

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ
«ГНМЦ» Минобороны России



В.В. Швыдун

03

2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

**СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ВЕРТОЛЕТНОГО РЕДУКТОРА ВР-252
«РЕДУКТОР-3»**

**Методика поверки
АЭ2-659.09.00 МП**

2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение	3
2 Операции поверки	9
3 Средства поверки	10
4 Требования безопасности	13
5 Условия поверки	14
6 Подготовка к поверке	15
7 Проведение поверки	17
8 Обработка результатов измерений	27
9 Оформление результатов поверки	39
Приложение А.1. Функциональные схемы поверки ИК температуры	29
Приложение А.2. Функциональная схема поверки ИК давления	41
Приложение А.3. Функциональная схема поверки ИК частоты вращения	42
Приложение А.4. Функциональная схема поверки ИК объемного расхода жидкости	43
Приложение А.5. Функциональная схема поверки ИК крутящего момента силы	44
Приложение А.6. Функциональные схемы поверки ИК напряжения и силы переменного электрического тока	45
Приложение А.7. Функциональная схема поверки таймера системы	46
Приложение Б.1. Форма протокола поверки ИК температуры	47
Приложение Б.2. Форма протокола поверки ИК давления	51
Приложение Б.3. Форма протокола поверки ИК частоты вращения	55
Приложение Б.4. Форма протокола поверки ИК расхода жидкости	59
Приложение Б.5. Форма протокола поверки ИК крутящего момента силы	63
Приложение Б.6. Форма протокола поверки ИК напряжения и силы переменного электрического тока	67
Приложение Б.7. Форма протокола поверки ИК мощности в цепи переменного электрического тока	72
Приложение Б.8. Форма протокола поверки таймера системы	73

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящая методика устанавливает порядок проведения и оформления результатов поверки измерительных каналов (ИК) системы измерительной испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252 «Редуктор-3» (в дальнейшем изложении – система).

1.2 Интервал между поверками – 1 год. Допускается проведение поверки отдельных измерительных каналов системы.

1.3 Перечень ИК системы, подвергаемых поверке, диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности измерений при доверительной вероятности $P = 0,95$ приведены в таблицах 1.1...1.6 и в п. 1.4.

Таблица 1.1. Перечень ИК температуры, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений, °С	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений, °С
1 Температура масла в поддоне редуктора	0 до 100	±2
2 Температура масла на входе в редуктор	0 до 115	±1
3 Температура масла на выходе из редуктора	0 до 115	±1
4 Температура (резервный канал)	0 до 115	±1

Таблица 1.2. Перечень ИК давления, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу измерений (ВП) погрешности измерений, %
1 Давление масла на входе в редуктор	от 0 до 785 кПа (от 0 до 8 кгс/см ²)	±1,0
2 Давление масла в нагнетающей магистрали редуктора	от 0 до 588 кПа (от 0 до 6 кгс/см ²)	±1,0
3 Давление жидкости за насосом основной гидросистемы	от 0 до 7,85 МПа (от 0 до 80 кгс/см ²)	±2,0
4 Давление жидкости за насосом дублирующей гидросистемы	от 0 до 7,85 МПа (от 0 до 80 кгс/см ²)	±2,0

Таблица 1.3 Перечень ИК частоты вращения, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений, об/мин	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
1 Частота вращения левого приводного электродвигателя	от 0 до 3500	±0,2
2 Частота вращения правого приводного электродвигателя	от 0 до 3500	±0,2

Таблица 1.3 (продолжение)

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений, об/мин	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
3 Частота вращения левого тормозного генератора	от 0 до 3500	±0,2
4 Частота вращения правого тормозного генератора	от 0 до 3500	±0,2

Таблица 1.4. Перечень ИК расхода жидкости, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений, л/мин	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
1 Расход масла при прокачке через редуктор	от 105 до 130	±2,5

Таблица 1.5. Перечень ИК крутящего момента силы, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений, Н·м (кгс·м)	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
1 Крутящий момент силы на валу левого приводного электродвигателя	от 0 до 6865 (от 0 до 700)	±1,0
2 Крутящий момент силы на валу правого приводного электродвигателя	от 0 до 6865 (от 0 до 700)	±1,0
3 Крутящий момент силы на валу левого тормозного генератора	от 0 до 6865 (от 0 до 700)	±1,0
4 Крутящий момент силы на валу правого тормозного генератора	от 0 до 6865 (от 0 до 700)	±1,0

Таблица 1.6. Перечень ИК напряжения, силы и мощности переменного электрического тока, подвергаемых поверке

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
1 Сигнал линейного напряжения левого тормозного генератора	от 0 до 105 В	±1,5
2 Сигнал линейного напряжения правого тормозного генератора	от 0 до 105 В	±1,5
3 Напряжение на клемме фазы А первого бортового генератора	от 0 до 125 В	±0,5
4 Напряжение на клемме фазы В первого бортового генератора	от 0 до 125 В	±0,5
5 Напряжение на клемме фазы С первого бортового генератора	от 0 до 125 В	±0,5
6 Напряжение на клемме фазы А второго бортового генератора	от 0 до 125 В	±0,5

Таблица 1.6 (продолжение)

Наименование ИК (измеряемый параметр)	Диапазон измерений	Пределы допускаемой приведенной к ВП погрешности измерений, %
7 Напряжение на клемме фазы В второго бортового генератора	от 0 до 125 В	$\pm 0,5$
8 Напряжение на клемме фазы С второго бортового генератора	от 0 до 125 В	$\pm 0,5$
9 Напряжение на клемме фазы А генератора на валу вентилятора	от 0 до 125 В	$\pm 0,5$
10 Напряжение на клемме фазы В генератора на валу вентилятора	от 0 до 125 В	$\pm 0,5$
11 Напряжение на клемме фазы С генератора на валу вентилятора	от 0 до 125 В	$\pm 0,5$
12 Ток нагрузки фазы А первого бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
13 Ток нагрузки фазы В первого бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
14 Ток нагрузки фазы С первого бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
15 Ток нагрузки фазы А второго бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
16 Ток нагрузки фазы В второго бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
17 Ток нагрузки фазы С второго бортового генератора	от 0 до 150 А	$\pm 1,0$
18 Ток нагрузки фазы А генератора на валу вентилятора	от 0 до 160 А	$\pm 1,0$
19 Ток нагрузки фазы В генератора на валу вентилятора	от 0 до 160 А	$\pm 1,0$
20 Ток нагрузки фазы С генератора на валу вентилятора	от 0 до 160 А	$\pm 1,0$
21 *Активная мощность нагрузки первого бортового генератора	от 0 до 56 кВт	$\pm 1,2$
22 *Активная мощность нагрузки второго бортового генератора	от 0 до 56 кВт	$\pm 1,2$
23 *Активная мощность нагрузки генератора на валу вентилятора	от 0 до 60 кВт	$\pm 1,2$

*Активная мощность в трехфазной цепи нагрузки генераторов (P_2) определяется расчетным путем (см. п. 8.6.3.1).

1.4 При поверке ИК интервалов времени (таймера) определяется значение погрешности измерений для интервала времени 600 с, которая должны находиться в пределах $\pm 0,05$ с.

1.5 Перечень метрологических характеристик (МХ), подлежащих определению при поверке ИК, приведен в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Наименование МХ	Условное обозначение
1 Индивидуальная функция преобразования (градуировочная характеристика)	$x = a_0 + a_1 \cdot y$
2 Граница суммы неисключенных систематических погрешностей, включающая:	Θ_j
2.1 Оценка систематической составляющей погрешности в j-той контрольной точке	$\bar{\Delta}_{c_j}$
2.2 Вариация в j-той контрольной точке	b_j
2.3 Пределы абсолютной погрешности рабочего эталона (см. раздел 8)	Δ_{c1}
2.4 Пределы абсолютной погрешности первичного преобразователя (только для ИК температуры, частоты вращения, расхода жидкости и силы переменного тока – см. раздел 8)	Δ_{c2}
2.5 Пределы дополнительной абсолютной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающего воздуха (только для ИК давления и крутящего момента силы – см. раздел 8)	Δ_{c2}
3 Оценка СКО случайной составляющей погрешности в j-той контрольной точке	$S_j(\Delta)$
4 Граница абсолютной погрешности в j-той контрольной точке	$\bar{\Delta}_j$
5 Пределы абсолютной погрешности ИК	$\bar{\Delta}$
6 Пределы погрешности ИК, приведенной к верхнему пределу измерений	γ

1.6 Исходными данными для расчета МХ поверяемого ИК являются выходные сигналы ИК, полученные при подаче на его вход эталонных величин x_j , контролируемых по рабочему эталону.

Выходные сигналы ИК, полученные при прямом и обратном ходах приложения эталонных величин в контрольных точках, представляются соответственно в виде массивов чисел y_{jkM} и y_{jkB} ,

где j - индекс номера контрольной точки;

k - индекс номера отсчета в контрольной точке;

γ - индекс номера цикла приложения эталонных величин;

M - индекс прямого хода приложения эталонных величин;

B - индекс обратного хода приложения эталонных величин.

При обработке полученных в процессе поверки ИК результатов измерений определяется индивидуальная функция преобразования, и оцениваются погрешности ИК (абсолютная и приведенная).

1.7 При оценке погрешности ИК температуры применяется поэлементный способ (поверке подвергается часть ИК – без первичного преобразователя температуры).

Погрешность первичного преобразователя температуры учитывается при вычислении границы суммы неисключенных систематических погрешностей ИК (см. п. 8.1.2.7)

1.8 Пределы погрешности используемого в ИК термометра сопротивления и значения его сопротивления, соответствующие значениям температуры в контрольных точках, устанавливаются в соответствии с ГОСТ Р 8.625-2006.

1.9 Термометры сопротивления поверяются отдельно в соответствии с НТД на их поверку.

1.10 При оценке погрешности ИК давления применяется комплектный способ (поверке подвергается весь ИК, включая первичный преобразователь давления).

1.11 При оценке погрешности ИК частоты вращения применяется поэлементный способ (поверке подвергается часть ИК – без датчика частоты вращения). Погрешность датчика частоты вращения учитывается при вычислении границы суммы неисключенных систематических погрешностей ИК (см. п. 8.3.2.7).

1.12 Датчик частоты вращения поверяется отдельно в соответствии с НТД на его поверку.

1.13 При градуировке ИК частоты вращения определяется индивидуальная функция преобразования для измерения частоты сигнала датчика частоты вращения (f , Гц).

Далее, при выполнении измерений, частота вращения n (мин^{-1}) определяется с использованием известного соотношения:

$$n = K_d \cdot f, \text{ об/мин}, \quad (1.1)$$

где K_d – постоянный коэффициент передачи датчика частоты вращения.

Коэффициент передачи датчика частоты вращения учитывает передаточное отношение между валом, частота вращения которого измеряется, и валом индуктора датчика, а также число зубьев индуктора (число импульсов сигнала датчика за один оборот вала индуктора).

1.14 Из формулы (1.1) следует, что при градуировке ИК частоты вращения максимальное значение частоты сигнала эталонного генератора, соответствующее верхней границе диапазона измерений частоты вращения, определяется с использованием выражения:

$$f = \frac{n}{K_d}, \text{ Гц}. \quad (1.2)$$

1.15 Коэффициенты передачи датчиков для всех ИК частоты вращения имеют следующее значение: $K_d = 1 \text{ об/мин/Гц}$.

1.16 При оценке погрешности ИК расхода жидкости применяется поэлементный способ (поверке подвергается часть ИК – без первичного преобразователя объемного расхода жидкости).

1.17 Первичный преобразователь расхода (датчик) поверяется отдельно в соответствии с НТД на поверку, и его погрешность учитывается при вычислении границы суммы неисключенной систематической погрешности ИК (см. п. 8.4.2.7).

1.18 При градуировке ИК объемного расхода жидкости определяется индивидуальная функция преобразования для измерения частоты f (Гц) сигнала датчика расхода жидкости.

Далее, при выполнении измерений, объемный расход жидкости Q определяется с использованием одного из известных соотношений:

$$Q = 60 \cdot (a + b \cdot f) \text{ л/мин}, \quad (1.3a)$$

или

$$Q = 60 \cdot (a + b \cdot f + c \cdot f^2), \text{ л/мин}, \quad (1.3b)$$

где a , b , c – коэффициенты индивидуальной функции преобразования (л/с) применяемого в составе ИК турбинного преобразователя расхода.

1.19 Из формул (1.3а), (1.3б) следует, что при проверке стабильности градуировочной характеристики ИК объемного расхода жидкости значения частоты сигнала эталонного генератора, соответствующие задаваемым эталонным значениям расхода жидкости, определяются с использованием одного из выражений:

$$f = \frac{\frac{Q}{60} - a}{b}, \text{ Гц (при } c = 0) \quad (1.4a)$$

или

$$f = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot c \cdot (a - \frac{Q}{60})}}{2 \cdot c}, \text{ Гц (при } c \neq 0); \quad (1.4б)$$

1.20 При оценке погрешности ИК крутящего момента силы применяется комплектный способ (поверке подвергается весь ИК, включая первичный преобразователь крутящего момента силы).

1.21 При поверке ИК крутящего момента силы значение эталонной силы нагружения (F , кгс), соответствующей задаваемому эталонному крутящему моменту (M , кгс·м), определяется по формуле:

$$F = \frac{M}{L_p}, \text{ кгс,} \quad (1.5)$$

где $L_p = 1,0$ м – номинальная длина вспомогательного рычага.

1.22 При оценке погрешности ИК напряжения переменного электрического тока применяется комплектный способ (поверке подвергается весь ИК).

1.23 При оценке погрешности ИК силы переменного тока применяется поэлементный способ (поверке подвергается часть ИК – без первичного преобразователя (трансформатора тока)).

1.24 Трансформатор тока поверяется отдельно в соответствии с НТД на поверку, и его погрешность учитывается при вычислении границы суммы неисключенных систематических погрешностей ИК (см. п. 8.6.2.8).

1.25 При поверке ИК силы переменного тока значения эталонных сигналов тока (I_c), задаваемых на входе ИК, рассчитываются по формуле:

$$I_c = \frac{I}{k_{\text{ТТ}}}, \text{ А,} \quad (1.6)$$

где I – эталонное значение измеряемого тока;

$k_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации входящего в состав ИК трансформатора тока.

1.26 Функциональные схемы поверки ИК системы представлены в Приложениях А.1...А.7.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

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

Таблица 2.1

Наименование операции	№ пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Проверка идентификационных данных ПО	7.5	да	да
4 Контроль стабильности градуировочной характеристики ИК	7.3	нет	да
5 Определение индивидуальной функции преобразования (градуировочной характеристики) и погрешности ИК	7.4	да	да

2.2 При проведении поверки таймера системы должны выполняться операции, указанные в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Наименование операции	№ пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
3 Определение абсолютной погрешности измерений интервалов времени	7.4	да	да

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки ИК и таймера системы используются средства измерений и технические средства, приведенные в таблицах 3.1...3.7.

