

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора  
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»



 В.Г. Марков

«15» сентября 201 4 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
ФГУП «ВНИИМС»



 В.Н. Яншин

«14» сентября 201 4 г.

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор ООО «АВЛ»



 Й. Майер

«  »    201    г.

Система измерительная «ИС-ДВС-1»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП ИС-ДВС-1

л.р. 62490-15

Москва

201 4

## Содержание

<b>Обозначения</b> .....	4
<b>1 Введение</b> .....	5
<b>2 Поверка измерительного канала крутящего момент двигателя</b> .....	6
2.1 Операции и средства поверки .....	6
2.2 Требования безопасности и условия поверки.....	7
2.3 Подготовка к поверке .....	8
2.4 Проведение поверки .....	8
2.4.1 Внешний осмотр.....	8
2.4.2 Опробование .....	8
2.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик.....	8
<b>2.5 Обработка результатов измерений</b> .....	9
2.5.1 Определение порога реагирования.....	9
2.5.2 Определение случайной составляющей основной погрешности измерительного канала .....	9
2.5.3 Определение систематической составляющей основной погрешности измерительного канала .....	11
2.5.4 Определение суммарной (основной) погрешности измерительного канала .....	12
<b>3 Поверка измерительного канала давления</b> .....	12
3.1 Операции и средства поверки .....	12
3.2 Требования безопасности и условия поверки.....	13
3.3 Подготовка к поверке.....	13
3.4 Проведение поверки .....	14
3.4.1 Внешний осмотр.....	14
3.4.2 Опробование .....	13
3.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик.....	14
<b>3.5 Обработка результатов измерений</b> .....	15
3.5.1 Определение погрешностей измерительного канала давлений газа и жидкостей по тракту двигателя.....	14
<b>4 Поверка измерительного канала температуры</b> .....	15
4.1 Операции и средства поверки измерительного канала температуры.....	16
4.2 Требования безопасности и условия поверки.....	17
4.3 Подготовка к поверке.....	17
4.4 Проведение поверки .....	17
4.4.1 Внешний осмотр.....	17
4.4.2 Опробование .....	17
4.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик.....	18
<b>4.5 Обработка результатов измерений</b> .....	19
4.5.1 Определение пределов погрешностей измерительного канала постоянного тока и измерительного канала электрического сопротивления .....	19
4.5.2 Определение пределов погрешностей термометров сопротивления и термопарного датчика.....	19
4.5.3 Определение предела суммарных погрешностей измерительного канала .....	19
<b>5 Поверка измерительного канала расхода топлива</b> .....	19
5.1 Операции и средства поверки измерительного канала расхода топлива.....	19
5.2 Требования безопасности и условия поверки.....	20
5.3 Подготовка к поверке .....	21
5.4 Проведение поверки .....	20
5.4.1 Внешний осмотр.....	21
5.4.2 Опробование .....	210
5.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик.....	21
<b>5.5 Обработка результатов измерения</b> .....	21

<b>6</b>	<b>Поверка измерительного канала частоты вращения коленчатого вала.....</b>	<b>22</b>
6.1	Операции и средства поверки измерительного канала .....	22
6.2	Требования безопасности и условия поверки.....	23
6.3	Подготовка к поверке .....	23
6.4	Проведение поверки .....	23
6.4.1	Внешний осмотр.....	23
6.4.2	Опробование.....	24
6.4.3	Определение (контроль) метрологических характеристик.....	24
<b>6.5</b>	<b>Обработка результатов измерений .....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Поверка измерительного канала расхода картерных газов.....</b>	<b>24</b>
7.1	Операции и средства поверки измерительного канала .....	24
7.2	Требования безопасности и условия поверки.....	25
7.3	Подготовка к поверке .....	25
7.4	Проведение поверки .....	26
7.4.1	Внешний осмотр.....	26
7.4.2	Опробование.....	26
7.4.3	Определение (контроль) метрологических характеристик.....	26
<b>7.5</b>	<b>Обработка результатов измерений .....</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Оформление результатов поверки Системы.....</b>	<b>26</b>
	Приложение 1 .....	28
	Приложение 2 .....	28

## Обозначения

ИВ – измеряемая величина;  
ВПИ – верхний предел измерения;  
ПП – первичный преобразователь;  
СКО – среднее квадратическое отклонение случайной величины;  
РЭ – руководство по эксплуатации;  
ТС – термометр сопротивления;  
 $j$  – номер цикла нагружения;  
 $k$  – номер ступени нагружения;  
 $n$  – число циклов нагружения;  
 $N$  – число ступеней нагружения.

## 1 Введение

Настоящая Методика поверки распространяется на систему измерительную «ИС-ДВС-1», предназначенную для испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС), и устанавливает методику её первичной и периодических поверок. Методика выполнена в соответствии с Рекомендацией РМГ 51-2002 «ГСОЕИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения» и ГОСТ Р 8.596-2002 «ГСОЕИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения».

Система измерительная «ИС-ДВС-1» (далее Система) проектировалась из компонентов, изготавливаемых различными производителями и принимаемых как законченные изделия непосредственно на месте эксплуатации (измерительные системы ИС-2 по ГОСТ Р 8.596-2002).

Система состоит из следующих измерительных каналов (ИК):

- ИК крутящего момента двигателя;
- ИК частоты вращения коленчатого вала;
- ИК расхода топлива;
- ИК температуры атмосферного воздуха на входе в двигатель;
- ИК температуры охлаждающей жидкости;
- ИК температуры масла;
- ИК температуры топлива;
- ИК температуры отработавших газов;
- ИК барометрического давления;
- ИК давления масла;
- ИК давления отработавших газов;
- ИК давления во впускном тракте;
- ИК расхода картерных газов.

ИК крутящего момента двигателя, давлений, расхода топлива и частоты вращения коленчатого вала поверяются комплектно путем подачи на их входы эталонных сигналов. ИК температуры поверяются поэлементно, при этом отдельно определяются погрешности электронной части ИК (на стенде) и датчиков (в лаборатории).

