

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора  
по производственной метрологии  
ФГУП «ВНИИМС»



Н.В. Иванникова

2018 г.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СТЕНДА 37

Методика поверки

БЛИЖ.401201.012.985 МП

2018 г.

## ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АИИС	–	система автоматизированная информационно-измерительная
ВП	–	верхний предел диапазона измерений или нормированного значения измеряемого параметра
ГТД	–	газотурбинный двигатель
ДИ	–	диапазон измерений ИК, в пределах которого устанавливаются контрольные точки (меры), для которых определяются значения метрологических характеристик, и в которых выполняется их оценка на соответствие нормированным пределам допустимой погрешности измерений
ИК	–	измерительный канал (каналы)
ИФП	–	индивидуальная функция преобразования (градуировочная характеристика)
КТ	–	контрольная точка диапазона измерений (ДИ), в которой устанавливается (задается) номинальное действительное значение измеряемой величины, принимаемое за истинное, при проведении экспериментальных исследований поверяемого ИК
МП	–	методика поверки
МХ	–	метрологические характеристики
НЗ	–	нормированное значение измеряемого параметра
НП	–	нижний предел диапазона измерений
НФП	–	номинальная функция преобразования (градуировочная характеристика)
ПК	–	персональный компьютер
ПО	–	программное обеспечение
ПП	–	первичный преобразователь (датчик)
СИ	–	средства измерений
СИС	–	силоизмерительная система стенда
СП	–	средства поверки (эталон) СИ или средства проверки технических характеристик СИ
СТО	–	стендовое технологическое оборудование
ТПР	–	турбинный преобразователь расхода
УГН	–	устройство гидравлическое нагрузочное

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки (МП) разработана в соответствии с требованиями РМГ 51-2002, приказом Минпромторга № 1815 от 02.07.2015 г., и устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодических поверок измерительных каналов (ИК) системы автоматизированной информационно-измерительной станда 37 (далее по тексту – система, АИИС), зав.№001 предназначенной для измерений параметров технологических процессов стендовых испытаний двигателей (ГТД) на стенде № 37 в АО «НПЦ газотурбостроения «Салют».

АИИС является многоканальной измерительной системой, отнесенной в установленном порядке к средствам измерений, и подлежит государственному регулированию обеспечения единства измерений на всех этапах цикла, включая эксплуатацию.

Система включает в себя 12 типов ИК, предназначенных для измерений в различных диапазонах следующих физических величин:

- абсолютного барометрического давления и абсолютного давления во входном защитном устройстве;
- массового и объемного расхода жидкостей;
- избыточного давления и разрежения жидких и газообразных сред;
- силы от тяги;
- напряжения и силы постоянного тока;
- напряжения, силы и частоты переменного трёхфазного тока;
- частоты периодического сигнала, соответствующей частоте вращения роторов и турбостартера;
- напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры газообразных сред в диапазоне преобразований первичных измерительных преобразователей термоэлектрического типа ХК (L) и ХА (K);
- сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований первичных измерительных преобразователей терморезистивного типа 100П;
- напряжения переменного тока, соответствующего значениям виброскорости корпусов, узлов и агрегатов газотурбинного двигателя (ГТД);
- напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры рабочих лопаток в диапазоне преобразования фотоэлектрического пирометра;
- напряжения постоянного тока, соответствующего значениям углов установки направляющих аппаратов и диаметру реактивного сопла в диапазоне преобразования модуля М14-01.

Все ИК относятся к каналам прямых измерений параметров (физических величин).

Структура АИИС приведена на схеме БЛИЖ.401201.012.985Е1, а характеристики ИК указаны в таблицах приложения В настоящей МП.

Интервал между поверками - 1 год.

## 1 СПОСОБЫ ПОВЕРКИ И НОРМИРОВАНИЯ МХ

### Способы поверки

Настоящая МП устанавливает комплектный и поэлементный способы поверки ИК.

### Нормирование МХ

1.1.1 Номенклатура МХ ИК, определяемых по данной МП, установлена в соответствии с ГОСТ Р8.736-2011

1.1.2 Оценка и форма представления погрешностей – по МИ 1317-2004.

1.1.3 Методы определения МХ ИК при поверке комплектным способом - для ИК по ГОСТ 8.207-76 и ОСТ 1 00487-83.

### Нормирование поверки:

- количество КТ на ДИ ИК по МИ 2440-97;

- количество циклов измерений для каждого ИК не менее 3.

## 2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

### Перечень операций поверки

2.1.1 Перечень операций, которые должны проводиться при поверке АИИС, приведен в Таблица 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1 Внешний осмотр	8.1	+	+
2 Опробование	8.2	+	+
3 Определение метрологических характеристик ИК:		+	+
3.1 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока	8.4	+	+
3.2 Определение относительной и приведенной погрешности измерений массового расхода топлива (керосина), объемного расхода (прокачки) рабочей жидкости	8.5	+	+
3.3 Определение абсолютной и приведенной (к ДИ) погрешности измерений абсолютного и избыточного давления (разрежения) жидких и газообразных сред	8.6	+	+
3.4 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры газообразных сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа ХА(К) и ХК (L)	8.7	+	+
3.5 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений сопротивления постоянному току, соответствующее температуре жидких и газообразных сред в диапазоне преобразований первичных измерительных преобразователей терморезистивного типа 100П	8.8	+	+
3.6 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения переменного тока, соответствующего виброскорости	8.9	+	+
3.7 Определение относительной и приведенной погрешности измерений силы от тяги	8.10	+	+
3.8 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения	8.11	+	+

1	2	3	4
3.9 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока	8.12	+	+
3.10 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения, частоты и силы переменного трехфазного тока	8.13	+	+
4. Оформление результатов поверки		+	+

*Примечания:*

*1 Допускается сокращенная поверка АИИС, в соответствии с требованиями программ испытаний изделий, для измерительного контроля параметров которых она предназначена;*

*2 Допускается независимая поверка каждого ИК, в том числе после ремонта (в объеме первичной), с обязательным указанием об этом в свидетельстве о поверке АИИС.*

**Операции и последовательность выполнения работ для ИК, поверяемых комплектным способом 1**

2.1.2 Поверку ИК, поверяемого комплектным способом 1, в целом выполнять в следующей последовательности:

- внешний осмотр ИК;
- подготовка системы и ПО к поверке;
- проверка работоспособности (опробование) ИК;
- экспериментальные исследования (сбор данных) ИК;
- определение МХ ИК. Для ИК с НФП определяется максимальная погрешность и ее составляющие. Для ИК с ИФП определяется новая градуировочная характеристика, максимальная погрешность и ее составляющие.

**Операции и последовательность выполнения работ для ИК, поверяемых комплектным способом 2**

2.1.3 Поверку ИК, поверяемого комплектным способом 2, в целом выполнять в следующей последовательности:

- внешний осмотр ИК;
- демонтаж и экспериментальное определение метрологических характеристик ПП;
- подготовка системы и ПО к определению МХ электрической части ИК;
- проверка работоспособности (опробование) электрической части ИК (без ПП);
- экспериментальные исследования (сбор данных) электрической части ИК;
- определение МХ электрической части ИК. Для ИК с НФП определяется максимальная погрешность и ее составляющие. Для ИК с ИФП определяется новая градуировочная характеристика, максимальная погрешность и ее составляющие;
- определение метрологических характеристик всего ИК.

**Операции и последовательность выполнения работ для ИК, поверяемых поэлементным способом**

2.1.4 Поверку ИК, поверяемого поэлементным способом (включая и ИК с преобразователями, имеющими цифровой выход), выполнять в следующей последовательности:

- внешний осмотр ИК;
- демонтаж измерительных компонентов в составе ИК, автономная поверка (определение и оценка МХ) каждого измерительного компонента. Работы по поверке (подготовка, проверка работоспособности, экспериментальные исследования) электрической

– демонтаж измерительных компонентов в составе ИК, автономная поверка (определение и оценка МХ) каждого измерительного компонента. Работы по поверке (подготовка, проверка работоспособности, экспериментальные исследования) электрической части поверяемого ИК выполнять как для электрической части ИК при поверке ИК комплектным способом 2;

- оценка максимальной погрешности ИК по МХ измерительных компонентов;
- монтаж измерительных компонентов и проверка работоспособности ИК.

### 3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки использовать средства измерений и вспомогательное оборудование, приведенные в Таблица 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Ссылка на номер раздела МП	Наименование и тип (условное обозначение) основных или вспомогательных СП, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, основные и (или) метрологические и характеристики СП
8.5; 8.6; 8.7; 8.8; 8.11; 8.12	Калибратор многофункциональный МСЗ-Р: – диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от минус 12 до 12 В, пределы допускаемой относительной погрешности $\pm(0,02\%+0,0002\text{ В})$ ; – диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току от 1 до 4000 Ом, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения сопротивления постоянному току $\pm 0,05\text{ Ом}$ ; – диапазон воспроизведения силы постоянного тока от минус 25 до 25 мА, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения силы постоянного тока $\pm(0,02\%+0,002\text{ мА})$ ; – диапазон воспроизведения частоты переменного тока от 0,00027 до 50000 Гц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты переменного тока $\pm 0,02\%$
8.9; 8.13	Калибратор универсальный Н4-7: диапазон воспроизведения напряжения переменного тока от 0,1 мкВ до 20 В в диапазоне частот 0,1 Гц-1 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжений переменного тока $\pm 0,2\%$
8.10	Устройство тензометрическое весоизмерительное электронное ТВ-003/05Д с первичным преобразователем С2-С3: верхний предел измерений силы 196 кН, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы $\pm 98\text{ Н}$
8.12; 8.13	Калибратор универсальный Н4-101: диапазон воспроизведения силы переменного и постоянного тока от 0,05 мкА до 50 А, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжений переменного тока $\pm 0,2\%$
<i>Вспомогательное оборудование</i>	
8.12; 8.13	Промышленный источник вторичного электропитания ВИП100-220АС15ТS
8.12; 8.13	Кабель силовой 50 А
8.12; 8.13	Кабель питания ПП

При проведении поверки допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности и диапазону воспроизведения или измерений требованиям настоящей методики.

При проверке должны использоваться средства измерений утвержденных типов.

Используемые средства поверки должны быть поверены в соответствии с требованиями приказа Минпромторга России № 1815 от 02.07.2015 г. и иметь действующее свидетельство о поверке (знак поверки).

Средства поверки должны быть внесены в рабочее помещение не менее чем за 12 часов до начала поверки.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

К поверке допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации (РЭ) на систему и входящие в её состав аппаратные и программные средства, знающие принцип действия используемых средств измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке.

К поверке допускаются лица, освоившие работу с используемыми средствами поверки, изучившие настоящую методику и имеющие достаточную квалификацию.

Лица, участвующие в поверке системы, должны проходить обучение и аттестацию по технике безопасности и производственной санитарии при работе в условиях её размещения.

## 5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевыми Правилами по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.2.091-2002 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения приборов проводить только при отключенном напряжении питания системы.

Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

– к работе по выполнению поверки (калибровки) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие аттестацию по технике безопасности и промышленной санитарии, ознакомленные с эксплуатационной документацией на систему, с инструкцией по эксплуатации электрооборудования стенда и с настоящей методикой;

– электрооборудование стенда, а также электроизмерительные приборы, используемые в качестве средств поверки, должны быть заземлены, блоки питания должны иметь предохранители номинальной величины;

– работы по выполнению поверки АИИС должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию испытательного стенда.

## 6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 Условия окружающей среды в испытательном боксе:

- температура воздуха, °С ..... от 10 до 30  
- относительная влажность воздуха, при температуре 25 °С,% ..... от 30 до 80  
- атмосферное давление, кПа ..... от 84 до 106

6.2 Питание АИИС:

- напряжение питающей сети переменного тока, В ..... 230 ± 23  
- частота питающей сети, Гц ..... 50 ± 1

*Примечание – При выполнении поверок ИК АИИС условия окружающей среды для СП должны соответствовать требованиям, указанным в руководствах на их эксплуатацию.*



## 7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- подготовить АИИС к работе. Порядок подготовки ИК описан в Руководстве по эксплуатации БЛИЖ.401201.100.900 РЭ. Поверка системы может проводиться двумя методами, расчетным или автоматическим.

