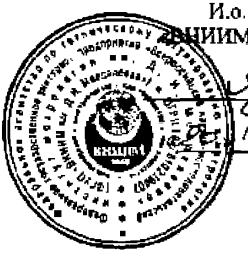
УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФГУП
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.Н. Пронин

«04» ноября 2019 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИ-СТ13 ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ТУРБОСТАРТЕРОВ И ВОЗДУШНЫХ СТАРТЕРОВ НА СТЕНДЕ 13

Методика поверки

061.470.2019 МП

И.о главного метролога
АО «ОДК-Климов»

А.С. Ильина

2019 г.

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
	Введение	3
1	Операции поверки	3
2	Средства поверки	5
3	Требования безопасности	6
4	Условия поверки	6
5	Подготовка к поверке	7
6	Проведение поверки	8
6.1	Внешний осмотр	8
6.2	Проверка программного обеспечения	8
6.3	Опробование	14
6.4	Проверка установки способов и параметров поверки	15
7	Поверка измерительных каналов (ИК)	16
7.1	Определение метрологических характеристик ИК давления	16
7.2	Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА	17
7.3	Определение метрологических характеристик ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)	18
7.4	Определение метрологических характеристик ИК частоты переменного тока	19
7.5	Определение метрологических характеристик ИК виброскорости	20
7.6	Определение метрологических характеристик ИК силы	20
7.7	Определение метрологических характеристик ИК интервалов времени	21
7.8	Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока	22
7.9	Определение метрологических характеристик ИК силы постоянного тока	23
7.10	Определение метрологических характеристик ИК сопротивления постоянному току	24
7.11	Определение метрологических характеристик ИК расхода жидкости	25
8	Обработка результатов поверки	26
9	Оформление результатов поверки	29
Приложение А. Метрологические характеристики СИ-СТ13		30
Приложение Б. Значения коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости от числа степеней свободы при доверительной вероятности Р= 0,95		33
Приложение В. Протокол поверки		34

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на систему измерительную СИ-СТ13 для измерений параметров турбостартеров и воздушных стартеров на стенде №13, зав. № 001 (далее - ИС) и устанавливает периодичность, объем и порядок проведения ее первичной и периодической поверки.

ИС подлежит первичной поверке при вводе в эксплуатацию или после ремонта и периодической в процессе эксплуатации.

Допускается проведения поверки отдельных измерительных каналов (далее ИК) и (или) сокращение числа поверяемых ИК в соответствии с заявлением владельца системы с указанием в свидетельстве о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Интервал между поверками - 1 год.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При первичной и периодической поверке системы выполнить операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	первичной поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр	6.1	да	да
Проверка программного обеспечения (ПО)	6.2	да	да
Опробование	6.3	да	да
Проверка установки способов и параметров поверки	6.4	да	да
Поверка ИК	7		
Определение метрологических характеристик ИК давления Количество ИК - 6	7.1	да	да
Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА по ГОСТ Р 8.585-2001 Количество ИК - 1	7.2	да	да
Определение метрологических характеристик ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП). Количество ИК - 11	7.3	да	да
Определение метрологических характеристик ИК частоты переменного тока. Количество ИК - 10	7.4	да	да
Определение метрологических характеристик ИК виброскорости. Количество ИК - 6	7.5	да	да

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение метрологических характеристик ИК силы Количество ИК - 1	7.6	да	да
Определение метрологических характеристик ИК интервала времени. Количество ИК - 1	7.7	да	да
Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока. Количество ИК - 6	7.8	да	да
Определение метрологических характеристик ИК силы постоянного тока. Количество ИК - 6	7.9	да	да
Определение метрологических характеристик ИК сопротивления постоянному току. Количество ИК - 3	7.10	да	да
Определение метрологических характеристик ИК расхода жидкости Количество ИК - 3	7.11	да	да

Примечания:

1 Допускается сокращение объема поверки ИС путем не проведения поверки одного или нескольких ИК, в соответствии с требованиями программ испытаний изделий, для измерительного контроля параметров которых ИС предназначена;

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

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться основные и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Основные и вспомогательные средства поверки

Номер пункта методики поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного (вспомогательного) средства поверки. Обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
1	2
Основные средства поверки	
7.1.1	Калибратор давления портативный Метран 501-ПКД-Р, рег. № 22307-09: -диапазон воспроизведения полного давления от минус 0,1 Па до 60 МПа, пределы допускаемой приведенной (к ВП) погрешности воспроизведения полного давления ±(0,04…0,05) %.
7.1.2 7.2 7.5 7.8.3 7.9	Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03, рег. № 20641-00: - диапазон воспроизведения напряжения постоянного тока от 0 до 100 мВ, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения напряжения постоянного тока ±(0,05+0,0075·(U/Uк-1)) %, где U - верхний предел диапазона воспроизведения напряжения постоянного тока, В, Uк – контролируемое значение воспроизводимой величины, В; - диапазон воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 22 мА, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения силы постоянного тока ±(0,05+0,001·(I/Iк-1)) %, I - верхний предел диапазона воспроизведения постоянного тока, А. Iк - значение, А.
7.3.2 7.10	Магазин электрических сопротивлений Р4831, рег. № 38510-08: - диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току от 0,001 Ом до 111111,10 Ом, класс точности 0,02.
7.4 7.7	Генератор сигналов сложной и специальной формы 33250А, рег. № 26209-08: диапазон воспроизведения частоты от 1 мкГц до 20 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ Гц.
7.6	Гири специальные массой 10 кг, рег. № 48177-11: - класс точности М1 , пределы допускаемого отклонения массы ± 0,5 г.
7.3.1	Калибратор температуры JOFRA серии RTC-R158B, рег. № 46576-11: - диапазон воспроизведения температуры от минус 30 до 155 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности воспроизведения температуры ±0,1 °С.
7.3.1	Калибратор температуры JOFRA серии RTC-R700Bрег. № 46576-11: -диапазон измерений температуры от 33 до 700 °С, пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений ± 0,29 °С в диапазоне от 33 до 660 °С и ± 1,69 °С в диапазоне от 660 до 700 °С.
7.8.2	Мультиметр 34401А, рег. № 16500-97: диапазон измерений напряжения постоянного тока от 0 до 100 В, класс точности 0,005.
Вспомогательные средства поверки	
7.8.2	Источник питания Б5-71/1м, рег. № 16500-97: - диапазон выходного напряжения от 0,1 до 30 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±(0,008·Uуст+0,1)В; - диапазон выходного тока от 0,1 до 10 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±(0,02·Iмакс−0,05) А.

Продолжение таблицы 2

1	2
7.11.3	Ареометр для нефти АНТ-1, рег. № 9292-07: - диапазон измерений плотности нефти и нефтепродуктов от 770 до 830 кг/м^3, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности нефти и нефтепродуктов ±0,5 кг/м^3.
6.4.1 7.1-7.11	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 15500-12: - диапазон измерений относительной влажности от 0 до 100 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности ±2 %; - диапазон измерений температуры от минус 50 до 120 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения температуры в диапазоне -20 до +60 °С ±0,2 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешность измерения температуры в диапазоне -50 до -20 °С и от 160 до +120 °С ±0,5 °С.
6.4.1 7.1-7.11	Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1, рег. № 16006-97: - диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт. ст.); пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений абсолютного давления ±33 Па (±0,25 мм рт. ст.).

2.2 Указанные в таблице 2 средства поверки при необходимости могут быть заменены на другие, соответствующие требованиям настоящей методики по точности и диапазону воспроизведения или измерений физических величин.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении поверки ИС необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030.0-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.004-91 и требования безопасности, указанными в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование.

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 ИС, 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 ИС должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за эксплуатацию испытательного стенда.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 Условия окружающей среды:

- температура воздуха, °С (К).....20 ±10 (от 283 до 303);
- относительная влажность воздуха , %.....65 ±15;
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст).....от от 84 до 106,7 (630 до 800).

4.2 Питание электронных приборов и ЭВМ:

- напряжение питающей сети, В .....220 ±22;
- частота питающей сети, Гц.....50 ±1.

Примечание - При проведении поверочных работ условия окружающей среды средств поверки (рабочих эталонов) должны соответствовать требованиям, указанным в их руководствах по эксплуатации.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке проводят следующие работы:

- проверить комплектность эксплуатационной документации ИС;
- проверить наличие знаков поверки и (или) свидетельств о поверке на рабочие эталоны;
- подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно руководства по эксплуатации ИНСИ.425824.000.00РЭ;
- собрать схему поверки ИК в соответствии с блок-схемой, приведенной в 7.1.1 настоящей методики поверки, и проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК;
- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание ИС, измерительных преобразователей и рабочих эталонов;
- создать, проконтролировать и записать в протокол поверки условия проведения поверки.

