

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального

директора – директор

исследовательского центра

«Авиационные двигатели»

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»



В.Г. Марков

01

2025 г.

ГСИ. Система измерительная ИС-1-Ц17Г3-М

Методика поверки

МП ИС-1-Ц17Г3-М

г. Москва

2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	4
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	8
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	9
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	10
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	16
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	17
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	18
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	19
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ..	20
10.3 Определение МХ и погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа	21
10.4 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (N)	21
10.5 Определение МХ и погрешностей ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа	22
10.6 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt	23
10.7 Определение МХ и погрешностей ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубы	23
10.8 Определение МХ и погрешностей ИК температуры воздуха в боксе	24
10.9 Определение МХ и погрешностей ИК относительной влажности воздуха в боксе	25
11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	28
11.1 Расчёт характеристик погрешностей ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред	28
11.2 Расчёт характеристик погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа	29
11.3 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (N)	29
11.4 Расчёт характеристик погрешностей ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред	30
11.5 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt	30

11.6 Расчёт характеристик погрешностей ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубы	30
11.7 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры воздуха в боксе	31
11.8 Расчёт характеристик погрешностей ИК относительной влажности воздуха в боксе	31
11.9 Расчёт характеристик погрешностей ИК объемного расхода жидкости	32
11.10 Расчёт характеристик погрешностей ИК частоты электрического сигнала	36
11.11 Расчёт суммарных погрешностей ИК	36
12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	38
Приложение А – Схемы поверки ИК	39
Приложение Б – Форма протоколов поверки ИК ИС	41
Приложение В – Форма свидетельства о поверке ИС	48

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;

ВП – верхний предел измерения;

ДИ – диапазон измерения;

ИК – измерительный канал;

ИЗ – измеряемое значение;

ИУ – измерительный участок, включающий ТПР;

ИС – измерительная система;

КД – конструкторская документация;

КВД – уравнение Каллендара–Ван Дюзена;

МП – методика поверки;

МХ – метрологические характеристики;

НЗ – нормирующее значение;

НП – нижний предел диапазона измерения;

НД – нормативная документация;

НСХ – номинальная статическая характеристика;

ПО – программное обеспечение;

ПП – первичный преобразователь;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СКО – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

СИ – средства измерения;

ТПР – турбинный преобразователь расхода топлива;

ТПУ – эталонная трубопоршневая установка для поверки ТПР;

ТХС – температура «холодного спая»;

ТЭДС – термоэлектродвижущая сила;

ФИФ ОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая Методика поверки (МП) разработана в соответствии с Приказом Минпромторга России № 2907 от 28.08.2020 г., приказом Минпромторга № 2510 от 31.07.2020 г. и устанавливает порядок, методы и средства проведения первичной и периодических поверок измерительных каналов (ИК) Системы измерительной ИС-1-Ц17Г3-М (далее по тексту - Система, ИС-1-Ц17Г3-М) стенда Ц-17Г3 ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

1.2 Функционально Система включает в себя следующие ИК:

- ИК силы;
- ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред;
- ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа;
- ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (N);
- ИК сопротивления постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа;
- ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt;
- ИК разности температуры воды на выходе и входе калориметрической трубы;
- ИК температуры воздуха в боксе;
- ИК относительной влажности воздуха в боксе;
- ИК объёмного расхода жидкости;
- ИК частоты электрического сигнала.

1.3 Способы поверки

1.3.1 Настоящая МП устанавливает комплектный и поэлементный способы поверки ИК.

1.3.2 В настоящей МП поверка ИК реализована с помощью метода прямых измерений.

1.4 Нормирование метрологических характеристик

1.4.1 Номенклатура МХ ИК, определяемых по данной МП, установлена в соответствии с ГОСТ 8.009-84.

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

1.4.3 Методы определения МХ ИК при поверке комплектным способом – по ГОСТ Р 8.736-2011.

1.4.4 Нормирование поверки: количество КТ на ДИ – по МИ 2440-97.

1.5 Система обеспечивает прослеживаемость к следующим Государственным первичным эталонам:

– ГЭТ 1-2022 ГПЭ единиц времени, частоты и национальной шкалы времени в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

– ГЭТ 4-91 ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А»;

– ГЭТ 13-2023 ГПЭ единицы электрического напряжения в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвигущей силы»;

– ГЭТ 14-2014 ГПЭ единицы электрического сопротивления в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30.12.2019 г. № 3456

«Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока»;

– ГЭТ 23-2010 ГПЭ единицы давления-паскаля и ГЭТ 43-2022 ГПЭ единицы избыточного давления в диапазоне статического давления от 10 до 1600 МПа и в диапазоне импульсного давления от 1 до 1200 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне от 0,05 до 1 см² в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа»;

– ГЭТ 34-2020 ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

– ГЭТ 151-2020 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21.11.2023 г. № 2415 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов»;

– ГЭТ 63-2019 в соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.09.2022 г. № 2356 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости».

1.6 Допускается возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средств измерений для меньшего числа измеряемых величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Перечень операций, которые должны проводиться при поверке системы, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
1 Внешний осмотр	7	да	да
2 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.	8	да	да
3 Проверка программного обеспечения средства измерений	9	да	да
4 Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да
4.1 Определение МХ и погрешностей ИК силы	10.1	да	да
4.2 Определение МХ и погрешностей ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидкоких сред	10.2	да	да
4.3 Определение МХ и погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидкоких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа	10.3	да	да
4.4 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (N)	10.4	да	да
4.5 Определение МХ и погрешностей ИК сопротивления постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидкоких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа	10.5	да	да
4.6 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt	10.6	да	да
4.7 Определение МХ и погрешностей ИК разности температуры воды на выходе и входе калориметрической трубки	10.7	да	да
4.8 Определение МХ и погрешностей ИК температуры воздуха в боксе	10.8	да	да
4.9 Определение МХ и погрешностей ИК относительной влажности воздуха в боксе	10.9	да	да
4.10 Определение МХ и погрешностей ИК объемного расхода жидкости	10.10	да	да
4.11 Определение МХ и погрешностей ИК частоты электрического сигнала	10.11	да	да
5 Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям	11	да	да

Окончание таблицы 1

6 Оформление результатов поверки	12	да	да
Примечание – При проведении поверки в ограниченном объеме перечень проверяемых ИК может быть сокращен на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку			

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки системы ИС-1-Ц17Г3-М должны соблюдаться требования по технике безопасности, производственной санитарии и охране окружающей среды, изложенные в Руководстве по эксплуатации системы ИС-Ц-3 РЭ.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

– параметры электрического питания:

- 1) напряжение, В..... 230 ± 23 ;
- 2) частота, Гц..... 50 ± 1 .

– рабочие условия эксплуатации систем:

- 1) температура воздуха, °С от +10 до +30;
- 2) относительная влажность воздуха при температуре 25 °С, %..... от 30 до 80;
- 3) атмосферное давление, кПа..... от 84 до 106.

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

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

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

Проверка системы ИС-1-Ц17Г3-М должна проводиться юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, аккредитованными на право оказания услуг в области обеспечения единства измерения, в установленном действующим законодательством порядке.

К проведению работ по поверке ИС допускаются лица, имеющие высшее, среднее профессиональное или дополнительное профессиональное образование, или прошедшие профессиональную переподготовку по специальностям (направлениям подготовки), содержащим в наименовании указание на метрологию и (или) стандартизацию, независимо от конкретной области аккредитации в сфере обеспечения единства измерений с опытом работы в соответствующем направлении не менее трёх лет.

