

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в Омской области»
(ФБУ «Омский ЦСМ»)

СОГЛАСОВАНО

И.о. директора
ФБУ «Омский ЦСМ»



А.В. Бессонов

Методическому центру стандартизации,
метрологии и испытаний в Омской области
«25» октября 2021 г.



Государственная система обеспечения единства измерений
Комплекс измерительный «Старт-7/21»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

ОЦСМ 133196-2021 МП

г. Омск
2021 г.

РАЗРАБОТАНА

Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Омской области» (ФБУ «Омский ЦСМ»)

Адрес: 644116, г. Омск, ул. 24 Северная, д. 117-А
тел. (3812) 68-07-99, факс 68-04-07
<http://csm.omsk.ru> E-mail: info@ocsm.omsk.ru

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU.311670

ИСПОЛНИТЕЛИ

Начальник отдела поверки и испытаний средств измерений в приборостроении

Нуждин Д.С.

Ведущий инженер по метрологии

Воробьев Д.А.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на комплекс измерительный «Старт-7/21» (далее по тексту – комплекс), изготовленный Филиалом АО «ОДК» «ОМО им. П.И. Баранова», и устанавливает методику его первичной и периодической поверок.

1.2 Для реализации настоящей методики поверки применяется метод прямых измерений.

1.3 При проведении поверки по настоящей методике обеспечивается прослеживаемость комплекса к государственным первичным эталонам ГЭТ 1-2018, ГЭТ 3-2020, ГЭТ 4-91, ГЭТ 13-01, ГЭТ 14-2014, ГЭТ 23-2010.

1.4 Комплекс состоит из шести модулей, включающих в себя соответствующие измерительные каналы (ИК): модуль измерений выходных электрических сигналов датчиков двигателей (МИВС); модуль измерений температуры (МИТ); модуль измерений давления (МИД); модуль измерений расхода топлива (МИРТ); модуль измерений крутящего момента (МИКМ); модуль измерений частоты вращения ротора (МИЧВР).

1.5 Поверку ИК комплекса следует проводить комплектным методом.

1.6 В случае, если провести поверку ИК комплекса комплектным методом, то ее проводят поэлементно (поэлементным методом), т.е. отдельно поверяют первичный преобразователь и электрическую часть ИК.

1.7 Допускается проведение поверки отдельных ИК из состава комплекса на основании письменного заявления владельца комплекса или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме.

1.8 Первичные преобразователи ИК комплекса поверяются в соответствии с интервалами между поверками, установленным при утверждении их типа. Если очередной срок поверки первичного преобразователя наступает до очередного срока поверки ИК комплекса, поверяется только этот компонент, и поверка всего ИК комплекса не проводится. После поверки первичного преобразователя и восстановления ИК комплекса выполняется проверка ИК той его части и в том объеме, который необходим для того, чтобы убедиться, что действия, связанные с поверкой первичного преобразователя, не нарушили метрологических характеристик ИК комплекса.

1.9 Интервал между поверками – 1 год.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции | Номер пункта методики поверки | Проведение операции при | |
|---|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| Внешний осмотр ИК | 7 | Да | Да |
| Подготовка к поверке и опробование ИК | 8 | Да | Да |
| Проверка программного обеспечения средства измерений | 9 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК, подтверждение соответствия ИК метрологическим требованиям | 10 | | |
| Определение метрологических характеристик ИК 1-3 МИВС | 10.1 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК 4-12 МИТ | 10.2 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК 13-33 МИД | 10.3 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК 34 МИРТ | 10.4 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК 35 МИКМ | 10.5 | Да | Да |
| Определение метрологических характеристик ИК 36-37 МИЧВР | 10.6 | Да | Да |

2.2 При наличии заявления о проведении поверки отдельных ИК от владельца или лица, представившего комплекс на поверку, поверка проводится только в части заявляемых на поверку ИК.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- | | | |
|-------|---------------------------------------|-------------------|
| 3.1.1 | Температура окружающего воздуха, °С | от 15 до 25. |
| 3.1.2 | Относительная влажность, %, не более | 80. |
| 3.1.3 | Атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) | от 84,0 до 106,7. |
| 3.2 | Параметры электрического питания: | |
| 3.2.1 | Напряжение переменного тока, В | от 198 до 242. |
| 3.2.2 | Частота переменного тока, Гц | от 49 до 51. |

3.3 Условия окружающей среды средств поверки должны соответствовать требованиям, указанным в их эксплуатационных документах.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются специалисты, допущенные к поверке, работающие в организации, аккредитованной на право поверки данного вида средств измерений, и ознакомившихся с настоящей методикой поверки и эксплуатационной документацией на комплекс и средства его поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют основные и вспомогательные средства поверки, приведенные в таблице 2.