Датчики ИК расхода картерных газов поверяются в лаборатории, электронные части (на базе интерфейса RS 232) поверке не подлежат.

Пределы погрешностей ИК при поэлементном методе поверки определяются соответствующим суммированием найденных составляющих погрешностей.

Суммарная погрешность ИК всех модулей системы определяется при нормальных условиях в соответствии с ГОСТ 8.395-80 «ГСИ. Нормальные условия при поверке. Общие требования» и в предположении, что распределение составляющих погрешностей близко к нормальному распределению. Численное значение суммарной погрешности для этих условий совпадает со значением основной погрешности измерений и должно соответствовать требованиям ГОСТ 14846-81. Значения погрешностей, полученных при поверке, заносятся в протоколы, формы которых разрабатывают соответствующие службы ОАО «АВТОВАЗ».

К проведению поверки допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение в Академии стандартизации, метрологии и сертификации на право поверки измерительных каналов информационно - измерительных систем, имеющие действующее удостоверение. К проведению поверки допускаются лица, ознакомившиеся с указаниями по технике безопасности, изложенными в РЭ.

При разработке Методики поверки Системы использовались следующие документы:

- ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения;

- ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений;
- ГОСТ Р 8.624-2006 ГСОЕИ. Термометры сопротивления из платины, меди и никеля. Методы и средства поверки;
- ГОСТ 14846-81 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний;
- ГОСТ 8.558-2009. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения температуры;
- ГОСТ 8.129-2013. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения времени и частоты;
- ГОСТ 8.027-2001. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы;
- ГОСТ Р 8.802-2012. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения избыточного давления до 250 МПа;
- ГОСТ 8.142-2013. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массового и объемного расхода (массы и объема) жидкости;
- ГОСТ 8.187-76. ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерения разности давлений до  $4 \cdot 10^4$  Па;
- ГОСТ 8.223-76. ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерения абсолютного давления в диапазоне от  $2,7 \cdot 10^2$  до  $4000 \cdot 10^2$  Па;
- ГОСТ Р 8.752-2011. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерения крутящего момента силы.
- ОСТ 1 02517-84 ОСОЕИ. Силоизмерительные Системы испытательных стендов. Методика поверки;
- ОСТ 1 02677-89 ОСОЕИ. Силоизмерительные Системы испытательных стендов газотурбинных двигателей. Общие требования к поверочным и стендовым градуировочным устройствам;
- РМГ 51-2002 ГСОЕИ. Документы на методики поверки средств измерений. Основные положения»;
- РМГ 29-99 ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения;
- МИ 677-84 Преобразователи давления измерительные электрические ИПД и комплексы для измерения давления цифровые ИПДЦ. Методы поверки.
- Стенд динамометрический для испытаний двигателей внутреннего сгорания с системой автоматизации PUMA Open Engine Testing. Методика поверки

Межповерочный интервал Системы – 1 год.

## 2 Поверка ИК крутящего момент двигателя

### 2.1 Операции и средства поверки

Последовательность операций и применяемые при этом средства поверки ИК приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1

Наименование операций поверки	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4

1 Внешний осмотр	2.4.1	+	+
2 Опробование	2.4.2	+	+
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	2.4.3	+	+
3.1 Определение порога реагирования ИК	2.4.3.1	+	+
3.2 Определение случайной составляющей погрешности ИК	2.4.3.2	+	+
3.3 Определение систематической составляющей погрешности ИК	2.4.3.2	+	+
3.4 Определение суммарной погрешности ИК	2.4.3.3	+	+

Таблица 2

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
2.4	<p>Калибровочный рычаг AVL CALIBRATION LEVER типа 1KA (1KL), длина плеча рычага <math>1019,22 \pm 0,01</math> мм (<math>1223,67 \pm 0,01</math> мм).</p> <p>Уровень рамный (брусковый) по ГОСТ 9392-89</p> <p>Термометр жидкостной стеклянный технический по ГОСТ 28498-90, диапазон измерения (от 0 до 100) °С, КТ 1</p> <p>Гири класса точности <math>M_1</math> по ГОСТ 7328 - 2001</p>
2.5	ГОСТ 14846-81

**Примечание.** Допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности требованиям настоящей методики.

## 2.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки ИК должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации системы ИС-ДВС-1.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

– температура окружающей среды, К (°С)

в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
 (от минус 20 до плюс 40);  
 в пультовой ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);  
 – атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)..... от 96 до 104 (от 720 до 780);  
 – относительная влажность, % ..... не более 80;  
 – напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;  
 – частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;  
 – отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

## 2.3 Подготовка к поверке

- Поверить гири в органах Государственного стандарта или в другой организации, аккредитованной на право их поверки.
- Обеспечить в испытательном боксе и пультовой требуемые условия для поверки, указанные в разделе 2.2.
- Проверить техническое состояние и подготовить Систему к работе в соответствии с РЭ на Систему.

## 2.4 Проведение поверки

### 2.4.1 Внешний осмотр

- 2.4.1.1 Проверить комплектность ИК и его соответствие требованиям конструкторской документации.
- 2.4.1.2 Проверить правильность электрического и механического монтажа ИК.
- 2.4.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений элементов ИК.

### 2.4.2 Опробование

Проверить правильность функционирования ИК путём его нагружения при помощи калибровочного рычага AVL CALIBRATION LEVER типа 1KA (1KL) и гирь класса точности  $M_1$  - в пределах рабочего диапазона измерений. Зарегистрировать показания ИК на контрольных нагрузках и нулевые показания до нагружения и после разгрузки ИК.

### 2.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

#### 2.4.3.1 Определение порога реагирования

Порог реагирования определяется при действии на рычаг моментов, равных  $0,1 \cdot M_{\max}$  и  $1,0 \cdot M_{\max}$  ( $M_{\max}$  - максимальный момент, измеряемый ИК).

Порядок выполнения операции: при приложении к рычагу последовательно указанных моментов сил положить на грузоприёмное устройство плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь, при котором показания ИК устойчиво увеличиваются на 1-2 единицы младшего разряда.