- при расчетном методе показания снимаются визуально с монитора и заносятся в протокол произвольной формы с последующим расчетом значений основной погрешности. Этот метод называется «расчетным». Форма протокола поверки расчетным способом приведена в Приложении А;

- поверка «автоматическим» методе производится с применением функции «Проверка» программы «Recorder». Проведение поверки этим методом позволяет значительно уменьшить затраты времени. Интерфейс программы не требует специальных навыков поверителя (требуется лишь задать количество контрольных точек и значения сигналов в этих точках, а затем следовать указаниям программы). По окончании поверки формируется файл отчета в виде протокола поверки в формате документа .rtf. Форма протокола поверки приведена в Приложении Б.

7.1.1 При «расчетном» методе значения измеряемого параметра в контрольных точках задаются основными средствами поверки, а результаты измерений отображаются в окне «Цифровой формуляр». Результаты записываются и используются для вычисления относительной и абсолютной погрешностей, погрешности, приведенной к верхнему пределу и к диапазону измерений. Все виды погрешностей вычисляется согласно п.п. 9.1-9.4 настоящей методики по формулам (1 – 4).

7.1.2 Чтобы начать поверку «расчетным» методом, запустить программу управления комплексами МИС «Recorder». Появится основное окно программы, показанное на Рисунке 1.

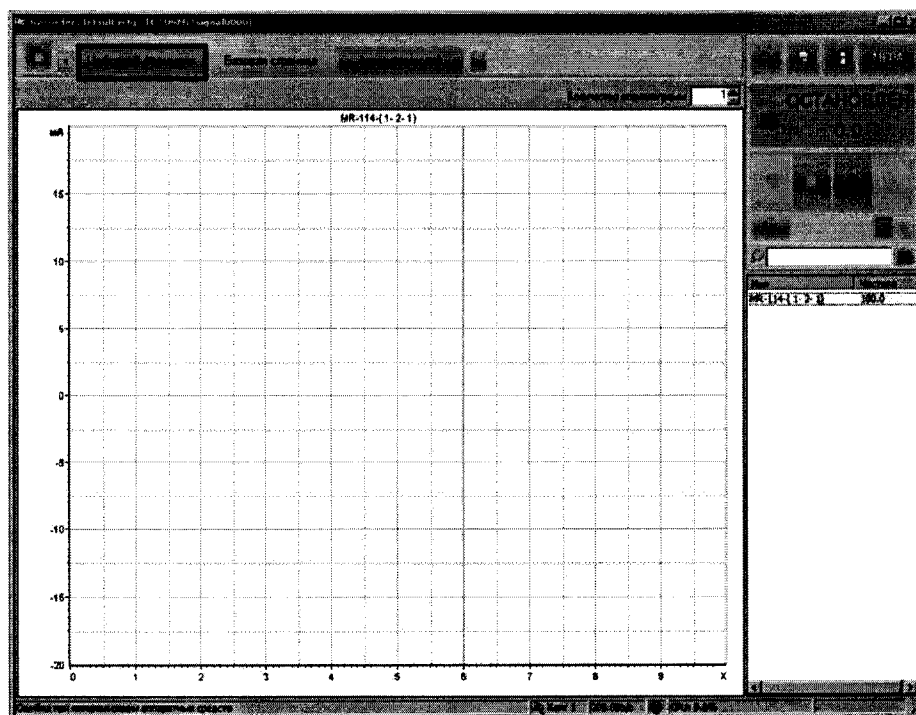


Рисунок 1 – Основное окно программы

Затем нажать на кнопку «Цифровой формуляр», выделенную на Рисунок 1 красным цветом. Откроется окно цифровых формуляров, показанное на Рисунок 2.

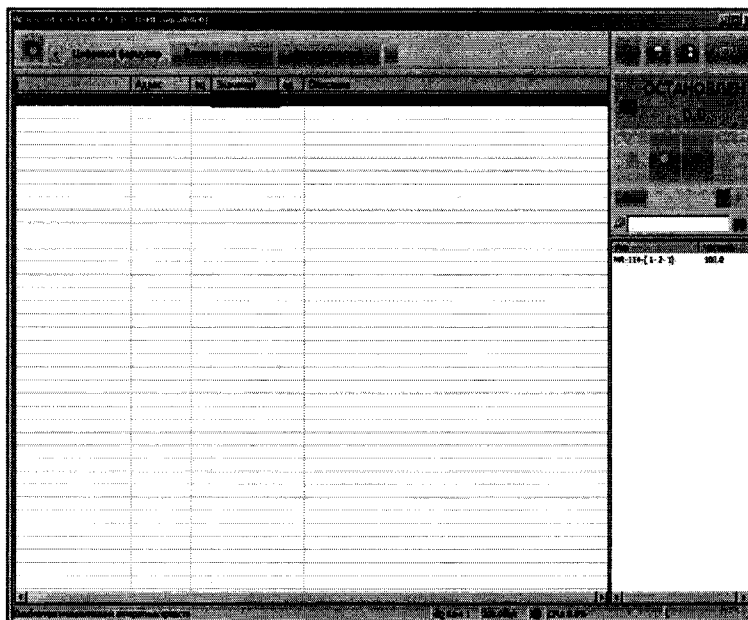


Рисунок 2 – Окно программы «Цифровой формуляр»

В окне цифровых формуляров нажать на поверяемый канал, он выделиться цветом. Далее, найти столбец «Значение». На пересечении строки с выделенным поверяемым каналом и столбца «Значение» и будут появляться значения измеряемого параметра с именем сигнала эталона. Эта область на экране выделена на Рисунок 2 красным прямоугольником. Получаемые результаты занести в протокол. Форма протокола приведена в Приложении А.

7.1.3 При «автоматическом» методе запустить программу управления комплексами МИС «Recorder». Настроить программу управления комплексами МИС «Recorder», для чего выполнить следующие операции:

- выделить ИК, подлежащий поверке в окне «Цифровой формуляр», как указано в пункте 7.1.2;
- открыть диалоговое окно «Свойства»; в открывшемся диалоговом окне «Настройка канала...», представленном на Рисунок 3, в разделе «Канальная ГХ» нажать кнопку «Калибровка канала»;
- в открывшемся диалоговом окне «Выбор типа градуировки...», представленном на Рисунок 4, выбрать в разделе «Произвести..», «поверку», «стандартная», нажать кнопку «Далее»;

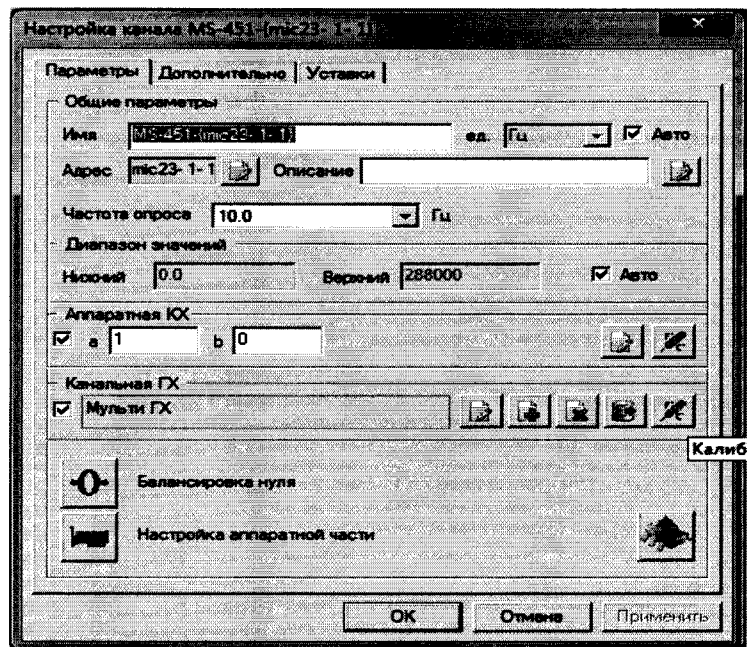


Рисунок 3 – Вид диалогового окна «Настройка канала...»

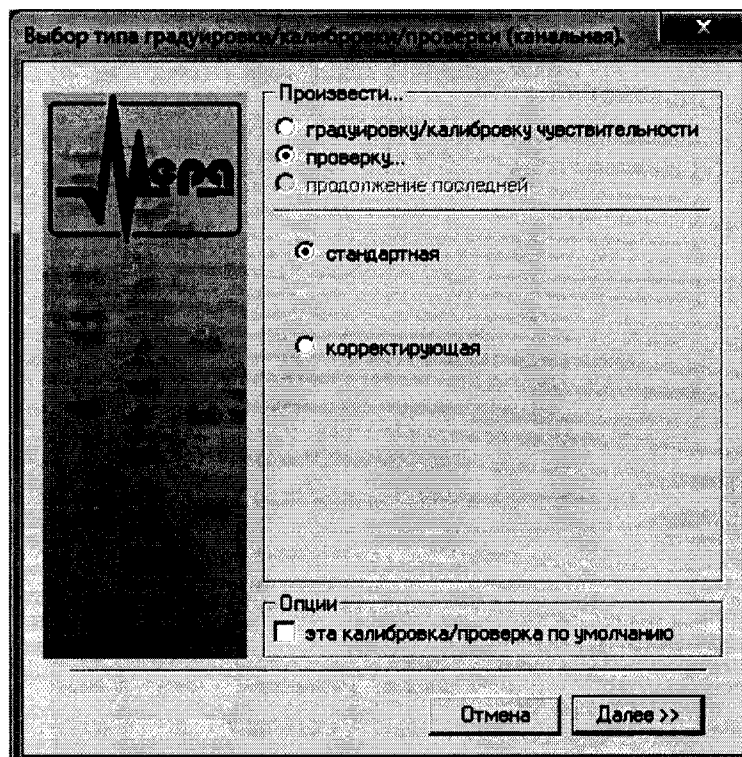


Рисунок 4 – Вид диалогового окна «Выбор типа градуировки/калибровки/поверки (канальная)»

– в диалоговом окне «Параметры поверки канальная», представленном на Рисунок 5, установить следующие значения:

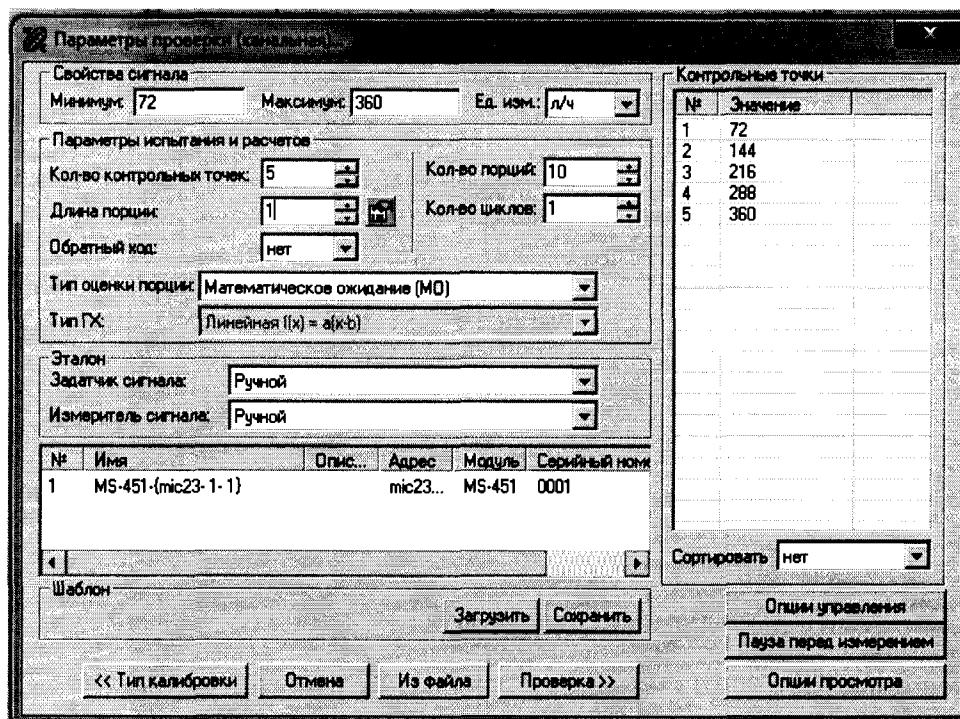


Рисунок 5 – Вид диалогового окна «Параметры поверки (канальная)»

