

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ООО «НТЦ СОТСБИ»


В. Ю. Гойхман

М.П.

28 января 2026 г.



**ГСИ. СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ
ПРОТЕЙ DPI**

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП5295-004-54213703-2025

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	14
11	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	15
12	Оформление результатов поверки.....	16
	Приложение А.....	17
	Характеристики прибора СИГМА-2	17
	Математический аппарат обработки результатов испытаний.....	17
	А.1 Формирователь – измеритель соединений СИГМА-2. Общие сведения.	17
	А.2 Математический аппарат обработки результатов испытаний.....	17
	Приложение Б	22
	Таблицы результатов поверки	22

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки (далее также – МП) применяется для поверки Систем измерений передачи данных Протей DPI (далее – СИПД), производства ООО «НТЦ ПРОТЕЙ», 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, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18.08.2023 г. №1707.

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: К ≤ 100 кбайт К > 100 кбайт	±10 ±1·10 ⁻⁴ К
Вероятность неправильного представления исходных данных для тарификации, не более	0,0001
где К – 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 измерений передачи данных, входящей в состав программно-аппаратного комплекса Протей DPI, производства ООО «НТЦ ПРОТЕЙ», 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 расчетов.

1.7 СИПД выполняет следующие функции: измерение количества (объема) информации при приеме/передаче данных; сбор и передачу на 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 2.

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 1,0-1,5 часов при задействовании 4-х 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 3.

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

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 Определение метрологических характеристик	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от минус 45 до плюс 60 °С с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ °С от минус 45 до минус 20 °С включительно и $\pm 0,2$ °С свыше минус 20 до плюс 60 °С	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7 М 3-Д, рег. № 71394-18
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 840 до 1006 гПа (от 630 до 795 мм рт.ст), с абсолютной погрешностью не более ± 3 гПа ($\pm 2,5$ мм рт.ст)	
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 0 до 99 % с погрешностью не более $\pm 2\%$	
	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
1) Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью. 2) В приложении А приведены характеристики прибора СИГМА-2 и математический аппарат, положенный в основу обработки результатов поверки (испытаний). 3) В приложении Б приведены таблицы результатов поверки		

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, функционирующей в составе программно-аппаратного комплекса ПРОТЕЙ DPI, 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 методом визуального осмотра на наличие заводского или серийного номера. Место нанесения заводского или серийного номера указано в описании типа.

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 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

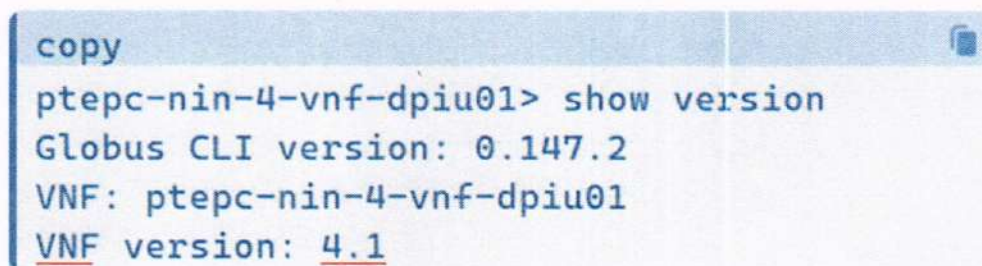
Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	VNF
Номер версии ПО	4.1
Цифровой идентификатор ПО	–

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	–

8.2.2 Идентификационные данные программного обеспечения (идентификационное наименование ПО и номер версии ПО) определяется с использованием командной строки с помощью команды:

```
show version
```

На рисунке 1 приведен пример результата вывода идентификационного наименования и версии ПО (идентификационное наименование ПО и номер версии выделены подчеркиванием).



```
copy
ptepc-nin-4-vnf-dpiu01> show version
Globus CLI version: 0.147.2
VNF: ptepc-nin-4-vnf-dpiu01
VNF version: 4.1
```

Рисунок 1

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, тестовые SIM-карты в количестве 2, 4 или 8 штук с предоплаченными или не тарифицируемыми тарифами. От количества используемых SIM-карт напрямую зависит задействованное количество информационно-измерительных каналов (ИИК) прибора СИГМА-2 (1, 2 или 4, соответственно), которые будут задействованы при проведении поверки. Использование большего числа ИИК позволяеткратно уменьшить время проведения поверки.