Снять дополнительные гири с грузоприёмного устройства и записать в протокол вес дополнительных гирь. Повторить эксперимент с наложением гирь еще 4 раза. Данные экспериментов занести в протокол.

#### 2.4.3.2 Определение случайной и систематической составляющих погрешности ИК

2.4.3.2.1 Случайная составляющая основной погрешности определяется по результатам 5-кратного нагружения Системы, для чего выполнить следующие операции.

2.4.3.2.2 Выставить рычаг при помощи уровня в горизонтальное положение с погрешностью не более  $10'$ . Подать напряжение питания на Систему. После ее прогрева в соответствии с требованиями РЭ нагрузить ИК нагрузкой  $M_{\max}$  и выдержать при этой нагрузке не менее 3-х минут. Разгрузить ИК.

Записать в протокол время начала градуировки, температуру окружающего воздуха в боксе и показания ИК при нагрузке, соответствующей условному нулю ИК.

2.4.3.2.3 Задать регулярную последовательность из 11-ти контрольных значений крутящего момента силы от условного нуля до  $M_{\max}$  (прямой ход) и от  $M_{\max}$  до условного нуля (обратный ход) (с остановкой на каждой контрольной точке не менее 15 секунд), произвести регистрацию показаний ИК и запись их в протокол.

2.4.3.2.4 Повторить работы по пункту 2.4.3.2.3 ещё четыре раза.

2.4.3.2.5 Снять напряжение питания с Системы и записать в протокол время окончания градуировки и температуру в боксе.

**Примечание.** При нагружении ИК необходимо соблюдать следующие правила:

- считывание и регистрацию показаний ИК производить после их установления.
- при нагружении (разгрузке) ИК не допускать переход через принятые контрольные точки и возврата к ним с противоположной стороны хода нагружения. В случае такого перехода следует разгрузить (нагрузить) ИК до значения крутящего момента силы, предшествующей данной контрольной точке, после чего нагрузить (разгрузить) ИК и выйти на необходимую контрольную точку.
- перерыв между следующими друг за другом однократными нагружениями не должен превышать 10 минут.

#### 2.4.3.3 Определение суммарной погрешности ИК

Суммарную погрешность ИК определить расчетным путем по результатам 5-кратного нагружения ИК.

### 2.5 Обработка результатов измерений

#### 2.5.1 Определение порога реагирования

Порог реагирования ИК:

$$r = L \cdot q_{\text{ср}} , \quad (1)$$

где  $L$  - длина рычага;  $q_{\text{ср}}$  - среднее арифметическое значение веса дополнительных гирь, положенных на грузоприемное устройство.

Порог реагирования силоизмерительной системы не должен превышать  $0,05\% \cdot M_{\max}$ .

#### 2.5.2 Определение случайной составляющей основной погрешности ИК

2.5.2.1 Среднее арифметическое значение показаний ИК в  $k$ -й контрольной точке:

$$\overline{M}_k = \frac{\overline{M}'_k + \overline{M}''_k}{2}, \quad (2)$$

где  $\overline{M}'_k = \frac{1}{n'} \cdot \sum_{i=1}^{n'} M'_{i,k}$ ,  $\overline{M}''_k = \frac{1}{n''} \cdot \sum_{i=1}^{n''} M''_{i,k}$  - средние арифметические значения показаний для прямого и обратного ходов на  $k$ -й ступени нагружения;

$n'$ ,  $n''$  - число единичных отсчетов ИК в  $k$ -м ряду измерений при нагружении и разгрузке, соответственно;

$M'_{i,k}$ ,  $M''_{i,k}$  -  $i$ -е отсчеты в  $k$ -м ряду измерений при нагружении и разгрузке, соответственно.

2.5.2.2 Оценка среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной погрешности МИС

Оценка СКО случайной составляющей основной абсолютной погрешности МИС в  $k$ -й контрольной точке:

$$\sigma_{ok} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n'} (M'_{i,k} - \overline{M}'_k)^2 + \sum_{i=1}^{n''} (M''_{i,k} - \overline{M}''_k)^2}{n - 1} \right]^{0,5}, \quad (3)$$

где  $n = n' + n''$ .

Произвести «отбраковку» аномальных результатов измерений в соответствии с критерием Граббса, изложенным в ГОСТ Р ИСО 5725-2002.

Повторно вычислить средние арифметические значения указанных параметров с учетом отбракованных результатов измерений.

2.5.2.3 Оценка СКО случайной составляющей абсолютной погрешности от гистерезиса

СКО случайной составляющей абсолютной погрешности ИК от гистерезиса в  $k$ -й контрольной точке:

$$\sigma_{r,k} = \frac{\overline{M}''_k - \overline{M}'_k}{2\sqrt{3}} \quad (4)$$

2.5.2.4 Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности

Оценка случайной составляющей основной абсолютной погрешности ИК в  $k$ -й контрольной точке:

$$\Delta_{o,k} = t_\alpha \cdot [\sigma_{o,k}^2 + \sigma_{r,k}^2]^{0,5}, \quad (5)$$

где  $t_\alpha$  - коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и числа измерений  $n$ . Значения коэффициента  $t_\alpha$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  приведены в приложении 1.

2.5.2.5 Оценка случайной составляющей основной относительной погрешности ИК

Оценка случайной составляющей основной относительной погрешности ИК в  $k$ -й контрольной точке (для диапазона нагрузок от  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  до  $1,0 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\delta_{o,k} = \frac{\Delta_{o,k}}{\overline{M}_k} \cdot 100\% , \quad (6)$$

где  $\overline{M}_{\max}$  - максимальный момент из  $\overline{M}_k$ .

2.5.2.6 Оценка случайной составляющей основной погрешности ИК, приведенной к  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  (для диапазона нагрузок от 0 до  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\gamma_{o,k} = \frac{\Delta_{o,k}}{0,5 \cdot \overline{M}_{\max}} \cdot 100\% \quad (7)$$

2.5.2.7 Результаты определения случайной составляющей погрешности ИК записать в протокол.