Принятые в документе сокращенные обозначения:

ВП - верхний предел измерений;
ИЗ - измеренное значение;
ИК - измерительный канал;
ИС - измерительная система;
МП - методика поверки;
МХ - метрологические характеристики;
НЗ - нормированное значение;
НСП - неисключенная систематическая погрешность;
НСХП - номинальная статическая характеристика преобразования;
ПК - персональный компьютер;
ПП - первичный преобразователь;
РЭ - рабочий эталон;
СКО - среднее квадратическое отклонение;
ССД - система сбора данных;
ТПР - турбинный преобразователь расхода жидкости.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

6.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- комплектность ИС в соответствии с формуляром ИНСИ.425824.000.00 ФО;

- отсутствие механических повреждений;

- исправность органов управления (четкость фиксации положения переключателей и кнопок, возможность установки переключателей в необходимое положение);

- отсутствие нарушений экранировки линий связи;

- отсутствие обугливания и следов коррозии на изоляции внешних токоведущих частей ИС;

- отсутствие неудовлетворительного крепления разъемов;

- заземление электронных блоков ИС;

- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам)

6.1.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются вышеперечисленные требования.

6.2 Проверка программного обеспечения (ПО)

6.2.1 Проверка ПО заключается в проверке загрузки, функционирования и проверке соответствия используемого ПО

6.2.2 Проверка загрузка и функционирования ПО.

6.2.2.1 Подготовить ИС к работе соответствии с руководством по эксплуатации ИНСИ.425824.000.00РЭ;

6.2.2.2 Запустить программную утилиту «Метрология» (рисунок 1) двойным щелчком левой кнопки «мыши» по пиктограмме «Метрология» на рабочем столе АРМ_1.

6.2.2.3 Указать файл конфигурации. Для этого в меню «Файл/Конфигурация» ввести полный сетевой путь к файлу конфигурации ИС klimov13.xml. При нажатии кнопки «Применить» программа загружает данные из указанного файла. При последующих запусках программы имя и путь к файлу конфигурации повторно вводить не требуется.

6.2.2.4 Настроить программу «Метрология» и выбрать ИК, по которому необходимо выполнить поверку, из Перечня ИК (Приложение А).

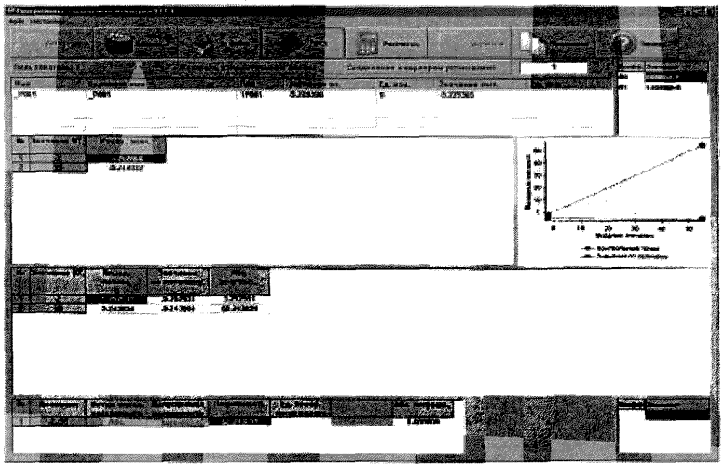


Рисунок 1 - Программное обеспечение поверки

6.2.2.4.1 Открыть окно «Выбор каналов» (рисунок 2) нажав на значок «Каналы» и добавить выбранный канал (в соответствии с Приложением А) в таблицу «Выбранные каналы» нажав кнопку «➡».

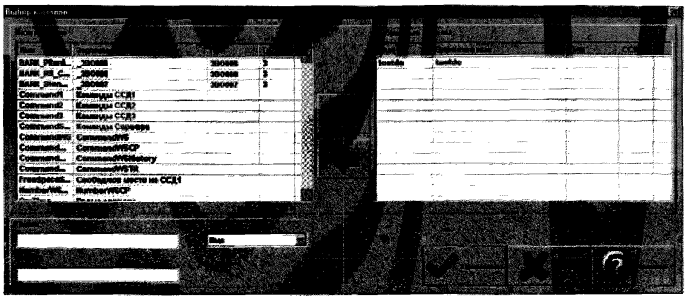


Рисунок 2 - Окно выбора каналов

6.2.2.4.2 В меню «Настройки/Общие» открыть окно «Общие параметры» (рисунок 3) и выполнить следующие действия:

- выбрать операцию «Поверка» из выпадающего списка «Операция»;
- выбрать «Канал» из выпадающего списка «Объект»;
- установить значение частоты выборки в поле «Частота выборки, Гц», равное «100»;
- задать число наблюдений значения сигнала в контрольной точке в поле «Размер выборки», равное «50».

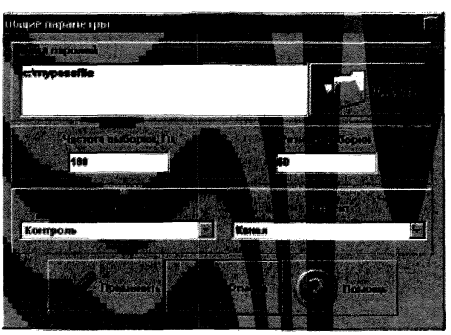


Рисунок 3 - Окно ввода общих параметров

6.2.2.4.3 Настроить параметры измерений в окне «Параметры измерений» (рисунок 4) выбрав в меню «Настройки/Измерения»:

- убедиться в отсутствии выбора в ячейке «Циклы»;

- ввести значения контрольных точек сигнала с рабочего эталона, подаваемого на вход поверяемого канала. Ввод возможен как вручную (при нажатии кнопки «Добавить»), так и автоматически с равными интервалами в заданном диапазоне. Во втором случае вводится значения начальной и конечной точки диапазона измерений данного ИК в соответствии с Приложением А и задается число контрольных точек. После чего нажимается кнопка «Рассчитать».

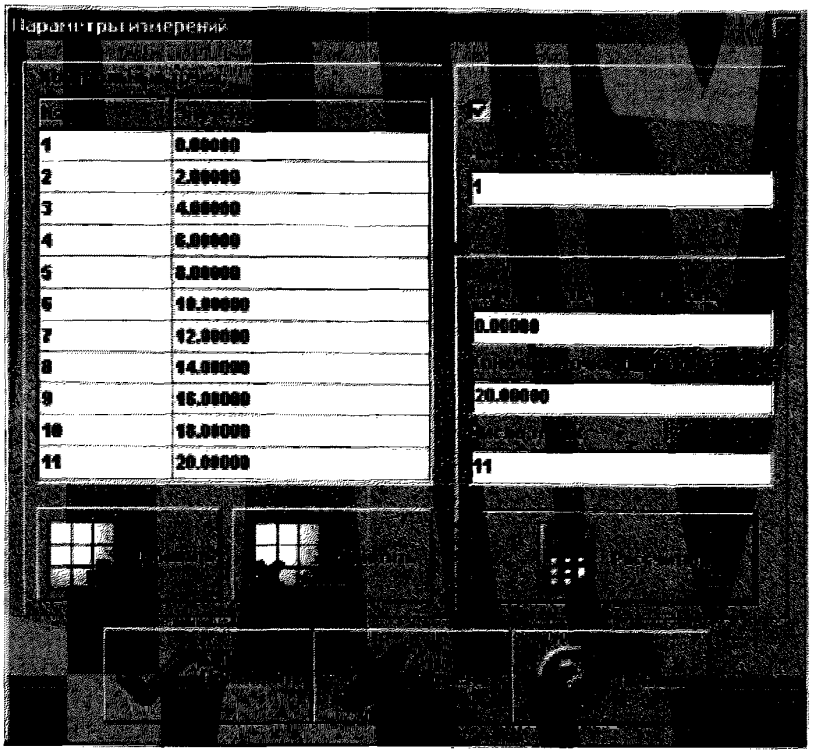


Рисунок 4 - Окно параметров измерений

6.2.2.4.4 Занести параметры рабочего эталона в меню «Настройки/Эталоны». В поле «Выбранные эталоны» отображается перечень файлов с описаниями рабочих эталонов, применяемых в зависимости от выполняемых работ. Для добавления нового СИ нажимается кнопка «Добавить» и выбирается соответствующий файл. Для удаления из списка нажать кнопку «Удалить». Для создания файла описания нового эталонного средства или редактирования имеющегося нажать кнопку «Редактор эталонов».