Настройки тарифного плана тестовых SIM-карт должны обеспечивать возможность передачи данных, а также активную услугу межоконечной передачи данных между группой тестовых абонентов на весь период поверки. Все расходы на услуги связи несет лицо, предоставившее СИПД на поверку. После проведения поверки SIM-карты должны быть возвращены лицу или организации, их предоставивших.

9.1.2 Для настройки испытания согласовать с оператором связи параметры доступа к пакетной сети: идентификатор сети пакетной передачи данных (APN), логины, пароли и идентификаторы (MSISDN, IMSI), привязанные к тестовым SIM-картам.

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

9.1.4 Подготовить прибор СИГМА-2 к работе согласно руководству по эксплуатации. Тестовые SIM-карты должны быть установлены в прибор до момента его включения.

9.1.5 Синхронизировать текущее время прибора СИГМА с национальной шкалой времени Российской Федерации UTC (SU) посредством доступа к серверам точного времени с использованием протокола NTP или с помощью приемника сигналов точного времени глобальных

навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS ХРОНО-С.ГНСС, входящего в состав прибора СИГМА-2.

9.1.6 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 2.

9.1.7 Убедиться, что прибор СИГМА-2 находится в зоне уверенного приема сигналов сети подвижной радиотелефонной связи.

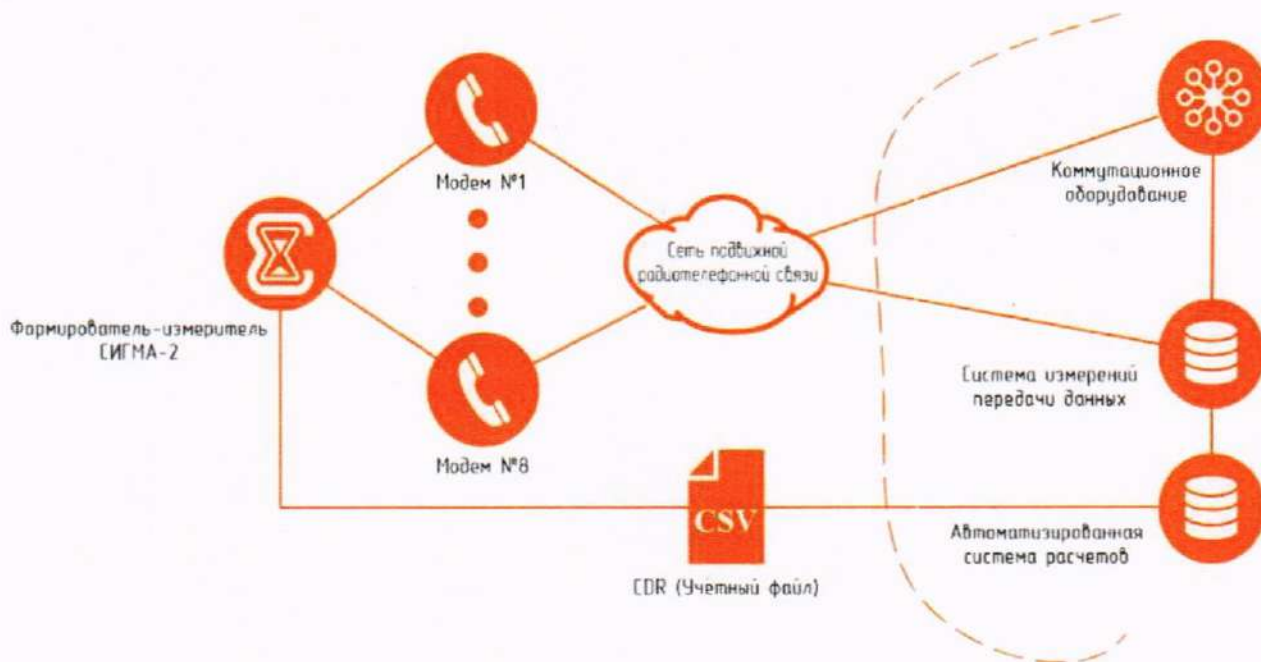


Рисунок 2 – Схема поверки СИПД

9.2 Опробование

9.2.1 Опробование производят по схеме в соответствии с рисунком 2 в следующей последовательности:

- включить питание прибора СИГМА-2. После автоматического запуска операционной системы Linux, на рабочем столе появляются пиктограммы: СИГМА-СИПД, СИГМА-Таксофон, СИГМА-СИПД (Рисунок 3), ассоциированные с программным обеспечением СИГМА;



Рисунок 3

- щелкнуть по пиктограмме СИГМА-СИПД, открывается основное окно подпрограммы СИГМА-СИПД (Рисунок 4);

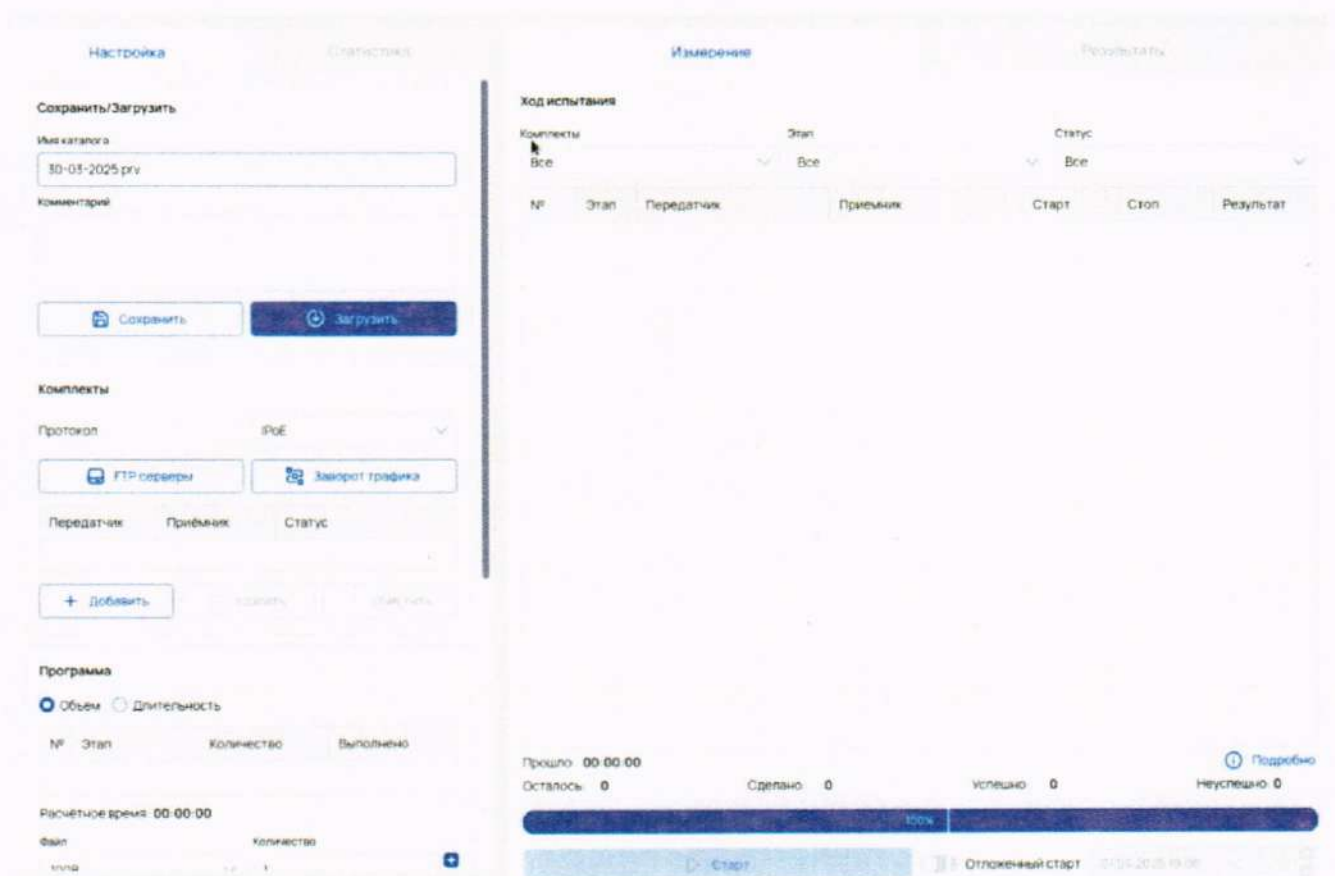


Рисунок 4

- в поле «Имя каталога» ввести название нового испытания (например, дату поверки и название СИПД) и при необходимости комментарий. В данном каталоге

будут сохранены в разделе «Комплекты» из выпадающего списка выбрать используемый протокол: IPoE;

- для конфигурации комплектов, участвующих в испытании, нажать на кнопку «Добавить», расположенную в левом нижнем углу раздела «Комплекты». В открывшемся окне ввести исходные данные, необходимые для работы комплектов (Рисунок 5). Из выпадающего списка выбрать тип подключения – «Сотовый модем», а в поле «Интерфейс» выбрать используемый модем (с указанием порядкового номера модема и IMEI), после чего все основные данные (IMEI, ICCID, IMSI, режим работы) будут заполнены автоматически. Кнопка «Обновить» позволяет обновить основные данные для выбранного сотового модема;

