

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ООО «НТЦ СОТСБИ»



В. Ю. Гойхман

мая

2024 г.

ГСИ. СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
СКАТ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП5295-001-27503380-2024

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки	4
3	Требования к условиям проведения поверки.....	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
6	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
7	Внешний осмотр	6
8	Проверка программного обеспечения.....	6
	8.1 Идентификация серийного номера	6
	8.2 Идентификация программного обеспечения	6
9	Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
	9.1 Подготовка к поверке	7
	9.2 Опробование.....	8
10	Определение метрологических характеристик	15
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	16
12	Оформление результатов поверки.....	17
	Приложение А.....	18
	Характеристики прибора СИГМА-2	18
	Математический аппарат обработки результатов испытаний.....	18
	А.1 Формирователь – измеритель соединений СИГМА-2. Общие сведения.	18
	А.2 Математический аппарат обработки результатов испытаний.....	18
	Приложение Б	23
	Таблицы результатов поверки	23
	Приложение В	24

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее также – МП) применяется для поверки Систем измерений передачи данных СКАТ (далее – СИПД), производства ООО "ВАС ЭКСПЕРТС", г. Санкт-Петербург, используемых в качестве средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений количества переданной (принятой) информации (данных) и величин параметров пакетных сетей передачи данных

1.2 Методика поверки устанавливает объем, методы и средства первичной и периодической поверок. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики СИПД

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 100 Мбайт, байт: K ≤ 100 кбайт K > 100 кбайт	±10 ±1·10 ⁻⁴ K
Вероятность неправильного представления исходных данных для тарификации, не более	0,0001
где K – объем (количество) информации, байт	

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

1.4 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 СИПД 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.

1.5 При определении метрологических характеристик применяется метод прямых измерений.

1.6 СИПД является виртуальной (функциональной) системой комплекса оборудования с измерительными функциями, реализованного на оборудовании СКАТ (Система контроля и анализа трафика) (Версия ПО 3), производства ООО "ВАС ЭКСПЕРТС", г. Санкт-Петербург, предназначенного для применения на сети связи общего пользования в качестве оборудования коммутации и маршрутизации пакетов информации сетей передачи данных с функциями автоматизированной системы управления и мониторинга средств связи, выполняющих функции систем коммутации и маршрутизации пакетов информации.

1.7 СИПД выполняет следующие функции: измерение количества (объема) информации при приеме/передачи данных; сбор и хранение исходных данных (учетной информации); передачу учетной информации в автоматические системы расчетов.

1.8 Методика поверки не предусматривает проведения поверки отдельных измерительных каналов или меньшего числа измеряемых величин.

2 Перечень операций поверки

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

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Проведение операции при		Номер пункта стандарта на методику поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1 Внешний осмотр	Нет	Нет	7
2 Идентификация программного обеспечения	Да	Да	8.2
3 Подготовка к поверке	Да	Да	9.1
4 Опробование	Да	Да	9.2
5 Определение метрологических характеристик	Да	Да	10
6 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
7 Оформление результатов поверки	Да	Да	12

2.2 При использовании средств поверки, указанных в таблице 3, норма времени на проведение первичной и периодической поверок составляет не более 1 часа при задействовании 8-ми информационно-измерительных каналов. При уменьшении задействованных ИИК норма времени кратно увеличивается.

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха от 45 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106 кПа

Электропитание средств поверки 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:

- имеющее высшее или среднее техническое образование, обладающие базовыми компетенциями в области поверки средств измерений времени и частоты, знаниями в области инфокоммуникационных технологий (сети передачи данных);
- изучившие руководство по эксплуатации на СИПД, эксплуатационную документацию на основные и вспомогательные средства поверки и настоящую методику поверки;
- имеющие навык работы в операционной среде Linux, пакетах офисных программ;

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 утвержденного типа в соответствии с пунктом 6 Положения об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734.

5.4 Средства измерений должны быть утвержденного типа.

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

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

Таблица 3 – 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	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
Определение метрологических характеристик	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. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений переноса единиц объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт ±0 байт; погрешность измерений единиц объемов (количества) информации, принимаемой в сеансе передачи данных в диапазоне от 1 байта до 1 Тбайт ±1 байт	Формирователи – измерители соединений СИГМА-2, рег. № 84943-22
<p>1) Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.</p> <p>2) В приложении А приведены характеристики прибора СИГМА-2 и математический аппарат, положенный в основу обработки результатов поверки (испытаний).</p> <p>3) В приложении Б приведены таблицы результатов поверки</p>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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

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

6.3 При проведении поверки запрещается:

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

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

6.5 Безопасность поверителей и обслуживающего персонала при поверке СИПД 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 комплекс оборудования, в состав которого входит СИПД.

7 Внешний осмотр

7.1 В связи с тем, что СИПД является виртуальной (функциональной) системой комплекса оборудования с измерительными функциями, реализованного на оборудовании СКАТ (Система контроля и анализа трафика), то внешний осмотр не проводится. Проверка комплектности не требуется.

8 Проверка программного обеспечения

8.1 Идентификация серийного номера

8.1.1 Идентификация серийного номера осуществляется при участии технического персонала, обслуживающего СИПД, в соответствии с эксплуатационной документацией на оборудование с измерительными функциями.