Ввести следующие параметры:

- «Название» - название рабочего эталона в произвольной форме;

- «Заводской №» - заводской номер эталонного средства;

- «Поверен до (дата)» - дата очередной поверки рабочего эталона;

- «Физическая величина» - наименование физической величины, которую воспроизводит рабочий эталон (напряжение, ток, сопротивление и т.д.);

- «Единица измерения» - единица измерения воспроизводимой физической величины;

- «Постоянная составляющая погрешности» - неизменяемая часть погрешности рабочего эталона;

- «Погрешность» - пределы допускаемой погрешности эталона;

- «Шаг установки» - шаг минимального дискретного изменения устанавливаемого значения на эталонном средстве;

- «Минимальное значение», «Максимальное значение» - пределы установки сигнала на рабочем эталоне.

Нажать кнопку «Сохранить», после чего введённые параметры эталона сохраняются в соответствующем файле.

Примечание - Значения погрешности эталона берутся из паспорта СИ, которое используется как рабочий эталон при поверке ИК. В случае, если у рабочего эталона нормируется только одна из погрешностей, в оставшемся поле задать «0».

6.2.2.4.5 В меню «Настройки/Расчеты» открыть окно «Параметры расчетов» (рисунок 5) и для каждой контрольной точки указать метод определения погрешности ИК (в соответствии с Приложением А) нажав на соответствующую кнопку:

- «ВП» – от верхнего предела;
- «ИЗ» – от измеренного значения;
- «Абс.» - абсолютная погрешность измерений.

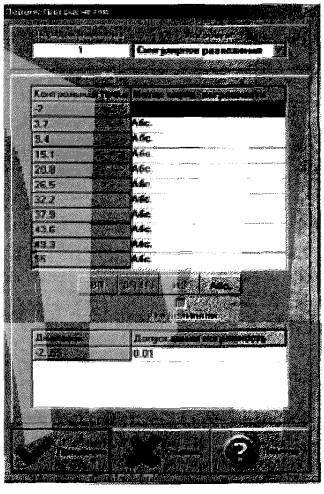


Рисунок 5 - Окно параметров расчетов

6.2.2.4.6 Задать пределы допускаемой погрешности ИК в соответствии с Приложением А в колонке «Допускаемая погрешность» в окне «Параметры расчетов».

6.2.2.5 Включить рабочий эталон в режиме воспроизведения диапазона измеряемого ИК.

6.2.2.6 Запустить испытания, нажав кнопку «Пуск». В этом случае отображается окно со значением первой контрольной точки (рисунок 6).

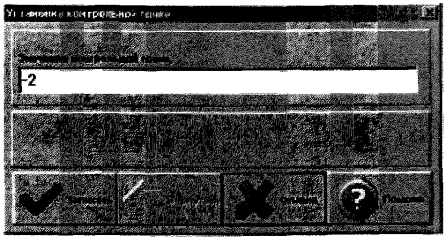


Рисунок 6 - Окно с указанием устанавливаемой контрольной точки

6.2.2.7 Установить соответствующее значение эталонного сигнала на входах ИК. Текущее измеренное значение в этом случае отображается в колонке «Значение вх.» в таблице основного окна программы.

6.2.2.8 Записать значение. Для этого нажать кнопку «Записать». В этом случае текущие значения регистрируются в памяти и будут использованы для дальнейших расчетов. Далее отображается окно с очередной контрольной точкой, которая отрабатывается аналогичным образом. Процедура измерений и записи повторяется до тех пор, пока не будут пройдены все контрольные точки.

6.2.2.9 Нажать кнопку «Готово» и просмотреть результаты измерений. По окончании измерений зарегистрированные данные подвергаются обработке и расчету составляющих погрешностей. Результаты вычислений выводятся в таблице основного окна программы.

6.2.2.10 Для формирования протоколов поверки после ее проведения на главном окне нажать кнопку «Протоколы». После этого в папке, заданной в поле «Папка для сохранения протоколов», автоматически создаются по 2 файла на каждый испытываемый канал. Первый файл формата «XLS» содержит сведения об измерительном канале, эталонах, условиях поверки, результатов вычислений погрешностей. Второй файл формата «TXT» содержит в себе исходные измеренные данные без обработки.

6.2.2.11 ПО «Метрология» предусматривает проведение поверки всех типов ИК в соответствии с Приложением А настоящей МП, а обработка результатов поверки реализована в соответствии с п. 8.

6.2.3 Проверка контрольных сумм исполняемого кода (цифрового идентификатора) ПО СИ-СТ13.

6.2.3.1 Идентификацию ПО ИС осуществлять путем проверки идентификационных данных (признаков) программных компонентов ПО ИС, отнесенных к метрологически значимым.

6.2.3.2 Для проверки контрольной суммы исполняемого кода (цифрового идентификатора) ПО необходимо:

- навести курсор манипулятора на пиктограмму «ARM.exe», представленную на рисунке 7. Нажав левую клавишу манипулятора, запустить ПО «ARM.exe»;



Рисунок 7 - Значок ПО «ARM.exe»

- в открывшемся меню ПО «ARM.exe» выбрать с помощью манипулятора пункт «Проверка подлинности», как на рисунке 8.



Рисунок 8 – Меню ПО «ARM.exe»

- при выборе пункта «Проверка подлинности», должно появиться окно «Проверка подлинности метрологически значимой части ПО АСУТП-И», как на рисунке 9.

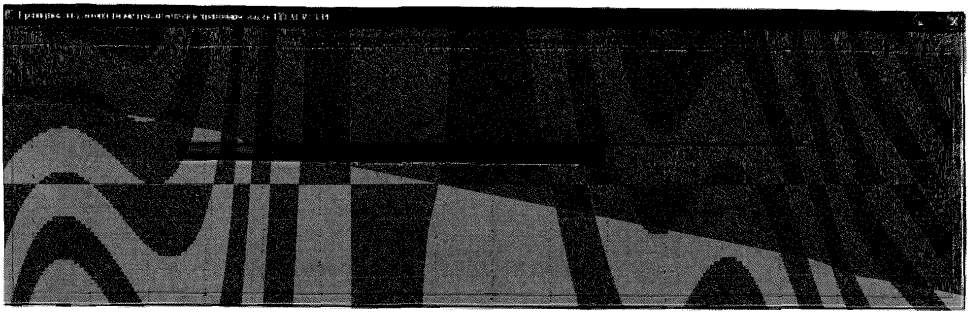


Рисунок 9 – Рабочая область модуля
«Проверка подлинности метрологически значимой части ПО АСУТП-И»

- на определение контрольных сумм файлов отводится время по истечении, которого программный модуль должен отобразить информацию о вычисленной контрольной сумме (см. рисунок 10);

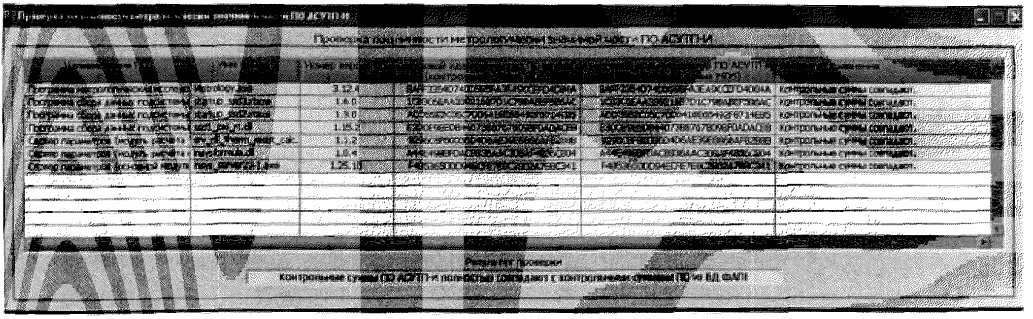


Рисунок 10 – Рабочая область модуля «Проверка подлинности метрологически значимой части ПО АСУТП-И» с вычисленными контрольными суммами файлов

- в таблице 3 перечислены файлы ПО, версия ПО, и рассчитанная контрольная сумма;

- сверить рассчитанные контрольные суммы с контрольными суммами, указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные на метрологически значимую часть ПО

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления идентификатора ПО
Сервер параметров (основной модуль)	insys_server22-1.exe	не ниже 1.25.10	f4b53650dd94ecfe7e8c2802a7bbc341	MD5
Сервер параметров (модуль расчета формул)	insysformula.dll	не ниже 1.0.4	a44e49bbfdacb836aac308af4836cb04	MD5
Сервер параметров (модуль расчета температуры термометров сопротивления)	srv_dll_therm_resist_calc.dll	не ниже 1.1.2	9296c8f80036d4d6ae39e8866af82b8b	MD5
Программа сбора данных подсистемы №1 (основной модуль)	ssd1_pxi_rt.dll	не ниже 1.15.2	e3d0e9eed84407388767b098f0adace8	MD5
Программа сбора данных подсистемы №2 (основной модуль)	startup_ssd2.rtexe	не ниже 1.3.0	add55e2c05c7d06418e65492f8714eb5	MD5
Программа сбора данных подсистемы №3 (основной модуль)	startup_ssd3.rtexe	не ниже 1.6.0	1cb3c6eaa33921687d1c79babef5b6ac	MD5
Программа метрологических исследований	Metrology.exe	не ниже 3.12.4	8aff3354d740d5e5fa3ea9ccefd4d84a	MD5

6.2.4 Результаты проверки ПО считать положительными, если ПО загружается, правильность функционирования ПО подтверждено и при проверке контрольных сумм исполняемого кода значения рассчитанной контрольной суммы совпадают со значениями, приведенными в таблице 3.