Также к проведению работ по поверке ИС допускаются лица, имеющие высшее, среднее профессиональное или дополнительное профессиональное образование по специальностям, не содержащим в наименовании указание на метрологию, но прошедшие курсы повышения квалификации по профилю, соответствующему области аккредитации.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки использовать средства поверки и вспомогательное оборудование, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки	
		1	2
Основные средства поверки			
10.2 (комплектная поверка)	<p>Рабочий эталон 2 разряда Приказу Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 30 МПа;</p> <p>Рабочий эталон 3 разряда Приказу Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 30 МПа</p>	<p>Калибратор многофункциональный DPI 620 с внешними модулями давления (рег. номер в ФИФ ОЕИ № 60401-15);</p> <p>Калибратор давления DPI 610 (рег. номер в ФИФ ОЕИ № 66347-09);</p>	
10.2 (поэлементная поверка)	<p>Рабочий эталон 1 разряда Приказу Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 30 МПа;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда Приказу Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 30 МПа;</p> <p>Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта от 20.10.2022 г. № 2653 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа» в диапазоне от 0 до 30 МПа;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об</p>	<p>Калибратор многофункциональный DPI 620 с внешними модулями давления (рег. номер в ФИФ ОЕИ № 60401-15);</p> <p>Манометр газовый грузопоршневой МГП-В-2,5 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 52506-16);</p> <p>Манометр грузопоршневой МП-6 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 16115-97);</p> <p>Манометр грузопоршневой МП-60 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 16026-97);</p> <p>Манометр грузопоршневой МП-600 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 52189-16);</p> <p>Калибратор давления DPI 610 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 66347-09);</p> <p>Калибратор – измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 35062-07);</p>	

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.3; 10.4	утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от 0 до 10 В	Мультиметр 3458А (рег. номер в ФИФ ОЕИ 77012-19)
10.5; 10.6	<p>Рабочий эталон 3 разряда по Приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от минус 10 до 100 мВ;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от минус 10 до 100 мВ;</p> <p>Рабочий эталон 2, 3 разрядов по Приказу Росстандарта от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры» в диапазоне температур от минус 0 °C до 30 °C;</p> <p>Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 0,01 до 320 Ом</p>	<p>Калибратор – измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 35062-07);</p> <p>Компаратор-калибратор универсальный КМ300КНТ (рег. номер в ФИФ ОЕИ 54727-13);</p> <p>Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-11-2 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 65421-16);</p> <p>Термометр цифровой эталонный ТЦЭ-005/М2 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 40719-15)</p>
10.6	Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 0,01 до 2500 Ом	Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная Р3026-1 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 56523-14)
	Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры» в диапазоне температур от минус 40 °C до 330 °C; <p>Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического</p>	<p>Калибратор температуры ЭЛЕМЕР-КТ-150К/М1И (рег. номер в ФИФ ОЕИ 60979-15);</p> <p>Калибратор температуры ЭЛЕМЕР-КТ-650К/М1И (рег. номер в ФИФ ОЕИ 60979-15);</p> <p>Компаратор-калибратор универсальный КМ300КНТ</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.7	<p>сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 0,01 до 2500 Ом;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от 0 до 10 В;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА</p>	<p>(рег. номер в ФИФ ОЕИ 54727-13);</p> <p>Мультиметр 3458А (рег. номер в ФИФ ОЕИ 77012-19)</p>
	<p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;</p> <p>Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 0,01 до 2500 Ом;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 28.07.2023 г. № 1520 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы» в диапазоне от 0 до 5 В;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА</p>	<p>Калибратор температуры ЭЛЕМЕР-КТ-150К/М1И (рег. номер в ФИФ ОЕИ 60979-15);</p> <p>Компаратор-калибратор универсальный КМ300КНТ (рег. номер в ФИФ ОЕИ 54727-13);</p> <p>Мультиметр 3458А (рег. номер в ФИФ ОЕИ 77012-19).</p>

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
10.8	<p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 19.11.2024 г. № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;</p> <p>Рабочий эталон 4 разряда по Приказу Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3456 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений электрического сопротивления постоянного и переменного тока» в диапазоне от 0,01 до 2500 Ом;</p>	<p>Калибратор температуры ЭЛЕМЕР-КТ-150К/М1И (рег. номер в ФИФ ОЕИ 60979-15);</p> <p>Мультиметр 3458А (рег. номер в ФИФ ОЕИ 77012-19).</p>
10.9	<p>Рабочий эталон 1 разряда по Приказу Росстандарта от 21.11.2023 г. № 2415 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов»;</p> <p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 01.10.2018 г. № 2091 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А» в диапазоне от 4 до 20 мА;</p>	<p>Рабочий эталон 1-го разряда единицы относительной влажности газов в диапазоне значений от 5 % до 99 % (Генератор влажного газа образцовый динамический «Родник-2М», рег. номер 3.7.АМЦ.0001.2022);</p> <p>Компаратор-калибратор универсальный КМ300КНТ (рег. номер в ФИФ ОЕИ 54727-13);</p> <p>Мультиметр 3458А (рег. номер в ФИФ ОЕИ 77012-19).</p>
10.10	<p>Рабочий эталон 2 разряда по Приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости.</p>	<p>Рабочий эталон единицы объема жидкости в потоке 2 разряда с номинальным значением $0,03443 \text{ м}^3$, единицы объемного расхода жидкости 2 разряда в диапазоне значений от 0,3 до 7,2 $\text{м}^3/\text{ч}$ (установка трубопоршневая ТПУ-1, рег. номер 3.7.АМЦ.0004.2023);</p> <p>Рабочий эталон единицы объема жидкости в потоке 2 разряда с номинальным значением $0,001464 \text{ м}^3$, $0,006695 \text{ м}^3$ единицы объемного расхода жидкости 2 разряда в диапазоне значений от 0,1 до $2,88 \text{ м}^3/\text{ч}$ (Установка трубопоршневая</p>

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
		<p>ТПУ-3, рег. номер 3.7.АМЦ.0005.2023);</p> <p>Рабочий этalon единицы объема жидкости в потоке 2 разряда с номинальным значением 0,23384 м³, единицы объемного расхода жидкости 2 разряда в диапазоне значений от 0,4 до 61,2 м³/ч (Установка трубопоршневая ТПУ-4, рег. номер 3.7.АМЦ.0002.2023);</p> <p>Рабочий этalon единицы объема жидкости в потоке 2 разряда с номинальным значением 0,009987 м³, единицы объемного расхода жидкости 2 разряда в диапазоне значений от 0,5 до 13,7 м³/ч (Установка трубопоршневая ТПУ-Э, рег. номер 3.7.АМЦ.0003.2023);</p> <p>Генератор сигналов низкочастотный прецизионный Г3-122 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 10237-85).</p>
10.11	Рабочий этalon 4 разряда по Приказу Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты».	Генератор сигналов низкочастотный прецизионный Г3-122 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 10237-85).
Вспомогательные средства поверки		
10.1 – 10.11	Средство измерений условий окружающей среды: Прибор комбинированный Testo 622 (рег. номер в ФИФ ОЕИ 53505-13)	
10.1 – 10.11	Секундомер механический СОСпр (рег. номер в ФИФ ОЕИ 11519-11)	

5.2 При проведении поверки допускается применение других средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых ИК с требуемой точностью (выбираются по поверочным схемам по соответствующим видам измерений).