5.2 Эталоны единиц величин, используемые при поверке, должны быть утверждены в установленном порядке. Средства измерений, используемые при поверке, должны быть утвержденного типа поверены в установленном порядке.

5.3 Допускается применения средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

Таблица 2

| Номер пункта методики поверки | Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего основные технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки |
|-------------------------------|---|
| 10.1 | Калибратор многофункциональный MicroCal 20 DPC (рег. № 56319-14): от -2 до 20 В; $\Delta: \pm (0,0002 \cdot U + 0,1 \text{ мВ})$ В |
| 10.2 | Магазин сопротивления измерительный MCP-60M (рег. № 2751-71): - от 0,018 до 11111,1 Ом; КТ $0,02/2 \cdot 10^{-6}$; калибратор многофункциональный MicroCal 20 DPC (рег. № 56319-14): - от - 20 мВ до 200 мВ; $\Delta: \pm (0,0002 \cdot U + 3 \text{ мкВ})$ В |
| 10.3 | Манометр избыточного давления грузопоршневой класса точности 0,05 МП-6 (рег. № 16115-97): - от 0,04 до 0,6 МПа; КТ 0,05; манометр избыточного давления грузопоршневой МП-60 (рег. № 16026-97): - от 0,1 до 6 МПа; КТ 0,05; манометр избыточного давления грузопоршневой МП-600 (рег. № 16026-97): - от 1 до 60 МПа; КТ 0,05; преобразователь давления ПДЭ-010-ДИВ-350-А (рег. № 33587-06): - от - 100 до 600 кПа; КТ А |

Продолжение таблицы 2

| Номер пункта методики поверки | Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего основные технические требования и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки |
|---|--|
| 10.4 | Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (рег. № 5460-76): - от 0,01 Гц до 2 МГц; $\delta: \pm 3 \cdot 10^{-7}$ |
| 10.5 | Градуировочное устройство комплекса с технологической оснасткой: - от 72 до 720 кгс·м |
| | Датчик весоизмерительный тензорезисторный С2Н-5-С3 (рег. № 53636-13): - от 0 до 5 т; КТ С по ГОСТ Р 8.726-2010 |
| | Преобразователь весоизмерительный ТВ-003/05Д (рег. № 37794-08): - от - 3 до + 3 мВ/В; СКО $\pm 0,01$ % |
| | Гири общего назначения 3-го класса Г-3 (рег. № 16032-97): - от 1 до 500 г; $\Delta: \pm (0,3...7,5)$ мг |
| 10.6 | Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 (рег. № 5460-76): - от 0,01 Гц до 2 МГц; $\delta: \pm 3 \cdot 10^{-7}$ |
| 7, 8, 9, 10 | Психрометр аспирационный М-34-М (рег. № 10069-85) - от - 25 до + 50 °С; $\Delta: \pm 0,1$ °С - от 10 до 100 % (при температуре от + 5 до + 40 °С); $\Delta: \pm (2...6)$ % по «Психрометрическим таблицам» Д.П. Беспалова |
| | Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1 (рег. № 16006-97): - от 600 до 1100 гПа; $\Delta: \pm 20$ Па |
| | Вольтметр Д5055 (рег. № 5922-77): - до 600 В; КТ 0,1 |
| | Частотомер электронно-счетный ЧЗ-34 (рег. № 2828-72): - от 10 Гц до 120 МГц; $\delta_0: \pm 1$ ед. сч. |
| Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: КТ – класс точности; δ – пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения или измерения; Δ – пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения или измерения; СКО – среднеквадратическое отклонение случайной составляющей погрешности; U – воспроизводимое напряжение постоянного тока; I – измеренное значение силы постоянного тока. | |

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Лица, проводящие поверку, должны быть ознакомлены с правилами (условиями) безопасной работы комплекса, оборудования и средств поверки, указанными в эксплуатационной документации на них, и пройти инструктаж по технике безопасности,

6.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования по обеспечению безопасности, изложенные в Правилах по охране труда при эксплуатации электроустановок, ГОСТ 12.2.007.10-87, ГОСТ 12.2.091-2012, ГОСТ 12.1.019-2017.

6.3 Любые подключения проводить только при отключенном напряжении питания комплекса.

ВНИМАНИЕ!

На открытых контактах клеммных колодок комплекса напряжение опасное для жизни – 220 В!

9.3 Для проверки идентификационных данных СПО в окне программы выбирают вкладку «О программе» (см. рисунок 2).