2.5.3 Определение систематической составляющей основной погрешности ИК

2.5.3.1 Оценка систематической составляющей основной абсолютной погрешности ИК

Оценка систематической составляющей основной абсолютной погрешности ИК в  $k$ -й контрольной точке:

$$\Delta_{os,k} = \overline{M}_k - M_{сг, k} , \quad (8)$$

где  $M_{сг, k}$  - момент силы, воспроизводимой в  $k$ -й контрольной точке.

2.5.3.2 Оценка систематической составляющей основной относительной погрешности ИК

Оценка систематической составляющей основной относительной погрешности ИК в  $k$ -й контрольной точке (для диапазона нагрузок от  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  до  $1,0 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\delta_{os,k} = \frac{\Delta_{os,k}}{\overline{M}_k} \cdot 100\% \quad (9)$$

2.5.3.3 Оценка систематической составляющей основной погрешности ИК, приведенной к  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$

Оценка систематической составляющей основной погрешности ИК, приведенной к  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  в  $k$ -й контрольной точке (для диапазона нагрузок от 0 до  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\gamma_{os,k} = \frac{\Delta_{os,k}}{0,5 \overline{M}_{\max}} \cdot 100\% \quad (10)$$

2.5.3.4 Результаты определения систематической составляющей основной погрешности ИК записать в протокол.

#### 2.5.4 Определение суммарной (основной) погрешности ИК

##### 2.5.4.1 Оценка суммарной абсолютной погрешности ИК

Оценка суммарной абсолютной погрешности ИК в k-й контрольной точке:

$$\Delta_{o,k} = |\Delta_{o,k}| + |\Delta_{os,k}| \quad (11)$$

##### 2.5.4.2 Оценка суммарной относительной погрешности ИК

Оценка основной относительной погрешности ИК в k-й контрольной точке (для диапазона нагрузок от  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  до  $1,0 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\delta_{o,k} = \frac{\Delta_{o,k}}{\overline{M}_k} \cdot 100\% \quad (12)$$

##### 2.5.4.3 Оценка суммарной приведенной погрешности ИК, приведенной к $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$

Оценка основной погрешности ИК, приведенной к  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$  в k-й контрольной точке (для диапазона нагрузок от 0 до  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$ ):

$$\gamma_{o,k} = \frac{\Delta_{o,k}}{0,5 \cdot \overline{M}_{\max}} \cdot 100\% \quad (13)$$

Результаты определения систематической составляющей суммарной погрешности ИК записать в протокол.

2.5.4.4 В соответствии с ГОСТ 14846-81 предел допускаемой погрешности для ИК крутящего момента в диапазоне  $(0,5 - 1,0) \cdot \overline{M}_{\max}$  составляет  $\pm 1,0\%$  от ИЗ, а в диапазоне  $(0 - 0,5) \cdot \overline{M}_{\max}$   $\pm 1,0\%$  от  $0,5 \cdot \overline{M}_{\max}$ .

Если суммарная погрешность ИК превышает значения указанные выше, то проводятся исследования причин указанного несоответствия и выдаётся извещение о непригодности ИК.

### 3 Поверка ИК давления

#### 3.1 Операции и средства поверки

Последовательность операций и применяемые при этом средства поверки ИК давления приведены в таблицах 3, 4.

Таблица 3

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	первичной поверке
1	2	3	4

1 Внешний осмотр	3.4.1	+	+
2 Опробование	3.4.2	+	+
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	3.4.3	+	+

Таблица 4

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
3.4	Калибратор давления типа DP1-610 зав № 61012008, диапазон (0 – 413,8) бар (0-6000) psi, может использоваться до 689,7 бар (10000 psi) при наличии подходящего выносного сенсора. Погрешность $\pm 0,025\%$ от диапазона (для всех диапазонов).
3.5	ГОСТ 14846-81

**Примечание.** Допускается применять другие средства измерений, удовлетворяющие по точности требованиям настоящей методики.

### 3.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки ИК должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации Системы.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, К (°C)  
в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
(от минус 20 до плюс 40);  
в пультовой ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... от 96 до 104 (от 720 до 780);
- относительная влажность, % ..... не более 80;
- напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;
- частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;
- отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

### 3.3 Подготовка к поверке

3.3.1 Включить систему согласно Руководству по эксплуатации.

3.3.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям п. 3.2.

3.3.3 Подготовить необходимое для поверки эталонное и вспомогательное оборудование.

3.3.4 Проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку эталонного оборудования.

### 3.4 Проведение поверки

#### 3.4.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра системы измерения давления проверить:

- комплектность эксплуатационной документации;
- правильность электрического и механического монтажа ИК;
- герметичность пневматической и гидравлической частей ИК;
- наличие действующих поверочных клейм или свидетельств о поверке эталонов.

#### 3.4.2 Опробование

При опробовании ИК давления выполнить следующие операции:

- соединить первичные преобразователи (датчики) с магистралью эталонного давления;
- подать на магистраль эталонные давления, равные нижнему, а затем верхнему пределу измерения данной группы датчиков;
- проверить соответствие значения давления, индицируемого на экране дисплея ЭВМ, и заданного давления. Отличие указанных давлений не должно превышать предела допускаемой погрешности для данного канала.

#### 3.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

##### 3.4.3.1 ИК барометрического давления

Барометр поверяется в метрологической организации, аккредитованной на право поверки таких приборов, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

##### 3.4.3.2 ИК давления газа и жидкостей по тракту двигателя

На входы датчиков избыточных давлений подать ряд значений эталонного избыточного давления:

$$P_k = \frac{P_{\max}}{N-1}(k-1), \quad (14)$$

где  $k=1,2,\dots,N$  - номер ступени нагружения;  $N \geq 5$  - число ступеней нагружения (в соответствии с рекомендациями по метрологии МИ 677-84 «Преобразователи давления измерительные электрические ИПД и комплексы для измерения давления цифровые ИПДЦ. Методы поверки»);  $P_{\max}$  = ВП измерения данного ИК.