6.3 Опробование

6.3.1 При опробовании проверить правильность функционирования ИС.

Для этого выбрать 3 любых ИК. Загрузить компьютерную программу по п.6.2. Подать на вход ИК с помощью рабочего эталона минимальное значение физического параметра или имитирующего сигнала, а также значения равные 0,5 ВП и 1,0 ВП (3 контрольных точки) и наблюдать результаты измерений на экране монитора.

6.3.2 Убедиться в правильности функционирования. Правильность функционирования проверяется выполнением следующего критерия:

$\max |xi - x| < \Delta$,

где xi – задаваемые эталонные значения физического параметра в к-той контрольной точке (i=3);

x – выведенный на экране монитора результат измерений физического параметра в i-той контрольной точке;

Δ - предел допускаемой абсолютной погрешности ИК.

6.3.3 Проверка правильности функционирования ИС считать выполненной, если результаты наблюдений удовлетворяют требованиям п.6.3.2.

6.4 Проверка установки способов и параметров поверки

6.4.1 Во время проверки подтверждаются выполнение требований к параметрам окружающей среды в помещениях испытательного бокса пультовой согласно раздела 4 настоящей МП.

6.4.2 Во время проверки подтверждается возможность установки способов и параметров поверки СИ-СТ13:

- проверка возможности установки комплектного или поэлементного поверки ИК;

- проверка возможности выбора и установки числа ступеней измерений, числа циклов измерений и числа измерений на каждой ступени;

- проверка установки алгоритма определения погрешности: абсолютной, относительной, приведенной к ВП или к НЗ;

- проверка возможности проведения поверки и получения формы протокола поверки для ИК из состава СИ-СТ13.

6.4.3 Поверка ИК комплектным способом (с первичным преобразователем) проводится в следующей последовательности:

- установить с помощью РЭ в диапазоне поверки последовательно i контрольных точек (ступеней) входной величины от x*1* до x*i* (прямой ход) и *i* контрольных точек входной величины от x*i* до x*1* (обратный ход);

- на каждой ступени при прямом и обратном ходе провести m отсчетов измеряемой величины. В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений выходной величины Z_{im} при прямом ходе и Z_{im} при обратном ходе, где

i - номер ступени (контрольной точки);

m - номер отсчета (число измерений) в каждой контрольной точке.

Примечание - Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации допускается обратные ходы градуировки не проводить. Первая и последняя контрольные точки, как правило, должны совпадать с началом и концом диапазона (поддиапазона) измерений (воспроизведения).

6.4.4 Подход к выбору количества ступеней и количества наблюдений (число измерений) при проведении поверки ИК в общем виде изложен в методических указаниях МИ 187-86, МИ 188-86.

6.4.5 С учетом рекомендаций методических указаний МИ 187-86, МИ 188-86, а также исходя из опыта применения средств и методов измерений, близких к используемым в СИ-СТ13, могут быть приняты следующие значения параметров *i, m*:

- для ИК при первичной поверке $i \geq 5$; $m \geq 2$; при периодической поверке: $i \geq 5$; $m \geq 1$.

6.4.6 Поверка ИК поэлементным способом проводится в следующей последовательности:

- выполнить поверку электрической части ИК без первичного преобразователя выполняется (комплексного компонента ИК) в последовательности, изложенной в п. 6.4.3 для комплектного способа поверки, с целью определения погрешности измерений;

- выполнить поверку первичных преобразователей (датчиков) для чего отсоединить разъем подключения датчика к электрической части ИК, демонтировать датчик и поместить его в тару для дальнейшей автономной поверки по утвержденным методикам. Датчик признается годным к применению в составе поверяемого ИК, если его максимальная

погрешность, определенная по результатам поверки, находится в допускаемых пределах. В противном случае датчик бракуется и направляется в ремонт или подлежит замене;

- определить суммарную погрешность ИК используя формулы расчета согласно раздела 8 настоящей методики.

6.4.7 Результаты поверки ИК полученные комплектным или поэлементным способом считать положительными, если погрешность, определенная по результатам поверки, находится в допускаемых пределах в соответствии Приложения А, в противном случае ИС или его часть бракуется и направляется в ремонт.

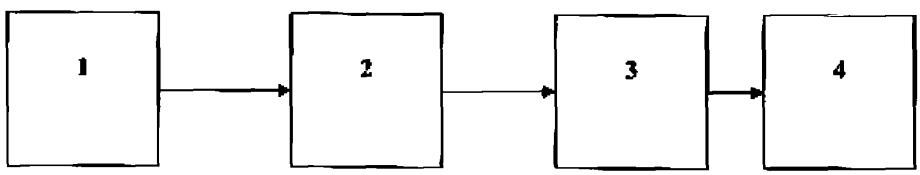
6.4.8 Результаты проверки способов и параметров поверки считать положительными, если выполняются требования п.п. 6.4.1…6.4.7.

7 ПОВЕРКА ИК

7.1 Определение метрологических характеристик ИК давления

7.1.1 Комплектная поверка ИК давления

7.1.1.1 Блок-схема комплектной поверки ИК давления приведена на рисунке 11.



1 – РЭ - калибратор давления портативный Метран 501-ПКД-Р;
2 первичный преобразователь давления;
3 – ССД;
4 - ПК

Рисунок 11 - Блок-схема комплектной поверки ИК давления

7.1.1.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

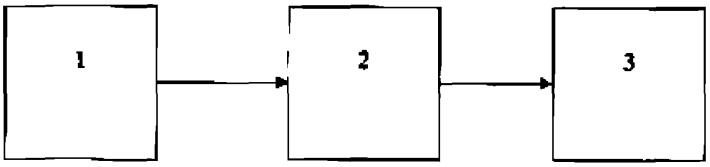
- отсоединить вход первичного преобразователя от измерительной манометрической магистрали испытательного стенда и соединить его с РЭ;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения давлений в диапазоне измерений ИК 1-6, согласно раздела «ИК давления» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.1.1.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности ИК 1-6 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК давления», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.1.2 Поэлементная поверка ИК давления

7.1.2.1 Блок-схема поэлементной поверки ИК давления приведена на рисунке 12.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК

Рисунок 12 - Блок-схема поэлементной поверки ИК давления

7.1.2.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- выполнить автономную поверку датчика давления, входящего с состав ИК, по его методике поверки;

- определить погрешность измерений электрической части ИК для чего отсоединить электрический кабель от преобразователя давления и вместо преобразователя подключить с помощью жгута-переходника к кабелю калибратора-измерителя стандартных сигналов КИСС-03;

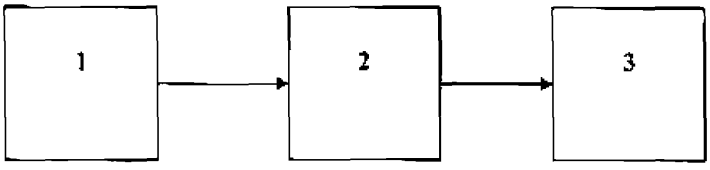
- загрузить ПО, задавая на РЭ значения силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4, ИК 1-6;

- выполнить расчёт суммарной погрешности ИК 1-6 в соответствии с п. 8.4.2 настоящей методики.

7.1.2.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения суммарной погрешности ИК 1-6 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК давления», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.2 Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры от термоэлектрического преобразователя ХА

7.2.1 Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА приведена на рисунке 13.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК.

Рисунок 13 - Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры от термоэлектрического преобразователя ХА

7.2.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- отсоединить электрический кабель от термопреобразователя ХА и вместо термопреобразователя подключить с помощью жгута-переходника к этому кабелю калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;

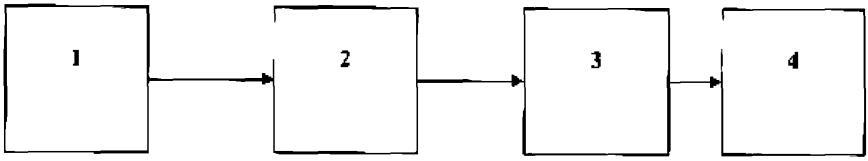
- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 37,326 мВ, соответствующего значениям температуры в диапазоне от 0 до 900 °С, согласно раздела «ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.2.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности ИК 7 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.3 Определение метрологических характеристик ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)

7.3.1 Комплектная поверка ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)

7.3.1.1 Блок-схема комплектной поверки ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП) приведена на рисунке 14.