Серийный номер хранится в файле *«/etc/dpi/fastdpi.lic»* в параметре *«product_uid»*, который формируется исходя из параметров сервера или виртуальной машины.

8.2 Идентификация программного обеспечения

8.2.1 Идентификационные данные программного обеспечения определяются при участии технического персонала, обслуживающего СИПД, в соответствии с эксплуатационной документацией на оборудование с измерительными функциями.

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

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	FastDPI
Номер версии ПО	3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Цифровой идентификатор ПО	Каждый экземпляр СИПД обладает уникальным цифровым идентификатором ПО, который определяется при установке СИПД
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	md5

8.2.2 Идентификационные данные программного обеспечения (идентификационное наименование ПО и номер версии ПО) определяются с использованием командной строки с помощью команды *fastdpi -re*.

Пример ответа на команду *fastdpi -re*:

```
FastDPI release 3
```

8.2.3 В связи с тем, что каждый экземпляр СИПД обладает уникальным цифровым идентификатором ПО, который определяется при установке СИПД, проверка цифрового идентификатора ПО не проводится.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Подготовка к поверке

9.1 Перед проведением поверки необходимо провести следующие подготовительные работы:

9.1.1 Получить у оператора связи, на сети которого эксплуатируется оборудование с измерительными функциями с поверяемой СИПД, сетевые настройки и авторизационные данные для 8-ми Ethernet-комплектов (сетевых окончаний) используемого прибора СИГМА-2. От количества используемых комплектов напрямую зависит количество информационно-измерительных каналов прибора СИГМА-2 (1, 2 или 4, соответственно), которые будут задействованы при проведении поверки. Использование большего числа ИИК позволяетратно уменьшить время проведения поверки.

Настройки сети и оборудования с измерительными функциями должны обеспечивать маршрутизацию и коммутацию пакетов информации между сетевыми окончаниями прибора СИГМА-2, выступающими в качестве абонентов на весь период поверки. В случае применения технологии VLAN коммутационное оборудование сети доступа должно обеспечивать установку и снятие тегов IP-пакетов. Все расходы на услуги связи несет лицо, предоставившее СИПД на поверку.

9.1.2 Для настройки испытания согласовать с оператором связи параметры доступа к пакетной сети: логины, пароли и сетевые параметры (IP-адреса, маску сети), привязанные к тестовым комплектам.

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

9.1.4 Подготовить прибор СИГМА к работе согласно руководству по эксплуатации.

9.1.5 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 1.

9.1.6 Откорректировать текущее время прибора СИГМА по времени поверяемого оборудования.

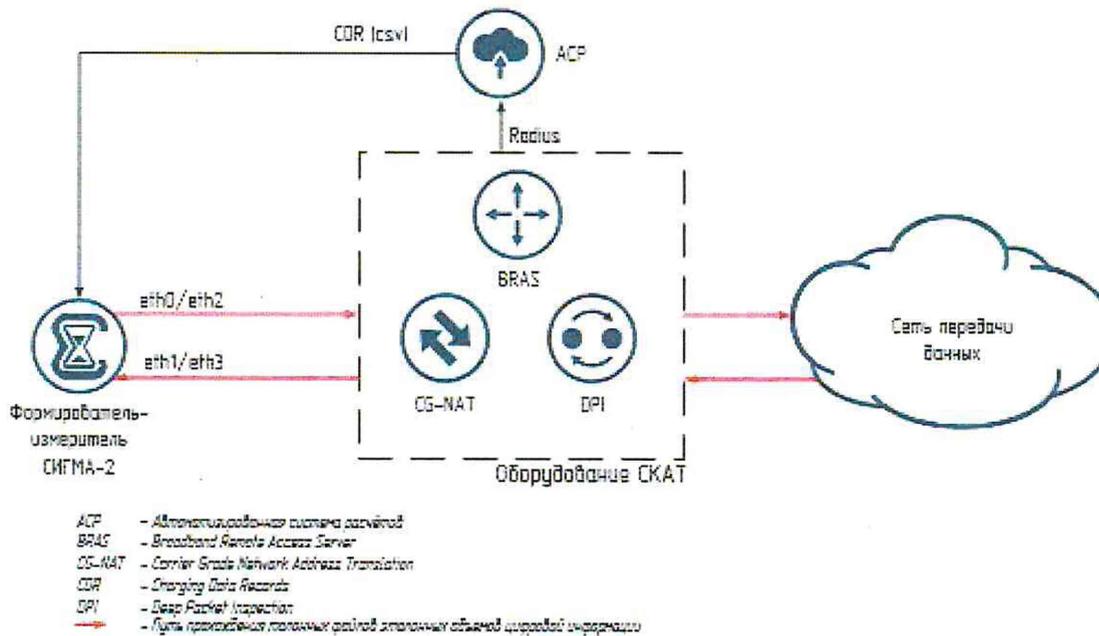


Рисунок 1 – Схема поверки СИПД

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование производят по схеме в соответствии с рисунком 1 в следующей последовательности:

- включить питание прибора СИГМА. После автоматического запуска операционной системы Linux, на рабочем столе появляются пиктограммы: СИГМА-СИПД, СИГМА-Таксофон, СИГМА-СИПД (Рисунок 2), ассоциированные с программным обеспечением СИГМА;

