'Результат' (Result). It contains a large empty text area for displaying the test results.

At the bottom right of the window, there is a small text field with the unit 'Мбит/с' (Mbit/s).

The bottom of the window features a footer with the website address 'www.sotsbi.ru'.

Рисунок 16 – Внешний вид окна ПО СИГМА-СПД при измерении пропускной способности канала передачи данных

9. Измерить с помощью маршрутизатора пропускную способность канала передачи данных для каждой из контрольных точек, используя набор команд, приведенный в примере:

Пример:

```
zabbix-agent
hostname sender
remote-commands
server <ADDR >          # IP-адрес Zabbix-сервера
source-address 10.0.0.1  # IP-адрес Zabbix-клиента
timeout 30
enable
exit
zabbix_get -s 192.168.14.212 -p 10050 -k "system.run[sudo iperf -c 10.0.0.02 -s -u]"
zabbix_get -s 192.168.14.211 -p 10050 -k "system.run[sudo iperf -c 10.0.0.20 -u -b 500M -i 1 -t 10]"
```

В значение ключа `-b` устанавливается значение ожидаемой полосы пропускания. В случае наличия потерь измерение повторяется с уменьшением значения данного ключа аналогично алгоритму для ПО СИГМА-СПД.

10. Обработку результатов измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям проводить в соответствии с п. 11.1.3 и 11.2.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов измерений

Измерение всех метрологических характеристик МХ по настоящей методике производится СИГМА-2 в автоматическом режиме и все измерения, проводимые СИГМА-2 являются прямыми измерениями.

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

Определение абсолютной погрешности синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) выполняется СИГМА-2 в автоматическом режиме в несколько этапов:

- вычисление мгновенного значения ΔT_i разности (расхождения) ШВ своих часов и часов маршрутизатора по формуле:

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

- 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:

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

- вычисление результата измерения разности (расхождения) ШВ ΔT , как отношения результата измерений разности (расхождения) ШВ $\Delta T_{измi}$ к количеству измерений n по формуле:

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

Сравнить измеренное значение абсолютной погрешности ΔT синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) со значением допустимой абсолютной погрешности измерений:

а) Если измеренное значение абсолютной погрешности ΔT синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) не превышает 0,3 с – результат выполнения данной операции поверки считается положительным. При этом в поле «Результат» индицируется сообщение «Успешно».

б) Если измеренное значение абсолютной погрешности ΔT синхронизации шкалы времени относительно национальной шкалы времени UTC (SU) превышает 0,3 с – результат выполнения данной операции поверки считается отрицательным, в поле «Результат» индицируется сообщение «Неуспешно» и после устранения причин получения отрицательного результата проводится повторная поверка в полном объеме.

11.1.2 Определение диапазона и погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных (PD)

По измеренным данным для всех контрольных точек в диапазоне измерений вычислить значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов данных ΔT_{PD} по формуле:

$$\Delta t_{PD}(i) = \frac{|t_{PD\SIGMA-2}(i) - (t_{PDES R}(i)|}{t_{PD\SIGMA-2}(i)} \cdot 100 \%$$

где:

$t_{PD\SIGMA-2}$ – значение средней задержки, измеренное СИГМА-2 для контрольной точки;

$t_{PDES R}$ – значение средней задержки, измеренное маршрутизатором для контрольной точки.

Сравнить измеренное значение относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов Δt_{PD} со значением допустимой относительной погрешности измерений:

а) Если измеренное значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов Δt_{PD} для каждой контрольной точки не превышает 1 % – результат выполнения данной операции поверки считается положительным.

б) Если измеренное значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов Δt_{PD} хотя бы для одной контрольной точки превышает 1% – результат выполнения данной операции поверки считается отрицательным и после устранения причин получения отрицательного результата проводится повторная поверка в полном объеме.