5.3 Используемые средства поверки должны иметь действующее свидетельство об аттестации эталона и/или действующее свидетельство о поверке (с учетом требований

проверочных схем), и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (ФИФ по ОЕИ).

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок», ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.2.091-2002 и требования безопасности, указанные в технической документации на применяемые эталоны и вспомогательное оборудование. Любые подключения приборов проводить только при отключенном напряжении питания Системы.

6.2 Кроме того, необходимо соблюдать следующие требования:

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

– помещение, где проводится поверка, должно быть оборудовано пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения;

– установку средств поверки производить с таким расчетом, чтобы был обеспечен удобный доступ к ним при проведении работ;

– подключение и отключение первичных измерительных преобразователей (ПП) давления от Системы, передающей давление, должны производиться только при условии отсутствия в ней избыточного давления;

– запрещается задавать давление, превышающее значение верхнего предела, поверяемого ПП в соответствии с его техническими характеристиками;

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

– работы по выполнению поверки Системы должны проводиться по согласованию с лицами, ответственными за её эксплуатацию.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого ИК ИС следующим требованиям:

- комплектность ИК и его элементов должна соответствовать требованиям КД и НД на ИС;
- проверить правильность электрического и механического монтажа (соединительные линии не должны иметь повреждений и должны быть надёжно соединены с разъёмами и клеммами;
- пневматические и гидравлические части ИК должны быть герметичны;
- должны отсутствовать следы механических повреждений, очаги загрязнения и коррозии, препятствующие эксплуатации элементов ИК.

7.2 Результаты внешнего осмотра считать удовлетворительными если выполняются вышеописанные требования. В случае несоответствия проводится устранение недостатков.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.

8.1 Подготовка к поверке

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

8.1.1 Включить Систему в соответствии с ИС-1-Ц17Г3-М РЭ.

8.1.2 Проверить техническое состояние и подготовить Систему к работе в соответствии с ИС-1-Ц17Г3-М РЭ.

8.1.3 Проверить соответствие условий поверки требованиям раздела 3.

8.1.4 При подготовке к поверке:

– проверить наличие действующих свидетельств об аттестации эталонов на средства поверки и/или действующих свидетельств о поверке, и/или наличие сведений о положительных результатах поверки в ФИФ по ОЕИ;

– технические средства если они находились в условиях отрицательных температур, либо повышенной влажности, выдержать не менее 2 часов в условиях, указанных в разделе 3;

– подготовить средства поверки в соответствии с их эксплуатационной документацией;

– при необходимости обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения;

– включить питание аппаратуры;

– ожидать прогрева аппаратуры не менее 30 минут.

8.1.5 Перед началом поверки измерить и занести в протокол поверки условия окружающей среды (температура, влажность воздуха и атмосферное давление).

8.2 Опробование средства измерений

8.2.1 При опробовании системы необходимо:

- включить систему, подав напряжение питания на все ее компоненты;
- запустить ПО, которое хранится непосредственно на компьютерах измерительных систем ИС-1-Ц17Г3-М имеющих свои пароли;
- проверить соответствие характеристик в информационном окне программы;
- проверить настройку режимов работы измерительных модулей;
- выбрать количество и тип измерительных каналов;
- просмотреть измеряемый сигнал в реальном масштабе времени в различном представлении (графики, пиктограммы или цифровые значения);
- выбрать поверяемый ИК системы. Нажать кнопку «Градуировка» в строке, соответствующей выбранному ИК. Подать на вход выбранного ИК значение физической величины в пределах диапазона измерений ИК;
- изменять в сторону увеличения и/или уменьшения значение физической величины в пределах диапазона измерений ИК. Контролировать в окне «текущее значение» изменение значения физической величины.

8.2.2 Результаты опробования поверяемого ИК считать положительными, если при изменении значения физической величины происходит изменение показаний в окне «текущее значение» выбранного ИК системы.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Для проверки наименования и версии метрологически значимого ПО необходимо запустить ПО двойным нажатием левой кнопки манипулятора «мышь» (ЛКМ) на ярлык программы на рабочем столе. В открывшемся главном окне программы щелчком правой кнопки «мыши» (ПКМ) по пиктограмме  в левом верхнем углу открыть контекстное меню. Щелчком ЛКМ в контекстном меню на опции «О программе» открыть информационное окно.

9.2 Убедиться в соответствии идентификационных данных программного обеспечения приведенным ниже:

- идентификационное наименование – Recorder.exe;
- номер версии – 3.4.0.16a;
- ID (цифровой идентификатор) – E6661D3D.

9.3 Результаты проверки ПО считать положительными, если идентификационные данные совпадают с приведенными в п. 9.2

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Определение МХ ИК силы

10.1.1 Проверка динамометров электронных, входящих в состав ИК, проводится автономно в соответствии с МП 2301-249-2013 «Динамометры электронные на растяжение, сжатие и универсальные ТМ. Методика поверки».

10.1.2 Вторичный преобразователь входит в состав динамометра, поэтому расчёта суммарной погрешности не требуется.

10.2 Определение МХ и погрешностей ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред

10.2.1 Проверку каждого ИК выполнить комплектным или поэлементным способом. При поверке комплектным методом выполнить следующие операции:

- соединить первичные преобразователи (датчики) с магистралью эталонного давления собрав схему поверки, согласно Приложению А;
- подать на магистраль эталонное давление, равное нижнему, а затем верхнему пределу измерения данной группы датчиков;
- проверить соответствие значения давления, индицируемого на экране дисплея ЭВМ, и заданного давления;
- с помощью калибратора давления подать на входы преобразователей давления ряд равномерно распределённых по диапазонам измерения значений эталонного избыточного давления, с шагом не более 30 % от диапазона (при поверке преобразователей дифференциального давления минусовые порты соответствующих преобразователей соединить с атмосферой, а плюсовые с магистралью);
- выполнить от одного до трёх циклов нагружения. При этом в каждом цикле давление необходимо повысить от нижнего до верхнего предела измерений (прямой ход) и понизить от верхнего предела до нижнего (обратный ход) с выдержкой по времени на верхнем пределе нагружения в течение 1 минуты. На каждой ступени нагружения зарегистрировать и занести в протокол (Приложение Б) измеренные значения давления.

Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти.

При поверке ИК с верхним пределом измерений разрежения 0,1 МПа, если атмосферное давление равно или менее 0,1 МПа, максимальное разрежение допускается устанавливать в диапазоне от 0,90 до 0,95 Рб, где Рб - атмосферное давление.

Определение основной погрешности ИК абсолютного давления с верхними пределами измерений от 0,25 МПа допускается проводить с использованием эталонных СИ абсолютного давления, разрежения и избыточного давления (например, БОП-1М-3; МГП-В-2,5; МП-6 и МП-60).

В этом случае ИК поверяют на точках: при разрежении в пределах от 0,90 до 0,95Рб, при значениях избыточного давления, определяемом по формуле

$$\text{Ризб} = \text{Рэт} - \text{Рб}, \quad (1)$$

где Рэт – давление, задаваемое на вход ИК с учётом атмосферного.

Основную погрешность и вариацию ИК рассчитать по формулам (8), (9), (14), (15) и (16).