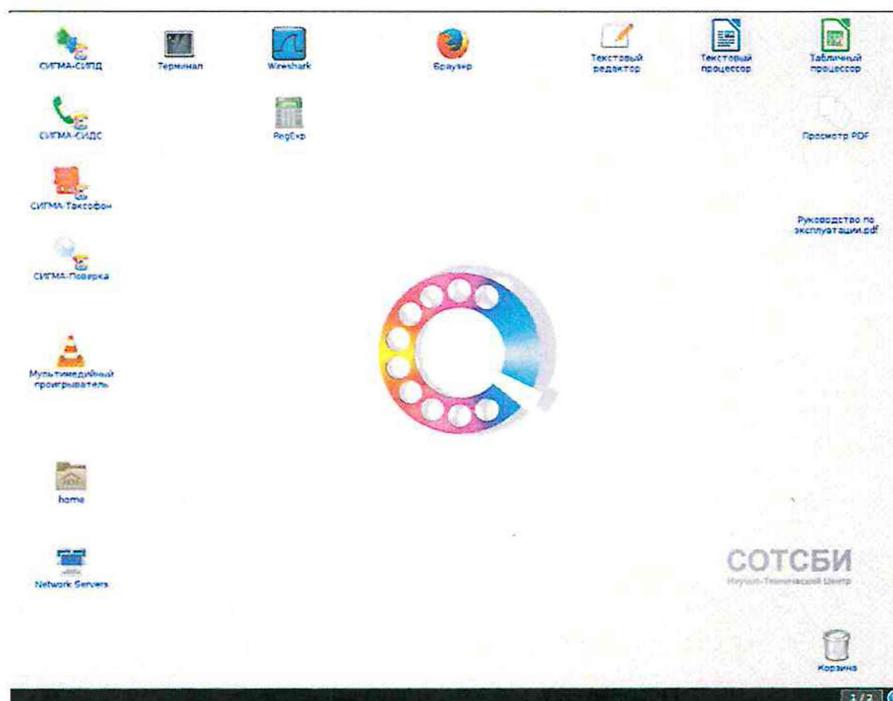


Рисунок 2

- щелкнуть по пиктограмме СИГМА-СИПД, открывается основное окно подпрограммы СИГМА-СИПД (Рисунок 3);



Рисунок 3

- создать новое испытание, для чего надо щелкнуть по кнопке «Создать» (Рисунок 4) и ввести в бокс «Имя испытания» название нового испытания, например, дату поверки и название СИПД;

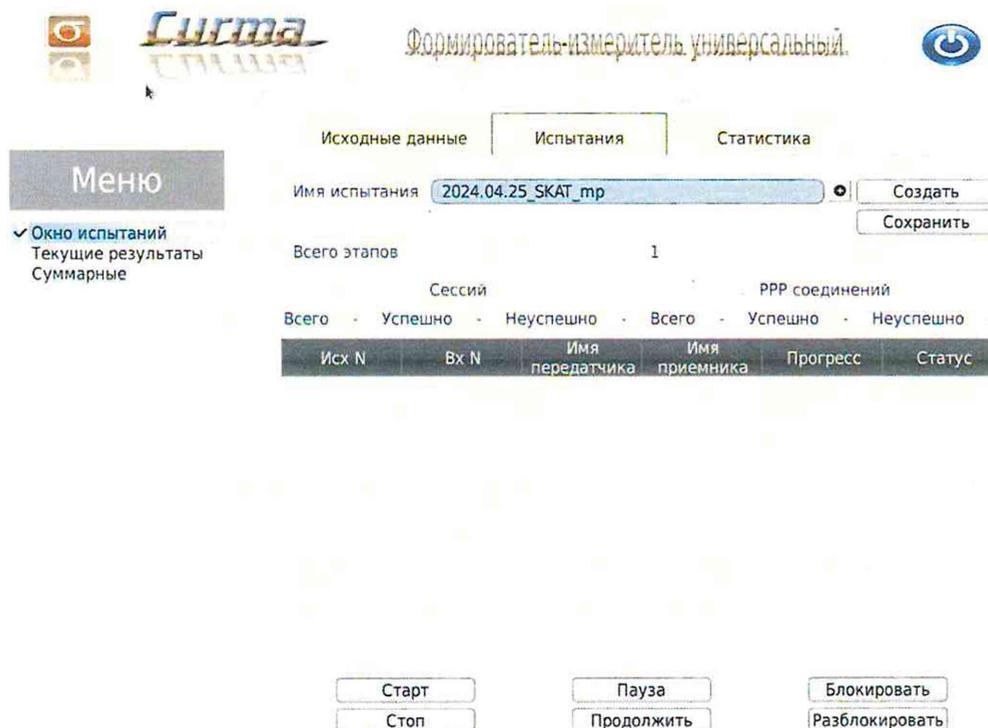


Рисунок 4

- перейти во вкладку «Исходные данные/Комплекты/Основные данные» (Рисунок 5) и ввести исходные данные в боксе «Выбор сети»;



Рисунок 5

- перейти во вкладку «Основные данные/Пароли» (Рисунок 6) и ввести в соответствующие окна: Логин и Пароль для Ethernet комплектов, полученные от оператора;