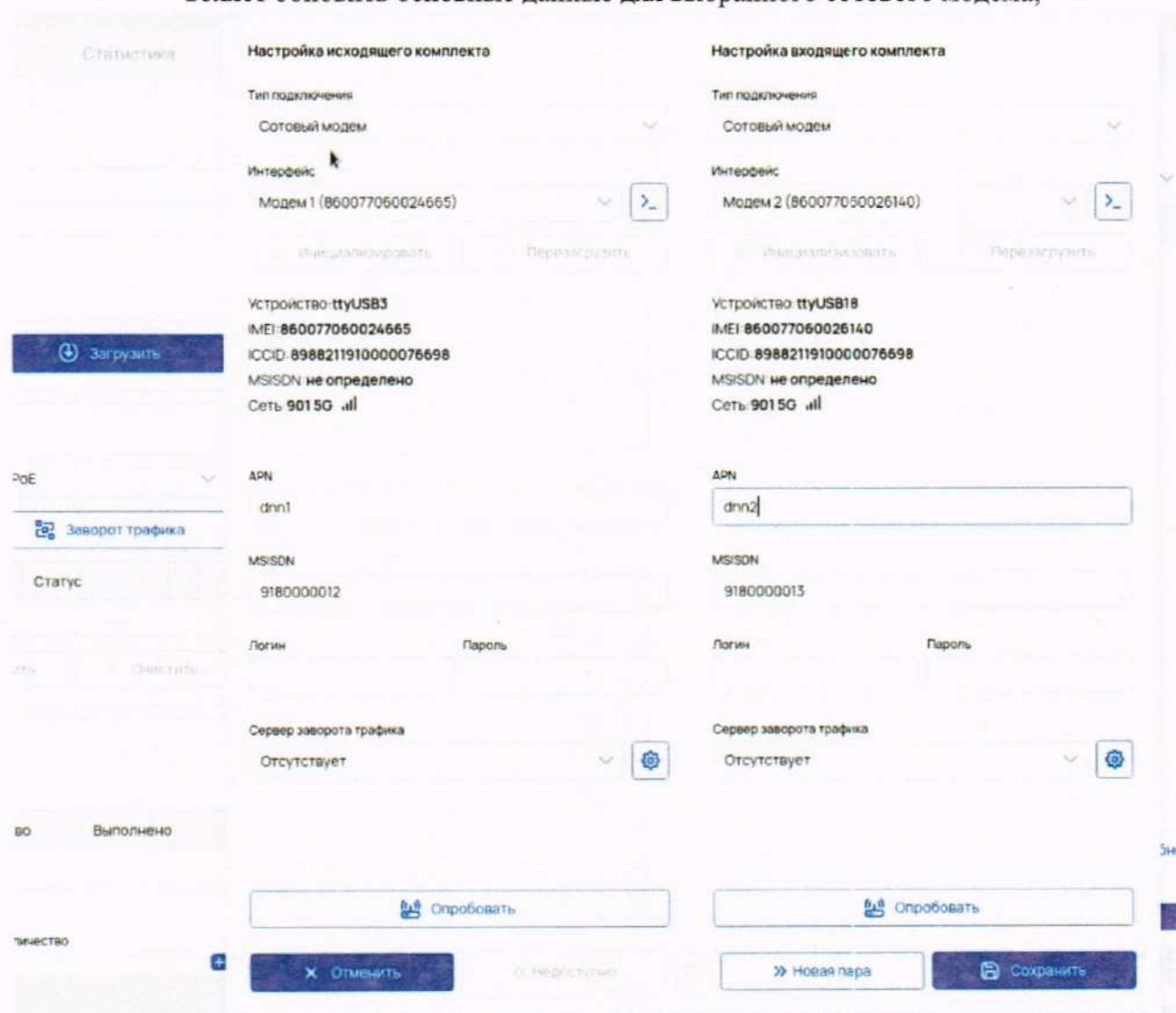


Рисунок 5

- далее заполнить адрес точки доступа (APN), логин, пароль, MSISDN, если он не был определен автоматически.
- Нажать кнопку «Опробовать». Прибор СИГМА-2 выполнит поднятие PDU-сессии для данного интерфейса с выводом результата в отдельном окне терминала. Убедиться, что сессия поднимается, а в конце терминала указаны сетевые настройки.

- После заполнения необходимо нажать кнопку «Новая пара» для сохранения настроек интерфейсов первой пары и перехода к настройке следующей пары комплектов;
- после заполнения данных для всех пар комплектов нажать кнопку «Сохранить»;
- в разделе «Программа» (Рисунок 6) выбрать тип проводимых испытаний – «Объем» и создать для опробования один этап, согласно данным таблицы 5. Ниже в настройках можно ввести ограничение скорости передачи файлов, включить опцию «Отключать модем каждую сессию». остальные настройки рекомендуется оставить по умолчанию;