10.2.2 При поверке поэлементным методом выполнить следующие операции:

- отсоединить ПП от остальной части ИК;
- подключить калибратор ИКСУ-260 к электронной части ИК, согласно схеме (приложение А);
- подать на вход электронной части ИК ряд значений эталонного электрического сигнала, в соответствие с типом и диапазоном используемого АЦП;

- выполнить от одного до трёх циклов нагружения. При этом в каждом цикле значение электрического сигнала необходимо повысить от нуля до верхнего предела измерений (прямой ход) и понизить от верхнего предела до нуля (обратный ход);
- число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти;
- на каждой ступени нагружения зарегистрировать и занести в протокол (Приложение Б) измеренные значения.

Проверку ПП провести в соответствии с МИ 1997-89, либо методикой, установленной при утверждении типа ПП.

Проверка манометров прецизионных МЦП-2М производится в соответствии с методикой поверки, изложенной в приложении А к руководству по эксплуатации ИКЛВ.406525.003 Д52; барометров БРС-1М в соответствии с МИ 2699-01.

Основную погрешность и вариацию ИК рассчитать по формулам (3), (4), (7), (8), (9) и (10).

Суммарную погрешность ИК рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.2.3 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\gamma P_{ИК} \leq \gamma P_{доп}$, либо $\Delta P_{ИК} \leq \Delta P_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.3 Определение МХ и погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа

10.3.1 Проверку ИК выполнить в следующей последовательности:

- отключить термоэлектрические преобразователи от входа в ИК;
- подключить на входы ИК источник эталонного напряжения компаратор КМ 300 КНТ или калибратор ИКСУ-260 в соответствии со схемой подключения (приложение А);
- включить питание ИС, загрузить рабочую программу в режиме поверки согласно руководству по эксплуатации ИС-1-Ц17Г3-М РЭ;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК сигналы, соответствующие максимальному и минимальному значению диапазона измерения. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе нагрузки и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала;
- установить калибратором ряд значений эталонного напряжения, равномерно распределённым в указанном диапазоне измерений или соответствующих имитируемым значениям эталонных температур. Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ погрешности) циклами воспроизведения. Контрольные точки установки температуры определяются по НСХ, указанной в ГОСТ Р 8.585-2001;
- на каждой ступени воспроизведения зарегистрировать измеренные значения напряжения или температуры (в случае имитации);
- рассчитать основную приведённую погрешность в соответствии с п. 11.2.

10.3.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\gamma U_{ИК} \leq \gamma U_{доп}$ либо $\Delta t_{ИК} \leq \Delta t_{доп}$ (в случае имитации). При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.4 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (Н)

10.4.1 Проверку электронной части ИК выполняется в соответствии с процедурами, описанными в п. 10.3.

10.4.2 Проверка термоэлектрических преобразователей производится по ГОСТ 8.338-2002, либо методикой, установленной при утверждении типа ПП.

10.4.3 Определение погрешности измерения температуры свободных концов (температура «холодного спая»)

При определении погрешности температуры свободных концов выполнить следующие операции:

- в технологическое отверстие блока терmostатирования комплекса измерения температур (MIC 140) поместить эталонный термопреобразователь сопротивления ПТСВ-11;
- соединить ПТСВ-11 с термометром цифровым эталонным ТЦЭ-005/М2;
- выдержать в условиях окружающей среды не менее трёх часов;
- включить питание ИС;
- перевести ИК в режим измерения температуры свободных концов согласно руководству по эксплуатации ИС-1-Ц17Г3-М РЭ;
- измерить эталонную температуру;
- зарегистрировать показания измеренной температуры свободных концов, индицируемых на мониторе ПК для каждой точки измерения ТХС;
- рассчитать абсолютную погрешность измерения ТХС для каждой точки измерения по формуле

$$\Delta_{T_{ХС},i} = t_{\text{эт}} - t_{\text{изм},i}, \quad (2)$$

где $t_{\text{эт}}$ - эталонное значение температуры, измеренной ПТСВ;

$t_{\text{изм},i}$ - измеренное значение температуры ТХС для каждой точки измерения в шкафу терmostатирования;

- занести результаты измерения ТХС в протокол (Приложение Б).

Величина абсолютной погрешности ТХС для каждой точки измерения не должна превышать $\pm 0,2$ °С.

10.4.4 Суммарную погрешность ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями, включая погрешность электронной части ИК, термоэлектрического преобразователя и температуры свободных концов (ТХС) рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.4.5 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\delta t_{\text{ИК}} \leq \delta t_{\text{доп}}$, либо $\gamma t_{\text{ИК}} \leq \gamma t_{\text{доп}}$, либо $\Delta t_{\text{ИК}} \leq \Delta t_{\text{доп}}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.5 Определение МХ и погрешностей ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа

10.5.1 Поверку ИК выполнить в следующей последовательности:

- отключить термопреобразователи сопротивления от входа в ИК;
- подключить на входы ИК источник эталонного сопротивления - мера сопротивления многозначная Р 3026 или калибратор ИКСУ-260, в соответствии со схемой подключения (приложение А);
- включить питание ИС, загрузить рабочую программу в режиме поверки согласно руководству по эксплуатации ИС-1-Ц17Г3-М РЭ;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК сигналы, соответствующие максимальному и минимальному значению диапазона измерения. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе генерирования сопротивления и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала;
- установить калибратором или мерой ряд значений эталонного сопротивления, равномерно распределённым в указанном диапазоне измерений или соответствующих имитируемым значениям эталонных температур. Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ

погрешности) циклами воспроизведения. Контрольные точки установки температуры определяются по НСХ, указанной в ГОСТ 6651-2009;

– на каждой ступени воспроизведения зарегистрировать измеренные значения сопротивления или температуры (в случае имитации);

– рассчитать основную приведённую погрешность в соответствии с п. 11.4.

10.5.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\gamma R_{ИК} \leq \gamma R_{доп}$ либо $\Delta t_{ИК} \leq \Delta t_{доп}$ (в случае имитации). При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.6 Определение МХ и погрешностей ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt

10.6.1 Поверку электронной части ИК выполняется в соответствии с процедурами, описанными в п. 10.5.

10.6.2 Проверка термопреобразователей сопротивления производится по ГОСТ 8.461-2009, либо методикой, установленной при утверждении типа ПП.

10.6.3 Суммарную погрешность ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления, включая погрешность электронной части ИК, термопреобразователей сопротивления рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.6.4 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\gamma t_{ИК} \leq \gamma t_{доп}$, либо $\Delta t_{ИК} \leq \Delta t_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.7 Определение МХ и погрешностей ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубы

10.7.1 Поверку электронной части ИК выполняется в соответствии с процедурами, описанными в п. 10.3, 10.5.

10.7.2 Проверка платиновых вибропрочных преобразователей сопротивления производится по НКГЖ.408717.340МП.