11.1.3 Определение диапазона и относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных (PDV)

По результатам обработки результатов определения относительной погрешности измерений средней задержки передачи пакетов данных для всех значений контрольных точек определить значение относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных по формуле:

$$\Delta t_{var} \ll \Delta t_{PD}$$

Сравнение значения относительной погрешности измерений вариации задержки передачи пакетов данных со значением допустимой относительной погрешностью измерений проводят по измеренному значению Δt_{PD} относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов:

а) Если значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов Δt_{PD} для каждой контрольной точки не превышает 1 % – результат выполнения данной операции поверки считается положительным.

б) Если значение относительной погрешности измерения средней задержки передачи пакетов Δt_{PD} хотя бы для одной контрольной точки превышает 1 % – результат выполнения данной операции поверки считается отрицательным и после устранения причин получения отрицательного результата проводится повторная поверка в полном объеме.

11.1.4 Определение диапазона и погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных (PL)

Вычислить по измеренным данным значения абсолютной погрешности измерения коэффициента потерь пакетов ΔK для каждой из контрольных точек, как разность между

значениями коэффициента потерь, измеренными маршрутизатором K_{ESR} , и коэффициентом потерь, измеренным прибором СИГМА-2 $K_{СИГМА-2}$ по формуле:

$$\Delta K = | K_{СИГМА-2} - K_{ESR} |$$

Сравнить измеренное значение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных ΔK со значением допустимой относительной погрешности измерений:

а) Если измеренное значение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных для всех контрольных точек не превышает $3 \cdot 10^{-5}$ – результат выполнения данной операции поверки считается положительным.

б) Если измеренное значение погрешности измерений коэффициента потерь пакетов данных для всех контрольных точек превышает $3 \cdot 10^{-5}$ – результат выполнения данной операции поверки считается отрицательным и после устранения причин получения отрицательного результата проводится повторная поверка в полном объеме.

11.1.5 Определение диапазона и погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных

Вычислить значения погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных для каждой контрольной точки по формуле:

$$\Delta V = \left(1 - \frac{V_{\text{маршрутизатор}}}{V_{СИГМА-2}} \right) \cdot 100\%,$$

где:

$V_{\text{маршрутизатор}}$ – значение пропускной способности, измеренное маршрутизатором;
 $V_{СИГМА-2}$ – значение пропускной способности, измеренное СИГМА-2;

Сравнить измеренное значение погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных ΔV со значением допустимой погрешности измерений пропускной способности канала передачи данных:

а) Если измеренное значение относительной погрешности измерения пропускной способности канала передачи данных для каждой контрольной точки не превышает $\pm 1\%$ – результат выполнения данной операции поверки считается положительным.

б) Если измеренное значение относительной погрешности измерения пропускной способности канала передачи данных хотя бы для одной контрольной точки превышает $\pm 1\%$ – результат выполнения данной операции поверки считается отрицательным и после устранения причин получения отрицательного результата проводится повторная поверка в полном объеме.

11.2 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Комплексы программно-аппаратные РТК Мониторинг соответствуют метрологическим требованиям, если получены следующие результаты:

- абсолютная погрешность синхронизации ШВ относительно национальной шкалы времени UTC(SU) не превышает $\pm 0,3$ с;
- относительная погрешность измерений средней задержки передачи пакетов данных не превышает $\pm 1\%$;
- погрешность измерений коэффициента потерь пакетов данных не превышает $\pm 3 \cdot 10^{-5}$;

– относительная погрешность измерений пропускной способности канала передачи данных маршрутизатора не превышает $\pm 1\%$;

– результат выполнения всех операций поверки успешный.

11.3 Результаты поверки ПАК РТК Мониторинг считаются отрицательными, если хотя бы одна операция поверки проведена неуспешно.

11.4 При отрицательных результатах поверки после устранения причин проводится повторная поверка в полном объеме.

11.5 ПАК РТК Мониторинг или его составные части 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 положительных результатов поверки по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное по установленной форме.

12.3 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.