– в разделе «Свойства сигнала» в поле «Минимум» – значение нижнего предела диапазона измерения, в поле «Максимум» – значение верхнего предела диапазона измерений, в поле «Ед. изм» – единицы измерения поверяемого ИК;

– в разделе «Параметры поверки канальная» в поле «Количество контрольных точек» – выбранное количество точек: 5 или 6, в поле «Длина порции» – число, соответствующее «Количеству точек усреднения» (диалоговое окно «Настройка канала...» во вкладке «Дополнительно»), в поле «Количество порций» – заданное количество порций – 5, в поле «Количество циклов» – 3, в поле «Обратный ход» – нет, в поле «Тип оценки порции» – математическое ожидание;

– в разделе «Эталон» в поле «Задатчик сигнала» – ручной, в поле «Измеритель сигнала» – ручной;

– поле «Контрольные точки» заполняется автоматически с равномерным распределением контрольных точек по диапазону измерения, включая начало и конец диапазона, но в случае необходимости значения контрольных точек следует отредактировать. Для запуска процесса поверки необходимо нажать кнопку «Поверка»;

Из диалогового окна «Настройка завершена», вид которого представлен на Рисунок 6, нажав кнопку «Поверка», выйти в диалоговое окно «Измерение», вид которого представлен на Рисунок 7;

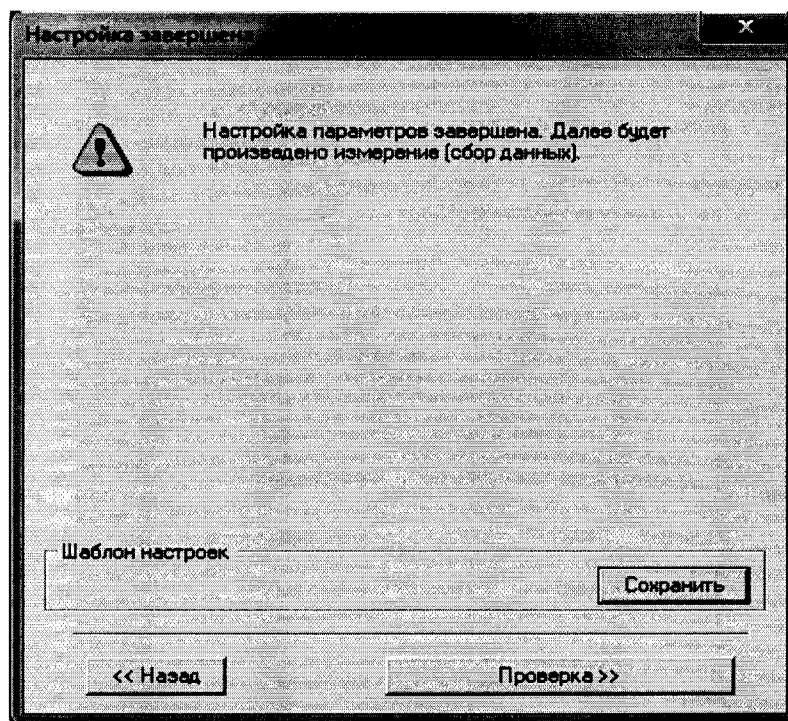


Рисунок 6 – Вид диалогового окна «Настройка завершена»

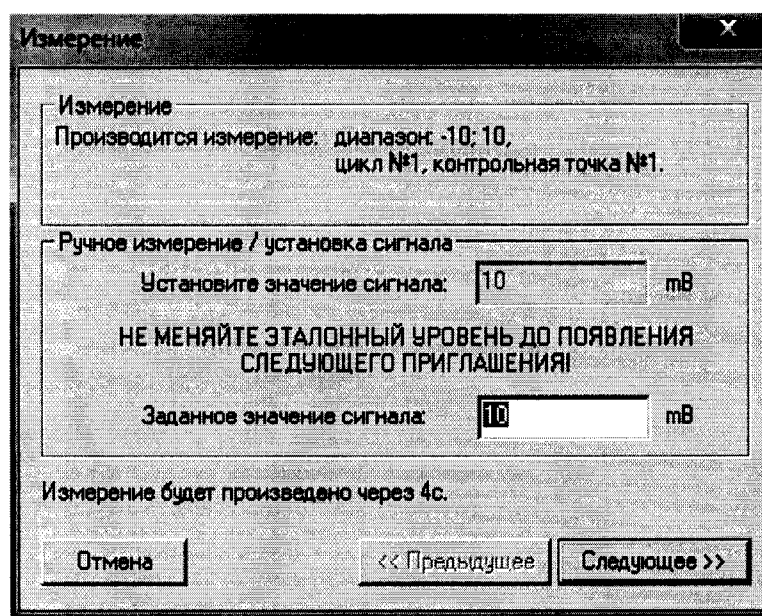


Рисунок 7 – Вид диалогового окна «Измерение»

Измерение заданного сигнала выполняется при нажатии кнопки «Следующее».

После измерения последней контрольной точки в диалоговом окне «Измерение завершено» нажать кнопку «Расчет», выйти в диалоговое окно «Обработка и просмотр измеренных данных» и, работая в диалоговом режиме, сформировать протокол поверки, внося данные в окно «Настройка параметров протокола», показанное на Рисунок 8.

Окно «Настройка параметров протокола» заполняется аналогично представленному на Рисунок 8. Для расчета приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности, надо поставить отметку напротив пункта «Приведенная погрешность» и на вкладке «Диапазон» выбрать пункт «Диапазон измерения».

После сохранения и просмотра протокола поверки завершить поверку и с помощью кнопки «ОК» выйти из диалогового окна «Настройка канала».

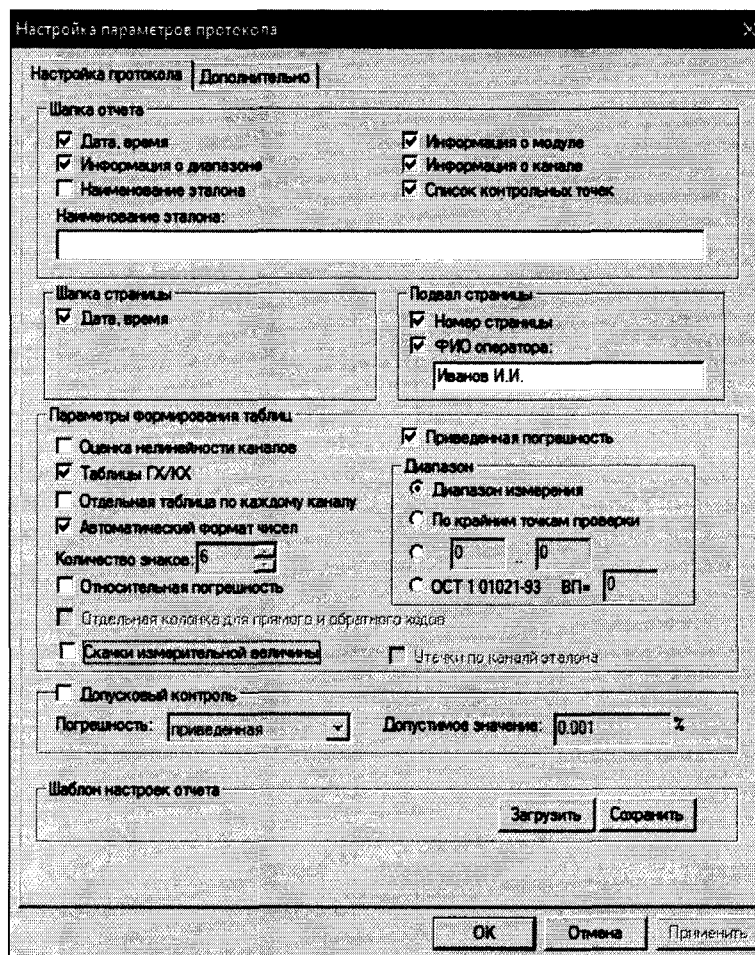


Рисунок 8 – Окно настройка параметров протокола.

Протокол обработки результатов измерений формируется в виде файла и (или) выводится на печать принтером. Форма протокола приведена в Приложении Б.

## 8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При выполнении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого ИК АИИС следующим требованиям:

- комплектность ИК АИИС должна соответствовать формуляру;
- маркировка ИК АИИС должна соответствовать требованиям проектной и эксплуатационной документации;
- измерительные, вспомогательные и соединительные компоненты (кабельные разъемы, клеммные колодки и т. д.) ИК системы не должны иметь визуально определяемых внешних повреждений и должны быть надежно соединены и закреплены;
- соединительные линии (кабели, провода) не должны иметь повреждений изоляции и экранирования и должны быть надежно соединены с разъемами и клеммами;
- экранирование кабелей и проводов должно быть соединено между собой и с заземляющим контуром в соответствии с электрическими схемами;

8.1.2 Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными, если выполняются условия, изложенные в пункте 8.1.1. В противном случае поверка не проводится до устранения выявленных недостатков.

### 8.2 Опробование

#### 8.2.1 Идентификация ПО

Для проверки наименования и версии метрологически значимого ПО выполнить следующие операции:

- запустить программу управления комплексами МИС, двойным щелчком «мышь» на рабочем столе операционной системы;
- в открывшемся главном окне программы щелчком правой кнопки «мышь» по пиктограмме в левом верхнем углу открыть контекстное меню «О программе»;
- щелчком левой кнопки «мышь» открыть информационное окно программы.

Убедиться в соответствии характеристик в информационном окне программы Recorder, представленном на Рисунок 9, характеристикам программного обеспечения, приведенным ниже:

- наименование – «MERA Recorder»;
- идентификационное наименование – scales.dll;
- номер версии – 1.0.0.8;
- цифровой идентификатор – 24CVC163.



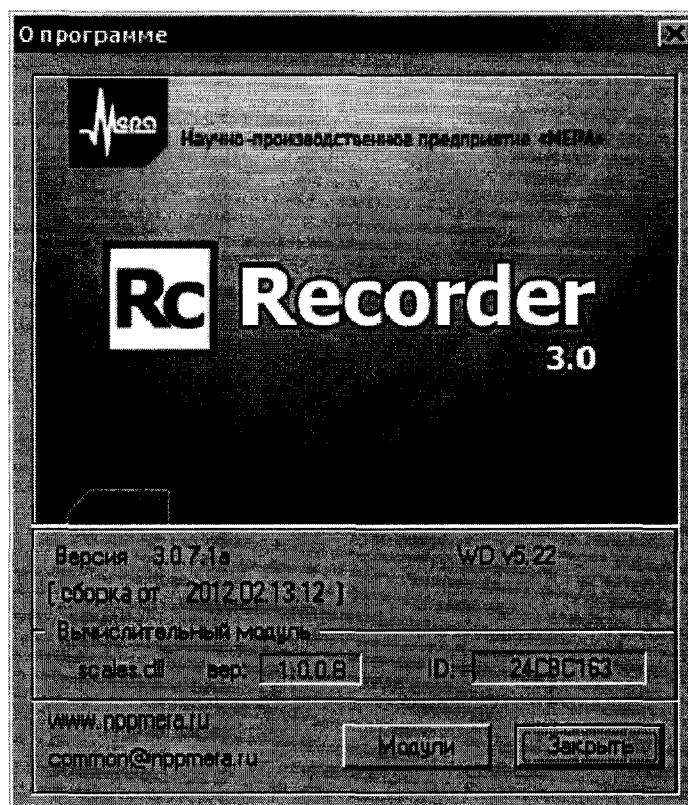


Рисунок 9 – Вид информационного окна программы «Recorder»

8.2.2 Для проверки работоспособности поверяемого ИК установить с помощью СП на входе в ИК значение измеряемого параметра равное по значению НП ДИ ИК в единицах измерений параметра.

*Примечание – Вместо значения, равного НП ДИ ИК, допускается устанавливать значение, равное 1-ой КТ ДИ ИК.*

ИК признается работоспособным, если отображается информация с действующими значениями измеряемых величин.

### 8.3 Определение метрологических характеристик ИК

8.3.1 Проверку проводить комплектным и поэлементным способом.