Выполнить три цикла нагружения. При этом в каждом цикле давление необходимо повысить от нуля до верхнего предела измерений (прямой ход) и понизить от верхнего предела до нуля (обратный ход) с выдержкой по времени на верхнем пределе нагружения в течение 1 минуты. На каждой ступени нагружения зарегистрировать и занести в протокол измеренные значения давления  $p_k$ .

### 3.5 Обработка результатов измерений

#### 3.5.1 Определение погрешностей ИК давлений газа и жидкостей по тракту двигателя

##### 3.5.1.1 Определение систематических погрешностей ИК давлений газа и жидкостей по тракту двигателя

Предел абсолютной систематической погрешности измерения избыточного давления:

$$\Delta P_{\text{сист}} = \max \left| \frac{P_{k(\text{прям})} + P_{k(\text{обр})}}{2} - P_k \right|, \quad (15)$$

где:  $P_{k(\text{прям})}$  - среднее избыточное давление по 3-м циклам на k-ой ступени нагружения прямого хода;

$P_{k(\text{обр})}$  - то же самое для обратного хода нагружения.

##### 3.5.1.2 Определение вариации ИК

Предел абсолютной погрешности ИК от вариации:

$$\Delta P_{\text{вар}} = \max |P_{k(\text{прям})} - P_{k(\text{обр})}| \quad (16)$$

##### 3.5.1.3 Определение суммарной погрешности измерения избыточного давления

Случайные погрешности ИК не учитываются ввиду их малости. При этом в соответствии с ГОСТ 8.207 предел абсолютной погрешности ИК избыточного давления:

$$\Delta P_{\text{изб}} = 1,1 \sqrt{\Delta P_{\text{сист}}^2 + \left(\frac{\Delta P_{\text{вар}}}{2}\right)^2} \quad (17)$$

##### 3.5.1.4 Определение суммарной погрешности измерения давления по тракту двигателя

Предел суммарной относительной погрешности измерения давления по тракту двигателя:

$$\delta P_{\text{сум}} = \frac{(\Delta P_{\text{изб}}^2 + \Delta P_{\text{бар}}^2)^{0,5}}{P_{\text{изб max}} + P_{\text{атм}}} \times 100\%, \quad (18)$$

где  $P_{\text{изб max}}$  - верхний предел измерения избыточного давления для данного ИК;  $P_{\text{атм}}$  - атмосферное давление;  $\Delta P_{\text{бар}}$  - предел погрешности измерения атмосферного давления барометром.

В соответствии с ГОСТ 14846-81 предел допускаемой погрешности для ИК барометрического давления и давления во впускном тракте составляет  $\pm 200$  Па, давления масла  $\pm 20$  кПа, давления отработавших газов  $\pm 3$  %.

## 4 Поверка ИК температуры

#### 4.1 Операции и средства поверки ИК температуры

Операции поверки ИК температуры представлены в таблице 5.

Таблица 5

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	4.4.1	+	+
2 Опробование	4.4.2	+	+
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	4.4.3	+	+
3.1 Проведение поверки ИК с термометрами сопротивления:	4.4.3.2	+	+
- определение погрешностей измерительных каналов электрических сопротивлений, соответствующих измеряемой температуре атмосферного воздуха на входе в двигатель и рабочих жидкостей двигателя;			
- определение погрешностей термометров сопротивления.			
- определение суммарных погрешностей ИК.			
3.2 Проведение поверки ИК с термопарным датчиком:	4.4.3.1	+	+
- определение погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего измеряемой температуре отработавших газов;			
- определение погрешности термопарного датчика;			
- определение суммарной погрешности ИК.			

Средства поверки ИК представлены в таблице 6.

Таблица 6

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
4.4	Многофункциональный калибратор модели TRX - IIR фирмы «Druck»/ «Unomat Instruments» (Голландия) зав. № 2708. - диапазоны воспроизведения: - напряжения, мВ от минус 10 до плюс 100; - сопротивления, Ом от 0 до 400; - погрешность $\pm 0,01$ % ИВ или $\pm 0,025$ % ИВ.
4.4	Установка УПСТ-2М, включающая следующие блоки: - блоки измерительные БИ-1, БИ-2;

	- термостат нулевой ТН-1 М; - термостат паровой ТП-2 4; - термостат регулируемый ТР-1 М-300 (40...200) °С; - вольтметр В2-29.
4.5	ГОСТ 14846-81

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 6.

#### 4.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки ИК должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации Системы.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, К (°С)  
в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
(от минус 20 до плюс 40);
- в пультной ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... от 96 до 104 (от 720 до 780);
- относительная влажность, % ..... не более 80;
- напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;
- частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;
- отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

#### 4.3 Подготовка к поверке

4.3.1 Включить систему согласно Руководству по эксплуатации.

4.3.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям п. 4.2.

4.3.3 Подготовить необходимое для поверки эталонное и вспомогательное оборудование.

4.3.4 Проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку эталонного оборудования.

#### 4.4 Проведение поверки

##### 4.4.1 Внешний осмотр

4.4.1.1 Проверить комплектность ИК и их соответствия требованиям конструкторской документации.

4.4.1.2 Проверить правильность электрического и механического монтажа ИК.

4.4.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений элементов ИК.

##### 4.4.2 Опробование

4.4.2.1 Опробование ИК с термометрами сопротивления

- измерить на «стоянке» температуры воздуха на входе в двигатель и рабочих жидкостей двигателя, сравнить полученные данные с ожидаемыми значениями указанных параметров;
- отключить электрические линии, идущие от термометров сопротивлений, от входов в Систему;
- подключить на входы в Систему источник эталонного сопротивления от калибратора модели TRX-IIR;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК минимальную и максимальную нагрузки. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе нагрузки и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала.

#### 4.4.2.2 Опробование ИК, работающих с термопарным датчиком

- измерить на «стоянке» температуру воздуха на выходе из двигателя, сравнить полученные данные с ожидаемым значением указанного параметра;
- отключить линии с выхода термопарного датчика от входа в Систему;
- подключить на входы Системы источник эталонного напряжения от калибратора TRX-IIR;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК минимальную и максимальную нагрузки. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе нагрузки и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала.