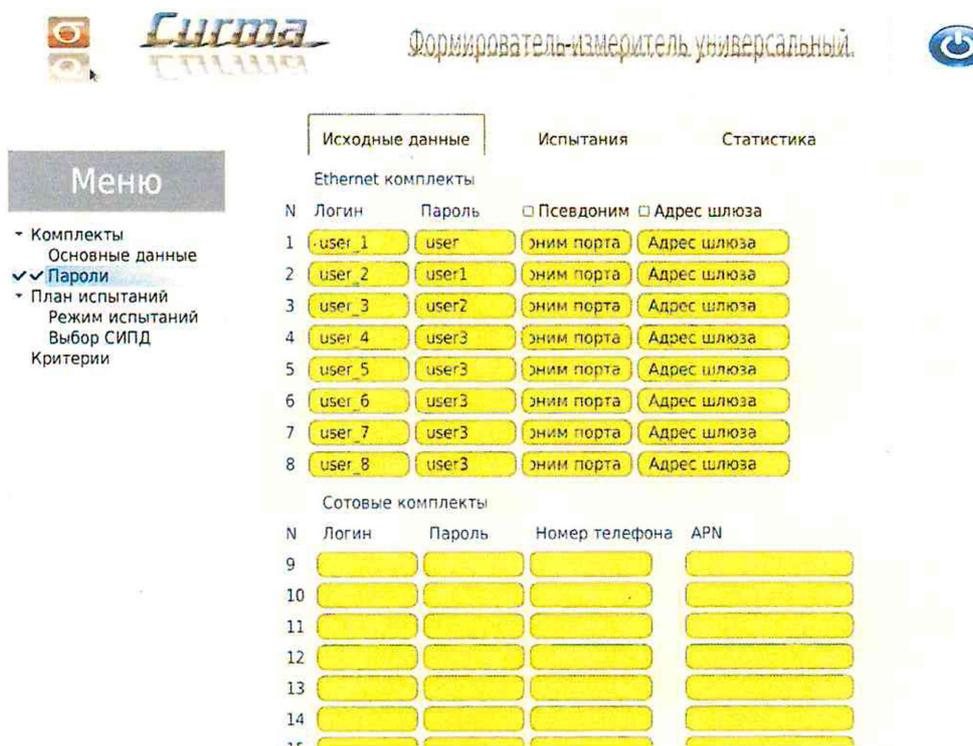


Рисунок 6

- перейти во вкладку «Исходные данные/План испытаний» (Рисунок 7) и создать для опробования один этап, согласно содержанию таблицы 5.

- Выбрать протокол соединений, указанный оператором связи. Установить интервал между сессиями (рекомендуется не менее 5 с), задержку перед передачей файла (рекомендуется не менее 2 с), ограничение скорости (рекомендуется не более 20000 Кбит/с).

Таблица 5

Объем эталонного файла	Количество повторов	Назначение
1 Кбайт	16	Испытания
1 байт	56	
10 байт	56	
100 байт	56	
1 Кбайт	56	
100 Кбайт	48	
1 Мбайт	16	
10 Мбайт	8	
100 Мбайт*	4	

* При невозможности передачи 100 Мбайт в одной сессии, установить максимально возможный объем, указанный оператором связи

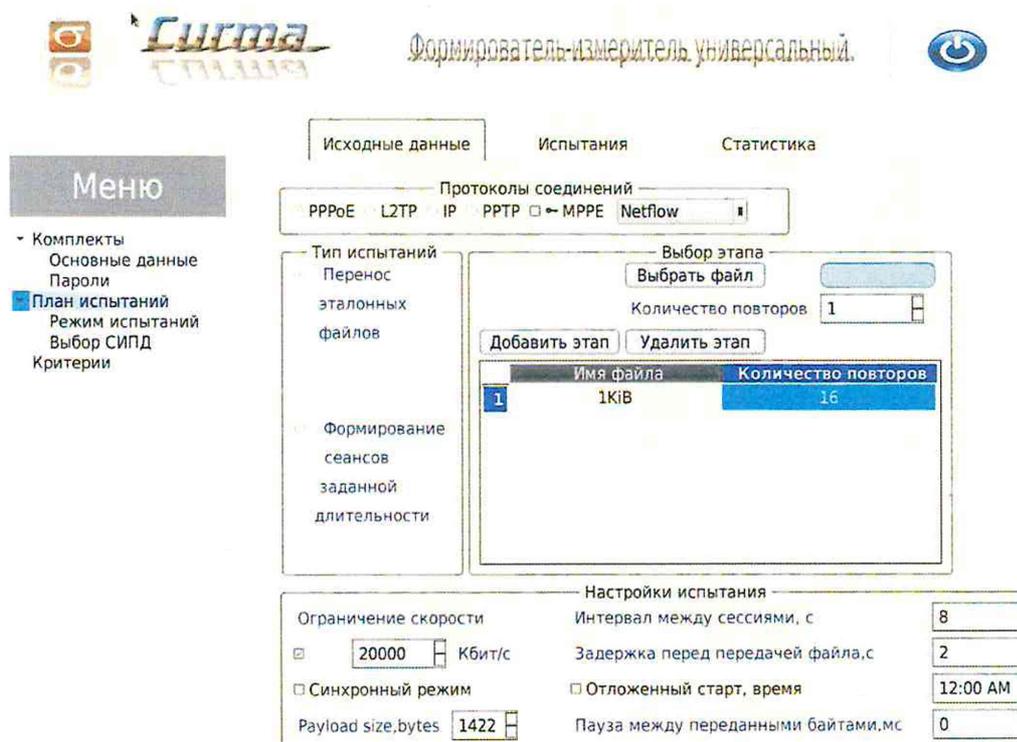


Рисунок 7

- перейти во вкладку «Испытания» и сохранить исходные данные, щелкнув по кнопке «Сохранить».
- Настройка для опробования готова к запуску.
- Для старта испытаний необходимо нажать на кнопку «Старт», прибор автоматически выполнит программу опробования;