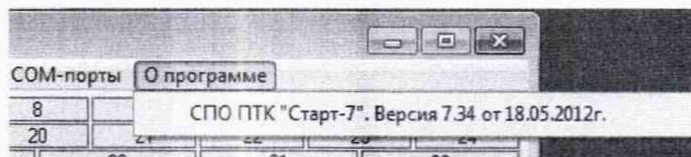


Рисунок 2 – Вкладка «О программе» с идентификационными данными СПО

9.4 Результаты проверки СПО считают положительными, если идентификационные данные соответствуют представленным в таблице 3.

Таблица 3

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|--|-------------------|
| Идентификационное наименование ПО | СПО ПТК «Старт-7» |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | 7.34 |
| Цифровой идентификатор ПО | 0EE9070B |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО | CRC32 |
| Примечание – В случае обновления операционной системы или версии ПО, цифровой идентификатор уточняется, действительное значение записывается в формуляр. | |

10 Определение метрологических характеристик ИК, подтверждение соответствия ИК метрологическим требованиям

10.1 Определение метрологических характеристик ИК 1-3 МИВС

10.1.1 Определение метрологических характеристик поверяемого ИК МИВС проводят в следующей последовательности:

- подключают ко входу поверяемого ИК МИВС калибратор;
- задают с помощью калибратора последовательно не менее пяти значений эталонных напряжений, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений.
- регистрируют измеренные поверяемым ИК МИВС значения напряжения постоянного тока при прямом и обратном ходе по диапазону измерений поверяемого ИК МИВС (число циклов нагружения не менее 3);
- проводят обработку результатов измерений по алгоритму, приведенному в Приложении А;
- определяют погрешность поверяемого ИК МИВС по формуле:

$$\gamma_{U_{ик}} = \frac{\Delta U_{ик}}{U_n} \cdot 100, \quad (1)$$

где $\Delta U_{ик}$ – границы интервала абсолютной погрешности измерений ИК МИВС, В;

U_n – нормирующее значение: верхний предел диапазона измерений поверяемого ИК МИВС, В.

10.1.2 Погрешность поверяемого ИК МИВС не должна превышать границ, установленных в описании типа комплекса.

10.2 Определение метрологических характеристик ИК 4-12 МИТ

10.2.1 Поверку ИК МИТ проводят поэлементным методом. Первичный преобразователь отключают от входа вторичной части поверяемого ИК МИТ.

10.2.2 Поверку первичного преобразователя поверяемого ИК МИТ проводят по методике поверки, утвержденной при испытаниях в целях утверждения типа первичного преобразователя.

10.2.3 Определение метрологических характеристик вторичной части проводят в следующей последовательности:

- подключают ко входу поверяемого ИК МИТ магазин сопротивления или калибратор (рабочий эталон);
- задают с помощью рабочего эталона последовательно не менее пяти значений эталонного сопротивления (напряжения), равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений. Значения контрольных точек установки температуры определяются по НСХ, указанной в ГОСТ 6651-2009 или ГОСТ Р 8.585-2001;
- регистрируют измеренные поверяемым ИК МИТ значения температуры при прямом и обратном ходе по диапазону измерений поверяемого ИК МИТ (число циклов нагружения не менее 3);
- проводят обработку результатов измерений по алгоритму, приведенному в Приложении А;

10.2.4 Суммарная погрешность поверяемого ИК МИТ определяется по формулам:

$$\Delta_{t_{ик}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\Delta_{t_{пп}}^2 + \Delta_{t_{вч}}^2}, \quad (2)$$

$$\gamma_{t_{ик}} = \frac{\Delta_{t_{ик}}}{t_n} \cdot 100, \quad (3)$$

где $\Delta_{t_{пп}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности первичного преобразователя ИК МИТ, °С;

$\Delta_{t_{вч}}$ – значение абсолютной погрешности вторичной части поверяемого ИК МИТ, °С;

t_n – нормирующее значение: диапазон измерений поверяемого ИК МИТ, °С.

10.2.5 Суммарная погрешность поверяемого ИК МИТ не должна превышать границ, установленных в описании типа комплекса.

10.3 Определение метрологических характеристик ИК 13-33 МИД

10.3.1 Поверку ИК МИД проводят комплектным методом.

10.3.2 Определение метрологических характеристик поверяемого ИК МИД проводят в следующей последовательности:

- подключают первичный преобразователь к магистрали эталонного давления рабочего эталона;
- задают с помощью рабочего эталона последовательно не менее пяти значений эталонного давления, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений;

Примечание – При поверке ИК МИД с нижним пределом диапазона измерений – 100 кПа при условии, что атмосферное давление равно или менее 100 кПа, максимальное разрежение допускается устанавливать в диапазоне от 0,90 до 0,95 значения атмосферного давления.