Таблица 3.1. Рабочий эталон для поверки ИК температуры

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.1	Калибратор универсальный 9100Е: диапазоны воспроизведения электрического сопротивления постоянному току: от 0,0000 до 40,0000 Ом, пределы допускаемой погрешности воспроизведения электрического сопротивления постоянному току $\pm(0,00025 R_{\text{вых}} + 10 \text{ мОм})$; от 40,0001 до 400,000 Ом, пределы допускаемой погрешности воспроизведения электрического сопротивления постоянному току $\pm(0,00020 R_{\text{вых}} + 20 \text{ мОм})$

Таблица 3.2. Рабочий эталон для поверки ИК давления

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.2	Калибратор давления портативный Метран-501-ПКД-Р с измерительными модулями давления: М0,16Д, диапазоны измерений давления: от 0 до 0,16; от 0 до 0,10; от 0 до 0,06; от 0 до 0,04 МПа, пределы допускаемой приведенной (к ВП) погрешности измерений давления $\pm 0,05 \%$; М1Д, диапазоны измерений давления: от 0 до 1,0; от 0 до 0,6; от 0 до 0,4; от 0 до 0,25 МПа, пределы допускаемой приведенной (к ВП) погрешности измерений давления $\pm 0,05 \%$; М10, диапазоны измерений давления: от 0 до 10; от 0 до 6 МПа, от 0 до 4 МПа, пределы допускаемой приведенной (к ВП) погрешности измерений давления $\pm 0,05 \%$;

Таблица 3.3. Рабочий эталон для поверки ИК частоты вращения и расхода жидкости

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.3, 7.4.4	Калибратор универсальный 9100Е, диапазон воспроизведения частоты электрического сигнала от 0,5 Гц до 10 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения частоты электрического сигнала $\pm 10^{-4} \%$

Таблица 3.4. Рабочий эталон для поверки ИК крутящего момента силы

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.5	Динамометр растяжения электронный АЦДР-10/1И-1, диапазон измерений от 1 до 10 кН, пределы допускаемой относительной суммарной погрешности измерений $\pm 0,24\%$, ц. д. 0,001 кН

Таблица 3.5. Рабочий эталон для поверки ИК напряжения и силы переменного электрического тока

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.6	<p>Калибратор универсальный 9100E,</p> <p>диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> - от 03,2001 до 32,0000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока $\pm(0,0004 U_{\text{вых}} + 1,92 \text{ мВ})$ в полосе частот от 10 Гц до 3 кГц; - от 32,001 до 105,000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока $\pm(0,0004 U_{\text{вых}} + 6,3 \text{ мВ})$ в полосе частот от 10 Гц до 3 кГц; - от 105,001 до 320,000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока $\pm(0,0005 U_{\text{вых}} + 19,2 \text{ мВ})$ в полосе частот от 100 Гц до 1 кГц; <p>диапазоны воспроизведения силы переменного тока:</p> <ul style="list-style-type: none"> - от 32,001 до 320,000 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока $\pm(0,0008 I_{\text{вых}} + 32 \text{ мкА})$ в полосе частот от 10 Гц до 3 кГц; - от 0,32001 до 3,20000 А, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения силы переменного тока $\pm(0,001 I_{\text{вых}} + 480 \text{ мкА})$ в полосе частот от 10 Гц до 3 кГц

Таблица 3.6. Рабочий эталон для поверки таймера системы

Номер пункта методики поверки	Наименование рабочего эталона, номер документа, регламентирующего технические требования к рабочему эталону. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
7.2, 7.3, 7.4.7	Частотомер универсальный CNT-90: диапазон измерений длительности импульсов от 1,6 нс до 10^6 с, пределы допускаемой относительной погрешности внутреннего кварцевого генератора $\pm 5 \cdot 10^{-6}$

Таблица 3.7. Вспомогательные средства, используемые при поверке ИК и таймера системы

Номер пункта методики поверки	Наименование вспомогательных средств поверки, номер документа, регламентирующего технические требования к вспомогательным средствам. Разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
	<i>Вспомогательные средства для поверки всех ИК и таймера системы</i>
5.1	Термогигрометр CENTER, мод.315, диапазон измерений температуры: от минус 20 до 60 °С, пределы абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,8$ °С, диапазон измерения относительной влажности: от 0 до 100 %, пределы абсолютной погрешности измерения влажности ± 3 %. Барометр-анероид метеорологический БАММ-1, диапазон измерений абсолютного давления атмосферы от 60 до 120 кПа, цена деления 1 кПа
	<i>Вспомогательные средства, применяемые только для поверки ИК давления</i>
7.2, 7.3, 7.4.2	Насос ручной пневматический Н-2,5М: диапазон задания давления от 0 до 2,5 МПа Пресс ручной гидравлический П-25: диапазон задания давления от 0 до 25 МПа
	<i>Вспомогательные средства, применяемые только для поверки ИК крутящего момента силы</i>
7.2, 7.3, 7.4.5	Устройство нагружения Т6368-0932, до 1200 кгс Рычаг вспомогательный Т6368-0921.030.00 (в составе устройства нагружения), общая длина плеча $L = 1000 \pm 0,2$ мм

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

3.3 При поверке должны использоваться средства измерений утвержденных типов.

3.4 Используемые при поверке рабочие эталоны должны быть поверены и иметь действующее свидетельство о поверке.

3.5 Вспомогательные средства измерений должны быть поверены и иметь действующее свидетельство о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

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

4.2 Любые подключения приборов производить только при отключенном напряжении питания системы.

4.3 К поверке допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации системы, знающие принцип действия используемых средств измерений и прошедшие инструктаж по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке.

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

5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

5.1 Условия окружающей среды:

5.1.1 Температура окружающего воздуха, °С (К):

- в испытательном боксе от 10 до 30
(от 283 до 303);
- в кабине наблюдения от 15 до 25
(от 288 до 298);

5.1.2 Относительная влажность воздуха, % не более 80;

5.1.3 Атмосферное давление, мм рт. ст. (кПа) от 730 до 785 (от 97,3 до 104,6).

5.2 Напряжение питания однофазной сети переменного тока при частоте (50 ± 2) Гц, В..... от 198 до 242.

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

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Проверить наличие свидетельства о поверке рабочих эталонов.

6.2 Проверить целостность электрических цепей ИК.

6.3 При поверке ИК температуры:

- отсоединить электрический кабель из состава поверяемого ИК от термометра сопротивления, входящего в состав ИК, и подключить к этому кабелю калибратор универсальный 9100Е (для задания эталонных значений сопротивления на входе ИК – см. схему на рисунке А.1.1 в Приложении А.1).

6.4 При поверке ИК давления:

- соединить измерительный модуль давления из состава калибратора давления «Метран-501-ПКД-Р» (рабочий эталон) с источником давления и с электронным блоком калибратора давления (в соответствии со схемой, приведенной в руководстве по эксплуатации калибратора давления).

Примечание – Тип измерительного модуля давления и тип источника давления (насос, пресс) выбираются в соответствии с рекомендациями, изложенными в руководстве по эксплуатации калибратора давления «Метран-501-ПКД-Р», в зависимости от диапазона измерений поверяемого ИК давления.

- соединить датчик давления из состава поверяемого ИК с источником давления, подключенным к калибратору давления (см. схему на рисунке А.2.1 в Приложении А.2).

6.5 При поверке ИК частоты вращения:

- отсоединить провода электрического кабеля, подключенного к датчику частоты вращения поверяемого ИК, от соответствующих клемм в шкафу № 1 измерительной системы, и подключить к этим клеммам калибратор универсальный 9100Е (для задания на входе ИК эталонных значений частоты прямоугольных импульсов положительной полярности с амплитудой 5 В – см. схему на рисунке А.3.1 в Приложении А.3).

6.6 При поверке ИК расхода жидкости:

- отсоединить электрический кабель из состава поверяемого ИК от турбинного преобразователя расхода, входящего в состав ИК, и подключают к этому кабелю калибратор универсальный 9100Е (для задания на входе ИК эталонных значений частоты синусоидального электрического сигнала с напряжением 50 ± 10 мВ – см. схему на рисунке А.4.1 в Приложении А.4).

6.7 При поверке ИК крутящего момента силы:

- соединить входящий в состав ИК датчик крутящего момента и силоизмерительный датчик динамометра АЦДР-10/1И-1 (рабочего эталона) с устройством нагружения (согласно чертежу устройства);

- соединить силоизмерительный датчик динамометра АЦДР-10/1И-1 с его вторичным измерительным преобразователем (в соответствии с руководством по эксплуатации динамометра);

- уравновесить на опоре рычаг устройства нагружения – с помощью груза поз. 4 (см. рисунок А.5.1 в Приложении А.5);

6.8 При поверке ИК напряжения переменного электрического тока:

- отсоединить провода, соединяющие вход датчика напряжения (из состава поверяемого ИК напряжения) с электрической цепью, в которой измеряется напряжение, и

соединить вход датчика напряжения с калибратором универсальным 9100Е (для задания эталонных значений напряжения переменного тока на входе ИК – см. схему на рисунке А.6.1 в Приложении А.6).

6.9 При поверке ИК силы переменного электрического тока:

- отсоединить провода, соединяющие вход датчика тока с трансформатором тока (из состава поверяемого ИК тока), и соединить вход датчика тока с калибратором универсальным 9100Е (для задания эталонных сигналов силы переменного тока на входе ИК – см. схему на рисунке А.6.2 в Приложении А.6).

6.10 При поверке таймера системы:

- подключить с помощью специального кабеля к клеммам «Импульс» шкафа №1 измерительных преобразователей вход эталонного частотомера CNT-90 (далее по тексту – эталонный таймер), используемого в режиме измерения длительности импульсов (см. схему на рисунке А.7.1 в Приложении А.7).

6.11 Подготовить рабочие эталоны к использованию по назначению в соответствии с их руководствами по эксплуатации.

6.12 Включить питание измерительных преобразователей и аппаратуры системы.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре необходимо убедиться, что все входящие в ИК компоненты не имеют внешних повреждений, которые могут влиять на работу.

7.1.2 Результаты осмотра считать удовлетворительными, если отсутствуют внешние повреждения.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование ИК системы

7.2.1.1 Включить питание системы и запустить ее программное обеспечение (ПО).

7.2.1.2 Выбрать на экране пункт меню «Поверка и градуировка изм. каналов» и в появившемся окне выбрать вкладку, соответствующую типу поверяемого ИК:

- Температура;
- Давление;
- Частота вращения;
- Расход;
- Крутящий момент силы;
- Сила и Напряжение переменного тока.

7.2.1.3 Выбрать из списка на вкладке наименование поверяемого ИК.

7.2.1.4 Для опробования ИК подать на его вход с помощью рабочего эталона значения сигналов, соответствующие нижнему и верхнему пределам измерений ИК, и, наблюдая изменение показаний выходного сигнала на экране монитора, убедиться в работоспособности ИК.

7.2.1.5 Результаты опробования считать удовлетворительными, если сигнал на выходе ИК изменяется при изменении сигнала на его входе.

Примечания

1 При поверке ИК температуры, использующего в своем составе термометр сопротивления, устанавливаемые на входе ИК с помощью рабочего эталона значения сопротивления, соответствующие эталонным значениям температуры, определяются по таблице НСХ термометра сопротивления, входящего в состав ИК (см. ГОСТ Р 8.625-2006).

2 При поверке ИК частоты вращения устанавливаемые на входе ИК с помощью рабочего эталона значения частоты сигналов, соответствующие эталонным значениям частоты вращения, рассчитать по формуле 1.2 (см. раздел 1).

3 При поверке ИК расхода жидкости, устанавливаемые на входе ИК с помощью рабочего эталона значения частоты сигналов, соответствующие эталонным значениям расхода, рассчитать по формуле: 1.4а, 1.4б.

4 При поверке ИК крутящего момента силы эталонные значения силы, прикладываемые на входе ИК с помощью устройства нагружения и эталонного динамометра, рассчитать по формуле 1.5.

5 При поверке ИК силы переменного электрического тока, устанавливаемые на входе ИК с помощью рабочего эталона значения сигналов, соответствующие эталонным значениям силы тока, рассчитать по формуле 1.6.

7.2.2 Опробование таймера системы

7.2.2.1 Выбрать на экране пункт меню «Поверка измерительных каналов» и в появившемся окне выбрать вкладку «Таймер системы».

7.2.2.2 Установить в окне «Заданный интервал времени» на экране монитора значение 600 с.

7.2.2.3 Запустить таймер системы нажатием клавиши «Пуск» на экране монитора. При этом таймер должен начать отсчет времени с отображением показаний на экране монитора.

7.2.2.4 Остановить таймер нажатием клавиши «Стоп» на экране монитора до окончания заданного интервала времени 600 с. При этом таймер должен остановить отсчет времени, и на экране монитора должно зафиксироваться значение измеренного интервала времени.

7.2.2.5 Нажать клавишу «Сброс» на экране монитора. При этом на экране монитора должно установиться число «0».

7.2.2.6 Снова запустить таймер системы (см. п. 7.2.2.3) и дождаться окончания отсчета заданного интервала времени (600 с), после чего таймер должен остановиться.

7.2.2.7 Произвести сброс показаний таймера (см. п. 7.2.2.5).

Примечание – Одновременно с пуском таймером системы на вход эталонного таймера, работающего в режиме измерения длительности импульсов, поступает передний фронт измеряемого положительного импульса. В момент останова таймера системы заканчивается положительный импульс на входе эталонного таймера, и на дисплее эталонного таймера отображается измеренная длительность этого импульса.

7.2.2.8 Результаты опробования считать удовлетворительными, если выполняется одновременный отсчет заданного интервала времени эталонным таймером и таймером системы.

7.3 Контроль стабильности градуировочных характеристик ИК (выполняется при периодической поверке)

7.3.1 Контроль стабильности градуировочной характеристики выполнять при периодической поверке до начала определения обновленной градуировочной характеристики.

7.3.2 Операцию определения обновленной градуировочной характеристики и погрешности ИК проводить только при положительных результатах контроля стабильности. В противном случае выявить причины нестабильности и устранить их.

7.3.3 Контроль стабильности градуировочной характеристики ИК выполнять путем сравнения показаний измеряемой величины на экране монитора с задаваемыми эталонными значениями этой величины.

7.3.4 Для контроля стабильности градуировочной характеристики подать на вход в поверяемый ИК от рабочего эталона последовательно 5 значений эталонного сигнала в заданном диапазоне измерений при прямом ходе и 5 значений – при обратном ходе и записать в протокол показания измеряемой величины на экране монитора, соответствующие задаваемым эталонным значениям.

7.3.4 Результаты контроля считать удовлетворительными, если выполняются критерии стабильности градуировочной характеристики ИК (см. раздел 8).

7.4 Определение индивидуальных функций преобразования (градуировочных характеристик) и погрешности ИК

7.4.1 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК температуры

7.4.1.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.1.2 В последовательно открывающихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;
- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;
- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки, диапазон воспроизведения сопротивления постоянному току, погрешность или класс точности;

- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона Δ_{C1} (рассчитать в соответствии с п. 8.1.2.7);

- Сведения о применяемом в составе ИК первичном преобразователе: тип термометра сопротивления, класс допуска, номинальное сопротивление R_0 , значение температурного коэффициента α ;

- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, °С;

- Значения эталонных сигналов, которые будут подаваться на вход ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечания

1 Выбранные значения эталонных сигналов сопротивления должны перекрывать весь диапазон измерений ИК (в соответствии с таблицами НСХ термометров сопротивления – из ГОСТ Р 8.625-2006).

2 Значения эталонных сигналов должны быть равномерно распределены во всем выбранном диапазоне.

7.4.1.3 Установить на входе в ИК последовательно не менее 5-ти значений эталонного сигнала сопротивления x_j при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти значений – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.1.2), где j - номер контрольной точки;

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m измерений эталонного сигнала сопротивления. Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз.