1 - РЭ - калибратор температуры JOFRA серии RTC-R158B и серии RTC-R700B;
2 - термопреобразователь сопротивления (ТСП);
3 - ССД;
4 - ПК

Рисунок 14 - Блок-схема комплектной поверки ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)

7.3.1.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- отсоединить (демонтировать) термопреобразователь сопротивления от установочного гнезда трубопровода;

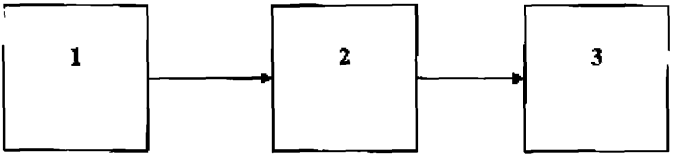
- вставить термопреобразователь сопротивления в гнездо РЭ;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения температур в диапазоне измерений для ИК 8-18, согласно раздела «ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.3.1.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности ИК 8-18 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.3.2 Поэлементная поверка ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)

7.3.2.1 Блок-схема поэлементной поверки ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП) приведена на рисунке 15.



1 - РЭ - магазин электрических сопротивлений Р4831;
2 – ССД;
3 - ПК.

Рисунок 15 - Блок-схема поэлементной поверки ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)

7.3.2.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- выполнить автономную поверку термопреобразователя сопротивления ТСП, входящего с состав ИК, по его методике поверки;

- определить погрешность измерений электрической части ИК для чего отсоединить электрический кабель от термопреобразователя сопротивления ТСП и вместо термопреобразователя сопротивления ТСП подключить с помощью жгута-переходника к кабелю магазин электрических сопротивлений Р4831;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения электрического сопротивления в диапазоне от 80,00 до 195,57 Ом, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4, для ИК 8-18;

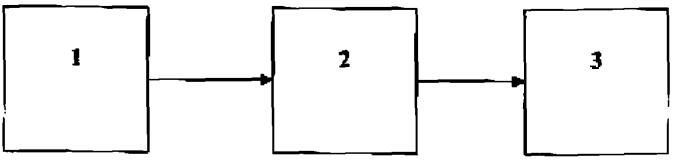
Примечание: Значения эталонного сопротивления в контрольных точках термопреобразователя сопротивления брать согласно ГОСТ 6651-2009 НСХ 100П R_0 = 100 Ом, платиновый ТС с α = 0,00391 $°C^{-1}$, для значений температур от -50 до +250 °С.

- выполнить расчёт суммарной погрешности для ИК 8-18 в соответствии с п. 8.4.1 настоящей методики.

7.3.2.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности ИК 8-18 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП)», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.4 Определение метрологических характеристик ИК частоты переменного тока

7.4.1 Блок-схема поверки ИК частоты переменного тока приведена на рисунке 16.



1 - РЭ - генератор сигналов произвольной формы 33250A;
2 – ССД;
3 - ПК.

Рисунок 16 - Блок-схема поверки ИК частоты переменного тока

7.4.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

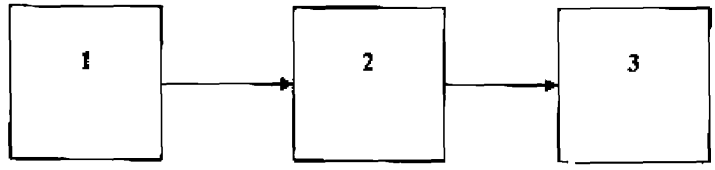
- отсоединить электрический кабель от датчика частоты вращения и вместо датчика к этому кабелю подключить с помощью жгута-переходника генератор сигналов произвольной формы 33250A;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения частоты переменного тока в диапазоне согласно раздела «ИК частоты переменного тока» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.4.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности ИК 19-28 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК частоты переменного тока», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.5 Определение метрологических характеристик ИК виброскорости

7.5.1 Блок-схема поверки ИК виброскорости приведена на рисунке 17.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК.

Рисунок 17 - Блок-схема поверки ИК виброскорости

7.5.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- автономную поверку аппаратуры измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М-3 и вибропреобразователей по их методике поверки;

- определить погрешность измерений электрической части ИК для чего отсоединить электрический кабель от аппаратуры измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М-3 и вместо аппаратуры измерения роторных вибраций ИВ-Д-СФ-3М-3 подключить с помощью жгута-переходника к кабелю калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;

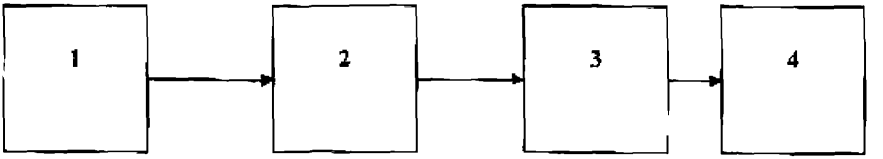
- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 5 В, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4, для ИК 29-34;

- выполнить расчёт суммарной погрешности ИК 29-34 в соответствии с п. 8.4.3 настоящей методики.

7.5.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения суммарной погрешности ИК 29-34 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК виброскорости», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.6 Определение метрологических характеристик ИК силы

7.6.1 Блок-схема поверки ИК силы приведена на рисунке 18.



1 – РЭ – гири специальные массой 10 кг;
2 - гидротормоз Froude Hoffman;
3 - ССД;
4 - ПК.

Рисунок 18 - Блок-схема поверки ИК силы

7.6.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- загрузить ПО, задавая гирями специальными массой 10 кг значения силы в диапазоне измерений от 0 до 784,53 Н (от 0 до 80,0 кгс) для ИК 35, согласно раздела «ИК силы» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4 для ИК 35;

- при выполнении процедуры поверки следовать следующему регламенту:

1) Перед началом поверки выполнить нагрузку гирями специальными массой 10 кг от нуля до Fmax и без выдержки разгрузить;

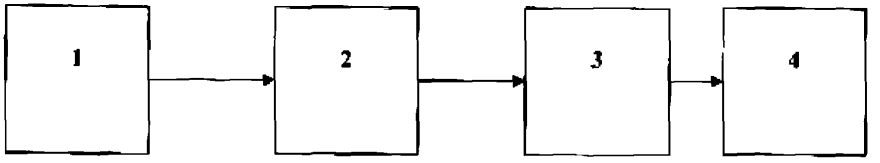
2) Задавая последовательность контрольных ступеней нагрузки/разгрузки от нуля до Mmax (прямой ход) и от Mmax до нуля (обратный ход), останавливаться на каждой точке не менее чем на 15 сек провести регистрацию показаний.

Примечание: При осуществлении нагрузки/разгрузки не допускать переход через контрольные точки и возврата к ним с противоположной стороны. В случае такого перехода следует разгрузить/нагрузить ИК до значения силы, предшествующей данной контрольной точке, после чего нагрузить/разгрузить ИК и выйти на необходимую контрольную точку с нужной стороны.

7.6.3 Результаты поверки ИК силы считать положительными, если значения погрешности ИК 35 находится в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК силы», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.7 Определение метрологических характеристик ИК интервалов времени

7.7.1 Блок-схема поверки ИК интервалов времени приведена на рисунке 19.



1 – РЭ - генератор сигналов произвольной формы 33250A;
2 - Полупроводниковое реле DEK-OE-5DC/24DC/100KHZ;
3 – ССД;
4 – ПК

Рисунок 19 - Блок-схема поверки ИК интервалов времени

7.7.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- отключив входные контакты полупроводникового реле DEK-OE-5DC/24DC/100KHZ, установленного в кроссовом шкафу 2, подключить на их место с помощью жгута переходника подключить генератор сигналов произвольной формы33250А;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения переменного тока равного 5 В с полупериодами колебания, соответствующими интервалам времени в диапазоне от 0 до 120 с согласно раздела «ИК интервалов времени» Приложения А, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4 для ИК 36.