### 8.4 Определение приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты переменного тока, соответствующего частоте вращения роторов и турбостартера

8.4.1 Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

– 1 этап – поверку электрической части ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (погрешности измерений);

– 2 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.4.2 Поверку электрической части ИК частоты вращения роторов выполнить в следующей последовательности:

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 10, для чего отсоединить кабель от первичного преобразователя и подключить калибратор МСЗ-Р. Места подключений указаны в таблице В1, Приложения В.



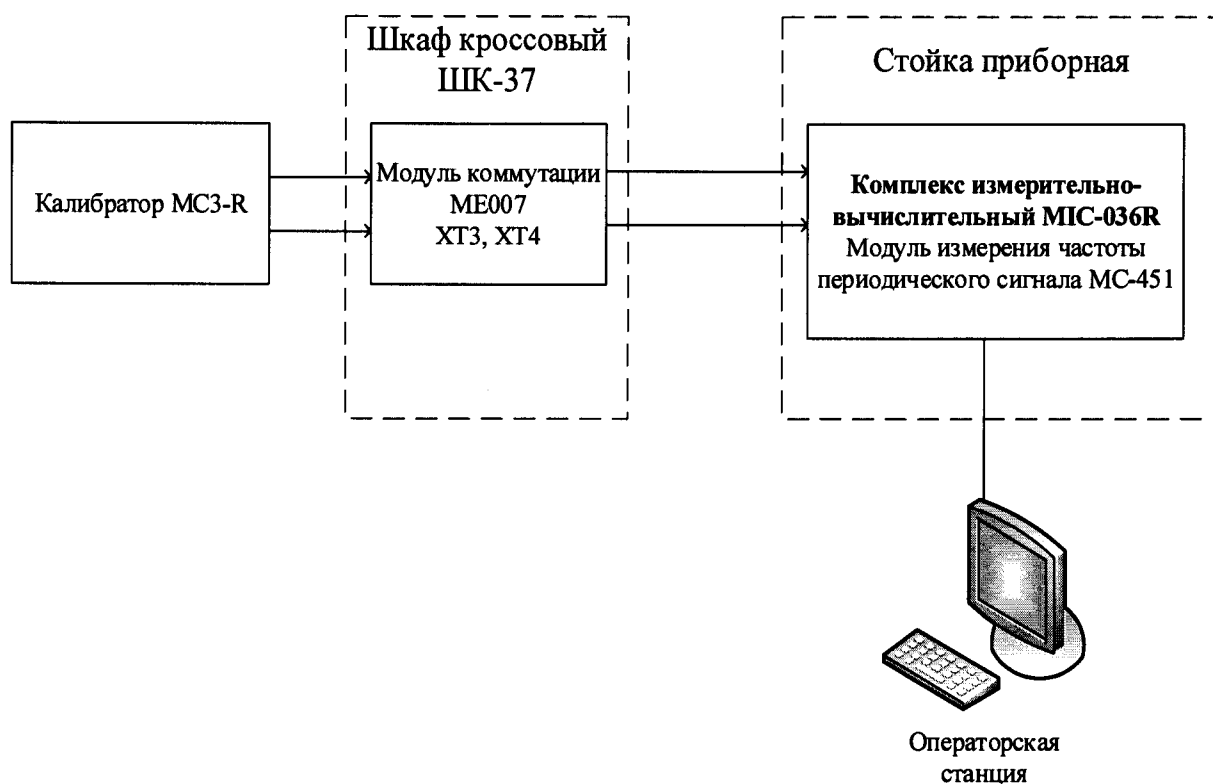


Рисунок 10 - Схема поверки ИК частоты переменного тока

– Запустить программу «Recorder» и с ее помощью для каждого из указанных ИК установить значения в соответствии с Таблица 3.

Таблица 3 – Контрольные точки измерения частоты

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения частоты вращения в КТ, $x_k$
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора КНД, КВД (Параметры: $N1_{\partial 3м}$ ; $N2_{\partial 3м}$ )	Гц	8,34	83,4	6	8,34; 23,352; 38,364; 53,376; 68,388; 83,4
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора КНД (Параметр: $N1_{\partial 4в}$ )		298,2	2982	6	298,2; 834,96; 1371,72; 1908,48; 2445,24; 2982
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора КВД (Параметр: $N2_{\partial 4в}$ )		299,6	2996	6	299,6; 838,88; 1378,16; 1917,44; 2456,72; 2996
Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения ротора ТС (Параметр: $N_{тс}$ )		102,1	1021	6	102,1; 285,88; 469,66; 653,44; 837,22; 1021

– Используя программу «Recorder» поочередно для всех указанных в Таблица 3 частоты, провести поверку для определения максимальной погрешности измерений. Установить на эталоне значение, указанные в таблице. Зафиксировать отображаемое в ПО

Recorder значение при поверке в расчетном способе, как указано в п. 7.3.1, или используя режим «Проверка...», при автоматическом способе, нажатием кнопки «Следующее», как указано в п. 7.4.

- Номинальные значения частоты вращения в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора в единицах измерения частоты переменного тока (Гц).
- Амплитуду переменного тока установить равной 0,5 В.
- При сборе данных выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.
- После завершения сбора данных с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную приведенную погрешность измерений по формулам (1) и (4) в % к ВП ИК.

8.4.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значение приведенной (к ВП) погрешности измерений частоты периодического сигнала находится в пределах  $\pm 0,15$  %, в противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## **8.5 Определение относительной и приведенной погрешности измерений массового расхода топлива (керосина), объемных расходов (прокачки) рабочей жидкости**

8.5.1 Поверку каждого ИК выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

- 1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;
- 2 этап – поверку электрической части ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);
- 3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

Для контроля (оценки) ПП отсоединить его от электрической части ИК. Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование согласно сборочному чертежу, маркировка типа и номера ПП согласно паспорту.

- Проверить свидетельства о поверке (первичной или периодической). Свидетельство о поверке должно быть действующим, значение погрешности (относительно к ИЗ) ПП, указанное в свидетельстве, должно находиться в допускаемых пределах.

*Примечание - В случае, если в свидетельстве о поверке не указано значение экспериментально определенной погрешности, а приведено слово «Соответствует», воспользоваться паспортными данным ПП.*

– Поверка ПП массового расхода счетчика-расходомера массового Optimass осуществляется в соответствии с МП РТ 1720-2012 «Расходомеры-счётчики массовые Optimass. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФБУ «Ростест-Москва» 15 марта 2012 г. Поверка ПП массового расхода производится на месте эксплуатации. Интервал между поверками – 4 года.

– Поверка ПП объемного расхода осуществляется в соответствии с документом «ГСИ. Преобразователи расхода турбинные ТПР» ЛГФИ.407221.034 МИ, утвержденной 32 ГНИИИ МО РФ 29 мая 2003 г. Интервал между поверками – 1 год.

– Поверку электрической части ИК массового расхода топлива (керосина) выполнить в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 11, для чего на вход электрической части ИК, вместо ПП, подключить калибратор МС3-R.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» в режиме «Корректировка БД» и с ее помощью для ИК массового расхода топлива (керосина) установить значения индивидуальной функции преобразования). Завершить работу программы.

– Запустить программу «Recorder» и для ИК массового расхода топлива (керосина) установить значения в соответствии с Таблица 4.

– Используя программу «Recorder» для электрической части ИК массового расхода топлива (керосина), провести поверку для определения максимальной погрешно-

сти измерений. Номинальные значения расхода топлива (керосина) в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора в единицах силы постоянного тока, соответствующей номинальным значениям расхода топлива в КТ. При сборе данных для электрической части ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

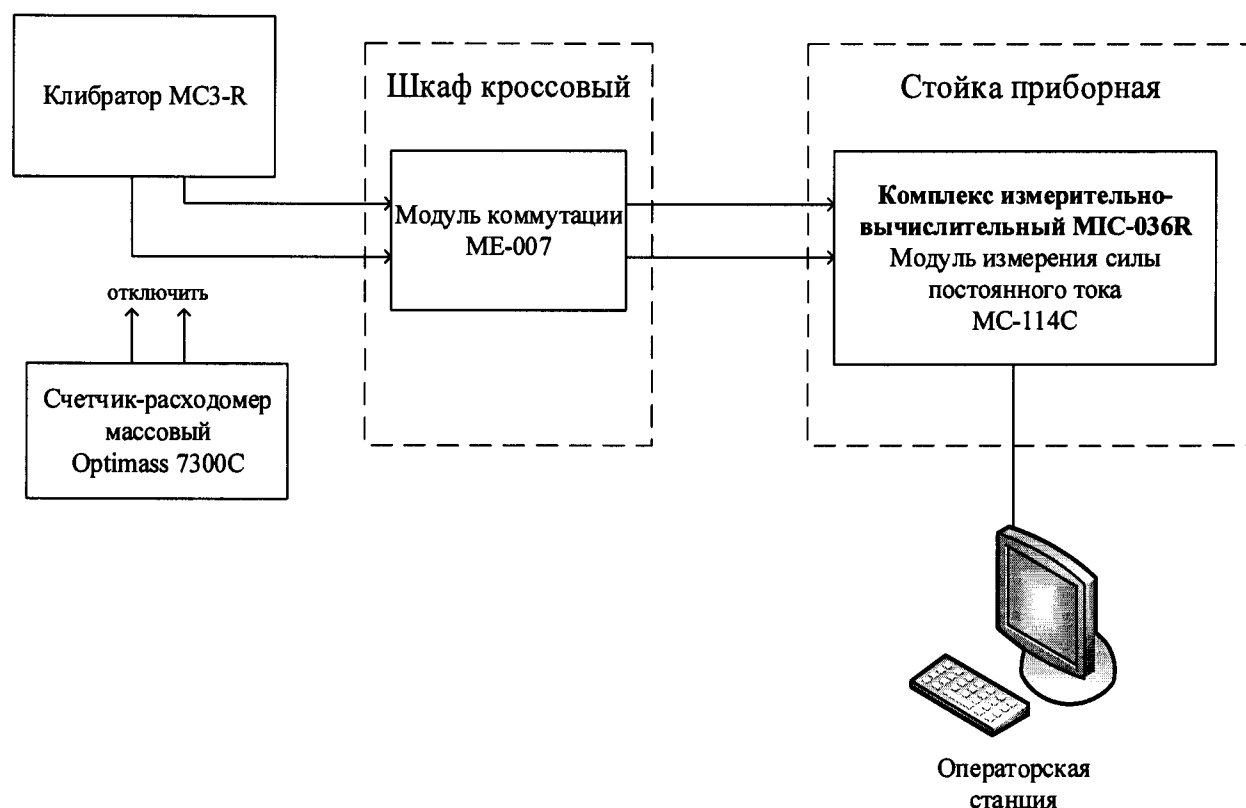


Рисунок 11 – Схема поверки ИК массового расхода топлива (керосина)

Таблица 4 – Контрольные точки измерения массового расхода топлива

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения расхода в КТ, $x_k$	Номинальные значения силы постоянного тока в КТ (мА)
Расход (массовый) топлива Параметр: $G_{m_1}$	кг/ч	350	3500	5	350; 1137,5; 1925; 2712,5; 3500	4; 8; 12; 16; 20
Расход (массовый) топлива Параметр: $G_{m_2}$		3500	30000	5	3500; 10125; 16750; 23375; 30000	4; 8; 12; 16; 20

– После завершения сбора данных с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить для первых трех точек максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к 0,5 ДИ по формулам (1) и (3). Затем, для оставшихся точек диапазона, определить значение относительной погрешности по формулам (1) и (2).

8.5.2 Поверку электрической части ИК объемного расхода (прокачки) рабочей жидкости выполнить в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 12, для чего на вход электрической части ИК, вместо ПП, подключить калибратор в режиме генератора и устано-

вить значение выходного сигнала 25 мВ.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для ИК расхода (прокачки) рабочей жидкости) установить значения в соответствии с Таблица 5.