#### 4.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

##### 4.4.3.1 Определение погрешности ИК постоянного тока, работающего с термопарным датчиком

Установить калибратором ряд равноотстоящих значений эталонного напряжения, соответствующих имитируемым значениям эталонных температур в соответствии с ГОСТ 8.585-2001. Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 1$ .

На каждой ступени нагружения зарегистрировать измеренные значения температуры  $T_k$ .

##### 4.4.3.2 Определение погрешностей ИК электрических сопротивлений, работающих с термометрами сопротивлений

Подать на вход Системы ряд равноотстоящих значений эталонных сопротивлений, соответствующих имитируемой эталонной температуре в соответствии с ГОСТ 6651-2009.. Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ , число циклов нагружения  $n = 1$ .

На каждой ступени нагружения зарегистрировать измеренные значения температуры  $T_k$ .

##### 4.4.3.3 Определение погрешностей первичных преобразователей: термометров сопротивления и термопарного датчика

Значения пределов погрешностей для термометров сопротивления взять из данных их очередной поверки в соответствии с ГОСТ Р 8.624-2006.

Значения пределов погрешностей для термопарного датчика взять из его паспортных данных.

##### 4.4.3.4 Определение суммарных погрешностей ИК

Суммарные погрешности ИК определить путем суммирования соответствующим образом всех найденных составляющих.

#### 4.5 Обработка результатов измерений ИК

4.5.1 Определение максимальных погрешностей ИК постоянного тока и ИК электрического сопротивления

Пределы относительных погрешностей ИК постоянного тока и ИК электрического сопротивления:

$$\Delta T_{ик} = \pm \max |T_k - \bar{T}_k|, \quad (19)$$

где  $T_k, \bar{T}_k$  – измеренная и эталонная температуры на k-й ступени нагружения.

4.5.2 Определение пределов погрешностей термометров сопротивления и термопарного датчика

Значения пределов погрешностей для термометров сопротивления взять как максимальное значение погрешности, полученное при их последней периодической поверке согласно ГОСТ Р 8.624-2006:

$$\Delta T_{ТС} = \pm \max |\Delta T_{ТС(k)}|, \quad (19a)$$

где  $\Delta T_{ТС(k)}$  - погрешность ТС на k-й ступени нагружения при его последней поверке.

Предел погрешности термопар кл. точности 1 согласно ГОСТ Р 8.585 – 2001 составляет:

$$\Delta T_{тп} = \pm 0,004 * |t_{max}| = \pm 4,8^\circ\text{C}, \quad (20)$$

где  $t_{max} = 1200^\circ\text{C}$ .

#### 4.5.3 Определение предела суммарных погрешностей ИК

Пределы суммарных погрешностей ИК рассчитываются на основании ранее найденных пределов погрешностей ИК и первичных преобразователей:

$$\Delta T_{сум} = (\Delta T_{ик}^2 + \Delta T_{пп}^2)^{0,5}, \quad (21)$$

где  $\delta T_{пп}$  - предел погрешности первичных преобразователей.

В соответствии с ГОСТ 14846-81 предел допускаемой погрешности составляет для ИК температуры:

- атмосферного воздуха на входе в двигатель..... $\pm 1^\circ\text{C}$ ;
- охлаждающей жидкости ..... $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- масла ..... $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- топлива ..... $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- отработавших газов ..... $\pm 20^\circ\text{C}$ ;

## 5 Поверка ИК расхода топлива

### 5.1 Операции и средства поверки ИК расхода топлива

Операции поверки ИК представлены в таблице 7.

Таблица 7

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр.	5.4.1.	+	+
2. Опробование.	5.4.2.	+	+
3. Определение метрологических характеристик расходомера	5.4.3.	+	+

Средства поверки расходомера AVL 735S представлены в таблице 8.

Таблица 8

№ пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
5.4.3.	Весы электронные LP6200S №12806770-1, обеспечивающие измерение в диапазоне (от 0 до 62.25) кг/час с погрешностью не более $\pm 0,33$ % от ВП Секундомер С-45-2-000 № 0579183, цена деления 0,2 с.
5.5	ГОСТ 14846-81

### 5.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки расходомера должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации Системы.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, К (°С)  
в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
(от минус 20 до плюс 40);  
в пультной ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... от 96 до 104 (от 720 до 780);
- относительная влажность, % ..... не более 80;
- напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;
- частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;

– отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

### 5.3 Подготовка к поверке

5.3.1 Проверить соответствие условий поверки требованиям п. 5.2.

5.3.2 Подготовить весовую установку к работе, подсоединить к ней поверяемый расходомер.

5.3.3 Проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку эталонного оборудования.

### 5.4 Проведение поверки

#### 5.4.1 Внешний осмотр

- Проверить внешний вид и комплектность расходомера на соответствие требованиям конструкторской документации.
- Проверить правильность электрического и гидравлического монтажа установки и расходомера.
- Проверить отсутствие механических повреждений.

#### 5.4.2 Опробование

Опробование расходомера осуществляется в соответствии с РЭ Системы.

#### 5.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

Все операции по поверке проводить после прогрева системы в установившемся режиме на весовой установке.

Установить регулировочным краном установки расход жидкости через поверяемый расходомер, равный  $\bar{G}_k = 125 \text{ кг/час} \pm 5\%$  ( $k=1$ - первая ступень нагружения). Слив топлива осуществлять во вспомогательную емкость. Контроль значения расхода осуществлять по показаниям поверяемого ИК (расходомера).

Выждать на данном расходе 1-2 минуты. Произвести переброску потока жидкости в рабочую емкость и через заданный интервал времени  $T_k$  произвести обратную переброску потока во вспомогательную емкость.

Измерить интервал времени  $T_k$ , равный времени наполнения рабочей емкости на  $k$ -й ступени нагружения.

Измерить расход жидкости  $G_k$ , зафиксированный поверяемым ИК (расходомером) на  $k$ -й ступени нагружения.