В результате в памяти контроллера сохраняются массивы измеренных значений сигналов сопротивления, Ом: $y_{jk\gamma}, y_{jk\beta}$ ($\gamma = 1, 2, \dots, l$; $k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5$, $m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3$; $m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.1.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

3 Градуировка ИК, использующих термометры сопротивления, выполняется для измерения электрического сопротивления (Ом). В дальнейшем, при выполнении измерений температуры, измеренное сопротивление термометра автоматически преобразуется в значение измеряемой температуры с использованием таблицы НСХ термометра из ГОСТ Р 8.625-2006, внесенной в память контроллера.

7.4.2 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК давления

7.4.2.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.2.2 В последовательно появляющихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;

- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;

- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки; диапазон измерения, погрешность;

- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона Δ_{C1} (рассчитать в соответствии с п. 8.2.2.7);

- Предел дополнительной абсолютной погрешности Δ_{C2} , вызванной влиянием температуры окружающего воздуха на датчик давления (в единицах измерения давления, кгс/см² – рассчитать в соответствии с п. 8.2.2.7);
- Сведения о применяемом в составе ИК датчике давления: тип, заводской номер;
- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, кгс/см²;
- Значения эталонного давления, которое будет подаваться на вход ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечание – Значения эталонного давления должны быть равномерно распределены во всем заданном диапазоне измерений ИК.

7.4.2.3 Приложить к датчику давления (с помощью источника давления и калибратора давления) последовательно не менее 5-ти значений эталонного давления x_j при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти значений – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.2.2), где j - номер контрольной точки.

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m измерений тока сигнала датчика давления, соответствующего установленному эталонному значению давления. Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз. В результате в памяти контроллера сохраняются массивы измеренных значений тока сигналов, $A: y_{jk\gamma}, y_{j\gamma k}$ ($\gamma = 1, 2, \dots, l; k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5, m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3; m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.2.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

7.4.3 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК частоты вращения

7.4.3.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.3.2 В последовательно появляющихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;
- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;
- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки; диапазон установки частоты сигнала, погрешность или класс точности;
- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона Δ_{C1} , выраженной в единицах измерения частоты вращения – об/мин (рассчитать в соответствии с п. 8.3.2.7);
- Предел абсолютной погрешности применяемого в составе ИК датчика частоты вращения Δ_{C2} , выраженной в единицах измерения частоты вращения – об/мин (рассчитать в соответствии с п. 8.3.2.7);
- Значение постоянного коэффициента передачи датчика частоты вращения для поверяемого ИК (см. раздел 1);
- Сведения о применяемом в составе ИК датчике частоты вращения: тип, относительная погрешность, %;
- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, об/мин;

- Значения частоты эталонных сигналов, которые будут подаваться на вход ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечания

1 Верхний предел частоты эталонных сигналов должен быть не менее значения, рассчитанного по формуле 1.2 (см. раздел 1) для верхнего предела измерений частоты вращения.

2 Значения частоты эталонных сигналов должны быть равномерно распределены во всем выбранном диапазоне.

7.4.3.3 Установить на входе в ИК с помощью калибратора универсального 9100E последовательно не менее 5-ти значений частоты эталонного сигнала x_j при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти значений – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.3.2), где j - номер контрольной точки.

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m измерений частоты эталонного сигнала, преобразованной в сигнал напряжения (В). Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз. В результате в памяти контроллера сохраняются массивы измеренных значений напряжения сигналов, В: $y_{j\gamma M}, y_{j\gamma B}$ ($\gamma = 1, 2, \dots, l$; $k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5, m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3; m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.3.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

3 Градуировка ИК частоты вращения выполняется для измерения частоты сигнала датчика. В дальнейшем, при измерениях частоты вращения, измеренное значение частоты сигнала датчика f автоматически умножается на коэффициент передачи датчика K_d (см. раздел 1).

7.4.4 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК расхода жидкости

7.4.4.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.4.2 В последовательно появляющихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;
- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;
- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки; диапазон установки частоты сигнала, погрешность или класс точности;
- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона Δ_{C1} , выраженной в единицах измерения расхода жидкости – л/мин (рассчитать в соответствии с п. 8.4.2.7);
- Предел абсолютной погрешности применяемого в составе ИК датчика расхода Δ_{C2} , выраженной в единицах измерения расхода жидкости – л/мин (рассчитать в соответствии с п. 8.4.2.7);
- Сведения о применяемом в составе ИК датчике расхода: тип, заводской номер, коэффициенты a, b, c индивидуальной функции преобразования, погрешность, % - относительная (от ИВ), или приведенная к верхнему пределу измерений датчика (от ВПИ);
- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, л/мин;

- Значения частоты эталонных сигналов, которые будут подаваться на вход ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечания

1 Верхний предел частоты эталонных сигналов ($f_{вп}$) должен быть не менее верхнего предела частоты сигнала турбинного датчика расхода типа ТПР: $f_{вп} \geq 500$ Гц.

2 Значения эталонных сигналов должны быть равномерно распределены во всем выбранном диапазоне.

7.4.4.3 Установить на входе в ИК с помощью калибратора универсального 9100E последовательно не менее 5-ти значений частоты эталонного сигнала x_j при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти значений – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.4.2), где j - номер контрольной точки.

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m измерений частоты эталонного сигнала, преобразованной в сигнал напряжения (В). Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз. В результате в памяти контроллера сохраняются массивы измеренных значений напряжения сигналов, В: $y_{jkm}, y_{jk\bar{k}}$ ($\gamma = 1, 2, \dots, l; k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5, m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3; m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.4.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

3 При градуировке ИК объемного расхода жидкости определяется индивидуальная функция преобразования для измерения частоты f (Гц) сигнала датчика расхода жидкости. В дальнейшем, при измерениях расхода, объемный расход жидкости Q рассчитывается автоматически - с использованием измеренного значения частоты сигнала и коэффициентов индивидуальной функции преобразования применяемого в составе ИК датчика расхода, по формулам, приведенным в разделе 1.

7.4.5 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК крутящего момента силы

7.4.5.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.5.2 В последовательно появляющихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;
- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;
- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки; диапазон измерений, погрешность или класс точности;
- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона с вспомогательным рычагом $\Delta_{с1}$, выраженной в единицах измерения крутящего момента – кгс·м (рассчитать в соответствии с п. 8.5.2.7);
- Предел дополнительной абсолютной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха $\Delta_{с2}$, (в единицах измерения крутящего момента, кгс·м – рассчитать в соответствии с п. 8.5.2.7);
- Сведения о применяемом в составе ИК первичном преобразователе: тип и заводской номер датчика крутящего момента;

- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, кгс·м;
- Значения эталонного крутящего момента, которые будут задаваться на входе ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечание – Значения эталонного крутящего момента должны быть равномерно распределены во всем диапазоне измерений ИК.

7.4.5.3 Приложить на входе ИК с помощью устройства нагружения со вспомогательным рычагом и эталонного динамометра последовательно не менее 5-ти ступеней эталонного крутящего момента x_j при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти ступеней – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.5.2),

где j - номер ступени (контрольной точки).

Примечания

1 Нагружения и разгрузки должны быть плавными, без ударов и толчков.

2 Подход к измеряемому значению должен осуществляться медленно с одной стороны, соответствующей ходу градуировочной характеристики, при этом перемена знака приращения нагрузки не допускается.

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m измерений частоты сигнала датчика крутящего момента, преобразованной в сигнал напряжения (В), который соответствует установленному эталонному значению крутящего момента. Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз. В результате в памяти контроллера сохраняются массивы измеренных значений напряжения сигналов, В: U_{jkM}, U_{jkB} ($j = 1, 2, \dots, l; k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5, m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3; m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.5.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

7.4.6 Определение градуировочной характеристики и погрешности ИК напряжения и силы переменного электрического тока

7.4.6.1 Нажать на экране клавишу «Начать поверку».

7.4.6.2 В последовательно появляющихся окнах ввести следующую информацию:

- Вид поверки: первичная или периодическая;
- Условия окружающей среды: температура и влажность воздуха, атмосферное давление;
- Сведения о применяемом при поверке ИК рабочем эталоне: наименование, срок очередной поверки; диапазон измерений, погрешность или класс точности;
- Предел абсолютной погрешности рабочего эталона Δ_{C1} – калибратора универсального 9100E, выраженной в единицах измерения силы тока – для ИК тока или в единицах измерения напряжения – для ИК напряжения (рассчитать в соответствии с п. 8.6.2.8);
- Предел абсолютной погрешности первичного преобразователя Δ_{C2} – трансформатора тока (рассчитать в соответствии с п. 8.6.2.8 – только для ИК тока);
- Сведения о применяемом в составе ИК тока трансформаторе тока: тип, отношение первичного тока к вторичному (I_1/I_2), относительная погрешность (%);

- Значение верхнего предела измерений (ВП) поверяемого ИК, В (А);
- Значения эталонных сигналов, которые будут подаваться на вход ИК в контрольных точках (не менее 5-ти точек).

Примечания

1 Значения эталонных сигналов, соответствующие эталонным значениям силы тока (для ИК тока) рассчитать по формуле 1.6 (см. раздел 1).

2 Значения эталонных сигналов должны быть равномерно распределены во всем заданном диапазоне измерений ИК.

7.4.6.3 Установить на входе в ИК с помощью калибратора универсального 9100E последовательно не менее 5-ти значений действующего значения эталонного сигнала силы тока – для ИК тока (или эталонного напряжения – для ИК напряжения) x_j , при прямом ходе и, соответственно, не менее 5-ти значений – при обратном ходе (в соответствии с выбранными значениями в контрольных точках – см. п. 7.4.6.2),

где j - номер контрольной точки.

Для заданного действующего значения эталонного сигнала переменного тока (напряжения) в контрольной точке выполнить n измерений мгновенных значений сигнала за промежуток времени, равный одному периоду колебаний сигнала при заданной частоте опроса канала $f_{изм}$.

Примечания

1 При поверке ИК сигналов линейного напряжения левого и правого тормозного генераторов выбрать частоту эталонных сигналов 50 Гц.

2 При частоте измерений $f_{изм} = 100$ кГц и частоте сигнала напряжения $f_c = 50$ Гц имеем число измерений за один период колебаний сигнала:

$$n = \frac{f_{изм}}{f_c} = \frac{100 \cdot 10^3}{50} = 2000.$$

3 При поверке ИК напряжения и тока нагрузки бортовых генераторов и генератора на валу вентилятора выбрать частоту эталонных сигналов 400 Гц.

4 При частоте измерений $f_{изм} = 100$ кГц и частоте сигнала напряжения (тока) $f_c = 400$ Гц имеем число измерений за один период колебаний сигнала:

$$n = \frac{f_{изм}}{f_c} = \frac{100 \cdot 10^3}{400} = 250.$$

В каждой контрольной точке при прямом и обратном ходе выполнить m таких измерений. Указанный цикл измерений (прямой и обратный ходы) повторить l раз.

В результате в памяти контроллера сохраняются массивы групп из n измеренных мгновенных значений сигналов тока (напряжения) за период: $y_{jk\gamma M}, y_{jk\gamma B}$ ($\gamma = 1, 2, \dots, l$; $k = 1, 2, \dots, m$). При первичной поверке $l \geq 5$, $m \geq 5$; при периодической поверке $l \geq 3$; $m \geq 5$.

Примечания

1 Для выполнения измерений в контрольной точке нажать на экране клавишу «Записать КТ». При этом автоматически выполняется подряд m измерений ($m = 10$) и регистрация результатов измерений.

2 Обработка результатов измерений, полученных при градуировке и поверке ИК, выполняется автоматически в соответствии с п. 8.6.2 настоящей методики.

Для автоматического расчета и сохранения коэффициентов индивидуальной градуировочной характеристики и погрешности ИК после выполнения всех циклов измерений в контрольных точках нажать на экране клавиши «Рассчитать» и «Сохранить».

7.4.7 Определение погрешности таймера системы

7.4.7.1 Произвести сброс на «0» показаний таймера системы нажатием клавиши «Сброс» на экране монитора.

7.4.7.2 Установить в окне «Заданный интервал времени» на экране монитора значение 600 с.

7.4.7.3 Запустить таймер системы нажатием клавиши «Пуск» на экране монитора.

7.4.7.4 По истечении заданного интервала времени таймер системы останавливается, а на дисплей эталонного таймера выводится измеренная длительность импульса, сформированного от момента пуска до момента останова таймера. Записать в таблицу протокола поверки (см. Приложение Б.8) показания таймера системы ($T_{\text{сист}}$) и эталонного таймера ($T_{\text{этал}}$).

7.4.7.5 Повторить действия пунктов 7.4.7.1 ... 7.4.7.4 еще четыре раза.

Примечание – Обработка результатов измерений, полученных при поверке таймера системы, выполняется в соответствии с п. 8.7 настоящей методики.

7.5 Проверка идентификационных данных ПО

7.5.1 Выполнить проверку соответствия следующих заявленных идентификационных данных ПО:

- наименование ПО;
- идентификационное наименование ПО;
- номер версии (идентификационный номер) ПО.

Идентификационные данные (признаки) метрологически значимых компонентов ПО системы измерительной «Редуктор-3» (далее ПО СИ «Редуктор-3») для испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252 представлены в таблицах 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	Измерительная станция 1
Идентификационное наименование ПО	va_hp252_px1_main.rtxe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0.19.01

Таблица 7.2

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Наименование ПО	Измерительная станция 2
Идентификационное наименование ПО	va_hp252_px1_power.rtxe
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.0.19.01

7.5.2 Для определения идентификационных признаков метрологически значимых компонентов ПО СИ «Редуктор-3» выбрать на экране пункт меню «Поверка и градуировка измерительных каналов» и в появившемся окне запустить специальную программу «Идентификация компонентов ПО СИ «Редуктор-3»», нажав клавишу «Идентификация ПО».

После загрузки программы автоматически выполняются определение идентификационных наименования и номера версии метрологически значимых компонентов ПО СИ «Редуктор-3». В результате на экран монитора выводится окно рабочей панели программы. В окне, вид которого представлен на рисунке 1, расположена таблица «Идентификация программного обеспечения», в которой отображается:

- «Наименование компонента» - полное наименование метрологически значимого компонента ПО СИ «Редуктор-3»
- «Идентификационное наименование» - значение идентификационного наименования (исполняемого приложения) метрологически значимого компонента ПО СИ «Редуктор-3»;

- «Версия» - идентификационный номер (номер версии) метрологически значимого компонента ПО СИ «Редуктор-3».