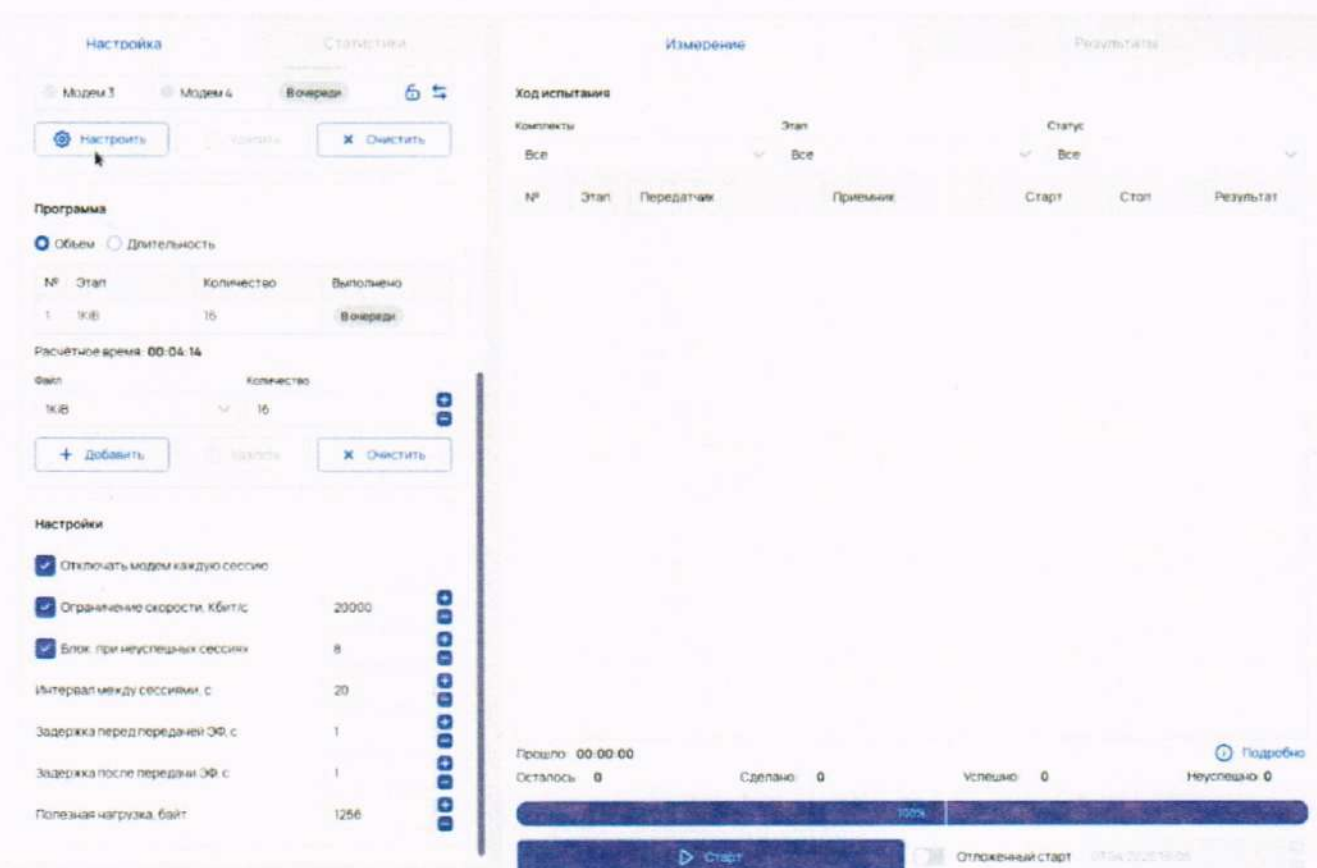


Рисунок 6

Таблица 5 – Программа испытаний для проведения опробования и поверки СИПД

Название файла (Объем информации)	Количество соединений	Назначение
10KiB	16	Опробование
1B	4	Поверка
10B	8	
100B	16	
1KiB	130	
100KiB	130	
1MiB	16	
10MiB**	8	
100MiB*	4	

Название файла (Объем информации)	Количество соединений	Назначение
<p>* Только при первичной поверке. При невозможности передачи 100MiB в одной сессии, установить максимально возможный объем, указанный оператором связи. Общее количество заданных в программе поверки сессий должно быть не менее 300.</p> <p>** При невозможности передачи в одной сессии, установить максимально возможный объем, указанный оператором связи. Общее количество заданных в программе поверки сессий должно быть не менее 300.</p>		

- кнопка «Сохранить» в разделе «Сохранить/загрузить» позволяет сохранить все введенные исходные данные, параметры, режимы и настройки в конфигурационном файле. Настройка для опробования готова к запуску.
- Для старта испытаний необходимо нажать на кнопку «Старт», прибор автоматически выполнит программу опробования. В ходе испытаний предоставляется детальный мониторинг и возможность управления через разделы «Измерение», «Комплекты» и «Программа» (Рисунок 7);