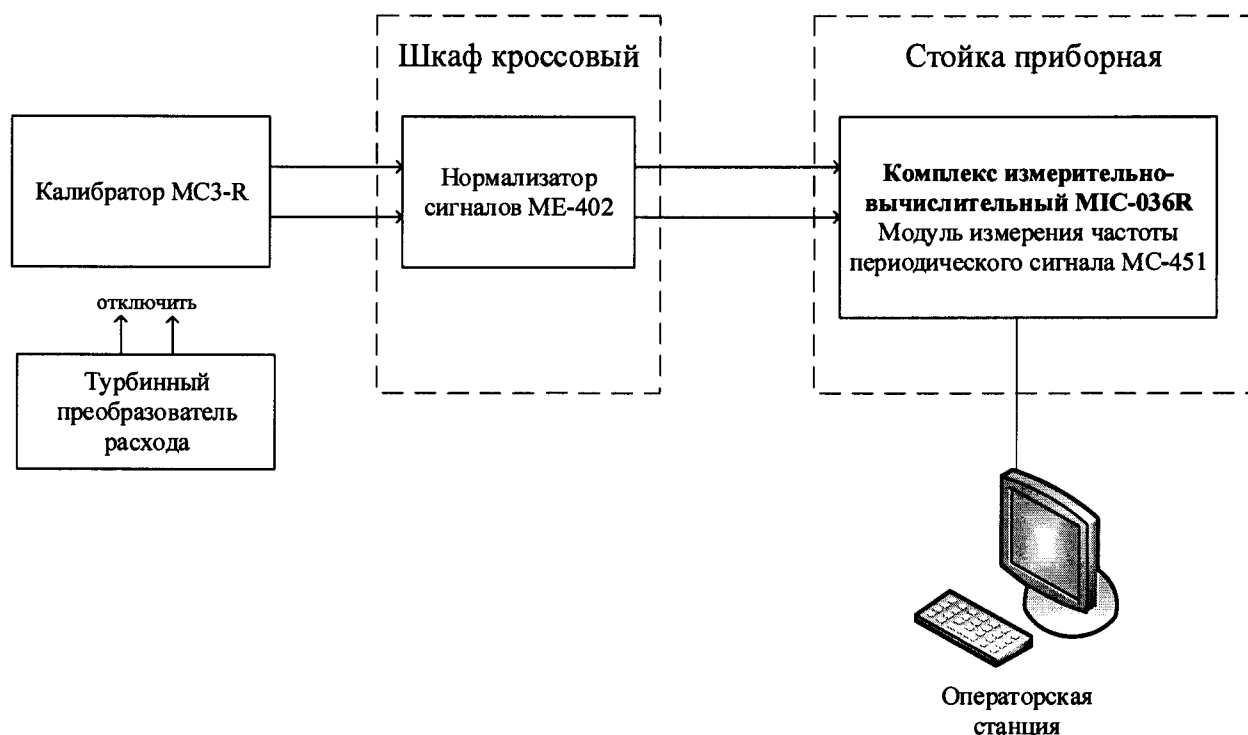


Рисунок 12 – Схема поверки ИК объемного расхода (прокачки) рабочей жидкости

Таблица 5 – Контрольные точки измерений расхода (прокачка) рабочей жидкости

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК,	Номинальные значения расхода в КТ, $x_k$
Расход (прокачка) рабочей жидкости <i>Параметр: <math>Q_m</math></i>	л/мин	15	96	5	15; 40; 60; 80; 96

– Используя программу «Recorder» для электрической части ИК расхода (прокачки) рабочей жидкости, провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения расхода (прокачки) рабочей жидкости в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью генератора в единицах измерений его носителя, частоты переменного тока (Гц), соответствующей номинальным значениям расхода топлива в КТ. Значения частоты переменного тока, соответствующие номинальным значениям расхода рабочей жидкости в КТ ДИ, взять из последнего действующего протокола очередной или внеочередной поверки ТПП с точностью до 3-го знака после запятой.

При сборе данных для электрической части ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

После завершения сбора данных с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режимах определить максимальную приведенную погрешность измерений (от ДИ) по формулам (1) и (3).

### 8.5.3 Результаты поверки ИК расхода топлива (керосина), расхода (прокачки) ра-

бочей жидкости считать положительными если:

- ПП поверены, имеют действующее свидетельство о поверке, фактическая максимальная погрешность измерений находится в пределах допускаемой погрешности определенной паспортом;
- максимальное значение относительной и приведенной погрешности измерений расхода топлива (керосина)  $\delta$  и  $\gamma$  для ИК  $G_{m\_1}$  и  $G_{m\_2}$  в %, определенное по формулам (1), (2) и (3), суммарное с ПП, находится в пределах допускаемой погрешности  $\pm 0,5$  % от ИЗ и от половины ДИ;
- максимальное значение приведенной погрешности измерений расхода (прокачки) рабочей жидкости  $\gamma$  в %, определенное по формулам (1), (3), суммарное с ПП, находится в допускаемых пределах  $\pm 3,0$  % от ДИ.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 8.6 Определение абсолютной и приведенной (к ДИ) погрешности измерений абсолютного и избыточного давления (разрежения) жидких и газообразных сред

### 8.6.1 Поверку каждого ИК выполнить в 3 этапа поэлементным способом:

- 1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;
- 2 этап – поверку электрической части ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);
- 3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

Для контроля (оценки) ПП отсоединить его от электрической части ИК. Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование согласно сборочному чертежу, маркировка типа и номера ПП согласно паспорту.

– Проверить свидетельства о поверке (первичной или периодической). Свидетельство о поверке должно быть действующим, значение погрешности (относительно к ИЗ) ПП, указанное в свидетельстве, должно находиться в допускаемых пределах.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунком 13, для чего на вход ИК, вместо первичного преобразователя подключить калибратор.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для всех ИК избыточного давления (разряжения) жидких и газообразных сред установить значения в соответствии с Таблица 6.

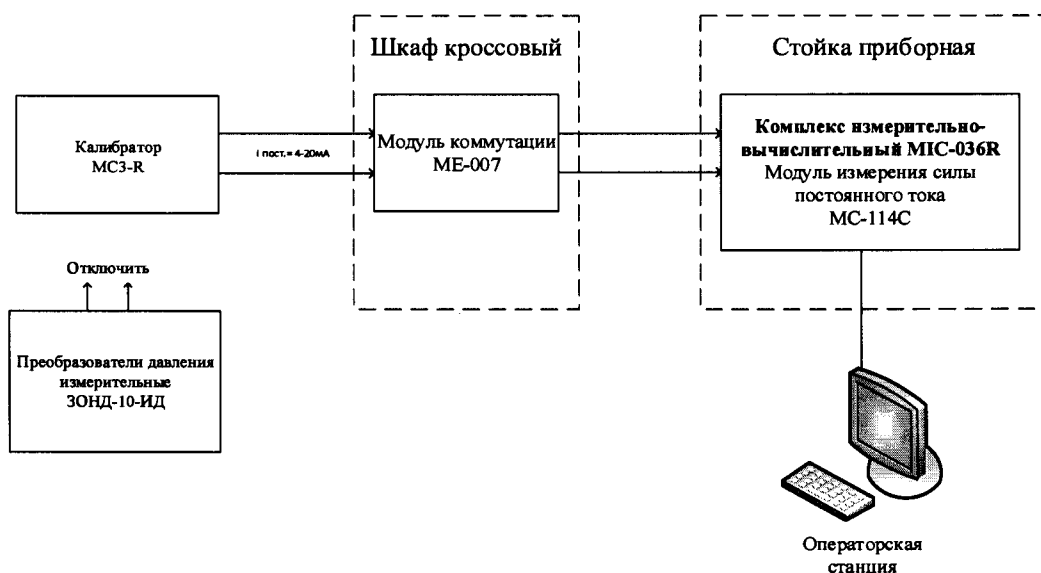


Рисунок 13 - Схема поверки ИК избыточного давления (разрежения) жидких и газообразных сред поэлементным способом

Таблица 6 – Контрольные точки измерения давления и разрежения

Наименование параметра ИК (обозначение измеряемого параметра ГТД)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения тока в КТ, мА
Разрежение и избыточное давление воздуха (Параметры: $P^*_{рмк}$ ; $P_{рмк}$ )	кПа	минус 20	20	5	4; 8; 12; 16; 20
Разрежение и избыточное давление воздуха (Параметр: $P_n$ )	кПа	минус 100	150	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление масла (Параметр: $P_{кса}$ )	МПа	0	0,1	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление воздуха (Параметры: $P_{523}$ ; $P_{272}$ )	МПа	0	0,15	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива, масла (Параметры: $P_{т ст}$ ; $P_{м ст}$ )	МПа	0	0,4	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива	МПа	0	0,5	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление воздуха и масла (Параметры: $P^*_6$ ; $P^*_4$ ; $P_{48}$ ; $P_{49}$ ; $P_m$ ; $P_{сф}$ )	МПа	0	0,6	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива (Параметр: $P_{т нр}$ )	МПа	0	1,5	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление воздуха (Параметры: $P^*_{300а}$ ; $P^*_{300б}$ )	МПа	0	4,0	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива (Параметры: $P_{т кс}$ ; $P_{т ф1}$ ; $P_{т ф2}$ ; $P_{т ф3}$ ; $P_{т ф4}$ ; $P_{т ф5}$ )	МПа	0	6,0	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива (Параметры: $P_{а1 шт}$ ; $P_{а1 бш}$ ; $P_{а2 шт}$ ; $P_{а2 бш}$ )	МПа	0	10,0	5	4; 8; 12; 16; 20
Избыточное давление топлива (Параметры: $P_{т фн}$ ; $P_{рс шт}$ ; $P_{рс бш}$ )	МПа	0	25,0	5	4; 8; 12; 16; 20
Барометрическое давление воздуха (Параметр: $V_a$ )	кПа	60	110	-	-
Полное давление воздуха во входном защитном устройстве осредненное (Параметр: $P^*_6$ )	кПа	60	110	-	-

– Используя программу «Recorder», поочередно для всех ИК избыточного давления (разряжения) жидких и газообразных сред провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения тока в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора в единицах измерений постоянного тока, мА, в соответствии с Таблица 6. При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

– Барометры БРС-1М на выходе выдают сигнал в цифровом виде, который обрабатывается средствами ВТ. Электрическая часть канала в поверке не нуждается. Абсолютная погрешность измерительного канала равна абсолютной погрешности первичного преобразователя.

– После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную приведенную к ДИ погрешность измерений по формулам (1) и (3)

8.6.2 Результаты поверки ИК избыточного давления (разряжения) жидких и газообразных сред считать положительными, если суммарное с ПП максимальное значение погрешности находится в допусках пределах:

- $\pm 0,067$  кПа для ИК: Ва; Р\*б;
- $\pm 0,3$  % от ДИ для ИК: Р\* рмк; Р рмк; Р н;
- $\pm 0,5$  % от ДИ для остальных ИК.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 8.7 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры газообразных сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа ХА(К) и ХК(L)

8.7.1 Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

- 1 этап – поверку ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);
- 2 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.7.2 Поверку ИК выполнить в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 14, для чего на вход электрической части ИК вместо ПП подключить калибратор МС3-Р в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока от минус 10 до 100 мВ. Места подключений указаны в таблице В1, Приложения В.



Рисунок 144 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и с ее помощью для каждого ИК температуры газообразных сред с первичными преобразователями термоэлектрического типа установить значения в соответствии с Таблица 7.

– Используя программу «Recorder» поочередно для ИК, указанных в Таблица 7, провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения температуры в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора в единицах измерения ее носителя, напряжения постоянного тока (мВ). Напряжение постоянного тока, соответствующее номинальным значениям температуры, устанавливать по номинальной статической характеристике преобразователя ГОСТ Р 8.585-2001.

Таблица 7 – Контрольные точки измерений напряжения постоянного тока

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения напряжения в КТ, $x_k$
Напряжение постоянного тока, соответствующее среднему значениям температуры газов от 0 до 900 °С, в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа ХА(К) (Параметры: $t^* 4$ ; $t^* 4_{кор}$ ; $t^* 6$ )	мВ	0	48,838	5	0; 12,0; 24,0; 36,0; 48,838
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температуры воздуха от 0 до 600 °С, в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа ХК(L) (Параметр: $t^* 300$ )			49,108	5	0; 12,0; 24,0; 36,0; 49,108

При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

– После завершения сбора данных с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме для каждого ИК определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к ДИ по формулам (1) и (3).