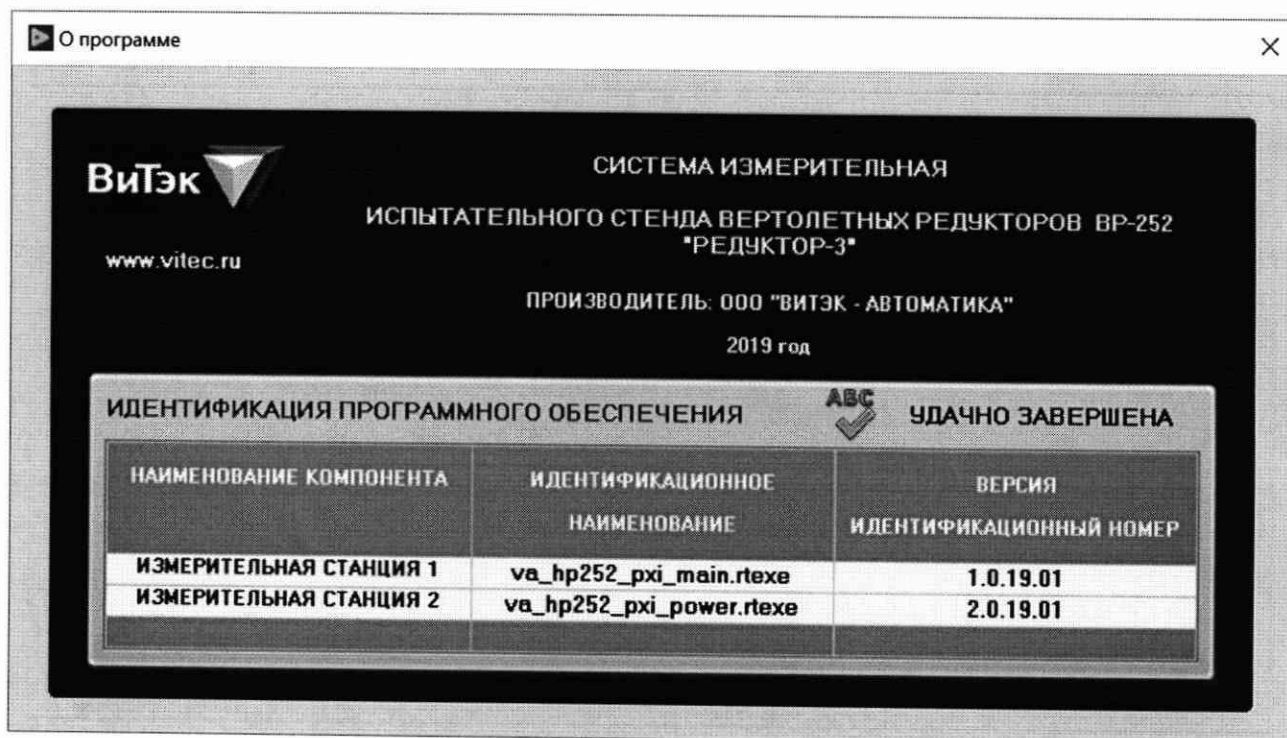


Рисунок 1 - Вид окна рабочей панели программы «Идентификация компонентов ПО СИ «Редуктор-3»»

Результаты проверки идентификационных данных ПО считать положительными, если идентификационное наименование и номер версии ПО соответствуют указанным в документации.

8 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Обработка результатов измерений при поверке ИК температуры

8.1.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (8.1.1a)$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (8.1.1b)$$

где x_j – задаваемые эталонные значения температуры в контрольных точках;

x_{jM} , x_{jB} – выведенные на экран монитора результаты измерений температуры ($^\circ\text{C}$) в контрольных точках при прямом и обратном ходе цикла измерений;

Δ^* - предел допускаемой абсолютной погрешности ИК температуры.

8.1.2 Обработка результатов градуировки ИК

8.1.2.1 Массивы измеренных значений эталонных сигналов (y_{jkM} , $y_{jкB}$) предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов. Провести исключение аномальных результатов наблюдений. При этом использовать критерий оценки аномальности результатов наблюдений при неизвестном генеральном среднем квадратическом отклонении, изложенный в «Справочном пособии для работников метрологических служб» (книга 1, 3-е издание, 1990 г., авторы - Б. Г. Артемьев и С. М. Голубев).

8.1.2.2 Вычислить среднее значение результатов измерений эталонных сигналов в каждой j -той контрольной точке:

$$y_j = \frac{y_{jM} + y_{jB}}{2}, \quad (8.1.2)$$

$$\text{где } y_{jM} = \frac{\sum_k \sum_l y_{jklM}}{l \cdot m} \quad (8.1.3a), \quad y_{jB} = \frac{\sum_k \sum_l y_{jklB}}{l \cdot m} \quad (8.1.3b)$$

8.1.2.3 С использованием средних значений результатов измерений эталонных сигналов в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (градуировочную характеристику):

$$x = a_0 + a_1 \cdot y, \text{ Ом} \quad (8.1.4)$$

8.1.2.4. Вычислить систематическую составляющую абсолютной погрешности измерения в каждой j -той контрольной точке:

$$\bar{\Delta}'_{cj} = |a_0 + a_1 \cdot y_j - x_j|, \text{ Ом}, \quad (8.1.5)$$

где x_j – задаваемое значение эталонного сигнала в j -той контрольной точке, Ом.

Далее вычисленное значение $\bar{\Delta}'_{cj}$ преобразовать по НСХ термометра сопротивления в значение $\bar{\Delta}_{cj}$, выраженное в физических единицах измерения температуры ($^\circ\text{C}$).

8.1.2.5. Вычислить вариацию в каждой j -той контрольной точке:

$$b'_j = |x_{jM} - x_{jB}|, \text{ Ом}, \quad (8.1.6)$$

$$\text{где } x_{jM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jM}, \quad (8.1.7a)$$

$$x_{jB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jB}. \quad (8.1.7b)$$

Далее вычисленное значение b'_j преобразовать по НСХ термометра сопротивления в значение b_j , выраженное в физических единицах измерения температуры ($^\circ\text{C}$).

8.1.2.6 Вычислить оценку среднего квадратического отклонения в каждой j -той контрольной точке:

$$S'_j(\Delta^\circ) = \sqrt{\frac{\sum_{\gamma} \sum_k (x_{jk\gamma M} - x_{jM})^2 + (x_{jk\gamma B} - x_{jB})^2}{2 \cdot l \cdot m - 1}}, \text{ Ом}, \quad (8.1.8)$$

$$\text{где } x_{jk\gamma M} = a_0 + a_1 \cdot y_{jk\gamma M}, \quad (8.1.9a)$$

$$x_{jk\gamma B} = a_0 + a_1 \cdot y_{jk\gamma B}. \quad (8.1.9b)$$

Далее вычисленное значение $S'_j(\Delta^\circ)$ преобразовать по НСХ термометра сопротивления в значение $S_j(\Delta^\circ)$, выраженное в физических единицах измерения температуры ($^\circ\text{C}$).

8.1.2.7 В каждой j -той контрольной точке вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{Cj} + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2 + \Delta^2_{C1} + \Delta^2_{C2j}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (8.1.10)$$

где Δ_{C1} – предел абсолютной погрешности рабочего эталона (калибратора универсального 9100E), выраженный в градусах Цельсия, который принимается постоянным, и определяется следующим образом:

- для максимального значения сопротивления (R_n), устанавливаемого при поверке ИК с помощью калибратора универсального 9100E, рассчитать значение абсолютной погрешности (Δ_x) калибратора (с использованием формулы погрешности, приведенной в руководстве пользователя калибратора):

$$\Delta_x = (R \cdot 0,0002 + 0,02), \text{ Ом}, \quad (8.1.11)$$

где $R = R_n$ – значение устанавливаемого сопротивления, Ом;

- с использованием НСХ термометра сопротивления рассчитать методом линейной интерполяции: значение температуры x_n , соответствующее сопротивлению R_n , и значение температуры x'_n , соответствующее значению сопротивления $R'_n = R_n + \Delta_x$, Ом;

- рассчитать предел погрешности рабочего эталона, выраженный в градусах Цельсия, по формуле:

$$\Delta_{C1} = x'_n - x_n, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8.1.12)$$

Δ_{C2j} – предел погрешности входящего в состав ИК термометра сопротивления, который определяется в каждой контрольной точке следующим образом:

- с использованием НСХ термометра сопротивления определить значение температуры, соответствующее установленному на входе ИК значению эталонного сопротивления;

- с использованием определенного значения температуры рассчитать по формулам, приведенным в ГОСТ Р 8.625-2006 (в зависимости от типа и класса (А, В, С) термометра сопротивления), значение погрешности термометра Δ_{C2j} .

Примечание – Здесь и далее – для ИК всех типов, если в формуле для расчета Θ_j наибольшая составляющая погрешности в десять или более раз превышает каждую из остальных составляющих, то значение Θ_j принимается равным наибольшей составляющей.

8.1.2.8 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j -той контрольной точке следующим образом:

- Определить $K = \frac{\Theta_j}{S_j(\Delta^\circ)}$ (8.1.13)

- Если $K > 8$, то $\bar{\Delta}_j = \Theta_j$ (8.1.14)

- Если $K < 0,8$, то $\bar{\Delta}_j = t \cdot S_j(\Delta^\circ)$ (8.1.15)

- Если $0,8 \leq K \leq 8,0$, то $\bar{\Delta}_j = \sqrt{\frac{\Theta_j^2}{3} + S_j^2(\Delta^\circ)} \cdot \left(\frac{t \cdot S_j(\Delta^\circ) + \Theta_j}{S_j(\Delta^\circ) + \sqrt{\frac{\Theta_j^2}{3}}} \right)$ (8.1.16)

где t - коэффициент Стьюдента, который определяется при доверительной вероятности $P = 0,95$ для $\nu = 2 \cdot l \cdot m - 1$ в соответствии с ГОСТ 8.207-76, Приложение 2.

8.1.2.9 Пределы абсолютной погрешности ИК принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек:

$$\bar{\Delta} = \pm \bar{\Delta}_{j_{\max}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8.1.17)$$

8.2 Обработка результатов измерений при поверке ИК давления

8.2.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики (см. п. 8.1.1).

8.2.2 Обработка результатов градуировки ИК

8.2.2.1 Массивы измеренных значений тока сигналов давления y_{jkM} , $y_{jкБ}$ предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов (см. п. 8.1.2.1).

8.2.2.2 Вычислить по формуле 8.1.2 среднее значение результатов измерений силы тока сигналов давления в каждой j -той контрольной точке.

8.2.2.3 С использованием средних значений результатов измерений силы тока сигналов давления в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (градуировочную характеристику):

$$x = a_0 + a_1 \cdot y, \text{ кгс/см}^2 \quad (8.2.1)$$

8.2.2.4 Вычислить систематическую составляющую абсолютной погрешности измерения $\bar{\Delta}_{cj}$ в каждой j -той контрольной точке:

$$\bar{\Delta}_{cj} = |a_0 + a_1 \cdot y_j - x_j|, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.2)$$

где x_j - задаваемое эталонное значение давления в j -той контрольной точке.

8.2.2.5 Вычислить вариацию b_j в каждой j -той контрольной точке:

$$b_j = |x_{jM} - x_{jБ}|, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.3)$$

где $x_{jM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jM}$, $x_{jБ} = a_0 + a_1 \cdot y_{jБ}$

8.2.2.6 Вычислить оценку среднего квадратического отклонения в каждой j -той контрольной точке:

$$S_j(\Delta^\circ) = \sqrt{\frac{\sum_y \sum_k (x_{jkM} - x_{jM})^2 + (x_{jkБ} - x_{jБ})^2}{2 \cdot l \cdot m - 1}}, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.4)$$

где $x_{jkM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkM}$, $x_{jkБ} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkБ}$

8.2.2.7 Для каждой j -той контрольной точки вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{Cj} + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2 + \Delta^2_{C1} + \Delta^2_{C2}}, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.5)$$

где Δ_{C1} – предел абсолютной погрешности рабочего эталона, выраженной в единицах измерения давления (кгс/см²), который рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C1} = \frac{\gamma_k \cdot P_{ВПК}}{100}, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.6)$$

где γ_k - погрешность калибратора давления, приведенная к верхнему пределу измерений его измерительного модуля избыточного давления или разрежения, %;

$P_{ВПК}$ - верхний предел используемого поддиапазона измерений модуля избыточного давления из состава калибратора давления, кгс/см².

Δ_{C2} - предел дополнительной абсолютной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающего воздуха на датчик давления:

$$\Delta_{C2} = \frac{|T_3 - T_n|}{10} \cdot \gamma_T \cdot \frac{P_{ВПД}}{100}, \text{ кгс/см}^2, \quad (8.2.7)$$

где $P_{ВПД}$, - верхний предел измерения датчика давления, кгс/см²;

γ_T - дополнительная погрешность датчика давления, вызванная изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С, выраженная в процентах от диапазона изменения выходного сигнала (в соответствии с руководством по эксплуатации датчика);

T_n – температура окружающего воздуха в месте установки датчика давления (в боксе испытательного стенда) при проведении поверки ИК;

T_3 – верхний (30 °С) или нижний (10 °С) предел температуры окружающего воздуха в месте установки датчика давления при эксплуатации ИК, наиболее удаленный от T_n .

8.2.2.8 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j -той контрольной точке (см. п. 8.1.2.8).

8.2.2.9 Пределы абсолютной погрешности ИК $\bar{\Delta}$ принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек:

$$\bar{\Delta} = \pm \bar{\Delta}_{j_{\max}}, \text{ кгс/см}^2 \quad (8.2.8)$$

8.2.2.10 Вычислить пределы приведенной погрешности ИК:

$$\gamma = \pm \frac{\bar{\Delta} \cdot 100}{x_n}, \%, \quad (8.2.9)$$

где x_n – верхний предел измерений поверяемого ИК давления, кгс/см².

8.3 Обработка результатов измерений при поверке ИК частоты вращения

8.3.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики (см. п. 8.1.1).

8.3.2 Обработка результатов градуировки ИК

8.3.2.1 Массивы измеренных значений напряжения сигналов y_{jkM} , y_{jkB} предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов (см. п. 8.1.2.1).

8.3.2.2 Вычислить по формуле 8.1.2 среднее значение результатов измерений напряжения сигналов в каждой j -той контрольной точке.

8.3.2.3 С использованием средних значений результатов измерений напряжения сигналов в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (градуировочную характеристику):

$$x = a_0 + a_1 \cdot y, \text{ Гц} \quad (8.3.1)$$

8.3.2.4 Вычислить систематическую составляющую абсолютной погрешности измерения в каждой j -той контрольной точке:

$$\bar{\Delta}'_{cj} = |a_0 + a_1 \cdot y_j - x_j|, \text{ Гц}, \quad (8.3.2)$$

где x_j – задаваемое значение частоты эталонного сигнала в j -той контрольной точке.

Далее вычисленное значение $\bar{\Delta}'_{cj}$ преобразовать по формуле (1.1) в значение $\bar{\Delta}_{cj}$, выраженное в физических единицах измерения частоты вращения (об/мин).

8.3.2.5 Вычислить вариацию в каждой j -той контрольной точке:

$$b'_j = |x_{jM} - x_{jB}|, \text{ Гц}, \quad (8.3.3)$$

где $x_{jM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jM}$, $x_{jB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jB}$

Далее вычисленное значение b'_j преобразовать по формуле (1.1) в значение b_j , выраженное в физических единицах измерения частоты вращения (об/мин).

8.3.2.6 Вычислить оценку среднего квадратического отклонения в каждой j -той контрольной точке:

$$S'_j(\Delta^\circ) = \sqrt{\frac{\sum_r \sum_k (x_{jkM} - x_{jM})^2 + (x_{jkB} - x_{jB})^2}{2 \cdot l \cdot m - 1}}, \text{ Гц}, \quad (8.3.4)$$

где $x_{jkM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkM}$, $x_{jkB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkB}$

Далее вычисленное значение $S'_j(\Delta^\circ)$ преобразовать по формуле (1.1) в значение $S_j(\Delta^\circ)$, выраженное в физических единицах измерения частоты вращения (об/мин).

8.3.2.7 Для каждой j -той контрольной точки вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{Cj} + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2 + \Delta^2_{C1} + \Delta^2_{C2}}, \text{ об/мин}, \quad (8.3.5)$$

где Δ_{C1} – предел абсолютной погрешности рабочего эталона в единицах измерения частоты вращения (мин⁻¹), который принимается постоянным и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C1} = \frac{\delta_k \cdot x_n}{100}, \text{ об/мин}, \quad (8.3.6)$$

где δ_k – относительная погрешность калибратора универсального 9100E – в режиме воспроизведения частоты электрического сигнала, %;

x_n – верхний предел измерений частоты вращения для поверяемого ИК, об/мин;

Δ_{C2} – предел абсолютной погрешности датчика частоты вращения в единицах измерения частоты вращения (об/мин), который принимается постоянным и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C2} = \frac{\delta_o \cdot x_n}{100}, \text{ об/мин}, \quad (8.3.7)$$

где δ_o – относительная погрешность датчика частоты вращения, %;

8.3.2.8 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j-той контрольной точке (см. п. 8.1.2.8).