10.7.3 Проверку ИК, реализованных по первому методу, выполняют следующим образом:

– отключить датчики температуры от входа в ИК;

– установить термопреобразователи сопротивления в терmostатирующий блок калибратора эталонного КТ-150, согласно НД на калибратор;

– для приёма выходного сигнала подключить эталонный мультиметр 3458А к ПП;

– включить калибратор КТ-150, ПП и эталонный мультиметр в соответствии с НД;

– с помощью эталонного калибратора подать на входы преобразователей ряд равномерно распределённых между диапазоном измерения эталонных значений, с количеством точек не менее двух. Выдержать на каждой задаваемой точке не менее 30 минут;

– зарегистрировать показания мультиметра на каждой ступени измерения;

– рассчитать измеренное значение используя функцию КВД для платиновых термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651;

– в случае отклонения от эталонного значения более чем на 0,075 °С провести индивидуальную градуировку ПП по трём эталонным значениям в диапазоне измерений от 0 до 40 °С распределённых равномерно по всему диапазону, а именно, в начале диапазона, середине и в конце. Разница между значениями должна быть в диапазоне от 45 до 50 % диапазона измерения. Рассчитать индивидуальные значения коэффициентов уравнения КВД, используя систему уравнений с тремя переменными по формуле (15).

10.7.4 Суммарную погрешность ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубы, включая погрешность электронной части ИК,

термопреобразователей сопротивления на входе в калориметрическую трубку и выходе из неё рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.7.5 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\Delta t_{ИК} \leq \Delta t_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.8 Определение МХ и погрешностей ИК температуры воздуха в боксе

10.8.1 Поверку каждого ИК выполнить поэлементным методом в следующей последовательности:

- определение МХ и погрешностей электронной части ИК;
- определение МХ и погрешностей ПП температуры;
- определение суммарной погрешности ИК.

10.8.2 При определении МХ и погрешностей электронной части ИК выполнить следующие операции:

- отключить датчики температуры от входа в ИК;
- подключить на входы ИК источник эталонного напряжения или тока (в зависимости от типа АЦП) - компаратор КМ 300 КНТ или калибратор ИКСУ-260 в соответствии со схемой подключения (приложение А);
- включить питание ИС, загрузить рабочую программу в режиме поверки согласно руководству по эксплуатации РЭ-ИС-1-Ц17Г3-М;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК электрический сигнал, соответствующий нижнему и верхнему пределу диапазона измерений. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе воспроизведения и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала;
- установить калибратором ряд значений эталонного напряжения или тока, равномерно распределённым в указанном диапазоне измерений. Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ погрешности) циклами нагружения;
- на каждой ступени нагружения зарегистрировать измеренные значения напряжения или тока;
- рассчитать основную абсолютную погрешность в соответствии с п. 11.7.

10.8.3 При определении МХ и погрешностей ПП температуры выполнить следующие операции:

- проверить комплектность ПП в соответствии с НД на ПП;
- установить датчики температуры в терmostатирующий блок калибратора эталонного КТ-150, согласно НД на калибратор;
- для приёма выходного сигнала подключить эталонный мультиметр 3458А или калибратор ИКСУ-260 к ПП;
- включить калибратор КТ-150, ПП и эталонный мультиметр в соответствии с НД;
- с помощью эталонного калибратора подать на входы датчиков ряд равномерно распределённых между диапазоном измерения эталонных значений, с шагом не более 30 % от диапазона с количеством точек не менее пяти. Выдержать на каждой задаваемой точке не менее 30 минут;
- зарегистрировать показания мультиметра на каждой ступени измерения;
- рассчитать значение измеренной температуры на каждой ступени измерения по формулам (16), (17);
- рассчитать абсолютную погрешность измеренной температуры по формуле (18);

10.8.4 Суммарную погрешности ИК рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.8.5 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\Delta t_{ИК} \leq \Delta t_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.9 Определение МХ и погрешностей ИК относительной влажности воздуха в боксе

10.9.1 Поверку каждого ИК выполнить поэлементным способом в следующей последовательности:

- определение МХ и погрешностей электронной части ИК;
- определение МХ и погрешностей ПП относительной влажности;
- определение суммарной погрешности ИК.

10.9.2 При определении МХ и погрешностей электронной части ИК выполнить следующие операции:

- отключить датчики влажности от входа в ИК;
- подключить на входы ИК источник эталонного напряжения или тока (в зависимости от типа АЦП) - компаратор КМ 300 КНТ или калибратор ИКСУ-260 в соответствии со схемой подключения (приложение А);
- включить питание ИС, загрузить рабочую программу в режиме поверки согласно руководству по эксплуатации ИС-1-Ц17Г3-М РЭ;
- с помощью эталонного устройства подать на вход ИК сигналы, соответствующие максимальному и минимальному значению диапазона измерения. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе воспроизведения и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала;
- установить калибратором ряд значений эталонного напряжения или тока, равномерно распределённым в указанном диапазоне измерений. Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ погрешности) циклами воспроизведения;
- на каждой ступени воспроизведения зарегистрировать измеренные значения напряжения или тока;
- рассчитать основную абсолютную погрешность в соответствии с п. 11.8.

10.9.3 При определении МХ и погрешностей ПП влажности выполнить следующие операции:

- проверить комплектность ПП в соответствии с НД на ПП;
- установить датчики влажности в камеру смешивания генератора влажного газа эталонного Родник-2М, согласно НД на Родник-2М;
- для приёма выходного сигнала подключить эталонный мультиметр 3458А или калибратор ИКСУ-260 к ПП;
- включить генератор влажного газа Родник-2М, ПП и эталонный мультиметр;
- с помощью эталонного генератора подать на входы датчиков ряд равномерно распределённых между диапазоном измерения эталонных значений, с шагом не более 30 % от диапазона с количеством точек не менее пяти. Выдержать на каждой задаваемой точке не менее 30 минут;
- зарегистрировать показания мультиметра на каждой ступени измерения;
- рассчитать значение измеренной влажности на каждой ступени измерения по формулам (17), (18);
- рассчитать абсолютную погрешность измеренной влажности по формуле (19);

10.9.4 Суммарную погрешности ИК рассчитать по формулам с (48) по (59).

10.9.5 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\Delta \varphi_{ИК} \leq \Delta \varphi_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.10 Определение МХ и погрешностей ИК объемного расхода жидкости

10.10.1 Проверку каждого ИК выполнить поэлементным методом в следующей последовательности:

- определение МХ и погрешностей электронной части ИК;
- определение МХ и погрешностей ПП объемного расхода жидкости;
- определение суммарной погрешности ИК.

10.10.2 Погрешности электронной части ИК выполнить в соответствии с процедурами, описанными в п. 10.11

В случае имитации объёмного расхода выполнить следующие операции:

– установить при помощи генератора электрических сигналов типа Г3-122 ряд значений частоты, соответствующих по градуировочной характеристике ТПР ряду значений расхода равномерно распределённых в указанном диапазоне измерений. Число проверяемых точек в диапазоне измерений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ погрешности) циклами нагружения;

- на каждой ступени нагружения зарегистрировать измеренные значения объёмного расхода;
- рассчитать основную относительную погрешность и СКО в соответствии с п. 11.9.2.

10.10.3 При определении МХ и погрешностей ПП объемного расхода жидкости выполнить следующие операции:

- проверить комплектность ПП в соответствии с НД на ПП;
- настроить ТПУ на требуемый объёмный расход с помощью дроссельного крана, установленного в выходном трубопроводе ТПУ, по частоте сигнала с ТПР, регистрируемого частотомером;
- установить последовательно ряд значений расхода через ТПУ равномерно распределённого между диапазоном измерения, с шагом не более 30 % от диапазона с количеством точек не менее пяти;
- измерить значения N и τ и занести их в протоколы поверки (приложение Б), где N – число импульсов выходной частоты ТПР, подсчитанное частотомером-хронометром за интервал времени τ , равный рабочему ходу поршня ТПУ;
- измерить и записать в протокол поверки значение температуры топлива t ;
- повторить вышеописанные операции ещё 4 раза, результаты записать в протокол поверки (Приложение Б.);
- рассчитать основную относительную погрешность и СКО в соответствии с п. 11.9.1.