8.7.3 Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего температуре газообразных сред с ПП термоэлектрического типа считать положительными, если максимальное значение погрешности измерений находится в пределах  $\pm 0,5$  % от ДИ.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 8.8 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температуры в диапазоне преобразований первичных измерительных преобразователей терморезистивного типа 100П

Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

- 1 этап – поверку ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);
- 2 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.8.1 Поверку ИК выполнить в следующей последовательности.

- Собрать схему поверки в соответствии с Рисунком 15, для чего на вход электрической части ИК, вместо ПП, подключить калибратор МСЗ-Р. Места подключений указаны в таблице В1, Приложения В.



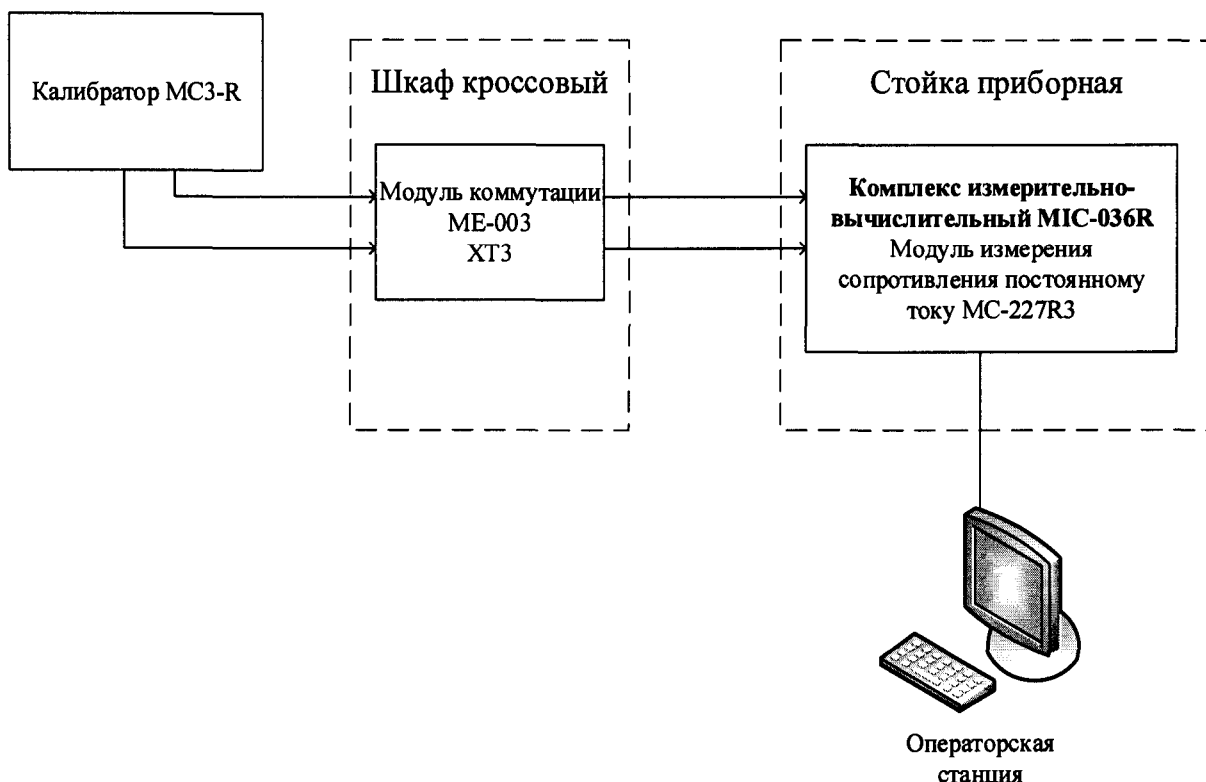


Рисунок 15 - Схема поверки ИК сопротивления постоянному току

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и с ее помощью для каждого ИК измерения сопротивления установить значения в соответствии с Таблица .

Таблица 8 –Контрольные точки измерений сопротивления

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, n	Номинальные значения сопротивления в КТ, (Ом)
Сопротивление постоянному току, соответствующее среднему значению температура воздуха от минус 50 до 50°C (Параметр: <i>tб</i> )	Ом	80,00	119,70	5	80,00; 90,00; 100,00; 110,00; 119,70
Сопротивление постоянному току, соответствующее значению температуры жидких сред от минус 50 до 200°C (Параметры: <i>tм</i> , <i>tм</i> )		80,00	177,04	6	80,00; 100,00; 120,00; 140,00; 160,00; 177,04

– Используя программы «Recorder», поочередно для электрической части всех указанных в Таблица ИК провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения сопротивления в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора в единицах измерений ее носителя, сопротивления постоянному току (Ом). При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

– После завершения сбора данных с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме для каждого ИК определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную к ДИ по формулам (1) и (3).

8.8.2 Результаты поверки ИК сопротивления постоянному току считать положительными если максимальное значение погрешности находится в допусковых пределах:

– максимальное значение погрешности для ИК:  $t_b$ , приведенной в % к ДИ ИК, находится в допусковых пределах  $\pm 0,3$  %;

– максимальное значение погрешности для ИК:  $t_m$ ,  $t_n$ , приведенной в % к ДИ ИК, находится в допусковых пределах  $\pm 0,5$  %.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 8.9 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения переменного тока, соответствующего виброскорости корпуса, узлов и агрегатов ГТД

8.9.1 Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

– 1 этап – поверку ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

– 2 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.9.2 Поверку электрической части ИК выполнить в следующей последовательности:

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 16. Места подключений указаны в таблице В1, Приложения В.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для всех ИК виброскорости корпуса ГТД установить значения в соответствии с Таблица .

– Используя программу «Recorder» поочередно для всех указанных в Таблица 10 значений провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения напряжения в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать для каждого значения частоты с помощью калибратора Н4-7 в соответствии с Таблица 10.

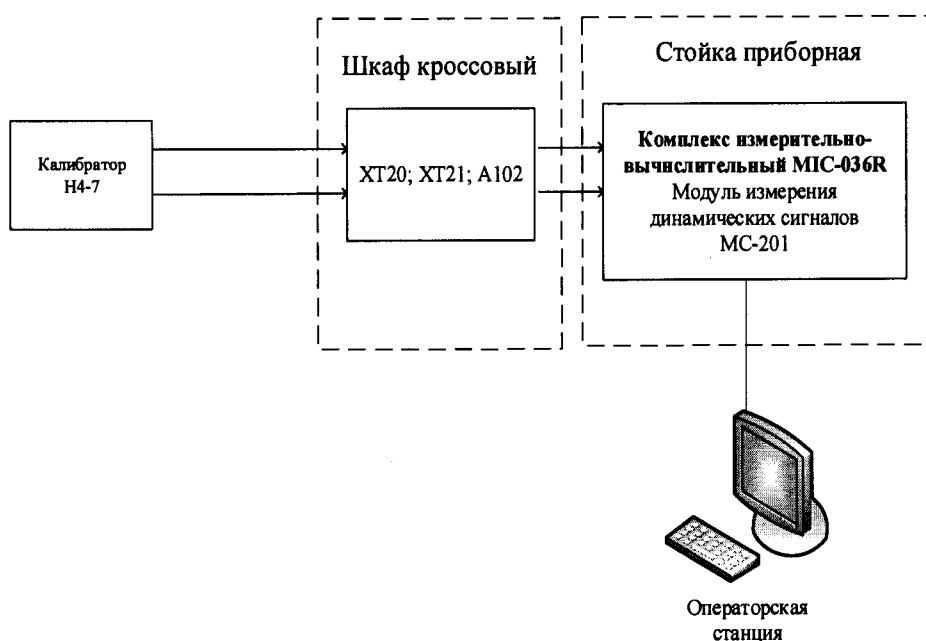


Рисунок 16- Схема поверки ИК напряжения переменного тока, соответствующего виброскорости корпуса, узлов и агрегатов ГТД

Таблица 9 – Контрольные точки измерений напряжения переменного тока

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения в КТ, $x_k$
Напряжение переменного тока в полосе частот 50 - 250 Гц, соответствующее значению виброскорости от 0 до 100 мм/с (Параметры: $V_{CT}(V_{Y_{CT}})$ ; $\Gamma_{CT}(V_{X_{CT}})$ ; $O_{CT}(V_{Z_{CT}})$ ; $B_{KCA}(V_{Y_{KCA}})$ ; $\Gamma_{KCA}(V_{X_{KCA}})$ ; $\Gamma_{Шm}(V_{X_{Шm}})$ ; $B_{П}(V_{Y_{П}})$ ; $\Gamma_{П}(V_{X_{П}})$ ; $B_{3}(V_{Y_{3}})$ ; $\Gamma_{3}(V_{X_{3}})$ ; $B_{T}(V_{Y_{T}})$ ; $\Gamma_{T}(V_{X_{T}})$ )	В	0	6,3	7	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6,3
	Гц	50	250	5	50; 100; 150; 200; 250

Таблица 10 – Напряжение и частота на выходе калибратора в контрольных точках

В \ Гц	50	100	150	200	250
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3

При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений по каждому значению частоты.

– После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к ДИ ИК по формулам (1) и (3).

8.9.3 Результаты поверки ИК напряжения переменного тока, соответствующего виброскорости корпуса, узлов и агрегатов ГТД считать положительными, если максимальное значение погрешности измерений для каждого ИК находится в допусках  $\pm 2\%$ .

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

#### 8.10 Определение относительной и приведенной погрешности измерений силы от тяги

8.10.1 Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

- 1 этап – поверку ИК с целью определение погрешности измерений;
- 2 этап - определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.10.2 Поверку ИК выполнить в следующей последовательности.

- Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 17 для проверки тяги.

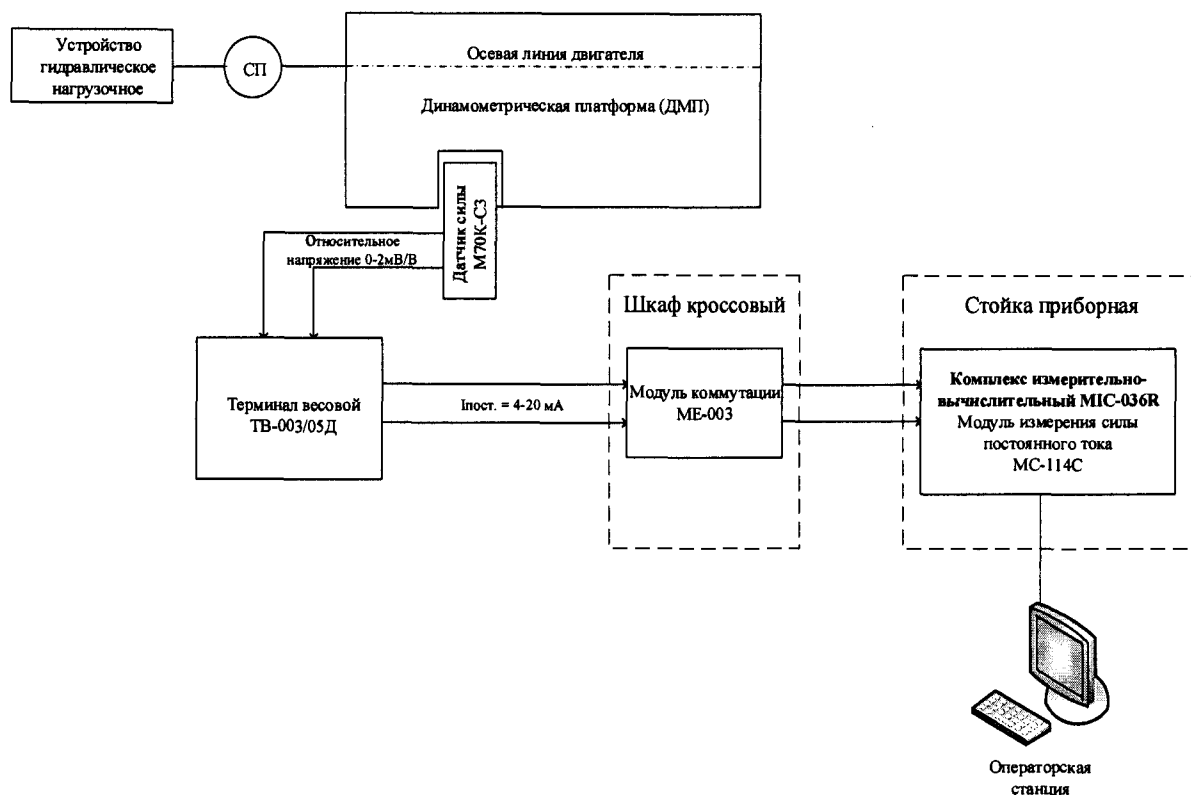


Рисунок 17 – Схема поверки ИК силы от тяги

- Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder».
- Используя программу «Recorder», провести поверку для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения силы от тяги в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью СП (образцового динамометра) в соответствии с Таблица 7. При сборе данных для ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

Таблица 7 – Контрольные точки измерений силы от тяги

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ, п	Номинальные значения силы от тяги в КТ, $A_k$
Сила от тяги (Параметр: $R_{изм}$ )	кгс	0	14000	9	0; 2000; 4000; 6000; 7000; 8000; 10000; 12000; 14000

- После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную погрешность измерений, для тяги в диапазоне от 0 до 7000 кгс приведенную в % к ДИ, т.е. к 7000 кгс  $\gamma$ , по формулам (1) и (3), а на диапазоне от 7000 кгс до  $R_{max}$  относительную погрешность  $\delta$  в % относительно ИЗ силы в КТ по формулам (1) и (2).