12.4 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 ПАК РТК Мониторинг 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 1

(справочное)

Характеристики формирователя-измерителя соединений СИГМА-2

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	± 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	± 0
Погрешность измерений единиц объемов (количества) информации, принимаемой в сеансе передачи данных в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт, байт	± 1

Наименование характеристики	Значение
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	± 10
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	± 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, %	$\pm 0,5$

Приложение 2

(обязательное)

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 3

(обязательное)

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 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 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.

Приложение 4

(справочное)

Порядок установки параметров на имитатор СИГМА-2.ИС

Для установки необходимых параметров на имитатор СИГМА-2.ИС выполнить следующие действия:

- запустить на ПК Web-браузер и ввести в адресной строке IP-адрес интерфейса управления имитатора. Откроется страница управления, общий вид которой представлен на Рисунок 17.

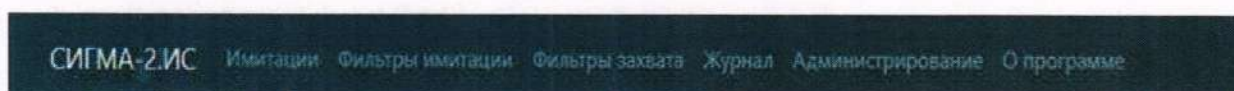


Рисунок 17 – Стартовая страница управления имитатором сети СИГМА-2.ИС

- перейти на вкладку «Имитации», откроется окно, представленное на Рисунок 18.

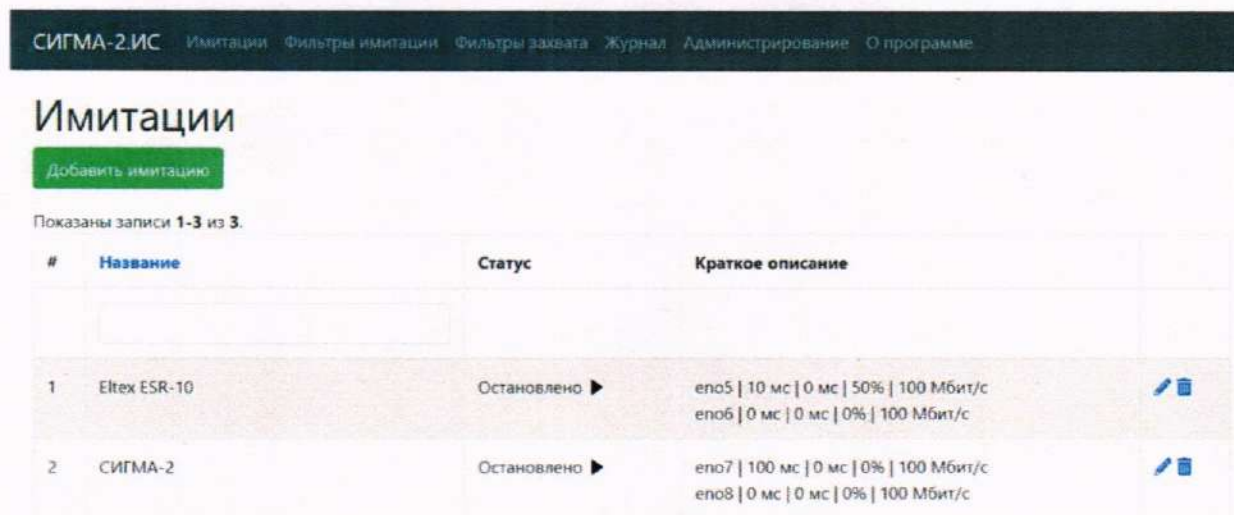


Рисунок 18 – Страница управления имитациями СИГМА-2.ИС

- для создания новых настроек параметров нажать кнопку "Добавить имитацию", откроется страница настроек параметров имитации, представленная на Рисунок 19
- в открывшемся меню выбрать интерфейсы, к которым осуществлено подключение формирователя-измерителя соединений СИГМА-2, указать требуемые значения параметров и название имитации.
- после выбора и задания всех параметров сценария имитации нажать кнопку «Сохранить»;
- запуск имитации осуществляется из вкладки «Имитации» путем нажатия на кнопку «Запустить имитацию» в столбце «Статус».