- регистрируют измеренные поверяемым ИК МИД значения давления при прямом и обратном ходе по диапазону измерений поверяемого ИК МИД (число циклов нагружения не менее 3);

- проводят обработку результатов измерений по алгоритму, приведенному в Приложении А;

- определяют погрешность поверяемого ИК МИД по формуле:

$$\gamma_{P_{ик}} = \frac{\Delta_{P_{ик}}}{P_n} \cdot 100, \quad (4)$$

где $\Delta_{P_{ик}}$ – границы интервала абсолютной погрешности измерений ИК МИД, кгс/см²;

P_n – нормирующее значение: верхний предел диапазона измерений или диапазон измерений поверяемого ИК МИД, кгс/см².

10.3.3 Погрешность поверяемого ИК МИД не должна превышать границ, установленных в описании типа комплекса.

10.4 Определение метрологических характеристик ИК 34 МИРТ

10.4.1 Поверку ИК МИРТ проводят поэлементным методом. Первичный преобразователь отключают от входа вторичной части поверяемого ИК МИРТ.

10.4.2 Поверку первичного преобразователя поверяемого ИК МИРТ проводят по методике поверки, утвержденной при испытаниях в целях утверждения типа первичного преобразователя.

Примечание – Поправка на нелинейность градуировочной характеристики для каждого ТПР закладывается в память ПО и учитывается в процессе измерений.

10.4.3 Определение метрологических характеристик вторичной части проводят в следующей последовательности:

- подключают ко входу поверяемого ИК МИРТ генератор;
- задают с помощью генератора последовательно не менее четырех значений частоты, соответствующей градуировочной характеристике первичного преобразователя и равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений;

- регистрируют измеренные поверяемым ИК МИРТ значения объемного расхода;
- в каждой контрольной точке измерения проводят не менее трех раз.

10.4.4 Обработку результатов измерений и определение суммарной погрешности поверяемого ИК МИРТ проводят в следующей последовательности:

- определяют среднее арифметическое значение результатов измерений в каждой контрольной точке диапазона измерений по формуле:

$$\overline{Q_{вч k}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{вч i}}{n}, \quad (5)$$

где $Q_{вч i}$ – измеренное ИК МИРТ значение объемного расхода;

n – число измерений в каждой контрольной точке диапазона измерений;

- определяют относительную систематическую составляющую погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ в каждой контрольной точке по формуле:

$$\delta_{вч k} = \frac{\overline{Q_{вч k}} - Q_{эт k}}{Q_{эт k}} \cdot 100, \quad (6)$$

где $\overline{Q_{вч k}}$ – среднее арифметическое значение результатов измерений объемного расхода, м³/ч (Гц);

$Q_{эт k}$ – эталонное значение объемного расхода, заданное генератором, м³/ч (Гц);

- определяют наибольшую относительную систематическую составляющую погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ во всем диапазоне измерений по формуле:

$$\theta_{вч} = \text{Max}(|\delta_{вч k}|), \quad (7)$$

где $\delta_{вч k}$ – относительная систематическая составляющая погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ в каждой контрольной точке, %;

- определяют относительную неисключенную систематическую составляющую погрешности поверяемого ИК МИРТ по формуле:

$$\theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\theta_{пп}^2 + \theta_{вч}^2}, \quad (8)$$

где $\theta_{пп}$ – пределы допускаемой относительной систематической составляющей погрешности первичного преобразователя поверяемого ИК МИРТ (для ТПР $\theta_{пп} = 0,3$ % в соответствии с рекомендациями ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»), %;

$\theta_{вч}$ – наибольшая относительная систематическая составляющая погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ во всем диапазоне измерений, %;

- определяют относительное значение СКО случайной составляющей погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ в каждой контрольной точке по формуле:

$$S_{\text{вч}k} = \frac{100}{Q_{\text{эт}k}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\text{вч}i} - Q_{\text{вч}k})^2}{n-1}}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{эт}k}$ – эталонное значение объемного расхода, заданное генератором, м³/ч (Гц);
 $Q_{\text{вч}i}$ – измеренное ИК МИРТ значение объемного расхода, м³/ч (Гц);
 $Q_{\text{вч}k}$ – среднее арифметическое значение результатов измерений объемного расхода, м³/ч (Гц);

n – число измерений в каждой контрольной точке диапазона измерений;

- определяют наибольшее относительное значение СКО случайной составляющей погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ во всем диапазоне измерений по формуле:

$$S_{\text{вч}} = \text{Max}(S_{\text{вч}k}), \quad (10)$$

где $S_{\text{вч}k}$ – относительное значение СКО случайной составляющей погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ в каждой контрольной точке, %;

- определяют относительное значение СКО результата измерений объемного расхода по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\text{пп}}^2 + S_{\text{вч}}^2}, \quad (11)$$