10.10.4 Суммарную погрешности ИК объемного расхода жидкости определить по п. 11.9.3.

10.10.5 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех проверяемых точках соблюдается условие, при котором $\delta Q_{ИК} \leq \delta Q_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

10.11 Определение МХ и погрешностей ИК частоты электрического сигнала

10.11.1 Проверку ИК выполнить в следующей последовательности:

- отключить датчики частоты вращения от входа в ИК;
- подключить на входы ИК источник эталонной частоты электрического сигнала – генератор сигналов низкочастотный Г3-122, в соответствии со схемой подключения (приложение А);

– включить питание ИС, загрузить рабочую программу в режиме поверки согласно руководству по эксплуатации ИС-1-Ц17Г3-М РЭ;

– с помощью эталонного устройства подать на вход ИК сигналы, соответствующие максимальному и минимальному значению диапазона измерения. По изменению значений параметра поверяемого ИК в процессе нагрузки и по значениям его в крайних точках убедиться в работоспособности канала;

– установить генератором ряд значений эталонной частоты электрического сигнала, равномерно распределённой в указанном диапазоне измерений. Число поверяемых точек в диапазоне изменений должно быть не менее пяти с одним или тремя (в случае определения границ погрешности) циклами воспроизведения;

– на каждой ступени воспроизведения зарегистрировать измеренные значения частоты;

– рассчитать основную относительную погрешность и СКО в соответствии с п. 11.10.

10.11.2 Результаты поверки ИК считать положительными, если на всех поверяемых точках соблюдается условие, при котором $\delta F_{ИК} \leq \delta F_{доп}$. При несоблюдении условий проводится исследование ИК ИС с целью определения причин несоответствия.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

При поверке с использованием ПО, обработка результатов измерений происходит автоматически.

При необходимости, возможно проводить обработку полученных результатов согласно описанию, ниже:

11.1 Расчёт характеристик погрешностей ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред

11.1.1 Основную приведённую погрешность в процентах ДИ для электронной части ИК вычисляют по формулам

$$\gamma_{jd} = \frac{I_j - I_{\text{эм}}}{I_{\text{max}} - I_0} \cdot 100, \quad (3)$$

$$\gamma_{jd} = \frac{U_j - U_{\text{эм}}}{U_{\text{max}} - U_0} \cdot 100, \quad (4)$$

где I_j – действительное значение выходного сигнала в j -ой точке, мА;

$I_{\text{эм}}$ – эталонное значение выходного сигнала, мА;

I_{max}, I_0 – верхний и нижний пределы измеряемого выходного сигнала, мА;

U_j – действительное значение выходного сигнала в j -ой точке, мВ;

$U_{\text{эм}}$ – эталонное значение выходного сигнала, мВ;

U_{max}, U_0 – верхний и нижний пределы измеряемого выходного сигнала, мВ.

11.1.2 Основную приведённую погрешность в процентах ВП НЗ при комплектной поверке ИК вычисляют по формулам:

- при использовании ПП давления - разряжения

$$\gamma_{jd} = \frac{P_j - P_{\text{эм}}}{P_{\text{изб. max}} - P_{\text{раз. max}}} \cdot 100 \quad (5)$$

- для остальных ПП

$$\gamma_{jd} = \frac{P_j - P_{\text{эм}}}{P_{\text{max}}} \cdot 100 \quad (6)$$

где P_j – действительное значение давления в j -ой точке, (кПа, МПа);

$P_{\text{эм}}$ – значение давления, задаваемого эталоном, (кПа, МПа);

$P_{\text{изб. max}}, P_{\text{раз. max}}$ – верхний предел измерения избыточного и разницы давления;

P_{max} – верхний предел измерения давления.

11.1.3 Основную относительную погрешность в процентах ИЗ для электронной части ИК вычисляют по формулам

$$\delta_{jd} = \frac{I_j - I_{\text{эм}}}{I_{\text{эм}}} \cdot 100, \quad (7)$$

$$\delta_{jd} = \frac{U_j - U_{\text{эм}}}{U_{\text{эм}}} \cdot 100 \quad (8)$$

11.1.4 Определение вариации

Вариацию показаний в процентах ДИ для электронной части ИК вычисляют по формулам

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{I_j' - I_j}{I_{\text{max}} - I_0} \cdot 100 \quad (9)$$

или

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{U_j' - U_j}{U_{\text{max}} - U_0} \cdot 100 \quad (10)$$

где I_j, I_j' – действительные значения выходного сигнала на одной и той же точке при измерении на выходе тока соответственно при прямом и обратном ходе, мА;

U_j, U_j' – действительные значения выходного сигнала на одной и той же точке при измерении на выходе напряжения, соответственно при прямом и обратном ходе, мВ;

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{P_{\text{д}}' - P_{\text{д}}}{P_{\text{max}}} \cdot 100 \quad (11)$$

где Рд и Р'д - действительные значения измеряемого параметра на одной и той же точке соответственно при прямом и обратном ходе, (кПа, МПа).

11.2 Расчёт характеристик погрешностей ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа

Расчёт характеристик погрешностей ИК, в случае расчёта пределов вычисляется по ГОСТ Р 8.736-2011, при расчёте экспериментальных значений погрешности, выраженных знаком по формулам (4), (8) и (10).

11.3 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА (К), ТНН (N)

11.3.1 Расчёт характеристик погрешностей ПП производится по ГОСТ 8.338-2002.

11.3.2 Расчёт характеристик погрешностей электронной части ИК, в случае расчёта пределов вычисляется по ГОСТ Р 8.736-2011, при расчёте экспериментальных значений погрешности, выраженных знаком по формулам (4) и (8).

11.3.3 При пересчёте в градусы Цельсия погрешности измерения электронной части ИК используется следующая формула

$$\Delta E = \Delta t \cdot \frac{dE}{dt}, \quad (12)$$

где ΔE - предел допускаемых отклонений ТЭДС термопар;

Δt - предел допускаемых отклонений ТЭДС термопар от НСХ, $^{\circ}\text{C}$;

$\frac{dE}{dt}$ - чувствительность термопары, рассчитанная для измеренного значения температуры, $\text{мВ} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

11.3.4 Расчёт суммарной погрешности ИК вычисляется по формулам с (48) по (59).

11.4 Расчёт характеристик погрешностей ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред

Расчёт характеристик погрешностей ИК, в случае расчёта пределов вычисляется по ГОСТ Р 8.736-2011, при расчёте экспериментальных значений погрешности, выраженных знаком по формуле

$$\gamma_{jd} = \frac{R_j - R_{3m}}{R_{max} - R_0} \cdot 100 \ , \quad (13)$$

где R_j – действительное значение выходного сигнала в j -ой точке, Ом;

R_{3m} – эталонное значение выходного сигнала, Ом;

R_{max}, R_0 – верхний и нижний пределы измеряемого выходного сигнала, Ом.

11.5 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt

11.5.1 Расчёт характеристик погрешностей ПП производится по ГОСТ 8.461-20011.