8.3.2.9 Пределы абсолютной погрешности ИК $\bar{\Delta}$ принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек.

8.3.2.10 Вычислить по формуле 8.2.9 пределы приведенной погрешности ИК (где x_n – верхний предел измерений поверяемого ИК частоты вращения, об/мин).

8.4 Обработка результатов измерений при поверке ИК расхода жидкости

8.4.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики (см. п. 8.1.1).

8.4.2 Обработка результатов градуировки ИК

8.4.2.1 Массивы измеренных значений напряжения сигналов U_{jkM} , U_{jkB} предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов (см. п. 8.1.2.1).

8.4.2.2 Вычислить по формуле 8.1.2 среднее значение результатов измерений напряжения сигналов в каждой j-той контрольной точке.

8.4.2.3 С использованием средних значений результатов измерений напряжения сигналов в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (см. п. 8.3.2.3).

8.4.2.4 Вычислить по формуле 8.3.2 систематическую составляющую абсолютной погрешности измерения в каждой j-той контрольной точке $\bar{\Delta}'_{cj}$.

Далее вычисленное значение $\bar{\Delta}'_{cj}$ преобразовать в значение $\bar{\Delta}_j$, выраженное в физических единицах измерения объемного расхода жидкости (л/мин), по одной из формул:

$$\bar{\Delta}_j = 60 \cdot b \cdot \Delta f_j, \text{ л/мин, (при } c = 0) \quad (8.4.1a)$$

$$\text{или} \\ \bar{\Delta}_j = 60 \cdot [b \cdot \Delta f_j + 2 \cdot c \cdot f_j \cdot \Delta f_j + c \cdot (\Delta f_j)^2], \text{ л/мин (при } c \neq 0), \quad (8.4.1b)$$

где $\Delta f_j = \bar{\Delta}'_{cj}$, Гц;

f_j – задаваемое значение частоты эталонного сигнала в j-той контрольной точке, Гц;

b , c – коэффициенты индивидуальной функции преобразования применяемого в составе ИК преобразователя расхода ($Q = a + b \cdot f + c \cdot f^2$, л/с).

8.4.2.5 Вычислить по формуле 8.3.3 вариацию b'_j в каждой j-той контрольной точке.

Далее вычисленное значение b'_j преобразовать в значение b_j , выраженное в физических единицах измерения объемного расхода жидкости (л/мин), по одной из формул: 8.4.1a или 8.4.1b, где $\Delta f_j = b'_j$, Гц.

8.4.2.6 Вычислить по формуле 8.3.4 оценку среднего квадратического отклонения $S'_j(\Delta^*)$ в каждой j-той контрольной точке.

Далее вычисленное значение $S'_j(\Delta^*)$ преобразовать в значение $S_j(\Delta^*)$, выраженное в физических единицах измерения объемного расхода жидкости (л/мин), по одной из формул: 8.4.1a или 8.4.1b, где $\Delta f_j = b'_j$, Гц.

8.4.2.7 В каждой j-той контрольной точке вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta^2_{Cj} + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2} + \Delta^2_{C1} + \Delta^2_{C2} \text{ , л/мин,} \quad (8.4.2)$$

где Δ_{C1} – предел погрешности рабочего эталона в единицах измерения расхода жидкости, который принимается постоянным и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C1} = \frac{\delta \cdot x_n}{100} \text{ , л/мин,} \quad (8.4.3)$$

где δ - относительная погрешность калибратора универсального 9100E – в режиме воспроизведения частоты электрического сигнала, %;

x_n - верхний предел измерений расхода жидкости для поверяемого ИК, л/мин;

Δ_{C2} - предел абсолютной погрешности первичного преобразователя (датчика) расхода жидкости, который принимается постоянным и рассчитывается по одной из формул:

$$\Delta_{C2} = \frac{\delta_{ДР} \cdot x_n}{100} \text{ , л/мин,} \quad (8.4.4)$$

где $\delta_{ДР}$ - относительная погрешность датчика расхода, %,

$$\Delta_{C2} = \frac{\text{или } \gamma_{ДР} \cdot ВПИ_{ДР}}{100} \cdot 60 \text{ , л/мин,} \quad (8.4.5)$$

где $ВПИ_{ДР}$ - верхний предел измерений датчика расхода, выбранный при его поверке, л/с;

$\gamma_{ДР}$ - погрешность датчика расхода, приведенная к его верхнему пределу измерений, %.

8.4.2.8 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j-той контрольной точке (см. п. 8.1.2.8).

8.4.2.9 Пределы абсолютной погрешности ИК $\bar{\Delta}$ принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек.

8.4.2.10 Вычислить по формуле 8.2.9 пределы приведенной погрешности ИК (где x_n – верхний предел измерений поверяемого ИК расхода жидкости, л/мин).

8.5 Обработка результатов измерений при поверке ИК крутящего момента силы

8.5.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики (см. п. 8.1.1).

8.5.2 Обработка результатов градуировки ИК

8.5.2.1 Массивы измеренных значений напряжения сигналов U_{jkM} , U_{jkB} предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов (см. п. 8.1.2.1).

8.5.2.2 Вычислить среднее значение результатов измерений напряжения сигналов, соответствующих крутящему моменту силы в каждой j-той контрольной точке по формуле 8.1.2.

8.5.2.3 С использованием средних значений результатов измерений напряжения сигналов, соответствующих крутящему моменту силы в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (градуировочную характеристику):

$$x = a_0 + a_1 \cdot y \text{ , кгс·м} \quad (8.5.1)$$

8.5.2.4 Вычислить систематическую составляющую абсолютной погрешности измерения $\bar{\Delta}_{cj}$ в каждой j-той контрольной точке:

$$\bar{\Delta}_{cj} = |a_0 + a_1 \cdot y_j - x_j|, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.2)$$

где x_j – задаваемое эталонное значение крутящего момента силы в j-той контрольной точке, кгс·м.

8.5.2.5 Вычислить вариацию b_j в каждой j-той контрольной точке:

$$b_j = |x_{jM} - x_{jB}|, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.3)$$

где $x_{jM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jM}$, $x_{jB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jB}$

8.5.2.6 Вычислить оценку среднего квадратического отклонения в каждой j-той контрольной точке:

$$S_j(\Delta^\circ) = \sqrt{\frac{\sum_r \sum_k (x_{jkM} - x_{jM})^2 + (x_{jkB} - x_{jB})^2}{2 \cdot l \cdot m - 1}}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.4)$$

где $x_{jkM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkM}$, $x_{jkB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jkB}$

8.5.2.7 Для каждой j-той контрольной точки вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{Cj}^2 + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2 + \Delta_{C1}^2 + \Delta_{C2}^2}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.5)$$

где Δ_{C1} – предел абсолютной погрешности рабочего эталона с вспомогательным рычагом, кгс·м;

Δ_{C2} – предел дополнительной абсолютной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающего воздуха, кгс·м.

Предел абсолютной погрешности рабочего эталона с вспомогательным рычагом (Δ_{C1}) определить по формуле:

$$\Delta_{C1} = \sqrt{\Delta_{C1\delta}^2 + \Delta_{C1p}^2}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.6)$$

где $\Delta_{C1\delta}$ – составляющая погрешности, вызванная погрешностью эталонного динамометра, которая принимается постоянной и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C1\delta} = \frac{\delta_\delta \cdot x_n}{100}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.7)$$

где δ_δ – относительная погрешность эталонного динамометра, %;

x_n – верхний предел измерений поверяемого ИК крутящего момента силы, кгс·м,

Δ_{C1p} – составляющая погрешности, вызванная допустимым отклонением длины вспомогательного рычага устройства нагружения от номинального значения:

$$\Delta_{C1p} = x_n \cdot \frac{\Delta L_p}{L_p} = x_n \cdot \frac{0,0002}{1} = 0,0002 \cdot x_n, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.8)$$

где $L_p = 1$ м – номинальное значение длины вспомогательного рычага;

$\Delta L_p = 0,0002$ м – предельно допустимое отклонение от номинального значения длины вспомогательного рычага (по ТД рычага – измеряется отдельно).

Предел дополнительной абсолютной погрешности, вызванной влиянием температуры окружающего воздуха (Δ_{C2}), принимается постоянным и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C2} = \sqrt{\Delta_{C2PKI}^2 + \Delta_{C2HKI}^2}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.9)$$

где Δ_{C2PKI} - дополнительная погрешность, вызванная влиянием температуры на рабочий коэффициент передачи (РКП) датчика крутящего момента:

$$\Delta_{C2PKI} = \frac{x_n \cdot \delta_{TKI} \cdot 0,1 \cdot \Delta T_{\max}}{100} = \frac{x_n \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot 20}{100} = x_n \cdot 10^{-3}, \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.10)$$

где x_n - верхний предел измерений поверяемого ИК крутящего момента;

$\delta_{TKI} = 0,05 \text{ \%}/10^\circ\text{C}$ - предельно допустимое относительное изменение рабочего коэффициента передачи датчика крутящего момента T10FS-010R, вызванное изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10°C ;

$\Delta T_{\max} = 20^\circ\text{C}$ - максимально возможное отклонение температуры окружающей среды при эксплуатации ИК крутящего момента от температуры при его поверке;

Δ_{C2HKI} - дополнительная погрешность, вызванная влиянием температуры на начальный коэффициент передачи (НКП) датчика крутящего момента:

$$\Delta_{C2HKI} = \frac{M_{\partial n} \cdot \delta_{TKI} \cdot 0,1 \cdot \Delta T_{\max}}{100} = \frac{1000 \cdot 0,05 \cdot 0,1 \cdot 20}{100} = 1 \text{ кгс}\cdot\text{м}, \quad (8.5.11)$$

где $M_{\partial n} = 1000 \text{ кгс}\cdot\text{м}$ - верхний предел измерений датчика крутящего момента T10FS-010R;

$\delta_{TKI} = 0,05 \text{ \%}/10^\circ\text{C}$ - предельно допустимое изменение нулевого показания датчика крутящего момента T10FS-010R относительно верхнего предела измерений, вызванное изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10°C .

8.5.2.8 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j-той контрольной точке (см. п. 8.1.2.8).

8.5.2.9 Пределы абсолютной погрешности ИК $\bar{\Delta}$ принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек.

8.5.2.10 Вычислить по формуле 8.2.9 пределы приведенной погрешности ИК (где x_n - верхний предел измерений поверяемого ИК крутящего момента силы, кгс·м).

8.6 Обработка результатов измерений при поверке ИК напряжения, силы и мощности переменного электрического тока

8.6.1 Обработка результатов контроля стабильности градуировочной характеристики ИК (выполняется при периодической поверке)

Проверить выполнение критериев стабильности градуировочной характеристики (см. п. 8.1.1).

8.6.2 Обработка результатов градуировки ИК напряжения и силы переменного тока

8.6.2.1 Для каждой группы из n мгновенных значений сигналов переменного тока (напряжения) в j-той контрольной точке, измеренных за промежутки времени, равный одному периоду колебаний сигнала, при прямом и обратном ходе цикла градуировки, вычислить действующее значение сигналов:

$$y_{jkM} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y_{i,jkM}^2 dt} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{i,jkM}^2} \quad (8.6.1a)$$

$$y_{jk\gamma\delta} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y_{i\ jk\gamma\delta}^2 dt} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{i\ jk\gamma\delta}^2} \quad (8.6.16)$$

Примечания

1 При частоте измерений $f_{изм} = 100 \cdot 10^3$ Гц и частоте сигнала напряжения $f_c = 50$ Гц, число измерений, выполненных за промежуток времени, равный одному периоду колебаний тока (напряжения) T , составляет: $n = 2000$.

2 При частоте измерений $f_{изм} = 100 \cdot 10^3$ Гц и частоте сигнала тока (напряжения) $f_c = 400$ Гц, число измерений, выполненных за промежуток времени, равный одному периоду колебаний тока (напряжения) T , составляет: $n = 250$.

3 Сигнал на выходе датчика тока имеет размерность напряжения (В).

8.6.2.2 Массивы вычисленных действующих значений сигналов тока (напряжения) в контрольных точках за один период колебаний ($y_{jk\gamma M}$, $y_{jk\gamma B}$) предварительно обработать на предмет устранения грубых промахов (см. п. 8.1.2.1).

8.6.2.3 Вычислить по формуле 8.1.2 среднюю величину действующего значения сигнала тока (напряжения) в каждой j -той контрольной точке.

8.6.2.4 С использованием средних значений сигналов тока (напряжения) в контрольных точках вычислить методом наименьших квадратов индивидуальную функцию преобразования ИК (градуировочную характеристику):

$$x = a_0 + a_1 \cdot y, \text{ А (В)} \quad (8.6.2)$$

8.6.2.5 Вычислить систематическую составляющую абсолютной погрешности измерений силы тока (напряжения) в каждой j -той контрольной точке:

$$\bar{\Delta}_{cj} = |a_0 + a_1 \cdot y_j - x_j|, \text{ А (В)}, \quad (8.6.3)$$

где x_j – эталонное значение тока (напряжения) в j -той контрольной точке.

8.6.2.6 Вычислить вариацию b_j в каждой j -той контрольной точке:

$$b_j = |x_{jM} - x_{jB}|, \text{ А (В)}, \quad (8.6.4)$$

где $x_{jM} = a_0 + a_1 \cdot y_{jM}$, $x_{jB} = a_0 + a_1 \cdot y_{jB}$

8.6.2.7 Вычислить оценку среднего квадратического отклонения тока (напряжения) в каждой j -той контрольной точке:

$$S_j(\Delta^{\circ}) = \sqrt{\frac{\sum_{\gamma} \sum_k (x_{jk\gamma M} - x_{jM})^2 + (x_{jk\gamma B} - x_{jB})^2}{2 \cdot l \cdot m - 1}}, \text{ А (В)}, \quad (8.6.5)$$

где $x_{jk\gamma M} = a_0 + a_1 \cdot y_{jk\gamma M}$, $x_{jk\gamma B} = a_0 + a_1 \cdot y_{jk\gamma B}$

8.6.2.8 В каждой j -той контрольной точке вычислить границу суммы неисключенных систематических погрешностей Θ_j :

а) для ИК тока:

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{c_j}^2 + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2} + \Delta_{c1}^2 + \Delta_{c2}^2, \text{ А}, \quad (8.6.6)$$

где Δ_{c1} – предел абсолютной погрешности ИК тока, вызванной погрешностью рабочего эталона (калибратора универсального 9100Е), который принимается постоянным и определяется следующим образом:

- рассчитать значение сигнала тока на входе ИК (I_{cn}), соответствующее верхнему пределу измерений ИК (x_n):

$$I_{cn} = \frac{x_n}{k_{TT}}, \text{ A}, \quad (8.6.7)$$

где k_{TT} - коэффициент трансформации трансформатора тока, применяемого в качестве первичного преобразователя тока в составе ИК;

- рассчитать (с использованием формулы погрешности, приведенной в руководстве пользователя калибратора универсального 9100E) абсолютную погрешность Δ_I калибратора для воспроизводимой величины, равной значению сигнала I_{cn} :

$$\Delta_I = (I_{cn} \cdot 0,001 + 0,00048), \text{ A} \quad (8.6.9)$$

- рассчитать предел абсолютной погрешности измерения тока, вызванный погрешностью рабочего эталона:

$$\Delta_{C1} = \Delta_I \cdot k_{TT}, \text{ A} \quad (8.6.10)$$

Δ_{C2} - предел абсолютной погрешности трансформатора тока, который принимается постоянным и рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{C2} = \frac{x_n \cdot \delta_{TT}}{100}, \text{ A}, \quad (8.6.11)$$

где δ_{TT} - погрешность входящего в состав ИК измерительного трансформатора тока (%).