- После выполнения программы необходимо запросить у оператора учетный файл и скопировать его с уникальным именем испытания в папку sigma_ip/SIPD прибора СИГМА;
- Далее необходимо выполнить конвертацию учетного файла (см. Приложение В) и выполнить расчет испытания. Перейти в меню «Статистика/Выбор испытания/Конвертация» и выбрать или в соответствии с руководством по эксплуатации создать конвертор для автоматического расчета результатов опробования. В разделе «Конвертация» нажать кнопку «Выбрать» и загрузить учетный файл, полученный от оператора (Рисунок 8), после чего начать процесс конвертации.

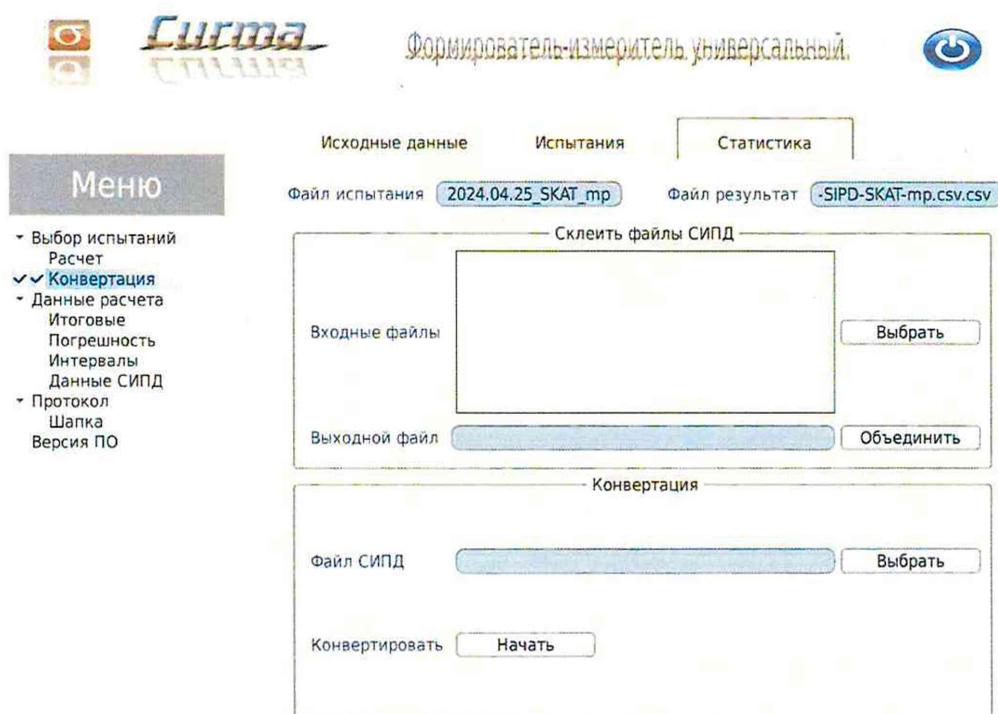


Рисунок 8

- Перейти в меню «Статистика/Выбор испытания/Расчет» (Рисунок 9), в полях «Файл испытания» и «Файл результат» соответственно осуществить выбор учетного файла СИГМА и СИПД, после чего выполнить расчет испытания.