11.5.2 Расчёт характеристик погрешностей электронной части ИК, в случае расчёта пределов вычисляется по ГОСТ Р 8.736-2011, при расчёте экспериментальных значений погрешности, выраженных знаком по формуле (13).

11.5.3 Расчёт суммарной погрешности ИК вычисляется по формулам с (48) по (59).

11.6 Расчёт характеристик погрешностей ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубки

11.6.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК рассчитывается по формулам (4), (8).

11.6.2 Значение абсолютной погрешности ПП ИК рассчитывается по формуле

$$\Delta t_{juzm} = t_j - t_{3m} \ , \quad (14)$$

где t_j – действительное значение измеренной температуры в j -ой точке, рассчитанное по уравнению КМД с коэффициентами по ГОСТ 6651, либо рассчитанных при предыдущей градуировке, °C;

t_{3m} – эталонное значение температуры, °C.

11.6.3 Коэффициенты уравнения КВД при проведении градуировки ПП рассчитываются по формуле

$$\begin{cases} R_1 = R_0(1 + At_1 + Bt_1^2) \\ R_2 = R_0(1 + At_2 + Bt_2^2), \\ R_3 = R_0(1 + At_3 + Bt_3^2) \end{cases} \quad (15)$$

где $t_{1,2,3}$ – эталонные значения температуры, установленные на калибраторе КТ-150, °C;

$R_{1,2,3}$ – действительное значение измеренного сопротивления при заданных значениях температуры, Ом;

R_0 - начальное сопротивление термопреобразователей при температуре 0 °C.

11.6.4 Определение суммарной погрешности ИК

Суммарная погрешность ИК рассчитывается по формулам с (48) по (59).

11.7 Расчёт характеристик погрешностей ИК температуры воздуха в боксе

11.7.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК

Систематическая погрешность электронной части ИК рассчитывается по формулам (8), (9) и (14) в зависимости от выходного сигнала датчика.

11.7.2 Определение систематической погрешности ПП ИК

Измеренные значения температуры определяются по формулам

$$t_{\text{изм}} = \frac{(t_{\text{max}} - t_0) \cdot (I_j - I_0)}{I_{\text{max}} - I_0}, \quad (16)$$

$$t_{\text{изм}} = \frac{(t_{\text{max}} - t_0) \cdot (U_j - U_0)}{U_{\text{max}} - U_0}, \quad (17)$$

где t_{max}, t_0 - верхний и нижний пределы измеряемого значения температуры.

Систематическая погрешность датчика температуры рассчитывается по формулам

$$\Delta t = \max |t_{\text{изм}} - t_{\text{эт}}|, \quad (18)$$

где $t_{\text{изм}}, t_{\text{эт}}$ – значения измеренной и эталонной температуры.

Случайная погрешность первичного преобразователя не учитывается ввиду ее малого значения по сравнению с систематической погрешностью.

11.7.3 Определение суммарной погрешности ИК

Суммарная погрешность ИК рассчитывается по формулам с (48) по (59).

11.8 Расчёт характеристик погрешностей ИК относительной влажности воздуха в боксе

11.8.1 Определение систематической погрешности электронной части ИК

Систематическая погрешность электронной части ИК рассчитывается по формулам (8), (9) и (14) в зависимости от выходного сигнала датчика.

11.8.2 Определение систематической погрешности ПП ИК

Измеренные значения влажности определяются по формулам

$$\varphi_{\text{изм}} = \frac{(\varphi_{\text{max}} - \varphi_0) \cdot (I_j - I_0)}{I_{\text{max}} - I_0}, \quad (19)$$

$$\varphi_{\text{изм}} = \frac{(\varphi_{\text{max}} - \varphi_0) \cdot (U_j - U_0)}{U_{\text{max}} - U_0}, \quad (20)$$

где $\varphi_{\text{max}}, \varphi_0$ - верхний и нижний пределы измеряемого значения влажности.

Систематическая погрешность датчика влажности росы рассчитываются по формулам

$$\Delta\varphi = \max |\varphi_{izm} - \varphi_{em}|, \quad (21)$$

где $\varphi_{izm}, \varphi_{em}$ – значения измеренной и эталонной влажности.

Случайная погрешность первичного преобразователя не учитывается ввиду ее малости по сравнению с систематической погрешностью.

11.8.3 Определение суммарной погрешности ИК

Суммарная погрешность ИК рассчитывается по формулам с (48) по (59).

11.9 Расчёт характеристик погрешностей ИК объемного расхода жидкости

11.9.1 Обработка результатов поверки ТПР.

Объёмный расход топлива, воспроизводимый ТПУ, рассчитывается по формуле

$$Q_{(TPU)k,i} = \frac{V}{\tau_{k,i}}, \quad (22)$$

где $\tau_{k,i}$ – время измерительного цикла при i -ом измерении ($i = 1, 2, \dots, n$ – номер единичного отсчета, $n = 5$) на k -й ступени расхода ($k = 1, 2, \dots, m$, $m = 5$);
 V – калибранный объём ТПУ.

Средний измеренный объёмный расход топлива рассчитывается по формуле

$$\bar{Q}_{(TPU)k} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{(TPU)k,i} \quad (23)$$

Частота выходного сигнала ТПР при i -ом измерении на k -й ступени расхода рассчитывается по формуле

$$F_{k,i} = \frac{N_{k,i}}{\tau_{k,i}}, \quad (24)$$

где $N_{k,i}$ – число импульсов выходной частоты ТПР при i -ом измерении на k -й ступени расхода.

Объёмный расход, измеренный ТПР рассчитывается по формуле:

- при аппроксимации градуировочной зависимости ТПР полиномом 3-й степени объёмный расход, измеренный ТПР

$$Q_{(TPR)k,i} = a_0 + a_1 \cdot F_{k,i} + a_2 \cdot F_{k,i}^2 + a_3 \cdot F_{k,i}^3 \quad (25)$$

где a_0, a_1, a_2, a_3 – коэффициенты полинома третьей степени.

- при аппроксимации градуировочной зависимости ТПР линейным уравнением с графиком поправок

$$Q_{(TPR)k,i} = B_{cp} \cdot F_{k,i} + \Delta Q_{k,i} (B_{cp} \cdot F_{k,i}) \quad (26)$$

$$\Delta Q_{k,i} (B_{cp} \cdot F_{k,i}) = b_0 + b_1 \cdot Q_{(TPR)k,i} + b_2 \cdot Q_{(TPR)k,i}^2 + b_3 \cdot Q_{(TPR)k,i}^3 \quad (27)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты полинома третьей степени.