где $S_{\text{пп}}$ – пределы допускаемого СКО случайной погрешности первичного преобразователя поверяемого ИК МИРТ ($S_{\text{пп}} = 0,1$ % в соответствии с информацией, представленной в описании типа на ТПР), %;

$S_{\text{вч}}$ – относительное значение СКО случайной составляющей погрешности вторичной части поверяемого ИК МИРТ во всем диапазоне измерений, %;

- определяют относительную случайную составляющую погрешности поверяемого ИК МИРТ по формуле:

$$\varepsilon_{\Sigma} = t \cdot S_{\Sigma}, \quad (12)$$

где t – коэффициент Стьюдента для числа степеней свободы n (см. Приложение Б);

S_{Σ} – относительное значение СКО результата измерений объемного расхода, %;

- если $\left(\frac{\theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}\right) > 8$, то погрешность поверяемого ИК МИРТ $\delta_{Q_{\text{ик}}} = \theta_{\Sigma}$;

- если $\left(\frac{\theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}\right) < 0,8$, то погрешность поверяемого ИК МИРТ $\delta_{Q_{\text{ик}}} = \varepsilon_{\Sigma}$;

- если $0,8 \leq \left(\frac{\theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}\right) \leq 8$, то погрешность поверяемого ИК МИРТ определяют по формуле:

$$\delta_{Q_{\text{ик}}} = \pm K \cdot (\varepsilon_{\Sigma} + \theta_{\Sigma}), \quad (13)$$

где ε_{Σ} – относительная случайная составляющая погрешности поверяемого ИК МИРТ, %;

θ_{Σ} – относительная неисключенная систематическая составляющая погрешности поверяемого ИК МИРТ, %;

K – коэффициент, определяемый по таблице 4.

Таблица 4

| $\frac{\theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}$ | 0,5 | 0,75 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,71 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 |

Примечание – Значение коэффициента K для промежуточных величин отношений $\frac{\theta_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}$ определяется линейной интерполяцией.

10.4.5 Погрешность поверяемого ИК МИД не должна превышать границ, установленных в описании типа комплекса.

10.5 Определение метрологических характеристик ИК 35 МИКМ

10.5.1 Дополнительные подготовительные операции

10.5.1.1 Устанавливают поверочное градуировочное устройство (ГУ) в соответствии с требованиями проекта и ОСТ 1 02677-89.

10.5.1.2 В силовую цепь ГУ устанавливают эталонный динамометр.

10.5.1.3 Обеспечивают переговорную или световую (звуковую) связь между оператором ГУ и оператором комплекса.

10.5.1.4 Обеспечивают ГУ напряжением питания.

10.5.1.5 Проверяют правильность функционирования и прочность всех элементов ГУ путем нагружения МИКМ последовательно нагрузками 0,3; 0,5; 0,8 и 1,1 от верхнего предела диапазона измерений с остановкой на каждой нагрузке, выдержкой трех минут и внешним осмотром элементов ГУ на отсутствие механических повреждений и ослабления элементов крепления. При обнаружении неисправностей проводят работы по их устранению.

10.5.2 Определение порога реагирования МИКМ

10.5.2.1 Порог реагирования МИКМ определяется при нагрузке, соответствующей 0,1 и 1,0 от верхнего предела диапазона измерений.

10.5.2.2 Порядок выполнения операции:

- помещают на грузоприемный узел ГУ плавно (без толчков) такое количество дополнительных гирь, при котором появляется реагирование показаний МИКМ;

- фиксируют значение массы гирь q_i , кгс, и убирают дополнительные гири с грузоприемного узла ГУ;

- повторяют эксперимент с помещением гирь еще четыре раза.

10.5.2.3 Порог реагирования r , кгс, определяется по формуле:

$$r = J \cdot q_{\text{ср}} \cdot \frac{g}{g_n}, \quad (14)$$

где J – передаточное соотношение ГУ, м;

$q_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение дополнительных гирь, помещенных на грузоприемное устройство ГУ, кг;

g – ускорение свободного падения в месте проведения измерений ($g = 9,815 \text{ м/с}^2$), м/с^2 ;

g_n – нормальное ускорение свободного падения ($g_n = 9,807 \text{ м/с}^2$), м/с^2 .

10.5.2.4 Порог реагирования не должен превышать 0,02 % от верхнего предела диапазона измерений.

10.5.3 Определение погрешности поверяемого ИК МИКМ

10.5.3.1 Погрешность поверяемого ИК МИКМ определяют по результатам градуировки с помощью ГУ.