7.7.3 Результаты поверки ИК интервалов времени считать положительными, если значение абсолютной погрешности измерений находится в допускаемых пределах, в соответствии с требованиями для ИК 6 раздела «ИК интервалов времени» Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

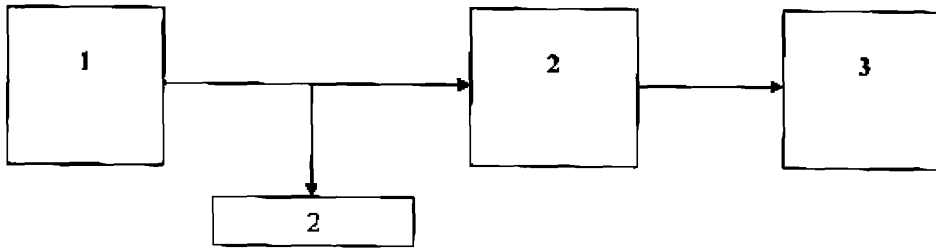
7.8 Определение метрологических характеристик ИК напряжения постоянного тока

7.8.1 Поверка ИК напряжения постоянного тока включает в себя поверку ИК:

- напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 30 В (ИК 37-39);

- напряжения постоянного тока в диапазоне от минус 0 до 50 мВ (ИК 40-42).

7.8.2 Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 30 В приведена на рисунке 20.



1 - источник питания Б5-71/1м;
2 - РЭ - мультиметр 34401А;
3 - ССД;
4 - ПК

Рисунок 20 - Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 30 В

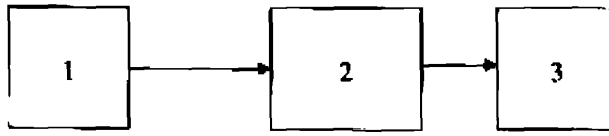
7.8.2.1 Поверку проводить в следующей последовательности:

- подключить на вход ИК с помощью жгута-переходника источник питания постоянного тока Б5-71/1м;

- загрузить ПО, задавая от источника питания Б5-71/1м напряжение постоянного тока, при этом контроль задаваемого напряжения производить РЭ в диапазоне от 0 до 30 В, согласно раздела «ИК напряжения постоянного тока» Приложения А для ИК 37-39, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.8.2.2 Результаты поверки ИК напряжения постоянного тока считать положительными, если значение приведенной погрешности измерений находится в допускаемых пределах, в соответствии с требованиями для ИК 37-39 раздела «ИК напряжения постоянного тока», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.8.3 Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 50 мВ приведена на рисунке 21.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК.

Рисунок 21 - Блок-схема поверки ИК напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 50 мВ

7.8.3.1 Поверку проводить в следующей последовательности:

- подключить с помощью жгута-переходника на вход ИК калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 50мВ, согласно раздела «ИК напряжения постоянного тока» Приложения А для ИК 40-42, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.8.3.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности приведенной к ВП для ИК 40-42 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК напряжения постоянного тока», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

Примечание: допускается использовать результаты поверки ИК 40-42 для организации ИК вне рамок системы СИ-СТ13 с учетом использования ПП утвержденного типа (выходной сигнал в диапазоне от 0 до 50 мВ) с действующими свидетельствами о поверке.

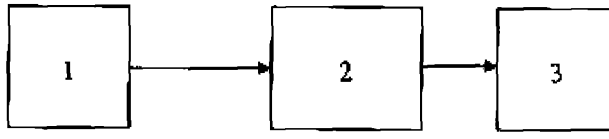
7.9 Определение метрологических характеристик ИК силы постоянного тока

7.9.1 Поверка ИК силы постоянного тока включает в себя поверку ИК:

- силы постоянного тока в диапазоне от 0 до 1000 А (ИК 43);

- силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА (ИК 44-48).

7.9.2 Блок-схема поверки ИК силы постоянного тока в диапазоне от 0 до 1000 А приведена на рисунке 22.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК.

Рисунок 22 - Блок-схема градуировки ИК силы постоянного тока в диапазоне от 0 до 1000 А

7.9.2.1 Поверку проводить в следующей последовательности:

- выполнить автономную поверку шунта измерительного стационарного 75ШИСВ.1 по установленной методике;

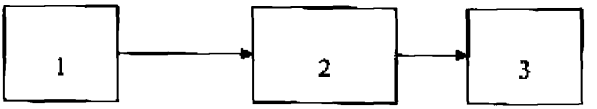
- определить погрешность измерений электрической части ИК для чего отсоединить электрический измерительный кабель от шунта измерительного стационарного 75ЦИСВ.1 и вместо шунта подключить с помощью жгута-переходника к этому кабелю калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 0 до 75 мВ провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4, ИК 43;

- выполнить расчёт суммарной погрешности ИК 43 в соответствии с п. 8.4.4 настоящей методики.

7.9.2.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения приведенной суммарной погрешности измерений находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК силы постоянного тока», Приложения А для ИК 43. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.9.3 Блок-схема поверки ИК силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА приведена на рисунке 23.



1 - РЭ - калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;
2 - ССД;
3 - ПК.

Рисунок 23 - Блок-схема градуировки ИК силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА

7.9.3.1 Поверку проводить в следующей последовательности:

- подключить с помощью жгута-переходника на вход ИК калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03;

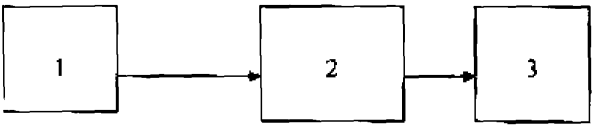
- загрузить ПО, задавая на РЭ значения напряжения постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА, согласно раздела «ИК напряжения постоянного тока» Приложения А для ИК 44-48, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

7.9.3.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения погрешности приведенной к ВП для ИК 44-48 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК силы постоянного тока», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

Примечание: допускается использовать результаты поверки ИК 44-48 для организации ИК вне рамок системы СИ-СТ13 с учетом использования ПП утвержденного типа (выходной сигнал в диапазоне от 4 до 20 мА) с действующими свидетельствами о поверке.

7.10 Определение метрологических характеристик ИК сопротивления постоянному току

7.10.1 Блок-схема поверки ИК сопротивления постоянному току приведена на рисунке 24.



1 - РЭ - магазин электрических сопротивлений Р4831;
2 - ССД;
3 - ПК.
Рисунок 24 - Блок-схема поверки ИК сопротивления постоянному току

7.10.2 Поверку проводить в следующей последовательности:

- подключить с помощью жгута-переходника на вход ИК магазин электрических сопротивлений Р4831;

- загрузить ПО, задавая на РЭ значения сопротивления постоянному току в диапазоне от 80,00 до 195,57 Ом, согласно раздела «ИК сопротивления постоянному току» Приложения А для ИК 49-51, провести измерения и выполнить обработку результатов в соответствии с пунктами разделов 6.2-6.4.

Примечание: значения эталонного сопротивления в контрольных точках термопреобразователя сопротивления брать согласно ГОСТ 6651-2009 НСХ 100П (R_0 = 100 Ом, платиновый ТС с α = 0,00391 °С$^{-1}$), для значений температур от -50 до +250 °С.

7.10.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если значения относительной погрешности для ИК 49-51 находятся в допускаемых пределах, приведенных в разделе «ИК сопротивления постоянному току», Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

Примечание: допускается использовать результаты поверки ИК 49-51 для организации ИК вне рамок системы СИ-СТ13 с учетом использования ПП утвержденного типа 100П (R_0 = 100 Ом, платиновый ТС с α = 0,00391 °С$^{-1}$) с действующими свидетельствами о поверке.

7.11 Определение метрологических характеристик ИК расхода жидкости

7.11.1 Поверка ИК расхода жидкости включает в себя поверку ИК:

- расхода (прокачки) масла (ИК 52);

- расхода топлива (ИК 53,54).

7.11.2 Поверку ИК 52 проводить в следующей последовательности:

- автономную поверку по установленным методикам преобразователей расхода;

- определение относительной погрешности ИК 25 (fGм), частоты переменного тока, соответствующей частотам вращения датчика расхода согласно п. 7.4 настоящей МП;

- расчет суммарной погрешности измерений приведенной к ВП для ИК 52 расхода жидкости выполнить в соответствии с п. 8.4.2 настоящей методики.

7.11.2.1 Результаты поверки ИК 52 считать положительными, если значения погрешности измерений находятся в допускаемых пределах в соответствии с требованиями раздела «ИК расхода жидкости» для ИК 52, Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

7.11.3 Поверку ИК 53,54 проводить в следующей последовательности:

- автономную поверку по установленным методикам преобразователей расхода;

- определить относительную погрешности ИК 23 и 24 (fGт1, fGт2), частоты переменного тока, соответствующей частотам вращения датчика расхода согласно п. 7.4 настоящей МП;

- определить абсолютной погрешности ИК 15 (tr), температуры топлива на входе в ТС согласно п. 7.3 настоящей МП;

- определить погрешность измерений ареометра для измерения плотности топлива (данные о пределах допускаемой погрешности измерений взять из действующего свидетельства о поверке на ареометр);

- расчет суммарной погрешности измерений приведенной к ВП для ИК 53,54 расхода жидкости выполнить в соответствии с п. 8.4.2 настоящей методики;

- расчет относительной суммарной погрешности измерений для ИК 53,54 расхода жидкости выполнить в соответствии с п. 8.4.5 настоящей методики.