8.10.3 Результаты поверки ИК силы от тяги считать положительными, если погрешности измерений  $\gamma$  и  $\delta$  находятся в допусках  $\pm 0,5$  %.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 8.11 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения постоянного тока

8.11.1 Поверку каждого ИК выполнить в 2 этапа комплектным способом:

– 1 этап – поверку ИК с целью определение диапазона измерений и МХ (индивидуальной функции преобразования и погрешности измерений);

– 2 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.11.2 Поверку электрической части ИК выполнить в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 18, для чего на вход электрической части ИК, подключить калибратор МС3-Р в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока от 0 до 10 В.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для всех ИК напряжения переменного тока установить значения в соответствии с Таблица 8.

– Используя программу «Recorder» поочередно для всех указанных в Таблица 8 ИК провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения напряжения в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора МС3-Р в вольтах в соответствии с Таблица 8.

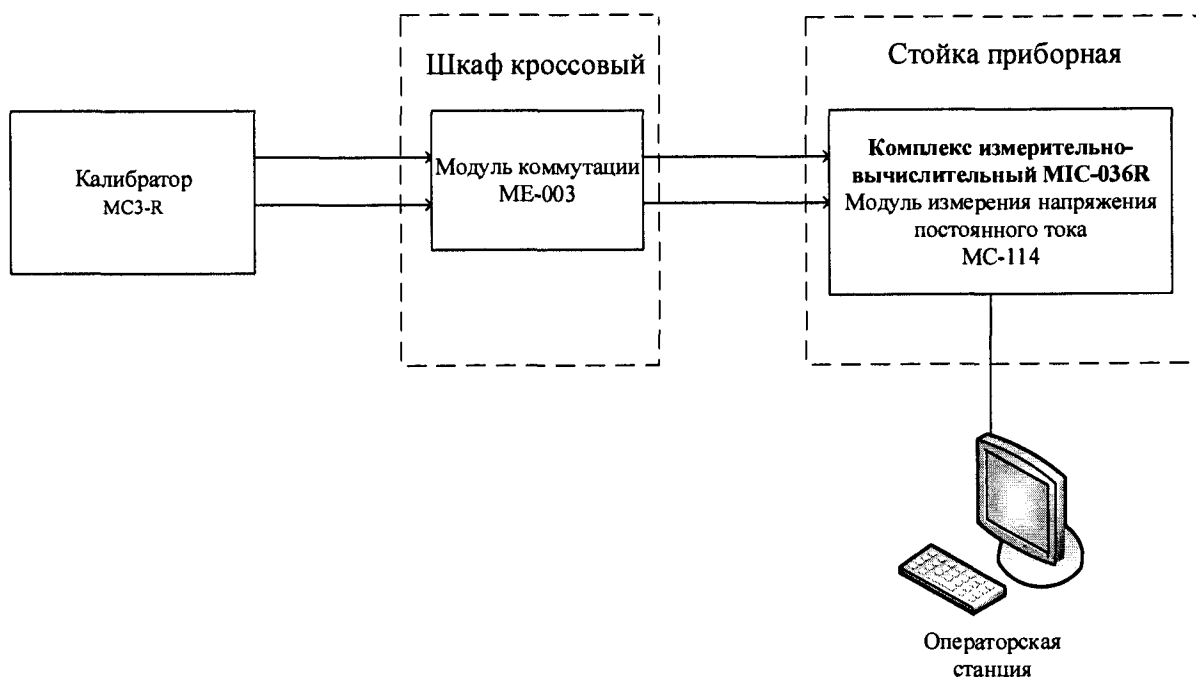


Рисунок 18 – Схема поверки ИК напряжения постоянного тока

Таблица 8 – Контрольные точки измерений напряжения постоянного тока

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, п	Номинальные значения напряжения в КТ	Номинальные значения измеряемого параметра в КТ, $x_k$
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температуры рабочих лопаток ГТД от 650 до 1000 °С, в диапазоне преобразования фотоэлектрического пирометра (Параметр: $U_{447}$ )		0,088	7,370	6	0,088; 1,544; 3,001; 4,457; 5,914; 7,370	650; 720; 790; 860; 930; 1000 (°С)
Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям, углов установки НА КНД, НА КВД и диаметру критического сечения РС в диапазоне от 0 до 120 делений по индикатору ИП33-05 (Параметры: $a_1$ ; $a_2$ ; $D_{pc}$ )	В	0	6,3	5	0; 1,575; 3,15; 4,725; 6,3	0; 30; 60; 90; 120 (дел.)

При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

– После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к ДИ ИК по формулам (1) и (3).

8.11.3 Результаты поверки ИК напряжения переменного тока, считать положительными, если максимальное значение, суммарной с первичным преобразователем, погрешности измерений для каждого ИК находится в допускаемых пределах  $\pm 0,5$  %.

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

#### 8.12 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения и силы постоянного тока

8.12.1 Поверку ИК измерения напряжения выполнить в 3 этапа поэлементным способом, а канала измерения тока комплектным способом №2:

- 1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;
- 2 этап – поверку электрической части ИК с целью определения диапазона измерений и погрешности измерений;
- 3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.12.2 Для контроля (оценки) ПП отсоединить их от электрической части ИК:

– Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование, маркировка типа и номера ПП согласно паспорту (этикетке).

– Проверить свидетельства о поверке (первичной или периодической) для преобразователей LEM CV 3-200. Свидетельство о поверке должно быть действующим, значение погрешности ПП, указанное в свидетельстве, должно находиться в допускаемых пределах.

– Для контроля (оценки) состояния и МХ преобразователей LEM НАТ 400-S провести определение действительных метрологических характеристик, указанных ПП в соответствии с разделом 8.3.2 документа «Датчики тока серии L. Методика поверки МП 57086 с изменением 1», утвержденной Заместителем начальника ФГУП «ВНИИМС» в сентябре 2015 г.

– После контроля (оценки) состояния и МХ преобразователя тока и напряжения установить на штатное место, закрепить, подключить кабель соединения преобразователя с электрической частью ИК.

8.12.3 Поверку электрической части ИК выполнить в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 19, для чего на вход электрической части ИК, подключить калибратор МС3-R в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока от 0 до 5 В.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для всех ИК напряжения переменного тока установить значения в соответствии с Таблица 9.

– Используя программу «Recorder» поочередно для всех указанных в Таблица 9 ИК провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения напряжения в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора МС3-R в вольтах в соответствии с Таблица 9.

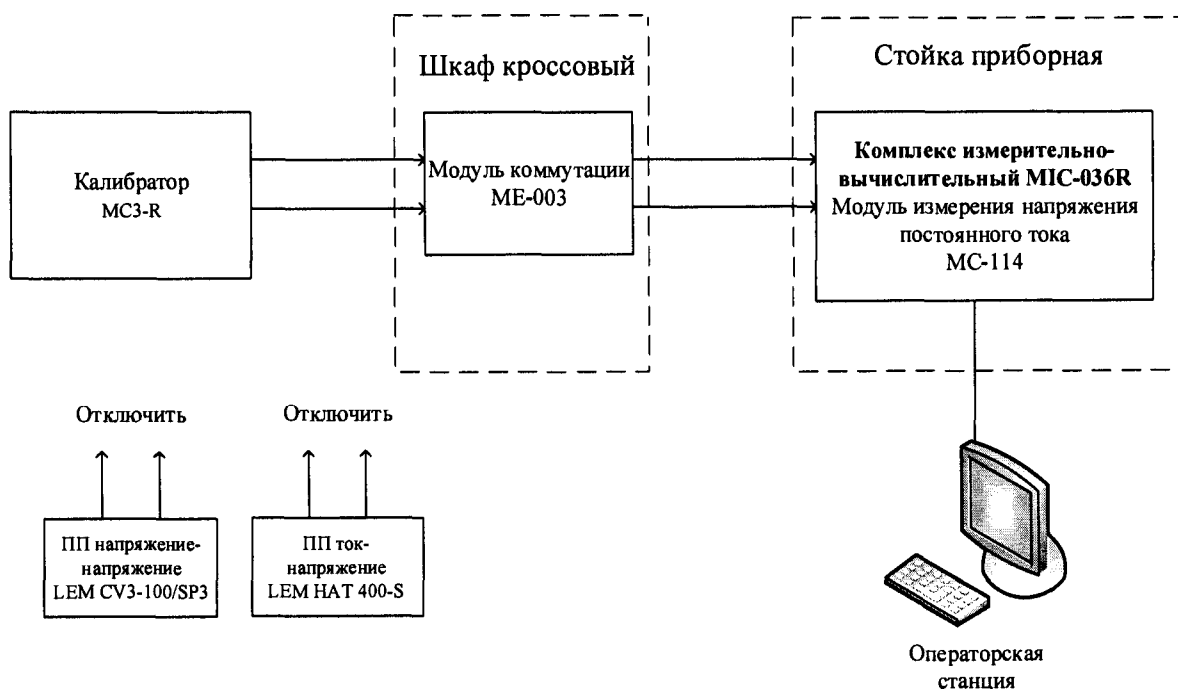


Рисунок 19 – Схема поверки ИК силы и напряжения постоянного тока

Таблица 9 – Контрольные точки измерений силы и напряжения постоянного тока

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК,	Номинальные значения напряжения в КТ	Номинальные значения измеряемого параметра в КТ, $x_k$
Напряжение постоянного тока (Параметр: $U_{гт}$ )	В	0	1,5	6	0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5	0; 6; 12; 18; 24; 30 (В)
Сила постоянного тока (Параметры: $I_{гт}$ )		0	4	5	0; 1; 2; 3; 4	0; 100; 200; 300; 400 (А)

При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

– После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы

«Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к ДИ ИК по формулам (1) и (3).

8.12.4 Результаты поверки ИК силы и напряжения постоянного тока, считать положительными, если максимальное значение, суммарной с первичным преобразователем, погрешности измерений для каждого ИК находится в допусках  $\pm 1,5\%$ .

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

### 8.13 Определение приведенной (к ДИ) погрешности измерений напряжения, силы и частоты переменного трехфазного тока

8.13.1 Поверку ИК выполнить в 3 этапа поэлементным способом, а канала измерения тока комплектным способом №2:

- 1 этап – контроль (оценка) состояния и МХ ПП;
- 2 этап – поверку электрической части ИК с целью определения диапазона измерений и погрешности измерений;
- 3 этап – определение и оценка максимальной погрешности ИК.

8.13.2 Для контроля (оценки) ПП отсоединить их от электрической части ИК.

– Проверить внешний вид, наличие пломб и маркировку – ПП не должен иметь видимых внешних повреждений, пломбирование, маркировка типа и номера ПП согласно паспорту (этикетке).

– Для контроля (оценки) состояния и МХ преобразователей ток-напряжение НАТ провести определение метрологических характеристик, указанных ПП в соответствии с документом «Датчики тока серии L. Методика поверки МП 57086 с изменением 1», утвержденной Заместителем начальника ФГУП «ВНИИМС» в сентябре 2015 г.

Для каждого ПП каналов измерения напряжения проверить наличие свидетельства о поверке.