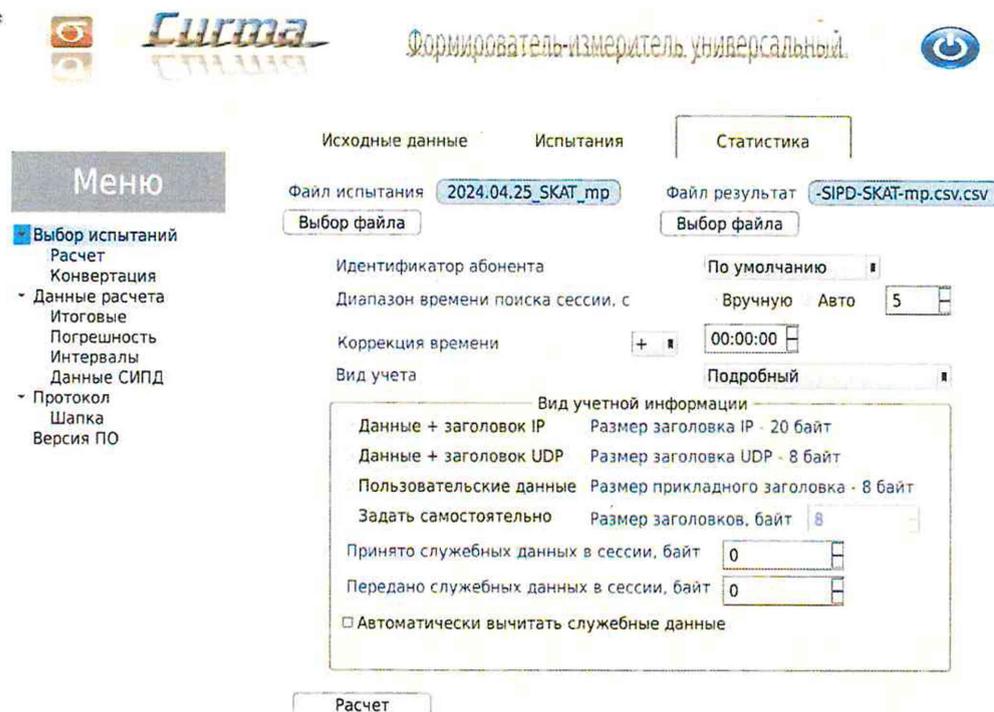


Рисунок 9

- Перейти в меню «Статистика/Данные расчета/Итоговые» (Рисунок 10), затем последовательно в меню «Статистика/Данные расчета/Погрешность» (Рисунок 11), в меню «Статистика/Данные расчета/Интервалы» (Рисунок 12).

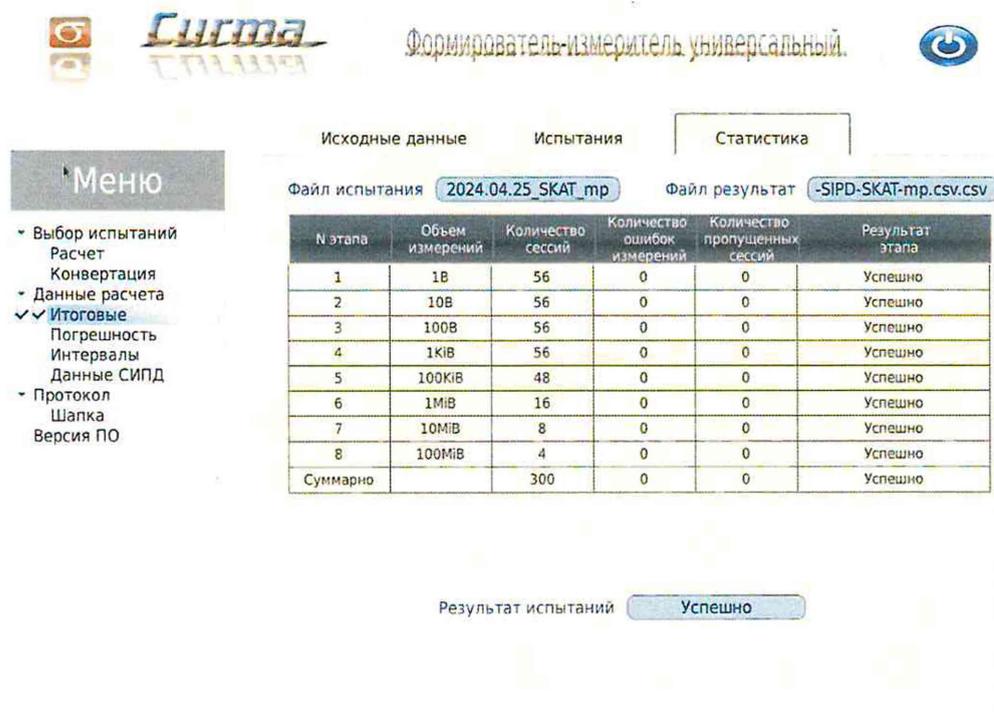


Рисунок 10



Рисунок 11



Рисунок 12

Оценить результаты опробования (успешно, неуспешно):

- а) при успешном результате опробования (погрешность СИПД для каждой сессии не превышает ± 10 , конвертация учетного файла успешна) поверка продолжается;
- б) при неуспешном результате (погрешность СИПД хотя бы для одной сессии превышает ± 10 байт или конвертация учетного файла не успешна, поверка прекращается до поиска и устранения неисправности).

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Поверку СИПД проводят на репрезентативных выборках комплексным (сквозным) методом, суть которого заключается в многократной подаче на вход испытываемого оборудования заведомо известного (эталонного) значения объема (количества) информации, а по средствам отображения информации (дисплей или учетные файлы) определяют объем (количество) информации для каждого соединения, измеренные СИПД, с дальнейшей обработкой и оценкой метрологических характеристик (МХ).

10.2 Для СИПД нормируются следующие МХ:

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 100 Мбайт, байт:

$K \leq 100$ кбайт	± 10 ;
$K > 100$ кбайт	$\pm 1 \cdot 10^{-4} K$
- вероятность неправильного представления исходных данных для тарификации, не более 0,0001.

10.3 В процессе поверки для СИПД определяются:

- систематическая составляющая погрешности;
- СКО (среднеквадратическое отклонение) для суммарной, систематической и случайной составляющих погрешности;
- 95%-ный доверительный интервал систематической составляющей погрешности и СКО систематической составляющей погрешности.

10.4 Определение метрологических характеристик производят по схеме в соответствии с рисунком 1.

Для определения МХ создается 8 этапов (Рисунок 13) в соответствии с содержанием таблицы 5, аналогично пункту 9.2.