7.11.3.1 Результаты поверки ИК 53,54 считать положительными, если значения погрешности измерений находятся в допускаемых пределах в соответствии с требованиями раздела «ИК расхода жидкости» для ИК 53,54, Приложения А. В противном случае ИС бракуется и направляется в ремонт.

8 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

Результаты измерений, полученные при определении метрологических характеристик ИК, обрабатывают с помощью встроенных в программное обеспечение алгоритмов в следующем порядке.

8.1 Нахождение и исключение грубых промахов.

При нормальном законе распределения результатов наблюдений грубые промахи исключают в соответствии с указаниями ГОСТ 8.736 для случая, когда неизвестно генеральное среднее квадратическое отклонение (СКО) и генеральное среднее при уровне значимости α=0,05.

В случае, когда факт появления грубого промаха установлен достоверно, его отбраковка проводится оператором на стадии просмотра результатов наблюдений при поверке.

8.2 Определение индивидуальной функции преобразования. Вычисляется среднее значение результатов измерений измеренной величины на каждой i-той ступени:

$$\overline{z_i} = \frac{\sum_k z_{ik}}{m} \qquad (1)$$

Определяется индивидуальная функция преобразования в виде степенного полинома:

$$x_i = a_0 + a_1 \overline{z}_i + ... + a_n \overline{z}_i^n \,, \qquad (2)$$

где $a_0, a_1 ... a_n$ - коэффициенты аппроксимирующей функции преобразования.

Вычисляется среднее значение результатов измерений измеренной величины с учетом функции преобразования на каждой i-той ступени:

$$\overline{y_i} = \frac{\sum_k y_{ik}}{m} \,, \qquad (3)$$

где $y_{ik} = a_0 + a_1 \overline{z}_i + ... + a_n \overline{z}_i^n$.

Для каждой i-той ступени вычисляют оценку систематической составляющей погрешности $\overline{\Delta}_{ci}$:

$$\Delta_{ci} = \overline{y_i} - x_i \qquad (4)$$

Определяется границы систематических погрешностей Θ_i измеренной величины:

$$\Theta_i = \sqrt{\Delta^2_{CI} + \Delta^2_{CI}}, \quad (5)$$

где Δ^2_{CI} - абсолютная погрешность рабочего эталона.

Вычисляется оценка среднего квадратического отклонения измеренной величины $S_i(\Delta^*)$ на каждой i-той ступени:

$$S_i(\Delta^*) = \sqrt{\frac{\sum_k (y_{ik} - \overline{y_i})^2}{m-1}} \quad (6)$$

Оцениваются границы суммарной абсолютной погрешности $\overline{\Delta}_i$ измеренной величины на каждой i-той ступени следующим образом:

Определить $$K = \frac{\Theta_i}{S_i(\Delta^*)} \quad (7)$$

Если K > 8, то $\overline{\Delta}_i = \Theta_i$ (8)

Если K < 0,8, то $\overline{\Delta}_i = t \cdot S_i(\Delta^*)$ (9)

Если 0,8 ≤ K ≤ 8,0, то $$\overline{\Delta}_i = \sqrt{\frac{\Theta_i^2}{3} + S^2_i(\Delta^*)} \cdot \left(\frac{t \cdot S_i(\Delta^*) + \Theta_i}{S_i(\Delta^*) + \sqrt{\frac{\Theta^2_i}{3}}} \right), \quad (10)$$

где t - коэффициент Стьюдента, который определяется при доверительной вероятности P = 0,95 для числа степеней свободы $m-1$ в соответствии с ГОСТ 8.736-2011, Приложение Б.

8.3 Определение погрешности измерений при комплектной поверке

8.3.1 Определение максимального значения абсолютной погрешности измерений ИК:

$$\Delta = \max\left|\overline{\Delta}_i\right|, \quad (11)$$

где $\left|\overline{\Delta}_i\right|$ - модуль абсолютного значения погрешности измерений в i сечении;

Δ - максимальное значение абсолютной погрешности измерений ИК.

8.3.2 Определение приведенной к ВП (НЗ) погрешности измерений ИК:

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100}{x_n}\%, \quad (12)$$

где γ – значение приведенной погрешности измерений ИК;

Δ – максимальной значение абсолютной погрешности измерений ИК;

χ_n – значение ВП или НЗ физической величины

8.3.2 Определение относительной погрешности измерений ИК:

$$\tilde{\delta}_o = \frac{\overline{\Delta}_o}{x_o} \cdot 100\%, \quad (13)$$

где $\tilde{\delta}_o$ - значение относительной погрешности измерений;

$\overline{\Delta}_o$ - значение абсолютной погрешности измерений;

χ_n – измеренное значение физической величины.

8.4 Определение погрешности ИК при поэлементной поверке

8.4.1 Определение суммарной абсолютной погрешности измерений ИК:

$$\widetilde{\Delta}_{\Sigma} = \Delta_{ссд} + \Delta_{пп}, \quad (14)$$

где: $\Delta_{пп}$ –погрешность первичного преобразователя;

$\Delta_{ссд}$ – погрешность измерительного канала, включающего ССД и ПК;

$\widetilde{\Delta}_{\Sigma}$ - значение суммарной абсолютной погрешности измерений.

8.4.2 Определение суммарной приведенной погрешности ИК:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{ссд} + \gamma_{д}, \quad (15)$$

где $\gamma_{д}$ –приведенная погрешность измерений первичного преобразователя;

$\gamma_{ссд}$ приведенная погрешность ИК, включающего ССД и ПК.

8.4.3 Приведенная к ВП погрешность ИК измерений виброскорости

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{\gamma_{д}^2 + \gamma_{ССД}^2 + \gamma_{вм}^2}, \quad (16)$$

где: $\gamma_{д}$ – приведенная погрешность вибропреобразователя. Определяется по МИ 1873;

$\gamma_{ссд}$ – приведенная погрешность ИК, включающего ССД и ПК;

$\gamma_{вм}$ – приведенная погрешность аппаратуры измерения виброскорости. Определяется по методике поверки ЖЯИУ.421431.003 МП.

8.4.4 Определение приведенная к ВП погрешность ИК силы постоянного тока

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_{ссд} + \gamma_{ш}, \quad (17)$$

где: $\gamma_{ш}$ – приведенная погрешность шунта. Определяется по ГОСТ 8.497;

$\gamma_{ссд}$ – приведенная погрешность ИК, включающего ССД и ПК.

8.4.5 Определение относительной погрешности измерений ИК массового расхода топлива:

$$\delta_{G} = \sqrt{\delta_{тпр}^2 + \delta_{f}^2 + \delta_{\rho}^2 + \delta_{t}^2}, \quad (18)$$

где $\delta_{тпр}$ – относительная погрешность преобразователей расхода ТПР-4;

δ_{f} - относительная основная погрешность ИК частоты электрических сигналов преобразователей расхода (протокола поверки ИК F_{G1});

δ_{t} - относительная погрешность измерений температуры топлива;

δ_{ρ} - относительная погрешность измерений плотности топлива.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты первичной и периодической поверки заносятся в Протокол поверки (приложение В).

9.2 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке.

ИС считается прошедшей поверку с положительными результатами при выполнении следующих требований:

- ИС функционирует нормально, неисправности и дефекты, препятствующие выполнению операций поверки и последующей эксплуатации, отсутствуют;

- основные технические характеристики ИС соответствуют РЭ и другим нормативным документам;

- метрологические характеристики соответствуют требованиям настоящей методики поверки.

9.3 При отрицательных результатах поверки применение системы запрещается, оформляется извещение о непригодности к применению с указанием причин.

9.4 При поверке отдельных ИК из состава системы в свидетельство о поверке заносится информация о конкретных ИК, прошедших поверку.