*Примечание - В случае, если в свидетельстве о поверке не указано значение экспериментально определенной погрешности, а приведено слово «Соответствует», воспользоваться паспортными данным ПП.*

– После контроля (оценки) состояния и МХ, ПП установить на штатное место, закрепить, подключить кабель соединения преобразователя с электрической частью ИК.

8.13.3 Поверку электрической части ИК частоты переменного трехфазного тока провести в следующей последовательности.

– Собрать схему поверки в соответствии с Рисунок 20, для чего на вход электрической части ИК, подключить калибратор МСЗ-Р.

– Включить питание АИИС и загрузить операционную систему Windows. Запустить программу «Recorder» и для всех ИК напряжения переменного тока установить значения в соответствии с Таблица 10.

– Используя программу «Recorder» поочередно для всех указанных в Таблица 10 ИК провести работы по сбору данных для определения максимальной погрешности измерений. Номинальные значения частоты в КТ исследуемого ДИ ИК устанавливать с помощью калибратора МСЗ-Р в вольтах и герцах в соответствии с Таблица 10.



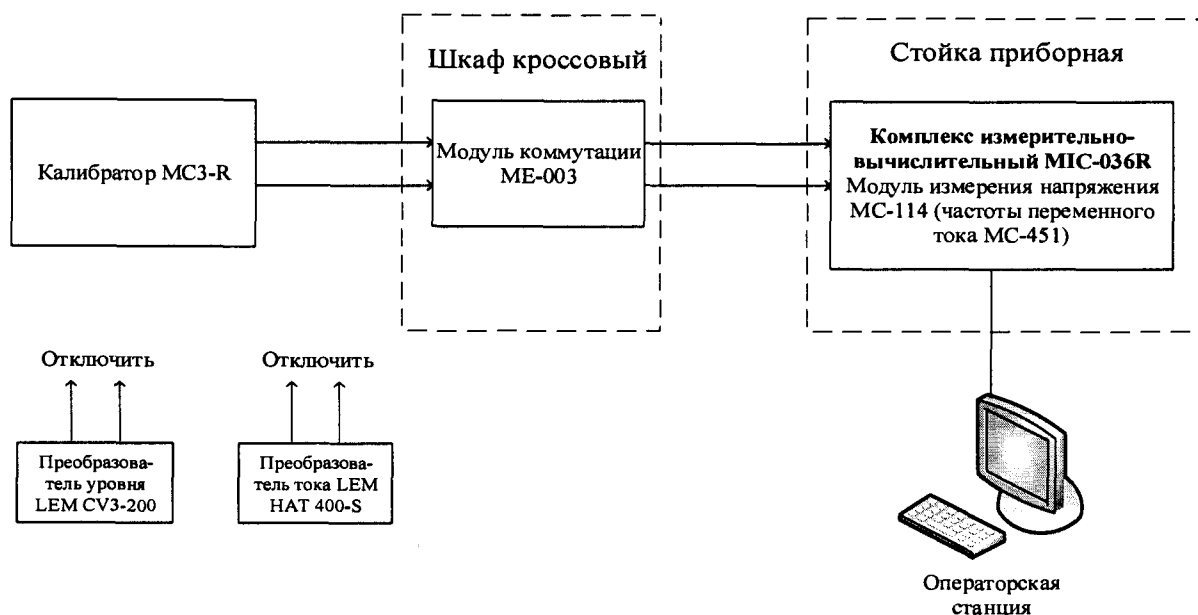


Рисунок 20 – Схема поверки ИК напряжения, силы и частоты переменного тока

Таблица 10 – Контрольные точки измерений напряжения, силы и частоты переменного тока

Наименование ИК (измеряемого параметра)	Размерность	НП ДИ ИК	ВП ДИ ИК	Количество КТ на ДИ ИК, n	Номинальные значения частоты в КТ, $x_k$	Номинальные значения напряжения и частоты на выходе ПП в КТ
Напряжение переменного тока (Параметры: $U_{zn\_ф1}$ ; $U_{zn\_ф2}$ ; $U_{zn\_ф3}$ )	В	0	150	6	0; 30; 60; 90; 120; 150	0; 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5
Сила переменного тока (Параметры: $I_{zn\_ф1}$ ; $I_{zn\_ф2}$ ; $I_{zn\_ф3}$ )	А	0	400	5	0; 100; 200; 300; 400	0; 1; 2; 3; 4
Частота переменного тока (Параметры: $f_{zn\_ф1}$ ; $f_{zn\_ф2}$ ; $f_{zn\_ф3}$ )	Гц	350	450	5	350; 375; 400; 425; 450	350; 375; 400; 425; 450

При сборе данных для каждого ИК выполнить не менее 3 (трех) циклов измерений.

После завершения сбора данных для каждого ИК с помощью программы «Recorder» в автоматическом или расчетном режиме определить максимальную погрешность измерений  $\gamma$ , приведенную в % к ДИ ИК по формулам (1) и (3).

8.13.4 Результаты поверки ИК частоты переменного тока, считать положительными, если максимальное значение, суммарной с первичным преобразователем, погрешности измерений для каждого ИК находится в допустимых пределах  $\pm 1,5\%$ .

В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 9 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

### 9.1 Расчет характеристик погрешности

Значение абсолютной погрешности измерений в  $j$ -той точке определить по формуле:

$$\Delta A_j = A_j - A_z, \quad (1)$$

где  $A_z$  - значение физической величины, установленное рабочим эталоном.

### 9.2 Определение относительной погрешности

Значение относительной погрешности измерений в  $j$ -той точке определить по формуле:

$$\delta_j = \pm \frac{\Delta A_j}{|A_z|} \cdot 100 \% \quad (2)$$

### 9.3 Расчет значения приведенной (к ДИ) погрешности

Значения приведенной (к ДИ) погрешности измерений физической величины для каждой точки проверки определить по формуле:

$$\gamma_{ид} = \frac{\Delta A_j}{|P_j - P_i|} \cdot 100 \% \quad (3)$$

где:  $P_j$  - значение верхнего предела измерений;  
 $P_i$  - значение нижнего предела измерений.

### 9.4 Расчет значения приведенной (к ВП) погрешности

Значения приведенной к верхнему пределу погрешности измерений физической величины для каждой точки проверки определить по формуле:

$$\gamma_{jв} = \frac{\Delta A_j}{|P_j|} \cdot 100 \% \quad (4)$$

## 10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты поверки заносятся в протокол поверки (Приложение А или Б).

При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, на верхний левый угол дверцы стойки приборной наносится знак поверки в виде наклейки.

*Примечание – в свидетельстве о поверке указывать, что оно действительно при наличии действующих свидетельств о поверке на ПП, входящих в ИК, поверяемых поэлементным способом.*

При отрицательных результатах поверки оформляется извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела  
ФГУП «ВНИИМС»



И.М. Каширкина

Ведущий инженер  
ФГУП «ВНИИМС»



С.Н. Чурилов

Приложение А

(справочное)

Форма протокола поверки при расчетном способе поверки

**ПРОТОКОЛ**

**поверки измерительных каналов АИИС стенда 37**

Дата: \_\_\_\_\_, время \_\_\_\_\_

Диапазон поверки: \_\_\_\_\_

Обозначение канала: \_\_\_\_\_

Количество циклов: \_\_\_\_.

Обратный ход: \_\_\_\_\_

Наименование эталона: \_\_\_\_\_ зав. № \_\_\_\_\_

Температура окружающей среды: \_\_\_\_ °С, влажность: \_\_\_\_ %

Таблица А1 – (наименование измеряемого параметра)

Наименование параметра	Значение параметра					
Номинальные значения параметра						
Измеренные значения параметра						

Максимальное значение, (абсолютной, относительной, приведенной) погрешности канала: \_\_\_\_\_

Максимально допустимое значение погрешности канала: \_\_\_\_\_

Вывод: \_\_\_\_\_

Испытание провел(а) Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Приложение Б  
(рекомендуемое)

**Форма протокола поверки при автоматическом способе поверки**

**Протокол**

поверки измерительного (ых) канала (ов) Системы

Дата: \_\_\_\_\_, время \_\_\_\_\_:

Диапазон поверки: \_\_\_\_\_

Количество циклов: \_\_\_\_

Количество порций: \_\_\_\_

Размер порции: \_\_\_\_

Обратный ход: \_\_\_\_\_

Наименование эталона \_\_\_\_\_

Температура окружающей среды: \_\_\_\_\_, влажность: \_\_\_\_\_ измерено: \_\_\_\_\_

Версия ПО "Recorder": \_\_\_\_\_

ПО "Калибровка" версия: \_\_\_\_\_

**Список контрольных точек.**

Точка №	1	2	3	4	5
Значение					
Точка №	6	7	8	....	n
Значение					

**Каналы:**

Канал	Описание	Число точек
Канал №1		
Канал №2		

**Сводная таблица.**

Эталон	Измерено модулем

S - оценка систематической составляющей погрешности, A - оценка случайной составляющей погрешности, H - оценка вариации, Dm - оценка погрешности (максимум).

Dr - относительная погрешность.

**Канал №1**

Эталон	Измерено	S	A	Dm	Dr

Погрешность (максимальная) на всем диапазоне: \_\_\_\_\_

Приведенная погрешность: \_\_\_\_\_ %.

Во время проверки использовалась следующая калибровочная (аппаратная) функция: Таблица линейной интерполяции.

(X)				

Интерполяция за границами: есть.

**Канал №2**

Этап	Измерено	S	A	Dm	

Погрешность (максимальная) на всем диапазоне:

Приведенная погрешность: %.

Во время проверки использовалась следующая калибровочная (аппаратная) функция: Таблица линейной интерполяции.

(X)				

Интерполяция за границами: есть.

**Сводная таблица погрешностей**

De - приведенная погрешность, Dг - относительная погрешность, NI - оценка нелинейности.

Канал	De, %	Dг, %	NI, dB
Максимум			

**Допусковый контроль**

Допустимое значение приведенной погрешности: \_\_\_\_\_ %.

Канал	SN	Результат

Поверку провел (а) \_\_\_\_\_

Приложение В  
(справочное)  
Места подключения эталонов при поверке отдельных  
измерительных каналов

Таблица В1 – Места подключения эталонов

№	Наименование канала	Обозначение канала	Название прибора, шкафа	Название разъема, клемника	№ контактов
2	Частота переменного тока, соответствующая частоте вращения роторов	$N1_{\partial 3m}$	Шкаф кроссовый ШК37	ХТ3	119, 120, 121
3		$N2_{\partial 3m}$			19, 20, 21
4		$N1_{\partial 4v}$			80, 81
5		$N2_{\partial 4v}$		ХТ4	1, 2
5		$N_{mc}$		ХТ3	14, 15
6	Напряжение постоянного тока, соответствующее значениям температуры газообразных сред в диапазоне преобразований ПИП термоэлектрического типа ХА(К), ХК(L)	$t^*_4$	Шкаф сканеров температур, М1С-140 А01	ХТ	+IN1; - IN1
7		$t^*_{4кор}$			+IN2; - IN2
8		$t^*_6$			+IN4; - IN4
9		$t^*_{300}$			+IN3; - IN3
10	Сопротивление постоянному току, соответствующего значениям температуры в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа	$t6$	Клеммная коробка КК01	ХТ	1, 2, 3, 4
11		$tm$	Шкаф кроссовый АИИС	ХТ4	5, 6
12		$tm$			7, 8
13	Напряжение переменного тока, соответствующее значениям виброскорости	$B_{CT}$	Шкаф кроссовый АИИС А102 (ME908)	Х3	+1; -3
14		$\Gamma_{CT}$		Х4	+1; -3
15		$O_{CT}$		Х5	+1; -3
16		$B_{KCA}$		Х1	+1; -3
17		$\Gamma_{KCA}$		Х2	+1; -3
18		$\Gamma_{Шm}$	Шкаф кроссовый АИИС ХТ22 (ME003)	Х1	-1; -17
19		$B_{П}$	Шкаф кроссовый АИИС	ХТ2 0	+1; -17
20		$\Gamma_{П}$			+2; -18
21		$B_{3}$			+3; -19
22		$\Gamma_{3}$			+4; -20
23		$B_{T}$		ХТ2	+1; -17
24	$\Gamma_{T}$	1		+2; -18	