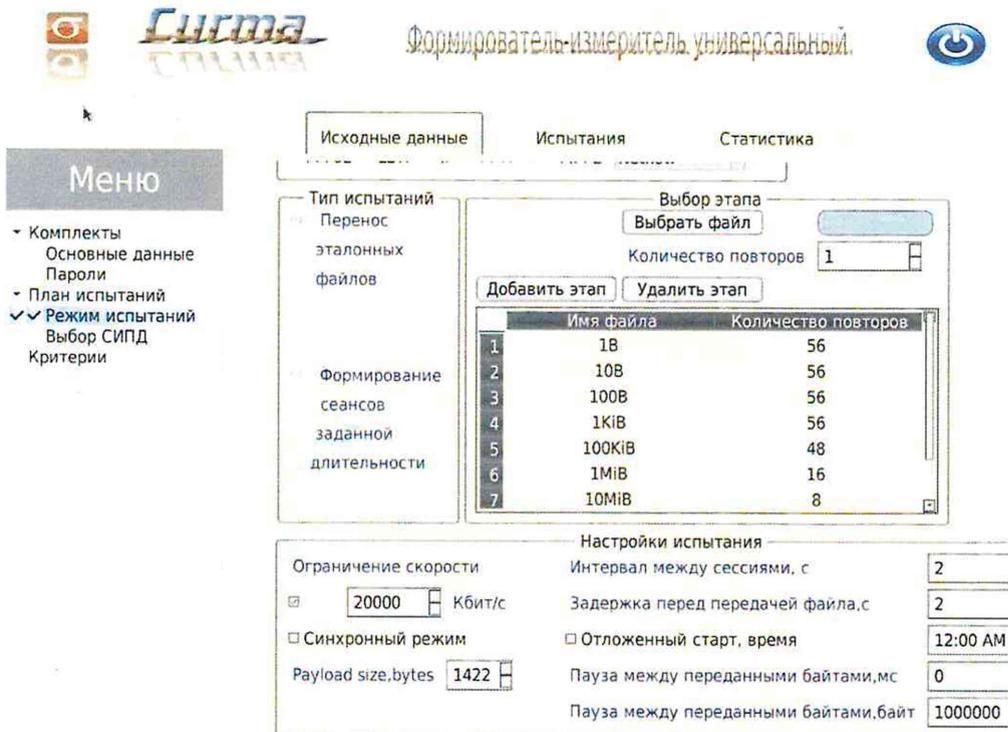


Рисунок 13

При необходимости можно установить дополнительные настройки испытаний, расположенные в нижней части окна.

Процедуру испытаний прибор СИГМА выполняет автоматически - формирует необходимое количество IP соединений различного эталонного объема.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 Обработка результатов измерений и определение МХ (раздел 10) производится полностью автоматически в приборе СИГМА по соответствующей программе. Математический аппарат обработки результатов испытаний описан в п.А.2 Приложения А.

11.2 СИПД соответствуют метрологическим требованиям, если получены следующие результаты:

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения объемов (количества) информации в диапазоне от 1 байта до 100 Мбайт, байт:

$K \leq 100$ кбайт	± 10 ;
$K > 100$ кбайт	$\pm 1 \cdot 10^{-4} K$
- вероятность неправильного представления исходных данных для тарификации, не более $0,0001$.

11.3 Результаты поверки СИПД считаются отрицательными, если хотя бы для одного соединения погрешность измерения объема информации превышает предельное значение и имеется потеря учетных данных из-за неправильного определения номера абонента или автоответчика.

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

11.5 СИПД не соответствует требованиям к рабочему эталону 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 и не применяется в качестве эталона.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки заносят в протокол. Форма протокола произвольная, рекомендуемая форма записи таблицы результатов приведена в Приложении Б. После выполнения расчета средствами ПО СИГМА поверителем может быть сформирован протокол, содержащий результаты поверки.

12.2 Сведения о результатах поверки должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком, установленным действующим законодательством.

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

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

12.5 Конструкция оборудования с измерительными функциями, реализованного на оборудовании СКАТ (Система контроля и анализа трафика), в состав которого входит СИ, не обеспечивает возможность нанесения знака поверки. 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 владельца СИ или лица, представившего их на поверку оформления свидетельства).

Приложение А (справочное)

Характеристики прибора СИГМА-2

Математический аппарат обработки результатов испытаний

А.1 Формирователь – измеритель соединений СИГМА-2. Общие сведения.

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

- формирования и измерений длительности телефонных соединений, сеансов передачи данных, объемов переданной и принятой информации (данных);
- статистического анализа информации, полученной из систем измерений длительности соединений (далее – СИПД) 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.

Сведения о метрологических и технических характеристиках прибора СИГМА-2 содержатся в Федеральном информационном фонде обеспечения единства измерений (Номер в госреестре 84943-22).

А.2 Математический аппарат обработки результатов испытаний

1. Исходные данные

Δt – предельно допустимое значение погрешности измерения длительности;

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

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

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

2. Модель испытаний:

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

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

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

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

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

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

3. Критерии завершения испытаний:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Если $y_n < y < y_b$, то испытания следует продолжать, **ДАННЫХ НЕДОСТАТОЧНО**;

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

Таблица А.1

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

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

4. Точечные и интервальные оценки погрешности

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

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

$$X_i = \text{Эт}_i - \text{Изм}_i$$

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Оценка СКО (среднего квадратического отклонения) систематической погрешности:

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

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

4.3 Доверительный (95 %) интервал систематической составляющей погрешности:

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

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

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

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

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

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

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

4.6 Доверительный интервал вероятности ошибки (отказа).