10.5.3.2 Порядок выполнения операции:

- нагружают МИС с помощью ГУ до максимального значения силы и выдерживают при этой нагрузке не менее трех минут;

- разгружают поверяемый ИК МИКМ;

- нагружают поверяемый ИК МИКМ до максимального значения и без выдержки разгружают;

- фиксируют нулевые показания поверяемого ИК МИКМ;

- задают от ГУ последовательность из одиннадцати значений силы от нуля до максимального значения (прямой ход) и от максимального значения до нуля (обратный ход). На каждой ступени нагружения производят регистрацию показаний поверяемого ИК МИКМ;

- повторяют указанные операции еще не менее двух раз.

10.5.3.3 Определяют и исключают аномальные результаты наблюдений, т.е. результаты, содержащие грубые погрешности. Проверку производят на каждой контрольной точке отдельно для прямых и обратных ходов градуировок. Расчет случайной составляющей основной погрешности выполняют по ОСТ 1 02517-84.

10.5.3.4 Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\tilde{\sigma}[\Delta_o]_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'}(X_{ki}-\bar{X}_k') + \sum_{j=1}^{n''}(X_{kj}-\bar{X}_k'')}{n'+n''-1}}, \quad (15)$$

где \bar{X}_k' , \bar{X}_k'' – средние арифметические значения показаний поверяемого ИК МИКМ для прямого и обратного ходов градуировочной характеристики для k -ой ступени нагружения, кгс·м;

n' и n'' – число наблюдений в k -ом ряду измерений, оставшееся после исключения результатов, содержащих грубые погрешности.

10.5.3.5 Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности поверяемого ИК МИКМ от гистерезиса в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\tilde{\sigma}[\Delta_H]_k = \frac{\bar{X}_k' - \bar{X}_k''}{2 \cdot \sqrt{3}}. \quad (16)$$

10.5.3.6 Случайную составляющую абсолютной погрешности поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\tilde{\Delta}_{o k} = t_\alpha \cdot \sqrt{(\tilde{\sigma}[\Delta_o]_k)^2 + (\tilde{\sigma}[\Delta_H]_k)^2}, \quad (17)$$

где t_α – коэффициент Стьюдента-Фишера (по таблице Б.1 Приложения Б).

10.5.3.7 Систематическую составляющую абсолютной погрешности поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\tilde{\Delta}_{os k} = \bar{X}_k - R_k, \quad (18)$$

где \bar{X}_k – среднее арифметическое значение показаний поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке, кгс·м;

R_k – крутящий момент, воспроизведенная ГУ в k -ой контрольной точке, кгс·м.

Среднее арифметическое значение показаний поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке определяют по формуле:

$$\bar{X}_k = \frac{\bar{X}_k' + \bar{X}_k''}{2}, \quad (19)$$

где \bar{X}_k' , \bar{X}_k'' – средние арифметические значения показаний поверяемого ИК МИКМ для прямого и обратного ходов градуировочной характеристики для k -ой ступени нагружения, кгс·м.

Крутящий момент, воспроизведенный ГУ в k -ой контрольной точке, определяют по формуле:

$$R_k = J \cdot q_k \cdot \frac{g}{g_n}, \quad (20)$$

где J – передаточное соотношение ГУ, м;

q_k – значение дополнительных гирь, помещенных на грузоприемное устройство ГУ в k -ой контрольной точке, кг;

g – ускорение свободного падения в месте проведения измерений ($g = 9,815 \text{ м/с}^2$), м/с²;

g_n – нормальное ускорение свободного падения ($g = 9,807 \text{ м/с}^2$), м/с².

10.5.3.8 Определяют абсолютную погрешность поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке по формуле:

$$\tilde{\Delta}_k = \tilde{\Delta}_{o k} + \tilde{\Delta}_{os k}, \quad (21)$$

10.5.3.9 Определяют относительную погрешность поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке по формуле:

$$\tilde{\delta}_k = \frac{\tilde{\Delta}_k}{R_k} \cdot 100 \%, \quad (22)$$

10.5.3.10 Определяют приведенную (к $0,5 \cdot R_{max}$) погрешность поверяемого ИК МИКМ в k -ой контрольной точке по формуле:

$$\tilde{\gamma}_k = \frac{\tilde{\Delta}_k}{0,5 \cdot R_{max}} \cdot 100 \%, \quad (23)$$

10.5.3.11 Результаты поверки считают положительными, если:

- приведенная (к $0,5 \cdot R_{max}$) погрешность поверяемого ИК МИКМ в диапазоне от 0,1 до $0,5 \cdot R_{max}$ включ. не превышает $\pm 0,5 \%$;
- относительная погрешность МИС в диапазоне св. $0,5 \cdot R_{max}$ до R_{max} не превышает $\pm 0,5 \%$.