Измерить троекратно при помощи весов массу топлива  $m_k$ , слитого в измерительную емкость, где  $k=1-3$  номер ступени нагружения.

Провести аналогичные операции при значениях расхода  $\bar{G}_2 = 62,25 \text{ кг/час} \pm 5\%$ ,  $\bar{G}_3 = 12,5 \text{ кг/час} \pm 5\%$  (вторая и третья ступени нагружения).

### 5.5 Обработка результатов измерений

5.5.1 Рассчитать среднее арифметическое значение массы слитого топлива на  $k$ -й ступени нагружения  $\bar{m}_k$ .

5.5.2 Рассчитать среднее арифметическое значение массы слитого топлива на  $k$ -й ступени нагружения с учетом выталкивающей силы воздуха при взвешивании:

$$\hat{m}_k = \bar{m}_k \times \left(1 + \frac{\rho_b(p, T)}{\rho_{\text{ж}}}\right), \quad (22)$$

где  $\rho_b(p, T) = \frac{p}{RT}$  - плотность воздуха при температуре  $T$  и давлении  $p$ ;  $R=287$  Дж/кг\*К;  $\rho_{\text{ж}}$  - плотность проливаемой жидкости.

5.5.3 Рассчитать расход жидкости, заданный весовой установкой:

$$\hat{G}_k = \frac{\hat{m}_k}{T_k} \quad (23)$$

5.5.4 Определение погрешности измерения расхода

Относительная погрешность поверяемого ИК (расходомера) в диапазоне (50-100)% от ВПИ:

$$\delta G_k = \frac{G_k - \hat{G}_k}{\hat{G}_k} \quad (k=1,2) \quad (24)$$

Приведенная к 50% от ВПИ погрешность поверяемого ИК (расходомера) в диапазоне (0-50)% от ВПИ:

$$\delta G'_k = \frac{G_k - \hat{G}_k}{0,5 * \hat{G}_1} \quad (k=3) \quad (25)$$

В соответствии с ГОСТ 14846-81 предел допускаемой погрешности для ИК массового расхода топлива составляет  $\pm 1\%$  от ИЗ (для диапазона  $(0,5-1,0) * G_{\text{max}}$ ), а в диапазоне  $(0-0,5) * G_{\text{max}}$  принимается равным  $\pm 1\%$  от  $0,5 * G_{\text{max}}$ .

## 6 Поверка ИК частоты вращения коленчатого вала

### 6.1 Операции и средства поверки ИК

Операции поверки ИК представлены в таблице 10.

Таблица 10

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	6.4.1	+	+
2 Опробование	6.4.2	+	+
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	6.4.3	+	+

Средства поверки ИК представлены в таблице 11.

Таблица 11

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
6.4	<p>Фототахометр типа АТТ-6000 фирмы АТАКОМ Зав.№309000000186-в</p> <p>-Диапазон измерения с лазерным указателем от 10 до 99999</p> <p>-Разрешение..... 0,1 мин<sup>-1</sup> (F&lt;1000 мин<sup>-1</sup>), 1,0 мин<sup>-1</sup> (F&gt;1000 мин<sup>-1</sup>)</p> <p>- Погрешность измерения .....0,05 % + 1ед.мл.разряда</p>
6.5	ГОСТ 14846-81

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 11.

## 6.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки ИК должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации Системы.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, К (°С)  
в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
(от минус 20 до плюс 40);  
в пультовой ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)..... от 96 до 104 (от 720 до 780);
- относительная влажность, % ..... не более 80;
- напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;
- частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;
- отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

## 6.3 Подготовка к поверке

6.3.1 Включить Систему согласно Руководству по эксплуатации.

6.3.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям п. 6.2.

6.3.3 Подготовить необходимое для поверки эталонное и вспомогательное оборудование.

6.3.4 Проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку эталонного оборудования.

6.3.5 Наклеить на вал двигателя светоотражающую метку.

## 6.4 Проведение поверки

### 6.4.1 Внешний осмотр

6.4.1.1 Проверить комплектность ИК и его соответствие требованиям конструкторской документации.

6.4.1.2 Проверить правильность электрического и механического монтажа ИК.

6.4.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений элементов ИК.

#### 6.4.2 Опробование

6.4.2.1 Измерить на стоянке поверяемым ИК частоту вращения ротора, сравнить полученные данные с ожидаемыми значениями указанного параметра (должны быть в среднем нулевые показания).

6.4.2.2 Запустить двигатель и выставить последовательно минимальную (200 об/мин) и максимальную (10000 об/мин) частоты вращения коленчатого вала. Измерить выставленные частоты вращения вала поверяемым ИК и фототахометром. Убедиться в работоспособности ИК и фототахометра.

#### 6.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

6.4.3.1 Запустить двигатель и выставить последовательно ряд значений частот вращения коленчатого вала:

$$F_k = F_{\min} + \frac{F_{\max} - F_{\min}}{N - 1} (k - 1), \quad (27)$$

где  $F_{\min}$ ,  $F_{\max}$  – минимальная и максимальная частоты вращения;  $k=1 \dots N$  – номер ступени нагружения. Число ступеней нагружения  $N \geq 5$ .

На каждой ступени нагружения измерить при помощи поверяемого ИК и фототахометра значения частот вращения  $F_{(ик)k,j}$ ,  $F_{(фот)k,j}$ , где  $j=1 \dots n$  – номер единичного измерения ( $n \geq 10$ ).

#### 6.5 Обработка результатов измерений ИК

На каждой ступени нагружения определяется среднее арифметическое значение измеренных частот вращения:

Максимальная относительная погрешность ИК:

$$\delta F = \max\left(\frac{|F_{(ик)k} - F_{(фот)k}|}{F_{(ик)k}}\right) * 100\% \quad (28)$$

где  $F_{(ик)k}$ ,  $F_{(фот)k}$  – средние арифметические частоты на  $k$ -й ступени нагружения, измеренные поверяемым ИК и фототахометром.