После выполнения указанных действий имитатор СИГМА-2.ИС готов к работе.

СИГМА-2.ИС

Имитация

Фильтры имитации

Фильтры захвата

Журнал

Администрирование

О программе

Добавить имитацию

Название

Интерфейс

epo1

▼

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

epo2

▼

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 19 – Страница настроек параметров имитации СИГМА-2.ИС

Приложение 5

(справочное)

Алгоритм измерения пропускной способности канала передачи данных формирователем-измерителем соединений СИГМА-2

1. Исходные данные для проведения измерения:
 - Ожидаемая (теоретическая) пропускная способность (V_0) – задается перед испытанием.
 - Начальная скорость (V_n) – 0,01 V_0 ;
 - Начальный шаг изменения скорости (Sh) – 0,01 V_0 ;
 - Макс. время ожидания прихода переданного пакета ($t_{ож}$) – 3 с;
 - Верхний порог джиттера задержки ($V_{арв}$) – 90 мс;
 - Предельно-допустимое значение счетчика $V_{ар_Err}$ – 2;
 - Время передачи при каждом значении скорости ($t_{пер}$) – не менее 1 с;
2. Переменные и определения
 - Счетчик этапов N_Step
 - Счетчик ошибок приёма пакетов (Pak_Err) – устанавливается в 1 при фиксации потери пакетов или нарушении последовательности их поступления;
 - Счетчик превышения верхнего порога вариации (Var_Err) – увеличивается на 1, если джиттер задержки в субтесте ($Delay Var$) больше, чем верхний порог джиттера задержки ($Varv$);
 - Субтест – один сеанс передачи данных с текущей скоростью.
 - Структура испытательного UDP – пакета - Рек. МСЭ-Т O.211.
3. Общая методология измерений
 - 3.1 Установить значение текущей скорости, равное начальной.
 - 3.2 Установить значение текущего шага изменения скорости, равное начальному.
 - 3.3 Производится передача с установленной текущей скоростью через сеть, между соответствующими user-network UN адаптерами формирователя-измерителя соединений СИГМА-2.
 - 3.4 После окончания передачи проверяется отсутствие потерянных пакетов, отсутствие нарушения порядка следования пакетов и проверяется тот факт, что джиттер задержки не превосходит установленный верхний порог джиттера (максимальное время ожидания пакетов и значение верхнего порога джиттера приведено в исходных данных).
 - 3.5 Если вышеперечисленных нарушений не зафиксировано – текущая скорость увеличивается на значение текущего шага изменения скорости и пункты 3.3 – 3.4 повторяются до тех пор, пока не будут выявлены нарушения, указанные в п. 3.4.
 - 3.6 Если потерь пакетов и нарушений порядка их следования не обнаружено, но в первый раз зафиксировано превышение джиттера задержки, относительно верхнего порога – передача файла с текущей скоростью повторяется.
 - 3.7 Если обнаружены потери пакетов, или нарушение порядка их следования, или вторично зафиксировано превышение джиттера задержки, относительно верхнего порога –

скорость передачи уменьшается на один шаг, значение текущего шага изменения скорости уменьшается в 10 раз и пункты 3.3 - 3.6 повторяются.

3.8 При вторичном обнаружении потерь пакетов, или нарушения порядка их следования, или если два раза подряд зафиксировано превышение джиттера задержки, относительно верхнего порога – скорость передачи уменьшается на один шаг, значение текущего шага изменения скорости уменьшается в 3 раза и пункты 3.3 - 3.6 повторяются.

3.9 При следующем обнаружении потерь пакетов, или нарушения порядка их следования, или если два раза подряд зафиксировано превышение джиттера задержки, относительно верхнего порога – скорость передачи уменьшается на один шаг и это значение индицируется, как пропускная способность канала передачи данных, тест завершается.

4. Конкретный алгоритм определения пропускной способности приведен на рисунке.