10.6 Определение метрологических характеристик ИК 36-37 МИЧВР

10.6.1 Определение метрологических характеристик поверяемого ИК МИЧВР проводят в следующей последовательности:

- подключают ко входу поверяемого ИК МИЧВР генератор;
- задают с помощью генератора последовательно не менее семи значений эталонных частот, равномерно распределенных в диапазоне измерений, включая верхнюю и нижнюю границы диапазона измерений. Рекомендуемые значения контрольных точек приведены в таблице 5;

Таблица 5

| № ИК | Диапазон измерений, Гц | Рекомендуемые значения эталонных частот, Гц |
|------|------------------------|---|
| 35 | от 100 до 1100 | 100; 200; 400; 600; 800; 1000; 1100 |
| 36 | от 871 до 9581 | 871; 1742; 3484; 5226; 6968; 8710; 9581 |

- регистрируют измеренные поверяемым ИК МИЧВР значения частоты вращения при прямом и обратном ходе по диапазону измерений поверяемого ИК МИЧВР (число циклов нагружения не менее 3);

- проводят обработку результатов измерений по алгоритму, приведенному в Приложении А;
- определяют погрешность поверяемого ИК МИЧВР по формуле:

$$\gamma_{N_{ик}} = \frac{\Delta_{N_{ик}}}{N_n} \cdot 100, \quad (24)$$

где $\Delta_{N_{ик}}$ – границы интервала абсолютной погрешности измерений ИК МИЧВР, Гц (%);

N_n – нормирующее значение: верхний предел диапазона измерений поверяемого ИК МИЧВР, Гц (%).

10.6.2 Погрешность поверяемого ИК МИЧВР не должна превышать границ, установленных в описании типа комплекса.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки свободной формы

11.2 Сведения об объеме и результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 По заявлению владельца счетчика или лица, представившего его на поверку, на счетчик выдается:

- в случае положительных результатов поверки – свидетельство о поверке установленного образца;

- в случае отрицательных результатов поверки – извещение о непригодности к применению установленного образца с указанием причин непригодности.

Приложение А (обязательное)

Алгоритм обработки результатов измерений (экспериментальных данных) СПО комплекса

А.1 Вводная часть

А.1.1 Математическая обработка результатов измерений (экспериментальных данных) данных средствами СПО комплекса может проводиться одновременно в не более чем 11 точках диапазона измерений поверяемого ИК.

А.1.2 Алгоритм предусматривает отдельную регистрацию экспериментальных данных на прямом и обратном ходе по диапазону измерений поверяемого ИК.

А.1.3 Алгоритм обработки предусматривает на каждой точке диапазона измерений ИК:

- регистрацию от 2 до 10 результатов последовательных единичных измерений на прямом и столько же на обратном ходе по градуировочной характеристике ИК;
- регистрацию данных при проведении от 1 до 10 проходов по градуировочной характеристике ИК.

А.1.4 Математическая обработка экспериментальных данных проводится в 2 этапа:

А.1.4.1 На первом этапе экспериментальные данные обрабатываются индивидуально для каждой выбранной точки диапазона измерений с расчетом границ систематической, случайной и суммарной погрешностей.

А.1.4.2 На втором этапе из результатов обработки по п.А.1.4.1, из всего ряда рассчитанных значений, выбираются наибольшие границы систематической погрешности и оценки СКО. После этого, проводится расчет суммарной погрешности ИК. Полученный результат является интервалом погрешности измерений ИК при комплектной поверке (или его вторичной части, при поэлементной поверке) при доверительной вероятности $P = 0,95$.

А.2 Алгоритм обработки на первом этапе

А.2.1 Исходные данные для математической обработки результатов измерений в точке диапазона измерений поверяемого ИК

Исходными данными являются:

- $Y_{i,j}'$, $Y_{i,j}''$ – результаты единичных измерений, зафиксированные на выходе ИК на прямом и обратном ходе по градуировочной характеристике ИК;
- n – количество последовательных единичных измерений на прямом или обратном ходе по градуировочной характеристике ИК ($2 \leq n \leq 10$). Количество последовательных единичных измерений на прямом и обратном ходе одинаковы;

- i – номер единичного измерения в точке диапазона измерений ИК ($1 \leq i \leq n$);

- j – количество проходов по градуировочной характеристике ИК ($1 \leq j \leq 10$);

- X_0 – значение эталонного сигнала, подаваемого на вход ИК в точке диапазона измерений ИК.