б) для ИК напряжения:

$$\Theta_j = 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{Cj}^2 + \left(\frac{b_j}{2}\right)^2} + \Delta_{C1}, \text{ B}, \quad (8.6.12)$$

где Δ_{C1} - предел абсолютной погрешности рабочего эталона (калибратора универсального 9100E), который принимается постоянным и определяется (с использованием формулы погрешности при измерении напряжения до 320 В, приведенной в руководстве пользователя калибратора) для воспроизводимой величины, соответствующей верхнему пределу измерений ИК ($U = x_n$):

$$\Delta_{C1} = (U \cdot 0,0005 + 0,0192), \text{ B} \quad (8.6.13)$$

8.6.2.9 Оценить границы суммарной абсолютной погрешности $\bar{\Delta}_j$ в каждой j-той контрольной точке (см. п. 8.1.2.8).

8.6.2.10 Пределы абсолютной погрешности ИК напряжения и силы переменного тока $\bar{\Delta}$ принимать равными максимальному значению погрешности $\bar{\Delta}_j$ из всех контрольных точек.

8.6.2.11 Вычислить по формуле 8.2.9 пределы приведенной погрешности ИК напряжения и силы переменного тока (где x_n - верхний предел измерений поверяемого ИК силы тока или напряжения, А (В)).

8.6.3 Расчет погрешности измерения мощности в трехфазной цепи переменного тока

8.6.3.1 Вычислить пределы приведенной (к верхнему пределу измерений) погрешности измерений активной мощности в трехфазной цепи переменного тока (γ_P) по формуле:

$$\gamma_P = \pm \sqrt{\gamma_{U_\varphi}^2 + \gamma_{I_\varphi}^2}, \%, \quad (8.6.14)$$

где γ_{U_φ} - среднее значение погрешности, приведенной к верхнему пределу измерений, рассчитанное из трех значений, определенных для каждого из соответствующих ИК фазного напряжения переменного тока;

$\gamma_{1\varphi}$ - среднее значение погрешности, приведенной к верхнему пределу измерений, рассчитанное из трех значений, определенных для каждого из соответствующих ИК силы переменного тока в трех фазах.

Примечания

1 Активная мощность в каждой фазе трехфазной цепи нагрузки генератора переменного тока ($P_{A,B,C}$) определяется расчетным путем, с использованием одновременно измеренных мгновенных значений фазного напряжения на клеммах генератора (u, V) и тока нагрузки (i, A):

$$P_{A,B,C} = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i i_i, \text{ Вт}, \quad (8.6.15)$$

где $n = 250$ – число мгновенных значений напряжения u и тока, измеренных за промежутки времени, равный одному периоду колебаний T .

2 Активная мощность в трехфазной цепи нагрузки генератора переменного тока определяется как сумма одновременно рассчитанных значений фазной мощности:

$$P_{3\varphi} = (P_A + P_B + P_C) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (8.6.16)$$

3 Верхний предел измерений активной мощности нагрузки в трехфазной цепи генератора переменного тока ($P_{3\varphi \text{ max}}$) определяется как произведение верхних пределов измерений фазного напряжения на клеммах генератора ($U_{\varphi \text{ max}}$) и фазного тока нагрузки генератора ($I_{\varphi \text{ max}}$) – при максимальном значении $\cos \varphi = 1$:

$$P_{3\varphi \text{ max}} = (3 \cdot U_{\varphi \text{ max}} \cdot I_{\varphi \text{ max}}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (8.6.17)$$

8.7 Обработка результатов измерений при поверке таймера системы

8.7.1 Определить абсолютные значения разности показаний эталонного таймера (измеренная длительность импульса) и таймера системы для пяти измерений интервалов времени длительностью 600 секунд и занести их в таблицу протокола поверки:

$$|\Delta T_i| = |T_{\text{этал}} - T_{\text{сист}}|, \text{ с} \quad (8.7.1)$$

где $T_{\text{этал}}$ – показание эталонного таймера;

$T_{\text{сист}}$ – показание поверяемого таймера системы;

i – индекс номера наблюдений.

8.7.2 Определить среднее абсолютное значение разности показаний эталонного таймера и таймера системы:

$$\Delta T = \pm \frac{\sum |\Delta T_i|}{5}, \text{ с}, \quad i = \overline{1,5}. \quad (8.7.2)$$

8.7.3 Определить погрешность таймера системы ($\Delta T_{\text{сист}}$) при измерении интервала времени 600 с:

$$\Delta T_{\text{сист}} = \sqrt{\Delta T_{\text{этал}}^2 + \Delta T^2}, \text{ с}, \quad (8.7.3)$$

где $\Delta T_{\text{этал}}$ – предел допускаемой погрешности измерения эталонного таймера в режиме измерения длительности импульса, который определяется по формуле:

$$\Delta T_{\text{этал}} = \pm \delta_{\text{этал}} \cdot T = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 0,003 \text{ с} \quad (8.7.4)$$

где $\delta_{\text{этал}} = 5 \cdot 10^{-6}$ – относительная погрешность эталонного таймера (внутреннего кварцевого генератора частотомера, работающего в режиме измерения длительности импульса);

$T = 600 \text{ с}$ – измеряемый интервал времени.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносятся в Протокол поверки (см. Приложения Б.1...Б.8).

9.2 Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК оформляются в виде приложения к протоколу периодической поверки.

9.3 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке на дверцу электромонтажного шкафа №1 наносится знак поверки в виде наклейки.

9.4 При отрицательных результатах поверки система к применению не допускается и на неё выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

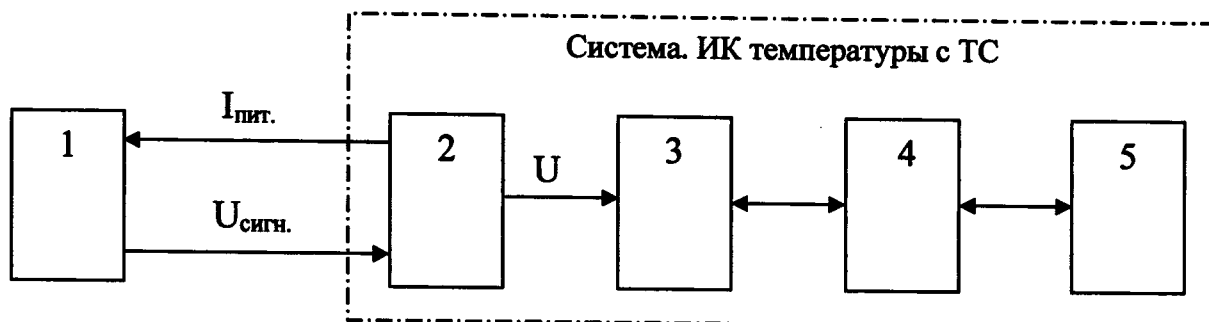
А.Г. Максак

Научный сотрудник
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

С.Н. Чурилов



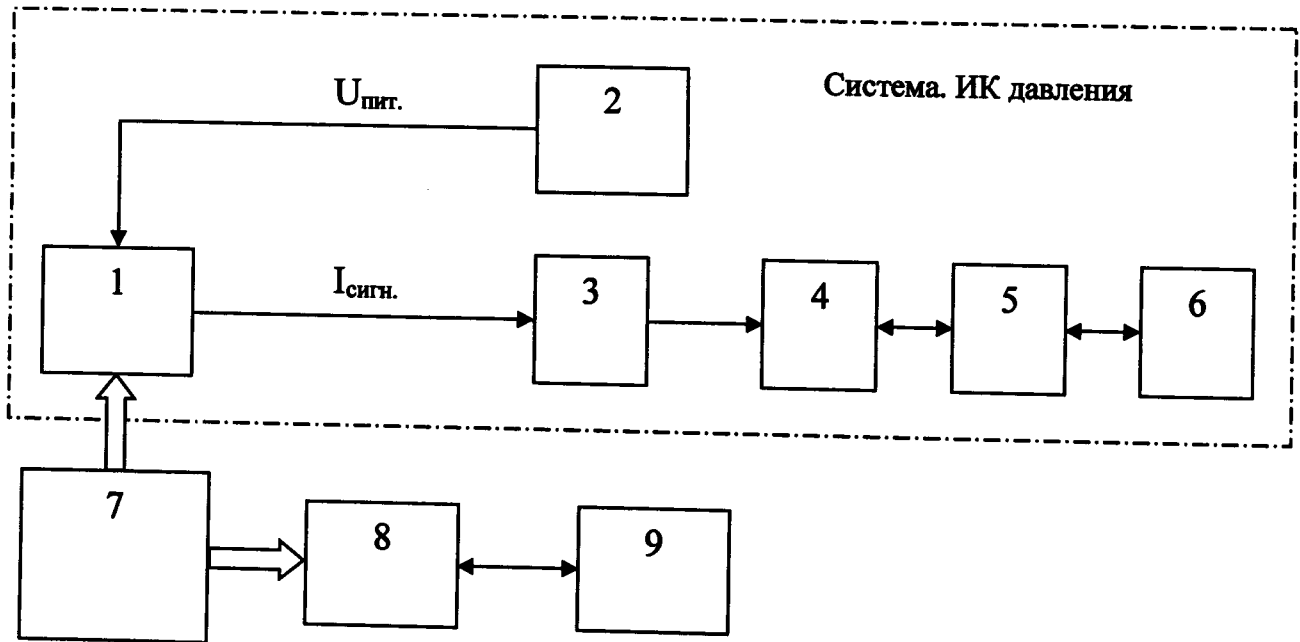
ПРИЛОЖЕНИЕ А.1



- 1 - калибратор универсальный 9100Е (рабочий эталон);
- 2 - терминальный блок NI TB-4357;
- 3 - АЦП NI PXIe-4357;
- 4 - RT-контроллер NI PXIe-8840;
- 5 - компьютер верхнего уровня.

Рис. А.1.1 – Функциональная схема поверки ИК температуры с термометром сопротивления.

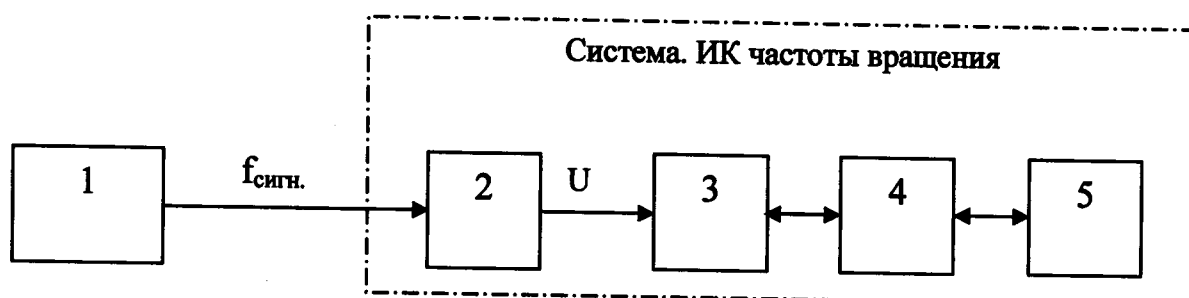
ПРИЛОЖЕНИЕ А.2



- 1 - датчик давления типа «МИДА» (или другой датчик аналогичного типа);
- 2 - источник питания датчика давления;
- 3 - терминальный блок NI TB-4300С;
- 4 - АЦП NI PXIe-4300;
- 5 - RT-контроллер NI PXIe-8840;
- 6 - компьютер верхнего уровня;
- 7 - источник давления;
- 8 - измерительный модуль давления из комплекта калибратора Метран-501-ПКД-Р;
- 9 - электронный блок калибратора Метран-501-ПКД-Р.

Рис. А.2.1 – Функциональная схема поверки ИК давления жидкостей

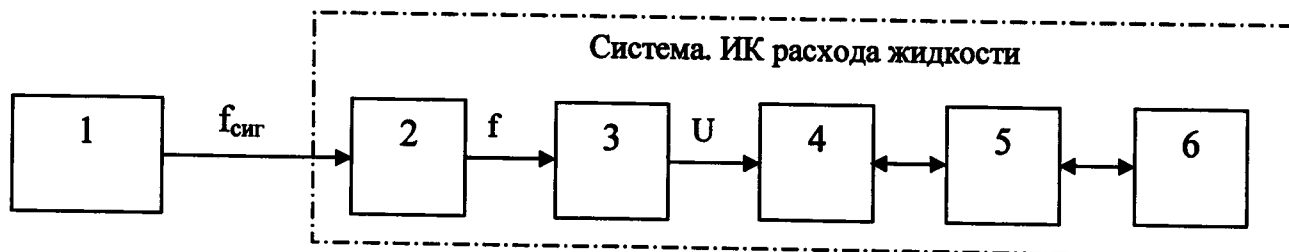
ПРИЛОЖЕНИЕ А.3



- 1 - калибратор универсальный 9100E (рабочий эталон);
- 2 - измерительный преобразователь частоты SCM5B45-04D;
- 3 - АЦП NI PXIe-6358;
- 4 - RT-контроллер NI PXIe-8840;
- 5 - компьютер верхнего уровня.