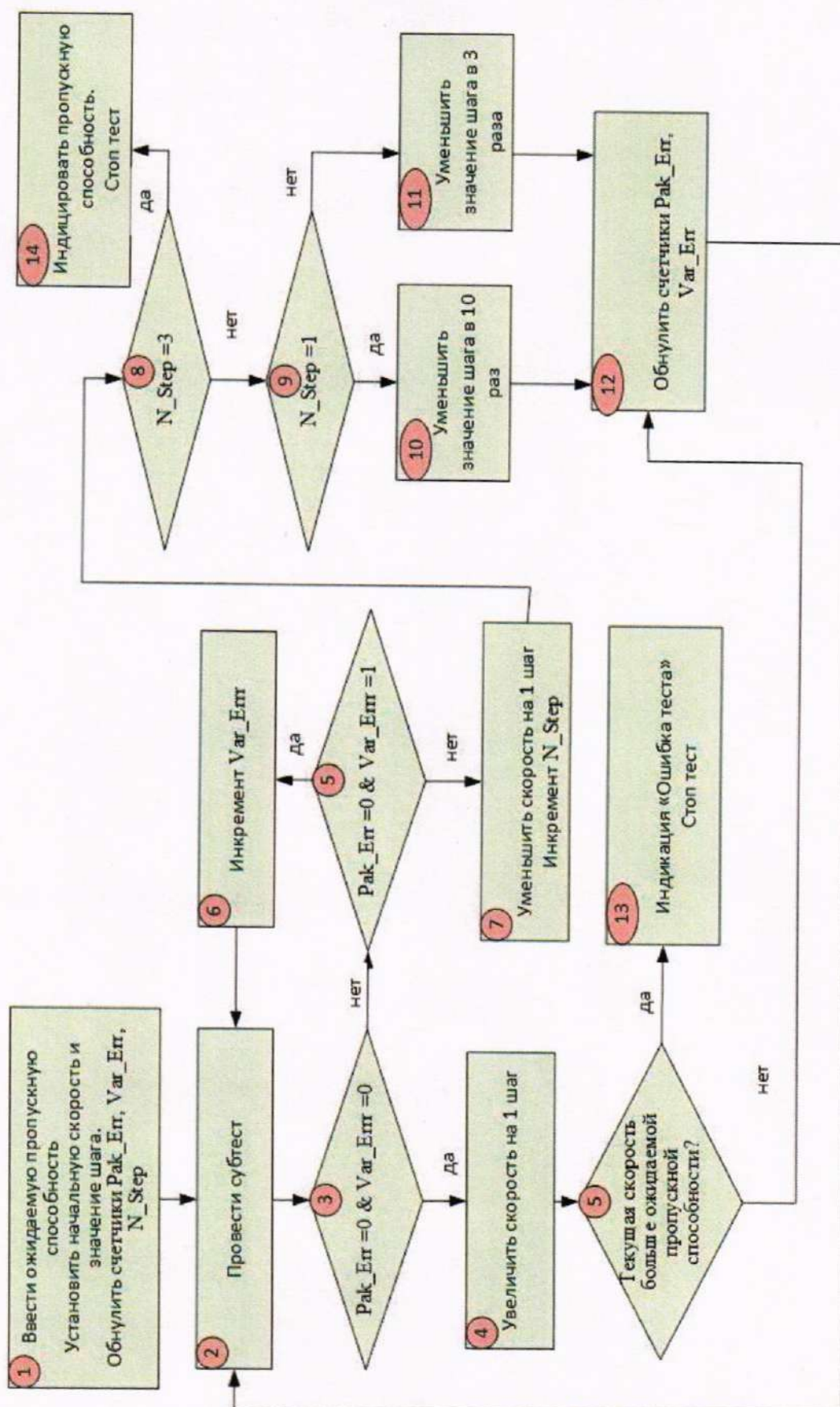


Рисунок 20 – Алгоритм измерения пропускной способности канала передачи данных СИГМА-2