В соответствии с ГОСТ 14846-81 предел допускаемой погрешности для ИК частоты вращения коленчатого вала составляет  $\pm 0,5\%$  от ИЗ.

### 7 Поверка ИК расхода картерных газов

#### 7.1 Операции и средства поверки ИК

Операции поверки ИК представлены в таблице 12.

Таблица 12

Наименование операции	Номер пункта МП	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.4.1	+	+
2 Опробование	7.4.2	+	+
3 Определение (контроль) метрологических характеристик	7.4.3	+	+
3.1 Определение погрешности ИК расхода картерных газов			

Средства поверки измерителя расхода картерных газов расходомера AVL 442 представлены в таблице 13.

Таблица 13

Номер пункта МП	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.4	Калибратор многофункциональный MC5-R Выходные сигнала (генерации): (от минус 40000 до плюс 4000) Па; погрешность = $\pm (0,015\text{ИБ} + 0,01\text{ВПИ})$
7.5	ГОСТ 14846-81

Допускается применение других средств измерения, технические и метрологические характеристики которых не уступают указанным в таблице 13.

#### 7.2 Требования безопасности и условия поверки

При проведении поверки ИК должны соблюдаться требования по технике безопасности производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации Системы.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, К (°C)  
в испытательном боксе ..... от 253 до 313  
(от минус 20 до плюс 40);  
в пультовой ..... от 283 до 303 (от 10 до 30);
- атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.) ..... от 96 до 104 (от 720 до 780);
- относительная влажность, % ..... не более 80;
- напряжение питающей сети, В ..... от 187 до 242;
- частота питающей сети, Гц ..... от 49 до 51;
- отсутствие ударных и вибрационных воздействий на измерительные модули в момент отсчета и регистрации их показаний.

Примечание. При проведении поверочных работ условия окружающей среды рабочих эталонов должны соответствовать требованиям, указанным в их инструкциях по эксплуатации.

#### 7.3 Подготовка к поверке

- 7.3.1 Включить систему согласно Руководству по эксплуатации.
- 7.3.2 Проверить соответствие условий поверки требованиям п. 7.2.
- 7.3.3 Подготовить необходимое для поверки эталонное и вспомогательное оборудование.
- 7.3.4 Проверить наличие непросроченных свидетельств на поверку эталонного оборудования.
- 7.4 Проведение поверки
- 7.4.1 Внешний осмотр
- 7.4.1.1 Внешний осмотр производится путем визуальной проверки внешнего вида измерителя расхода картерных газов AVL 442.
- Проверить комплектность и его соответствие требованиям конструкторской документации.
- 7.4.1.2 Проверить правильность электрического и механического монтажа.
- 7.4.1.3 Проверить отсутствие механических повреждений элементов.
- 7.4.2 Опробование

Скомпоновать установку для поверки измерителя, как указано в Руководстве по эксплуатации в разделе «калибровка».

Переключатель диапазонов на электронном блоке установить в соответствии с измерительной трубкой, установленной в измерителе.

Проверить, что клапан регулирования давления обеспечивает полное отсутствие колебаний давления сжатого воздуха. Наблюдать за работой приборов в течение 15 минут. Убедиться в работоспособности установки.

#### 7.4.3 Определение (контроль) метрологических характеристик

Все операции проводятся после прогрева системы в установившемся режиме, при постоянной температуре и давлении сжатого воздуха.

Установить давление сжатого воздуха, равное 450Па, что соответствует 100% диапазону измерений расхода, и записать показания измерителя.

#### 7.5 Обработка результатов измерений

Определить приведенную погрешность измерения расхода :

$$\gamma = \frac{F_{\text{изм. ср}} - F_{\text{дейст}}}{F}, \quad (29)$$

где  $F_{\text{изм. ср}}$  – среднее значение измерений по показаниям измерителя;

$F_{\text{дейст}}$  - значение расхода, выбранного из таблицы 14;

$F$  – верхний предел измерений.

Аналогично провести поверку при давлении, указанном в таблице, и рассчитать приведенную погрешность измерения.

Таблица 14

Давление сжатого воздуха, Па	№0 Расход картерных газов (1,5...75)л/мин	№1 Расход картерных газов (3...150), л/мин
0,18	1	3
50	22	50
100	32	70
200	45	99
300	55	122
450	-	149

Приведенная погрешность измерения расхода картерных газов не должна превышать  $\pm 1,5\%$ .

## 8 Оформление результатов поверки Системы

- При положительных результатах поверки ИК Системы «ИС-ДВС-1» оформляется свидетельство о поверке в соответствии с приложением 2.

- При отрицательных результатах поверки ИК Система «ИС-ДВС-1» не допускается к проведению испытаний, о чем делается запись в паспорте стенда и оформляется извещение о непригодности ИК к применению в соответствии с приложением 2.

- После устранения причин повышенной погрешности ИК проводится повторная поверка в соответствии с требованиями настоящей методики.

Главный метролог

ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»

Б.И. Минеев

Начальник отдела

ФГУП «ВНИИМС»

В.Н. Назаров

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ  
ИМ. П.И. БАРАНОВА»**

**СВИДЕТЕЛЬСТВО  
О ПОВЕРКЕ № \_\_\_\_\_**

Действительно до  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г.

Средство измерения \_\_\_\_\_  
(наименование, тип, серия и номер клейма предыдущей поверки, если такие номер и серия имеются)

заводской номер \_\_\_\_\_

принадлежа-  
щее \_\_\_\_\_  
наименование юридического (физического) лица, ИНН

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано  
пригодным к применению

Поверительное клеймо

Главный метролог	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия

Поверитель	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_ г.

**ИЗВЕЩЕНИЕ**  
**о непригодности к применению № \_\_\_\_\_**

Средство измерения \_\_\_\_\_  
наименование, тип

Заводской номер

Принадлежащее

наименование юридического (физического) лица

поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано непригодным к применению в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора.

Причина непригодности \_\_\_\_\_

Главный метролог

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

Ф.И.О.

Поверитель

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

Ф.И.О.