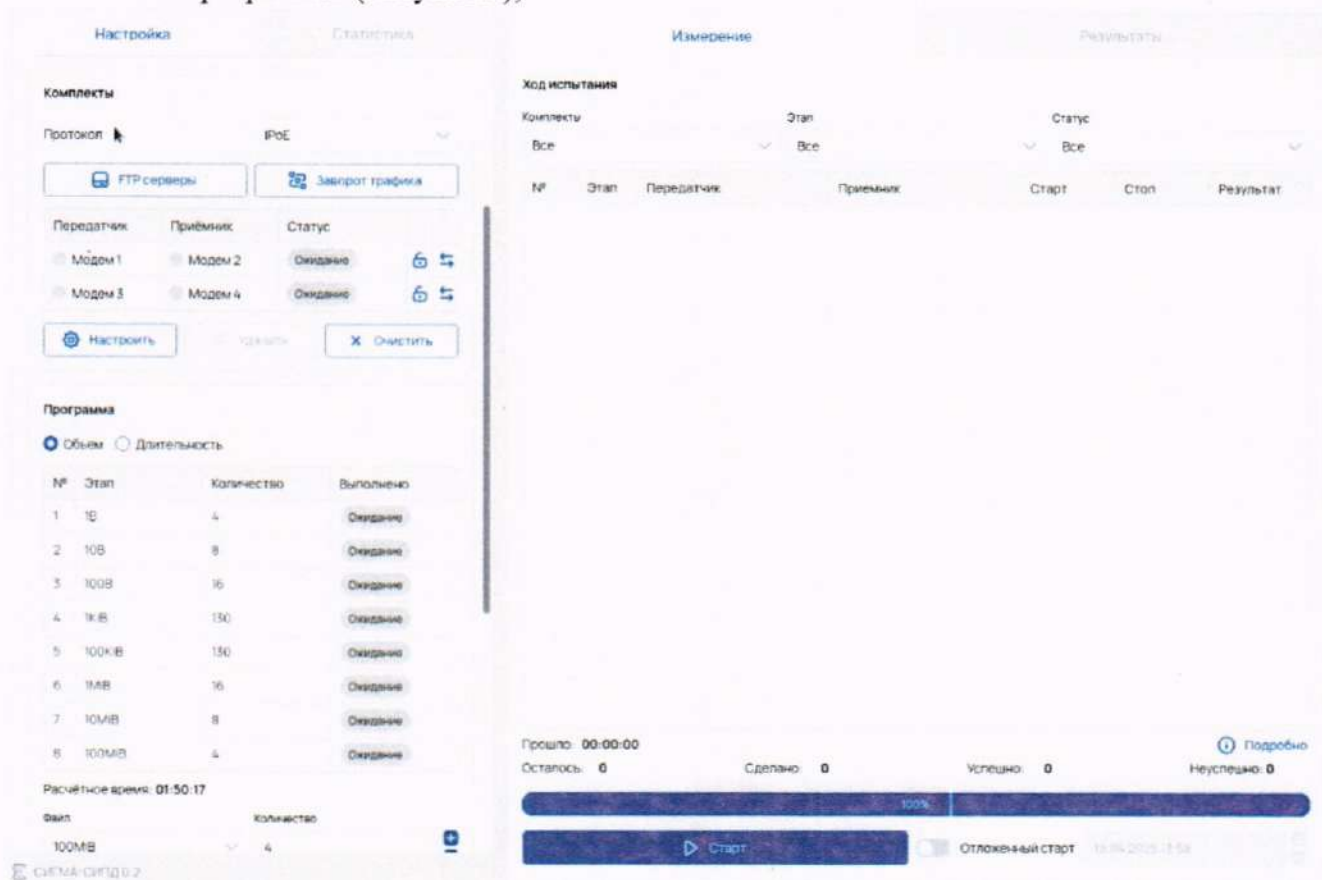


Рисунок 7

- После выполнения программы необходимо запросить у оператора учетный файл и скопировать его с уникальным именем испытания в прибор СИГМА-2;
- Далее необходимо выполнить конвертацию учетного файла, перейти в меню «Статистика» и выполнить расчет испытания (Рисунок 8).
- Результаты отображаются в разделе «Результаты» в виде таблицы.



Рисунок 8

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.

Возможные причины неисправностей приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Возможные неисправности

Неисправность	Причина	Способ устранения
В учетном файле от оператора связи для абонентов одной пары количество принятой информации больше количества переданной информации	В ядре сети осуществляется фрагментация пакетов информации при их маршрутизации к получателю	Уменьшить значение настройки «Полезная нагрузка, байт»
Сессии завершаются со статусом «Ошибка подключения»	Настройки APN, логина или пароля для данного интерфейса некорректны	Проверить настройки интерфейсов
Наличие или большое количество неуспешных сессий со статусом «Таймаут»	Сеть не успевает обрабатывает запросы от модемов на активацию PDU-сессии и получение PDP-контекста	Увеличить интервал между сессиями (рекомендуемое значение не менее 20 с)
Наличие или большое количество неуспешных сессий со статусом «Неуспешно»	Потери передаваемых пакетов информации на сети связи	Включить настройку «Ограничение скорости». Уменьшить значение настройки «Ограничение скорости»
В учетном файле присутствуют не все сессии,	В виду малого объема передаваемой информации и малой	Увеличить задержку после передачи эталонного файла в