А.2.2 Последовательность вычислений

А.2.2.1 Определяют средние арифметические значения результатов измерений на прямом \bar{Y}' и обратном \bar{Y}'' ходе, полученные за j проходов по формулам:

$$\bar{Y}' = \frac{\sum_i \sum_j Y_{i,j}'}{n \cdot j}, \quad (A.1)$$

$$\bar{Y}'' = \frac{\sum_i \sum_j Y_{i,j}''}{n \cdot j}. \quad (A.2)$$

А.2.2.2 Определяют границу неисключенной систематической погрешности результата измерений в точке диапазона измерений по формуле:

$$\theta = \max(|\bar{Y}' - X_0|; |\bar{Y}'' - X_0|). \quad (A.3)$$

А.2.2.3 Проводят оценку среднего квадратического отклонения результата измерений в точке диапазона измерений по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (y_{i,j'} - \bar{y}')^2 + \sum_i \sum_j (y_{i,j''} - \bar{y}'')^2}{2 \cdot i \cdot j - 1}}. \quad (\text{A.4})$$

А.3 Алгоритм обработки на втором этапе

А.3.1 Исходные данные для определения границ интервала погрешности результатов измерений во всем диапазоне измерений поверяемого ИК

Исходными данными являются:

- $\theta_1 \dots \theta_m$ – результаты определения границ неисключенной систематической погрешности результатов измерений во всех точках диапазона измерений ИК и рассчитанных на 1 этапе;
- $S_1 \dots S_m$ – результаты расчета оценки среднего квадратического отклонения результатов измерений во всех точках диапазона измерений ИК и рассчитанных на 1 этапе;
- m – количество точек диапазона измерений ИК (не более 10).

А.3.2 Последовательность вычислений

А.3.2.1 Определяют границу неисключенной систематической погрешности результатов измерений для всего диапазона измерений ИК по формуле:

$$\theta_{\text{ИК}} = \max(\theta_1 \dots \theta_m). \quad (\text{A.5})$$

А.3.2.2 Определяют оценку среднего квадратического отклонения результата измерений для всего диапазона измерений ИК по формуле:

$$S_{\text{ИК}} = \max(S_1 \dots S_m). \quad (\text{A.6})$$

А.3.2.3 Определяют доверительные границы случайной погрешности результата измерений для всего диапазона измерений ИК по формуле:

$$\varepsilon_{\text{ИК}} = t \cdot S_{\text{ИК}}, \quad (\text{A.7})$$

где t – коэффициент Стьюдента для числа степеней свободы $(2 \cdot i \cdot j - 1)$ (см. Приложение Б).

А.3.2.4 Определяют границы погрешности результата измерений для всего диапазона измерений ИК по формулам:

$$\Delta_{\text{ИК}} = \pm \varepsilon_{\text{ИК}}, \text{ если } \frac{\theta_{\text{ИК}}}{S_{\text{ИК}}} < 0,8, \quad (\text{A.8})$$

$$\Delta_{\text{ИК}} = \pm \theta_{\text{ИК}}, \text{ если } \frac{\theta_{\text{ИК}}}{S_{\text{ИК}}} > 8, \quad (\text{A.9})$$

$$\Delta_{\text{ИК}} = \pm \frac{\varepsilon_{\text{ИК}} + \theta_{\text{ИК}}}{S_{\text{ИК}} + \sqrt{\frac{\theta_{\text{ИК}}^2}{3}}} \cdot \sqrt{S_{\text{ИК}}^2 + \frac{\theta_{\text{ИК}}^2}{3}}, \text{ если } 0,8 \leq \frac{\theta_{\text{ИК}}}{S_{\text{ИК}}} \leq 8. \quad (\text{A.10})$$

Приложение Б
(справочное)
Значения коэффициента Стьюдента-Фишера

Таблица Б.1

| Число степеней свободы $f = n-1$ | t_{α} (при доверительной вероятности $P = 0,95$) |
|-------------------------------------|---|
| 1 | 12,706 |
| 2 | 4,303 |
| 3 | 3,182 |
| 4 | 2,776 |
| 5 | 2,571 |
| 6 | 2,447 |
| 7 | 2,365 |
| 8 | 2,306 |
| 9 | 2,262 |
| 10 | 2,228 |
| 11 | 2,201 |
| 12 | 2,179 |
| 13 | 2,160 |
| 14 | 2,145 |
| 15 | 2,131 |
| 16 | 2,120 |
| 17 | 2,110 |
| 18 | 2,103 |
| 19 | 2,093 |
| 20 | 2,086 |
| 21 | 2,080 |
| 22 | 2,074 |
| 23 | 2,069 |
| 24 | 2,064 |
| 25 | 2,060 |
| 26 | 2,056 |
| 27 | 2,052 |
| 28 | 2,048 |
| 29 | 2,045 |
| 30 | 2,042 |
| 40 | 2,021 |
| 60 | 2,000 |
| 120 | 1,980 |
| ~ | 1,960 |