9.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Ведущий инженер
ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» С.Н. Чурилов

Приложение А
к Методике поверки 061.470.2019 МП
(информационное)

Метрологические характеристики СИ-СТ13

Наименование характеристики	Значение	Кол-во ИК
ИК давления №№1-6		
1 Диапазон измерений избыточного давление воздуха за компрессором (Рк), МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,39 (от 0 до 4,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к нормирующему значению (НЗ), погрешности измерений избыточного давления воздуха за компрессором, %	±0,5 (НЗ=0,20 МПа (2 кгс/см2))	
2 Диапазон измерений избыточного давления топлива на входе в ТС (Рт вх) МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,39 (от 0 до 4,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к НЗ, погрешности измерений избыточного давления топлива на входе в ТС, %	±1,0 (НЗ=0,29 МПа (3,0 кгс/см2))	
3 Диапазон измерений избыточного давления масла в нагнетающей магистрали изделия (Рм), МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,39 (от 0 до 4,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к НЗ, погрешности измерений избыточного давления масла в нагнетающей магистрали изделия, %	±1,0 (НЗ=0,29 МПа (3,0 кгс/см2))	
4 Диапазон измерений избыточного давления масла в системе смазки муфты свободного хода (Рм мсх) МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,039 (от 0 до 0,40)	1
Пределы допускаемой, приведенной к НЗ, погрешности измерений избыточного давления масла в системе смазки муфты свободного хода, %	±1,0 (НЗ=0,029 МПа (0,30 кгс/см^2))	
5 Диапазон измерений избыточного давления воздуха перед воздушным клапаном СВ (Р1), МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,59 (от 0 до 6,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к НЗ, погрешности измерений избыточного давления воздуха перед воздушным клапаном СВ, %	±1,0 (НЗ=0,49 МПа (5,0 кгс/см2))	
6 Диапазон измерений избыточного давления воздуха перед сопловым аппаратом СВ (Р2), МПа (кгс/см^2)	от 0 до 0,39 (от 0 до 4,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к НЗ, погрешности измерений избыточного давления воздуха перед сопловым аппаратом СВ, %	±1,0 (НЗ=0,29 МПа (3,0 кгс/см2))	
ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры, измеряемой термоэлектрическими преобразователями ХА №7		
7 Диапазон измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры газа (Utг,), мВ	от 0 до 37,326	1
Диапазон значений индицирусмой температуры газа, °С	от 0 до 900	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температуры газа, выраженной в единицах индицируемой температуры, °С	±1,5	
Номинальная статическая характеристика преобразования	ТХА (К) по ГОСТ Р 8.585-2001	
ИК температуры (с термопреобразователями сопротивления ТСП) №№8-18		
8 Диапазон измерений температуры воздуха на входе в СВ (tв вхсв), °С	от 100 до 250	1

Наименование характеристики	Значение	Кол-во ИК
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха на входе в СВ, °С	±3,5	
9-14 Диапазон измерений температуры воздуха на входе в ТС (tвх1-tвх6) , °С	от -30 до +50	6
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры воздуха на входе в ТС, °С	±1,0	
15 Диапазон измерений температуры топлива на входе в ТС (tт), °С	от -30 до +90	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры топлива на входе в ТС, °С	±2,0	
16 Диапазон измерений температуры масла на входе в ТС (tм вх) °С	от 0 до 200	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры масла на входе в ТС, °С	±2,0	
17 Диапазон измерений температуры масла на выходе из ТС (tм вых), °С	от 0 до 200	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры масла на выходе из ТС, °С	±2,0	
18 Диапазон измерений температуры масла в системе смазки муфты свободного хода (tм мсх), °С	от 0 до 200	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	±2,0	
ИК частоты переменного тока №19-28		
19-22 Диапазон измерений частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора турбокомпрессора, свободной турбины и выводного вала ТС (fтк, fст, fвв тс, fвв св), Гц	от 20 до 1500	4
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения ротора турбокомпрессора, свободной турбины, выводного вала ТС и выводного вала СВ, %	+0,1	
23-25 Диапазон измерений частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения датчика расхода (fGт1, fGт2, fGм), Гц	от 50 до 500	3
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты переменного тока, соответствующей частоте вращения датчика расхода, %	±0,1	
26-28 Диапазон измерений частоты переменного тока (f1-f3), Гц	от 20 до 1500	3
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты переменного тока, %	=0,1	
ИК виброскорости №29-34		
29-34 Диапазон измерений виброскорости корпуса ТС (Втк1, Вст1, Ввв1, Втк2, Вст2, Ввв2), мм/с	от 0 до 100	6
Пределы допускаемой, приведенной к верхнему пределу (ВП), погрешности измерений виброскорости корпуса ТС, %	±12	

Наименование характеристики	Значение	Кол-во ИК
ИК силы №35		
35 Диапазон измерений силы, соответствующей значениям крутящего момента, в диапазоне от 0 до 640 Н·м (от 0 до 65,26 кгс·м) (Fмкр), П (кгс)	от 0 до 784,53 (от 0 до 80,0)	1
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений силы, соответствующей значениям крутящего момента, в диапазоне от 0 до 392,27 Н включ. (от 0 до 40 кгс включ.), %	±0,5	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений силы, соответствующей значениям крутящего момента, в диапазоне св. 392,27 до 784,53 Н (св. 40,0 до 80,0 кгс), %	±0,5	
ИК интервалов времени №36		
36 Диапазон измерений интервала времени (τ), с	от 0 до 120	1
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений интервала времени, с	±0,1	
ИК напряжения постоянного тока №37-42		
37-39 Диапазон измерений напряжения постоянного тока в цепи электростартера (Uст), на штепсельном разъеме командного агрегата СВ (Uэкм) и бортсети (Uбс), В	от 0 до 30	3
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений напряжения постоянного тока в цепи электростартера, на штепсельном разъеме командного агрегата СВ и бортсети, %	±1,5	
40-42 Диапазон измерений напряжения постоянного тока (U1-U3), мВ	от 0 до 50	3
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений напряжения постоянного тока, %	±0,2	
ИК силы постоянного тока №43-48		
43 Диапазон измерений силы постоянного тока запуска вспомогательной силовой установки (ВСУ) (Iст), А	от 0 до 1000	1
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений силы постоянного тока запуска ВСУ, %	±2,0	
44-48 Диапазон измерений силы постоянного тока (I1-I5), мА	от 4 до 20	5
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений силы постоянного тока, %	±0,05	
ИК сопротивления постоянному току №49-51		
49-51 Диапазон измерений сопротивления постоянному току (R1-R3), Ом	от 80,00 до 195,57	3
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений сопротивления постоянному току, %	±0,15	
ИК расхода жидкости №52-54		
52 Диапазон измерений расхода (прокачки) масла (Wм), л/ч	от 0 до 480	1
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений расхода (прокачки) масла, %	±3	
53,54 Диапазон измерений расхода топлива (Gт1, Gт2), кг/ч	от 30 до 70	2
Пределы допускаемой, приведенной к ВП, погрешности измерений расхода топлива в диапазоне от 30 до 50 кг/ч, %	±0,5	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода топлива в диапазоне от 50до 70 кг/ч, %	±0,5	

Приложение Б
к Методике поверки 061.470.2019 МП
(справочное)

ЗНАЧЕНИЯ
коэффициента Стьюдента-Фишера в зависимости
от числа степеней свободы при доверительной вероятности P= 0,95

Число степеней свободы 2ml-1	Доверительная вероятность P=0,95	Число степеней свободы 2ml-1	Доверительная вероятность P=0,95
1	12,706	18	2,103
2	4,303	19	2,093
3	3,182	20	2,086
4	2,776	21	2,080
5	2,571	22	2,074
6	2,447	23	2,069
7	2,365	24	2,064
8	2,306	25	2,060
9	2,262	26	2,056
10	2,228	27	2,052
11	2,201	28	2,048
12	2,179	29	2,045
13	2,160	30	2,042
14	2,145	40	2,021
15	2,131	60	2,000
16	2,120	120	1,980
17	2,110	-	

Приложение В
к Методике поверки 061.470.2019 МП
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ №...
(к свидетельству о поверке №...)

1 Наименование и тип средства измерений:
Система измерительная СИ-СТ13 для измерений параметров турбостартеров и воздушных стартеров на стенде 13, зав. № 001, рег. № в ФИФ .....
(номер знака и дата предыдущей поверки, при наличии)

2 Вид поверки: .....

3 Дата поверки: .....

4 Средства поверки: .....
(наименование, заводской номер, диапазон измерений (воспроизведения), погрешность, номер и срок действия свидетельства о поверке)

5 Условия поверки:
Температура окружающего воздуха,°С .....
Относительная влажность воздуха, % .....
Атмосферное давление, мм. рт. ст. .....

6 Методика поверки
В соответствии с методикой поверки 061.470.2019 МП.

7 Результат поверки
7.1 Внешний осмотр - .....
7.2 Загрузка и проверка программного обеспечения - .....
7.3 Опробование - .....
7.4 Проверка установки способов и параметров поверки - .....
7.4 Определение метрологических характеристик - .....
7.5 Поверка ИК. Результаты определения метрологических характеристик и рабочие материалы, содержащие данные по погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу.
7.6 Расчет погрешностей ИК выполнялся в соответствии с методикой поверки 061.470.2019 МП.

8 Заключение
Погрешности измерений ИК измерительной системы СИ-СТ13 для измерений параметров турбостартеров и воздушных стартеров на стенде 13, зав. № 001, не превышают пределов допускаемой погрешности измерений.

Дата очередной поверки - .....

Поверитель _____ _____ _____
(подпись, дата) (ФИО)

gost.e-ecolog.ru