Рис. А.3.1 – Функциональная схема поверки ИК частоты вращения

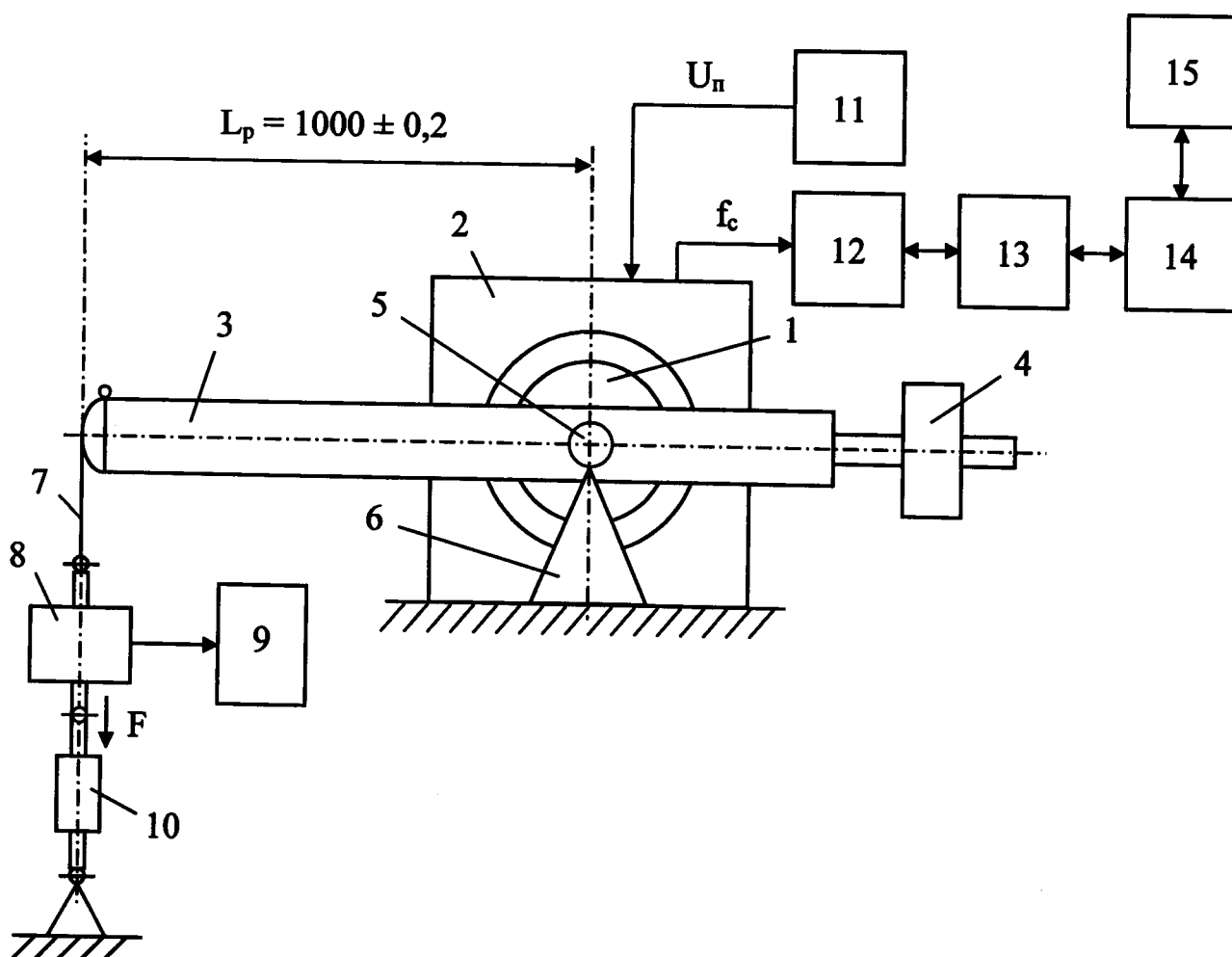
ПРИЛОЖЕНИЕ А.4



- 1 - калибратор универсальный 9100E (рабочий эталон);
- 2 - усилитель измерительный SCM5B40-03D;
- 3 - измерительный преобразователь частоты SCM5B45-02D;
- 4 - АЦП NI PXIe-6358;
- 5 - RT-контроллер NI PXIe-8840;
- 6 - компьютер верхнего уровня.

Рис. А.4.1 – Функциональная схема поверки ИК объемного расхода жидкости

ПРИЛОЖЕНИЕ А.5

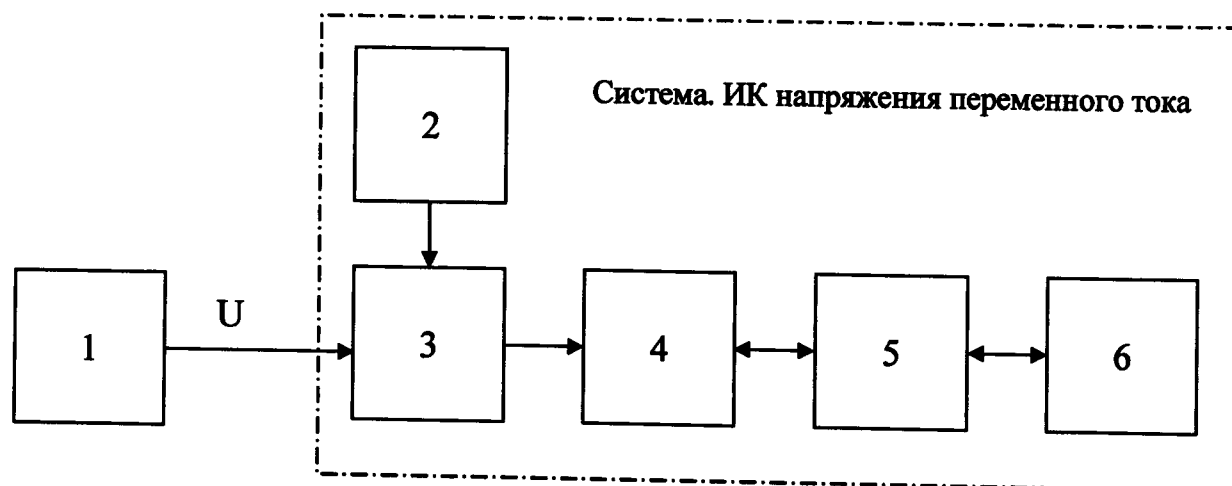


- 1 – ротор датчика крутящего момента T10FS-010R;
- 2 – статор датчика крутящего момента T10FS-010R;
- 3 – рычаг вспомогательный устройства нагружения датчика крутящего момента (соединен жестко с валом устройства нагружения);
- 4 – груз для уравнивания рычага на опоре;
- 5 – вал устройства нагружения (соединен жестко с ротором датчика крутящего момента);
- 6 – опора вала устройства нагружения (с подшипниками);
- 7 – гибкое соединение конца рычага с датчиком силы эталонного динамометра;
- 8 – датчик силы эталонного динамометра АЦДР-10/1И-1;
- 9 – измеритель эталонного динамометра АЦДР-10/1И-1;
- 10 – гидроцилиндр устройства нагружения (с регулируемой силой нагружения F);
- 11 – источник питания датчика крутящего момента;
- 12 – измерительный преобразователь частоты SCM5B45-06D;
- 13 – АЦП NI PXIe-6358;
- 14 – RT-контроллер NI PXIe-8840;
- 15 – компьютер верхнего уровня.

Примечание – Второй конец вала ротора датчика крутящего момента жестко зафиксирован.

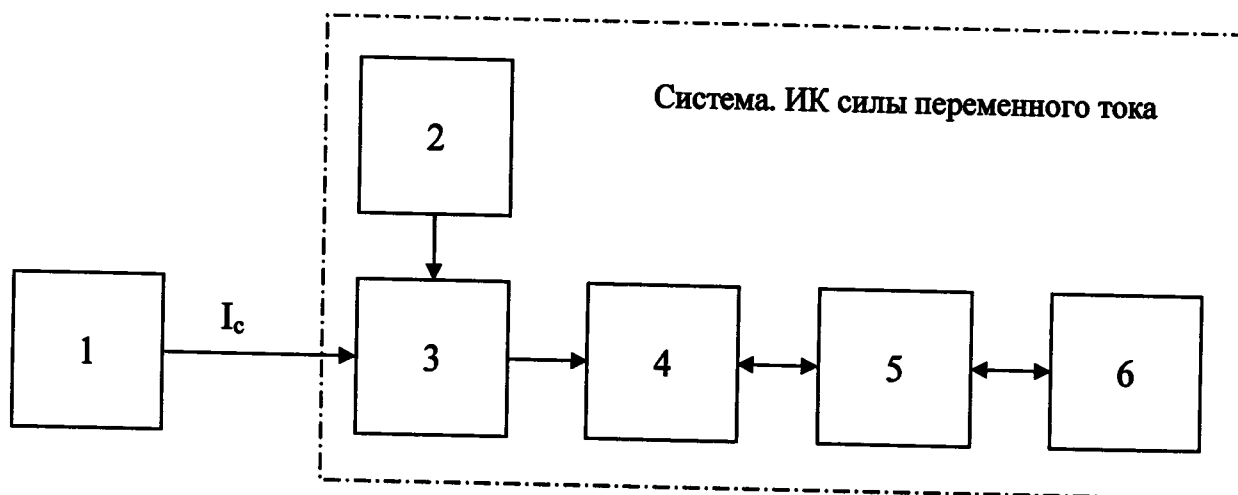
Рисунок А.5.1 – Функциональная схема поверки ИК крутящего момента силы

ПРИЛОЖЕНИЕ А.6



- 1 - калибратор универсальный 9100Е (рабочий эталон);
- 2 - источники питания EP 1352-1SH02;
- 3 - датчик напряжения CV3-500 LEM;
- 4 - АЦП NI PXI-6143;
- 5 - RT-контроллер NI PXI-8840;
- 6 - компьютер верхнего уровня.

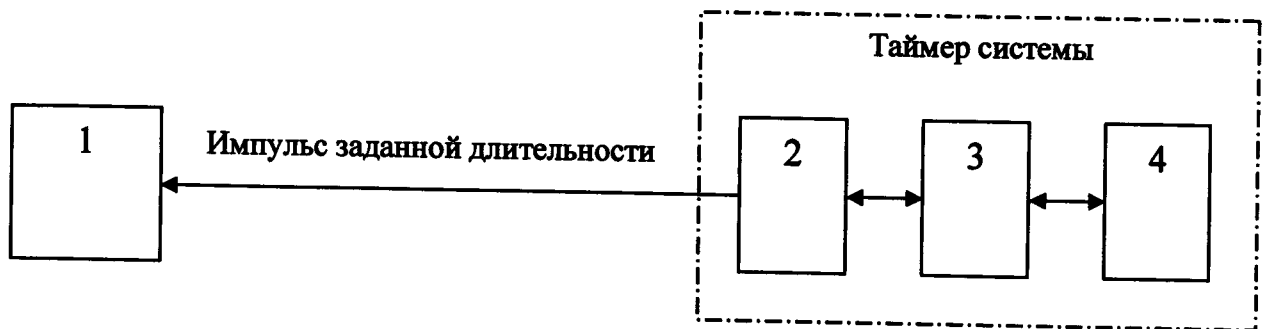
Рисунок А.6.1 – Функциональная схема поверки ИК напряжения переменного электрического тока



- 1 - калибратор универсальный 9100Е (рабочий эталон);
- 2 - источники питания EP 1352-1SH02;
- 3 - датчик тока LA 25-NP/SP11 LEM;
- 4 - АЦП NI PXI-6143;
- 5 - RT-контроллер NI PXI-8840;
- 6 - компьютер верхнего уровня.

Рисунок А.6.2 – Функциональная схема поверки ИК силы переменного электрического тока

ПРИЛОЖЕНИЕ А.7



- 1 - частотомер универсальный CNT-90 в режиме измерения длительности импульсов (рабочий эталон);
2 - плата многофункциональная PXIe-6358 с каналами ввода/вывода дискретных сигналов;
3 - RT-контроллер NI PXIe-8840 с таймером;
4 - компьютер верхнего уровня.

Рис. А.7.1 – Функциональная схема поверки таймера системы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки ИК температуры

СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ
поверки измерительного канала №.....
«Температура

- 1 Вид поверки.....
 2 Дата поверки.....
 3 Сведения о применяемом в составе ИК первичном преобразователе температуры:
 Тип: Класс: $R_0 = \dots\dots\dots \text{ Ом } \alpha = \dots\dots\dots \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
 4 Средства поверки
 4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, Ом		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5. Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

- 6.1 Внешний осмотр:
- 6.2. Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2 Задаваемые эталонные сигналы в контрольных точках, Ом

--	--	--	--	--

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу. Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

a_0	a_1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от

2

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, °С	
Верхний предел измерений ИК, °С	

7 Вывод

Погрешность измерительного канала «Температура
»
 при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допустимого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____

_____ (подпись, дата)

_____ (ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Задаваемые эталонные сигналы на входе ИК, Ом	Средние значения измеренных сигналов, Ом	Значения сопротивления по полиному на прямом ходу, Ом	Значения сопротивления по полиному на обратном ходу, Ом	Систематическая погрешность, °С	Вариация, °С	Среднеквадратическое отклонение, °С	Сумма неисключенных систематических погрешностей, °С	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, °С
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.1.2.7 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):

Погрешность рабочего эталона $\Delta c_1 = \dots\dots\dots$ °С

Погрешность термометра сопротивления $\Delta c_2 = \dots\dots\dots$ °С

Абсолютная погрешность ИК, °С	
Верхний предел измерений ИК, °С	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.1 (продолжение)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Температура

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения		Результаты измерений, °С			
	Температура	Сигнал на входе ИК	Прямой ход		Обратный ход	
	T, °С (x _i)	R, Ом	x _{JM}	x _{JM} - x _j	x _{JB}	x _{JB} - x _j
1						
2						
3						
4						
5						

Устанавливаемые на входе ИК эталонные значения сопротивления R (Ом), соответствующие эталонным значениям температуры T (°С), определяются по таблице НСХ термометра сопротивления, входящего в состав ИК (см. ГОСТ Р8.625-2006).

Тип термометра сопротивления:, $\alpha = \dots\dots\dots$ °С⁻¹, R₀ =

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$, °С

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{JM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ °С,}$$

$$|x_{JB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ °С}$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки ИК давления

СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ
поверки измерительного канала №.....
«Давление

- 1 Вид поверки.....
- 2 Дата поверки.....
- 3 Сведения о применяемом в составе ИК первичном преобразователе давления:
 Тип: №
- 4 Средства поверки
- 4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, кгс/см ²		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

6.1. Внешний осмотр:

6.2 Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2. Задаваемое эталонное давление в контрольных точках, кгс/см²

--	--	--	--	--

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу. Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

<i>a₀</i>	<i>a₁</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от

2

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, кгс/см ²	
*Верхний предел измерений ИК, кгс/см ²	
*Приведенная погрешность, %	

* Приведенная погрешность рассчитывается от верхнего предела измерений поверяемого ИК

7 Вывод

Погрешность измерительного канала «Давление.....
.....»
при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допустимого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Эталонные значения давления, кгс/см ²	Средние значения измеренных сигналов, А	Значения давления по полному на прямом ходу, кгс/см ²	Значения давления по полному на обратном ходу, кгс/см ²	Систематическая погрешность, кгс/см ²	Вариация, кгс/см ²	Среднеквадратическое отклонение, кгс/см ²	Сумма неисключенных систематических погрешностей, кгс/см ²	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, кгс/см ²
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.2.2.7 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):

Погрешность рабочего эталона $\Delta c_1 = \dots\dots\dots$ кгс/см²

Погрешность, вызванная изменением температуры окружающего воздуха $\Delta c_2 = \dots\dots\dots$ кгс/см²

Абсолютная погрешность ИК, кгс/см ²	
Верхний предел измерений ИК, кгс/см ²	
Приведенная погрешность ИК, %	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2 (продолжение)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Давление

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения давления, кгс/см ²	Результаты измерений, кгс/см ²			
		Прямой ход		Обратный ход	
		X _{jM}	X _{jM} - X _j	X _{jB}	X _{jB} - X _j
1	X _j				
2					
3					
4					
5					

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$, кгс/см²

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|X_{jM} - X_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ кгс/см}^2,$$

$$|X_{jB} - X_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ кгс/см}^2$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.3 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки ИК частоты вращения

СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ
поверки измерительного канала №.....
«Частота вращения»

- 1 Вид поверки.....
 2 Дата поверки.....
 3 Сведения о применяемом в составе ИК датчике частоты вращения:
 Тип Погрешность %
 Коэффициент передачи сигнала: $K_d =$ об/мин/Гц
 4 Средства поверки
 4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, Гц		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

6.1 Внешний осмотр:

6.2 Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2 Задаваемые эталонные сигналы в контрольных точках, Гц

--	--	--	--	--

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу.

Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

a_0	a_1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.3 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от

2

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, об/мин	
* Верхний предел измерений ИК, об/мин	
* Приведенная погрешность, %	

* Приведенная погрешность рассчитывается от верхнего предела измерений поверяемого ИК

7 Вывод

Погрешность измерительного канала «Частота вращения.....»
»
 при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допускаемого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____

(подпись, дата)

_____ (ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Задаваемые эталонные сигналы на входе ИК, Гц	Средние значения измеренных сигналов, В	Значения частоты сигнала по прямому ходу, Гц	Значения частоты сигнала по обратному ходу, Гц	Систематическая погрешность, об/мин	Вариация, об/мин	Среднеквадратическое отклонение, об/мин	Сумма неисключенных систематических погрешностей, об/мин	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, об/мин
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.3.2.7 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):
 Погрешность рабочего эталона $\Delta c_1 = \dots\dots\dots$ об/мин

Погрешность датчика частоты вращения $\Delta c_2 = \dots\dots\dots$ об/мин

Абсолютная погрешность ИК, об/мин	
Верхний предел измерений ИК, об/мин	
Приведенная погрешность ИК, %	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.3 (продолжение)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Частота вращения

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения		Результаты измерений, об/мин			
	Частота вращения	Сигнал	Прямой ход		Обратный ход	
	n , об/мин (x_i)	$*f$, Гц	x_{jM}	$ x_{jM} - x_j $	x_{jB}	$ x_{jB} - x_j $
1						
2						
3						
4						
5						

*Эталонные значения частоты сигнала на входе ИК (f , Гц), соответствующие эталонным значениям частоты вращения (n , об/мин), рассчитываются по формуле:

$$f = \frac{n}{K_d}, \text{ Гц, где } K_d = \dots\dots\dots \text{ об/мин / Гц} - \text{ коэффициент передачи сигнала датчика}$$

частоты вращения, используемого в составе ИК.

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$, об/мин

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ об/мин,}$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ об/мин}$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.4 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки ИК расхода жидкости

СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ

поверки измерительного канала №

«Расход

- 1 Вид поверки.....
 2 Дата поверки.....
 3 Сведения о применяемом в составе ИК турбинном преобразователе расхода:
 Тип № Погрешность %
 Коэффициенты функции $Q = a + b \cdot f + c \cdot f^2$, л/с :
 a = ; b = ; c =

4 Средства поверки

4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, Гц		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

6.1 Внешний осмотр:

6.2 Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2 Задаваемые эталонные сигналы в контрольных точках, Гц

--	--	--	--	--

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу. Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

a_0	a_1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.4 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от 2

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, л/мин	
* Верхний предел измерений ИК, л/мин	
* Приведенная погрешность, %	

* Приведенная погрешность рассчитывается от верхнего предела измерений поверяемого ИК

7. Вывод

Приведенная погрешность измерительного канала «Расход
.....»
при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допустимого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____ (подпись, дата) _____ (ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Заданные эталонные сигналы на входе ИК, Гц	Средние значения измеренных сигналов, В	Значения частоты сигнала по полному ходу, Гц	Значения частоты сигнала на обратном ходу, Гц	Систематическая погрешность, л/мин	Вариация, л/мин	Среднеквадратическое отклонение, л/мин	Сумма неисключенных систематических погрешностей, л/мин	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, л/мин
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.4.2.7 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):
 Погрешность рабочего эталона $\Delta c_1 = \dots\dots\dots$ л/мин
 Погрешность первичного преобразователя расхода $\Delta c_2 = \dots\dots\dots$ л/мин

Абсолютная погрешность ИК, л/мин	
Верхний предел измерений ИК, л/мин	
Приведенная погрешность ИК, %	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.4 (продолжение)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Расход

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения		Результаты измерений, л/мин			
	Расход Q , л/мин (x_j)	Сигнал f , Гц	Прямой ход		Обратный ход	
			x_{jM}	$ x_{jM} - x_j $	x_{jB}	$ x_{jB} - x_j $
1						
2						
3						
4						
5						

*Эталонные значения частоты сигнала на входе ИК (f , Гц), соответствующие эталонным значениям объемного расхода Q , рассчитываются по формулам:

$$f = \frac{Q - a}{60 \cdot b} \quad (\text{при } c = 0) \quad \text{или} \quad f = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot c \cdot (a - \frac{Q}{60})}}{2 \cdot c} \quad (\text{при } c \neq 0), \text{ Гц}$$

где $a = \dots\dots\dots$ $b = \dots\dots\dots$ $c = \dots\dots\dots$ – коэффициенты индивидуальной функции преобразования $Q = a + b \cdot f + c \cdot f^2$ (л/с) турбинного преобразователя расхода, используемого в составе ИК.

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$, л/мин

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ л/мин,}$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ л/мин}$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.5 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки ИК крутящего момента силы

СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ
поверки измерительного канала №.....
«Крутящий момент силы

- 1 Вид поверки.....
 2 Дата поверки.....
 3 Сведения о применяемом в составе ИК датчике крутящего момента:
 Тип: №

4 Средства поверки

4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, кН		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

6.1 Внешний осмотр:

6.2 Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2 Задаваемый эталонный крутящий момент в контрольных точках, кгс·м

--	--	--	--	--

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу.

Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

a_0	a_1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.5 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от

2

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, кгс·м	
*Верхний предел измерений ИК, кгс·м	
*Приведенная погрешность, %	

* Приведенная погрешность рассчитывается от верхнего предела измерений поверяемого ИК

7 Вывод

Погрешность измерительного канала «Крутящий момент силы
»
 при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допускаемого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Эталонные значения крутящего момента, кгс·м	Средние значения измеренных сигналов, В	Значения крутящего момента по полному на прямом ходу, кгс·м	Значения крутящего момента по полному на обратном ходу, кгс·м	Систематическая погрешность, кгс·м	Вариация, кгс·м	Среднеквадратическое отклонение, кгс·м	Сумма неисключенных систематических погрешностей, кгс·м	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, кгс·м
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.4.2.7 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):

Погрешность рабочего эталона $\Delta c_1 = \dots\dots\dots$ кгс·м

Погрешность, вызванная изменением температуры окружающего воздуха $\Delta c_2 = \dots\dots\dots$ кгс·м

Абсолютная погрешность ИК, кгс·м	
Верхний предел измерений ИК, кгс·м	
Приведенная погрешность ИК, %	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.5 (продолжение)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Крутящий момент силы»

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения крутящего момента, кгс·м	Результаты измерений, кгс·м			
		Прямой ход		Обратный ход	
		x_{jM}	$ x_{jM} - x_j $	x_{jB}	$ x_{jB} - x_j $
1	x_j				
2					
3					
4					
5					

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$ кгс·м

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ кгс·м,}$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ кгс·м}$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.6 (рекомендуемое)

Форма протокола поверки ИК напряжения и силы переменного электрического тока

**СПб ОАО «Красный Октябрь»
Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ**

поверки измерительного канала №.....

«Напряжение (ток)»

- 1 Вид поверки.....
- 2 Дата поверки.....
- 3 Сведения о применяемом в составе ИК измерительном трансформаторе:
(для ИК тока) Тип: $I_1/I_2 =$ Погрешность:
- 4 Средства поверки
- 4.1 Рабочий эталон

Наименование	Пределы измерений, В (А)		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	

4.2 Вспомогательные средства: в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

5 Условия поверки

5.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
- в испытательном боксе	
- в кабине наблюдения	
5.2 Относительная влажность воздуха, %	
5.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

6 Результаты экспериментальных исследований

6.1 Внешний осмотр:

6.2 Результаты опробования:

6.3 Результаты метрологических исследований

6.3.1 Условия исследования

Число ступеней измерений (контрольных точек)	
Число измерений в контрольной точке	
Число циклов измерений (прямой и обратный ход)	

6.3.2 Задаваемые эталонные сигналы в контрольных точках (действующее значение)
(для ИК напряжения)

Напряжение, В					

(для ИК силы тока)

Сила тока, А					
Эталонный сигнал, А					

Результаты метрологических исследований и рабочие материалы, содержащие данные по составляющим погрешности ИК, приведены в приложении к настоящему протоколу. Расчет аппроксимирующего полинома и погрешности ИК производится в соответствии с методикой поверки АЭ2-659.09.00 МП.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.6 (продолжение)

Протокол поверки ИК № от 2

6.3.3 Коэффициенты аппроксимирующего полинома

a_0	a_1

6.3.4 Погрешность ИК

Абсолютная погрешность, В (А)	
* Верхний предел измерений ИК, В (А)	
*Приведенная погрешность, %	

* Приведенная погрешность рассчитывается от верхнего предела измерений поверяемого ИК

7 Вывод

Погрешность измерительного канала «Напряжение (ток)
»
 при доверительной вероятности $P = 0,95$ не превышает допускаемого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____
 _____ (подпись, дата) _____ (ф.и.о.)

Протокол поверки ИК № от

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Номер контрольной точки	Эталонные значения напряжения (тока), В (А)	Средние значения измеренных сигналов, В	Значения напряжения (силы тока) по полному на прямом ходу, В (А)	Значения напряжения (силы тока) по полному на обратном ходу, В (А)	Систематическая погрешность, В (А)	Вариация, В (А)	Среднеквадратическое отклонение, В (А)	Сумма несключенных систематических погрешностей, В (А)	Коэффициент «К»	Абсолютная погрешность, В (А)
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Неисключенные составляющие систематической погрешности (в соответствии с п. 8.6.2.8 методики поверки АЭ2-659.09.00 МП):
 Погрешность рабочего эталона $\Delta_{с1} = \dots\dots\dots$ В (А)
 Погрешность трансформатора тока $\Delta_{с2} = \dots\dots\dots$ А

Абсолютная погрешность ИК, В (А)	
Верхний предел измерений ИК, В (А)	
Приведенная погрешность ИК, %	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.6 (продолжение)
(Для ИК напряжения)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от

измерительного канала №

«Напряжение

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения напряжения, В	Результаты измерений, В			
		Прямой ход		Обратный ход	
		x_{jM}	$ x_{jM} - x_j $	x_{jB}	$ x_{jB} - x_j $
1	x_j				
2					
3					
4					
5					

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots$, В

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ В,}$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, \text{ В}$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.6 (продолжение)
(Для ИК силы тока)

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252
«Редуктор-3»

Приложение к протоколу периодической поверки от
измерительного канала №

«Ток»

Результаты контроля стабильности градуировочной характеристики ИК

№ контр. точки	Эталонные значения		Результаты измерений, А			
	Сила тока $I, A (x_j)$	Сигнал $*I_c, A$	Прямой ход		Обратный ход	
			x_{jM}	$ x_{jM} - x_j $	x_{jB}	$ x_{jB} - x_j $
1						
2						
3						
4						
5						

*Эталонные значения тока сигнала на входе ИК (I_c, A), соответствующие эталонным значениям измеряемой силы тока (I, A), рассчитываются по формуле:

$$I_c = \frac{I}{K_{тр}}, A, \text{ где } K_{тр} = \dots\dots\dots - \text{коэффициент трансформации измерительного}$$

трансформатора тока, используемого в составе ИК.

Предел допускаемой абсолютной погрешности ИК: $\Delta^* = \dots\dots\dots, A$

Критерии стабильности градуировочной характеристики:

$$|x_{jM} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, A,$$

$$|x_{jB} - x_j|_{\max} \leq \Delta^*, A$$

выполняются, не выполняются (ненужное зачеркнуть)

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.7 (рекомендуемое)

Форма протокола поверки ИК мощности в цепи переменного электрического тока

СПб ОАО «Красный Октябрь»

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252 «Редуктор-3»
ПРОТОКОЛ

поверки измерительного канала №.....

«Активная мощность»

- 1 Вид поверки:
- 2 Дата поверки:
- 3 Средства поверки*

Наименование	Пределы измерений		Погрешность или класс точности
	нижний	верхний	
Калибратор универсальный 9100	032,001 В	105,000 В	±(0,04 % + 6,3 мВ)
	105,001 В	320,000 В	±(0,05 % + 19,2 мВ)
	032,001 мА	320,000 мА	±(0,08 % + 32 мкА)
	0,32001 А	3,20000 А	±(0,1 % + 480 мкА)

*Указанные средства поверки используются при определении погрешности соответствующих ИК силы и напряжения переменного тока (см. п. 5).

4 Условия поверки

4.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
4.2 Относительная влажность воздуха, %	
4.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

5 Результаты определения погрешности соответствующих ИК напряжения и силы переменного тока (для каждой фазы трехфазной цепи), приведенной к их верхнему пределу измерений

№ ИК напряжения фазы**			№ ИК силы тока в фазе**		
U _A	U _B	U _C	I _A	I _B	I _C
Значения погрешности γ _U , %			Значения погрешности γ _I , %		
γ _{Uφ} = %			γ _{Iφ} = %		

**Результаты одновременных измерений с помощью указанных ИК мгновенных значений фазного напряжения (u, В) и силы переменного тока (i, А) используются для расчета активной мощности (P) в каждой фазе цепи переменного тока и в сумме в трех фазах:

$$P_{A,B,C} = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i i_i, \text{ Вт} \quad P_{3\phi} = (P_A + P_B + P_C) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

где n = 250 – число измерений, выполненных за один период колебаний тока (напряжения) T при частоте 400 Гц.

6 Расчет погрешности определения мощности в трехфазной цепи переменного тока (γ_P), приведенной к верхнему пределу измерений***

$$\gamma_P = \pm \sqrt{\gamma_{U\phi}^2 + \gamma_{I\phi}^2} = \dots\dots\dots \%$$

***Верхний предел измерений активной мощности нагрузки в трехфазной цепи генератора переменного тока (P_{3φ max}) определяется как произведение верхних пределов измерений фазного напряжения на клеммах генератора (U_{φ max}) и фазного тока нагрузки генератора (I_{φ max}) – при максимальном значении cosφ = 1:

$$P_{3\phi} = (3 \cdot U_{\phi \max} \cdot I_{\phi \max}) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

9 Вывод

Погрешность ИК «Мощность»
..... »
не превышает допускаемого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____ (подпись, дата) _____ (ф.и.о.)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.8 (рекомендуемое)
Форма протокола поверки таймера системы

СПб ОАО «Красный Октябрь»

Система измерительная испытательного стенда вертолетного редуктора ВР-252 «Редуктор-3»

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ ТАЙМЕРА СИСТЕМЫ

1 Вид поверки

2 Дата поверки

3 Средства поверки

Рабочий эталон	Пределы измерений		Предел погрешности измерений
	нижний	верхний	
Таймер/счетчик CNT-90	1,6 нс	10 ⁶ с	5·10 ⁻⁶

4 Условия поверки

4.1 Температура окружающего воздуха, °С:	
4.2 Относительная влажность воздуха, %	
4.3 Атмосферное давление, мм рт. ст.	

5 Внешний осмотр:

6 Результаты опробования:

7 Результаты измерений

$T_{этал}$, с					
$T_{сист}$, с					
$ \Delta T_i $, с					

$$|\Delta T_i| = |T_{этал} - T_{сист}|$$

8 Расчет погрешности таймера

8.1 Среднее абсолютное значение разности показаний эталонного таймера и таймера системы:

$$\Delta T = \pm \frac{\sum |\Delta T_i|}{5} = \dots\dots\dots \text{с}$$

8.2 Предел допускаемой погрешности измерения эталонного таймера в режиме измерения длительности импульса ($\Delta T_{этал}$) для измеряемого интервала времени $T = 600$ с:

$$\Delta T_{этал} = \pm \delta_{этал} \cdot T = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 600 = 0,003 \text{ с}$$

8.3 Погрешность таймера системы для измеряемого интервала времени 600 с:

$$\Delta T_{сист} = \sqrt{\Delta T_{этал}^2 + \Delta T^2} = \dots\dots\dots \text{с}$$

9 Вывод

Погрешность таймера системы для измеряемого интервала времени 600 с не превышает допускаемого значения

Дата очередной поверки

Поверитель _____

(подпись, дата)

(ф.и.о.)