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

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

Таблица А.2.

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

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

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

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

где: $\omega = \frac{n}{N}$

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

Приложение В (справочное)

Наименование шаблона конвертора – **2024-04-18-SIGMA-Conv-SKAT.cfg**

Для того, чтобы файл подробного учета, полученный от системы измерений переданных данных СИПД, был корректно импортирован программным обеспечением прибора СИГМА необходимо определить и описать его структуру.

Файл подробного учета, полученный от СИПД СКАТ, имеет формат csv. Для того, чтобы этот файл мог быть обработан ПО СИГМА – необходимо выполнить следующие подготовительные действия.

Открыть файл подробного учета программой Excel, преобразовать данные в столбце Start Time в формат ДД.ММ.ГГГГ чч:мм:сс.

Сформированный, таким образом, результирующий файл имеет текстовый формат с разделителями полей, где в качестве символа разделителя по подзаписям используется символ "точка с запятой", а каждая строка заканчивается символом "перевода каретки".

Это означает, что подзаписи располагаются в строке со строго определенным смещением по подзаписям от начала записи (начала строки). Таким образом, для идентификации соответствующей подзаписи используется значение, соответствующее десятичному числу разделителей, отделяющих искомую подзапись от начала строки, счет начинается с нуля.

Полученный файл следует сохранить в формате csv и скопировать в прибор СИГМА в каталог: home/administrator/sotsbi/sigma_ats/SIPD.

Программное обеспечение прибора СИГМА импортирует четыре подзаписи из каждой строки файла учета:

- **Идентификатор абонента** содержится в подзаписи со смещением 2;
- **Дата и время начала сеанса передачи данных** содержатся в подзаписи со смещением 4, в формате: ДЕН. МЕС. ГОД ЧАС:МИН:СЕК. Год, месяц и день разделены символом "точка", часы, минуты, секунды – символом "двоеточие", между датой и временем расположен символ "пробел";
- **Количество (объем) переданной прибором СИГМА информации**, в байтах - содержатся в подзаписи со смещением 7.
- **Количество (объем) принятой прибором СИГМА информации**, в байтах - содержатся в подзаписи со смещением 8.

Фрагмент файла учета представлен на рисунке В.1.

	B	C	D	E	F	G	H	I
236		user_3	10.10.101.213	18.04.2024 19:18:36	18.04.2024 19:18:41	5	136	0
237		user_2	10.10.101.212	18.04.2024 19:18:41	18.04.2024 19:18:46	5	0	136
238		user_1	10.10.101.201	18.04.2024 19:18:41	18.04.2024 19:18:46	5	136	0
239		user_3	10.10.101.213	18.04.2024 19:18:46	18.04.2024 19:18:51	5	136	0
240		user_4	10.10.101.214	18.04.2024 19:18:46	18.04.2024 19:18:51	5	0	136
241		user_2	10.10.101.212	18.04.2024 19:18:51	18.04.2024 19:18:56	5	0	136
242		user_1	10.10.101.201	18.04.2024 19:18:51	18.04.2024 19:18:56	5	136	0
243		user_4	10.10.101.214	18.04.2024 19:18:56	18.04.2024 19:19:01	5	0	136
244		user_3	10.10.101.213	18.04.2024 19:18:56	18.04.2024 19:19:01	5	136	0
245		user_2	10.10.101.212	18.04.2024 19:19:01	18.04.2024 19:19:06	5	0	136
246		user_1	10.10.101.201	18.04.2024 19:19:01	18.04.2024 19:19:06	5	136	0
247		user_3	10.10.101.213	18.04.2024 19:19:06	18.04.2024 19:19:11	5	136	0
248		user_4	10.10.101.214	18.04.2024 19:19:06	18.04.2024 19:19:11	5	0	136
249		user_2	10.10.101.212	18.04.2024 19:19:11	18.04.2024 19:19:16	5	0	136
250		user_1	10.10.101.201	18.04.2024 19:19:11	18.04.2024 19:19:16	5	136	0
251		user_3	10.10.101.213	18.04.2024 19:19:16	18.04.2024 19:19:21	5	136	0
252		user_4	10.10.101.214	18.04.2024 19:19:16	18.04.2024 19:19:21	5	0	136
253		user_1	10.10.101.201	18.04.2024 19:19:21	18.04.2024 19:19:26	5	136	0
254		user_2	10.10.101.212	18.04.2024 19:19:21	18.04.2024 19:19:26	5	0	136

Рисунок В.1. Фрагмент записи в учетном файле.

Первая строка приведенного файла интерпретируется ПО СИГМА, следующим образом:
 абонент с идентификатором user_3 инициировал сеанс передачи данных, дата и время начала которого зафиксирована в файле, как 18 апреля 2024 г. 19 ч, 18 мин 36 с. За время сеанса указанный абонент осуществил передачу информации, в объеме 136 байт.

Вызов конвертера осуществляется средствами ПО СИГМА, путем выбора его имени во вкладке: **Исходные данные/Выбор СИПД**.