Неисправность	Причина	Способ устранения
сформированные прибором СИГМА-2	длительности сессии СИПД не успевают фиксировать результаты измерений	настройке «Задержка после передачи ЭФ»
В учетном файле все переданные и принятые объемы информации для абонента содержаться в одной учетной записи	Передача и прием информации осуществляется в рамках активной PDU-сессии, которая активируется по командам от модема (UE) находящегося под управлением прибора СИГМА-2. Если соответствующие команды от UE в сеть не поступают, то сессия не прерывается и измерение проводится в рамках единой сессии (суммарным методом)	Включить настройку «Отключать модем каждую сессию»
В статистике окна «Измерение» присутствуют сессии со статусом «Неуспешно», но программа выполнена в полном объеме: количество сессий со статусом «Успешно» равно количеству заданных сессий в программе испытаний	см. п. 10.1 - 10.2	Неисправностью не является. Дополнительных действий, кроме перечисленных в данной таблице, не требуется

10 Определение метрологических характеристик

10.1 Поверку СИПД проводят на репрезентативных выборках комплексным (сквозным) методом, суть которого заключается в многократной подаче на вход поверяемого 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 В процессе поверки производится передача файла эталонного объема с исходящего интерфейса прибора СИГМА-2 через оборудование маршрутизации и коммутации пакетов информации, в состав которого входит поверяемая СИПД, на входящий интерфейс прибора СИГМА-2. При этом программное обеспечение СИГМА-СИПД контролирует передачу (прием) каждого пакета информации и последовательность их поступления, в случае обнаружения потери пакетов данная сессия считается неуспешной.

Потери пакетов могут возникать, как на участке СИГМА-2 – СИПД, так и на участке СИПД – СИГМА-2. Причиной потерей пакетов могут быть: особенности организации каналов связи в радиоэфире, перегрузка коммутационного оборудования, иные причины негарантированной доставки.

Таким образом, потери пакетов в сетях передачи данных являются обычным явлением и не могут свидетельствовать о неисправности испытываемого оборудования.

При проведении поверки сессии, в которых обнаружены потери пакетов, не принимают участия в итоговом анализе, испытания проводятся до получения репрезентативного количества успешных (без потери пакетов) сессий.

10.3 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.

10.4 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.

10.5 Определение метрологических характеристик производят по схеме в соответствии с рисунком 2.

Для определения МХ создается 8 этапов в соответствии с содержимым таблицы 5, аналогично пункту 9.2.

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 $\pm 1 \cdot 10^{-4} K$,
где K – объем (количество) информации, байт
- 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 идентификатора пользователя.

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

11.5 МХ СИПД не соответствуют 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-СИПД 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 программно-аппаратного комплекса ПРОТЕЙ DPI, 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).

Начальник лаборатории
Испытательная лаборатория средств измерений
ООО «НТЦ СОТСБИ»

Лейкин А.В.

Ведущий инженер
Испытательная лаборатория средств измерений
ООО «НТЦ СОТСБИ»

Маршак М.А.

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 государственном реестре 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) $q = (1 - p)$. При этом эти вероятности независимы и одинаковы для каждого опыта. Тогда, число успехов S из n проводимых опытов - является случайной величиной, распределенной по биномиальному закону

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

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

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

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

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

3. Критерии завершения испытаний:

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

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

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

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

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

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

Аналогично, из соотношения (3), можно определить значение s и, соответственно, $y = (n - s)$, при котором вероятность неправильной работы контролируемой системы измерений – окажется больше предельно допустимой. Обозначим его y_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 соответствии 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 Число испытаний	ошибки P_0 0,01	
	Успешно если ошибок меньше или равно	Неуспешно если ошибок больше
300	1	6
473	2	9
628	3	11
773	4	13
913	5	14
1049	6	16
1182	7	18
1312	8	19
1441	9	21
1568	10	22
1693	11	24
1818	12	25
1941	13	27
2064	14	28
2185	15	30
2306	16	31

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

4. Точечные и интервальные оценки погрешности

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Оценка СКО (среднего квадратического отклонения) систематической погрешности:

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

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

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.