Средний объёмный расход, измеренный ТПР на k -й ступени рассчитывается по формуле

$$\bar{Q}_{(T\bar{P}R)_k} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{(T\bar{P}R)_k,i} \quad (28)$$

Относительная систематическая погрешность измерения объёмного расхода ТПР на k -й ступени расхода рассчитывается по формуле

$$\delta Q_{(T\bar{P}R)_k} = \frac{\bar{Q}_{(T\bar{P}R)_k} - \bar{Q}_{(T\bar{P}U)_k}}{\bar{Q}_{(T\bar{P}U)_k}} \cdot 100 \quad (29)$$

Относительная систематическая погрешность измерения объёмного расхода ТПР во всём диапазоне рассчитывается по формуле

$$\theta Q_{T\bar{P}R} = \max(\delta Q_{(T\bar{P}R)_k}) \quad (30)$$

СКО случайной составляющей погрешности измерения объёмного расхода ТПР на k -й ступени расхода рассчитывается по формуле

$$\sigma_{(T\bar{P}R)_k} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{(T\bar{P}R)_k,i} - \bar{Q}_{(T\bar{P}R)_k})^2} \quad (31)$$

Относительное СКО случайной составляющей погрешности измерения объёмного расхода ТПР на k -й ступени расхода рассчитывается по формуле

$$S_{(T\bar{P}R)_k} = \frac{\sigma_{(T\bar{P}R)_k}}{\bar{Q}_{(T\bar{P}U)_k}} \cdot 100 \quad (32)$$

Относительное СКО случайной составляющей погрешности измерения объёмного расхода ТПР во всём диапазоне рассчитывается по формуле

$$S_{T\bar{P}R} = \max(S_{(T\bar{P}R)_k}) \quad (33)$$

11.9.2 Обработка результатов исследований электронной части ИК

Среднее значение измеренного имитируемого расхода на k -й ступени нагрузки

$$\bar{Q}_{(\text{эл.ч.ик})_k} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{k,i}}{n} \quad (34)$$

Относительная систематическая составляющая погрешности измерения имитируемого расхода на k -й ступени нагрузки рассчитывается по формуле

$$\delta Q_{(\text{эл.ч.ик})_k} = \frac{\bar{Q}_{(\text{эл.ч.ик})_k} - Q_{(\text{эм})_k}}{Q_{(\text{эм})_k}} \cdot 100 \quad (35)$$

где $Q_{(эм)k}$ – эталонное значение имитируемого расхода на k -й ступени нагружения.

Максимальная относительная систематическая составляющая погрешности измерения имитируемого расхода во всём диапазоне рассчитывается по формуле

$$\theta Q_{\text{эл.ч.ик}} = \max(\delta Q_{(эл.ч.ик)k}) \quad (36)$$

СКО случайной составляющей погрешности измеренного имитируемого расхода на k -й ступени нагружения рассчитывается по формуле

$$\sigma_{(эл.ч.ик)k} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{k,i} - \bar{Q}_{(эл.ч.ик)k})^2} \quad (37)$$

Оценка относительного значения СКО случайной составляющей погрешности измеренного имитируемого расхода на k -й ступени нагружения рассчитывается по формуле

$$S_{(эл.ч.ик)k} = \frac{\sigma_{(эл.ч.ик)k}}{Q_{(эм)k}} \cdot 100 \quad (38)$$

Максимальная относительное СКО случайной составляющей погрешности измеренного имитируемого расхода во всём диапазоне рассчитывается по формуле

$$S_{(эл.ч.ик)} = \max(S_{(эл.ч.ик)k}) \quad (39)$$

11.9.3 Расчёт суммарной погрешности ИК

Доверительные границы суммарной погрешности измерения объемного расхода.

$$\delta Q = K [\theta(Q) + \varepsilon(Q)] \quad (40)$$

где $\theta(Q)$ - доверительные границы систематической погрешности результата измерения объемного расхода;

$\varepsilon(Q)$ - доверительные границы относительной случайной составляющей погрешности результата измерения объемного расхода.

Значения K для $P=0,95$ представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения K для $P=0,95$

$\left(\frac{\theta(Q)}{S(Q)} \right)$	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	0,8	0,81

Доверительные границы неисключённой систематической погрешности результата измерения объемного расхода рассчитываются по формулам

$$\theta(Q) = k \sqrt{\theta_{\text{нечм}}^2(Q) + \theta_{\text{т}}^2(Q) + \theta_{\text{эм.чм}}^2(Q) + \theta_{\text{анп}}^2(Q) + \theta_{\text{неп}}^2 + \theta^2(F)}, \quad (41)$$

$$\theta(Q) = k \sqrt{\theta_{\text{некст}}^2(Q) + \theta_{\tau}^2(Q) + \theta_{\text{эт.уст}}^2(Q) + \theta_{\text{апп}}^2(Q) + \theta_{\text{неп}}^2} + \theta^2(F), \quad (42)$$

где $\theta_{\text{некст}}(Q)$ - доверительные границы относительной неисключенной систематической погрешности измерения объёмного расхода.

$\theta(F)$ - доверительные границы относительной неисключенной систематической погрешности измерения частоты выходного сигнала ТПР;

$\theta_{\text{некст}}(Q) = \pm (0,15 \dots 0,3) \% \text{ ИЗ}$ - погрешность из-за нестабильности характеристики (в зависимости от типа ТПР);

$\theta_{\tau}(Q) = \pm 0,0003 \% \text{ ИЗ}$ - погрешность определения времени;

$\theta_{\text{эт.уст}}(Q) = \pm 0,1 \% \text{ ИЗ}$ - погрешность эталонной трубопоршневой установки;

$\theta_{\text{апп}}(Q) = \pm 0,1 \% \text{ ИЗ}$ - погрешность аппроксимации;

$\theta_{\text{неп}} = \pm 0,9 \% \text{ ИЗ}$ - погрешность перехода характеристики с керосина на воду (применяется для ИК расхода воды).

Примечание - если систематическая погрешность частоты выходного сигнала выражена границами, то расчёт производится по формулам с (49) по (53), если знаком по формулам с (54) по (56). По такому же принципу сложения погрешностей необходимо руководствоваться и с другими составляющими НСП.

Доверительные границы относительной случайной составляющей погрешности результата измерения объемного расхода.

$$\varepsilon(Q) = t\alpha \cdot S(Q), \quad (43)$$

где $t\alpha = 2,776$ для $n = 5$ и $P = 0,95$;

$S(Q)$ - оценка относительного значения среднего квадратического отклонения результата измерения объемного расхода

$$S(Q) = \sqrt{S_{\text{ТПР}}^2(Q) + S^2(F)}, \quad (44)$$

где $S_{\text{ТПР}}(Q)$ - оценка относительного значения среднего квадратического отклонения результата измерения ТПР.

$S(F)$ - оценка относительного значения среднего квадратического отклонения результата измерения частоты ТПР.

При расчёте доверительных границ суммарной погрешности измерения объемного расхода должны соблюдаться следующие условия:

- если $\left(\frac{\theta(Q)}{S(Q)} \right) > 8$, то $\delta Q = \theta(Q)$;

- если $\left(\frac{\theta(Q)}{S(Q)}\right) < 0,8$, то $\delta Q = \varepsilon(Q)$;
- если $0,8 < \left(\frac{\theta(Q)}{S(Q)}\right) < 8$, то погрешность рассчитывают по формуле (40).

11.10 Расчёт характеристик погрешностей ИК частоты электрического сигнала

На каждой ступени нагружения определяется среднее арифметическое значение измеренной частоты по формуле

$$\bar{F}_k = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{k,i}, \quad (45)$$

где $F_{k,i}$ – измеренные значения частоты в j -м цикле на k -й ступени нагружения;

Относительная систематическая погрешность ИК рассчитывается по формуле

$$\delta F_k = \frac{\bar{F}_{uzm,k} - F_{zm,k}}{F_{zm,k}} \quad (46)$$

где $F_{zm,k}$ – эталонная частота на k -й ступени нагружения.

Среднее квадратическое отклонение результата измерения случайной составляющей погрешности рассчитывается по формуле

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (F_{k,i} - \bar{F}_{uzm,k})^2} \quad (47)$$

Суммарная погрешность рассчитывается по формулам с (48) по (59).

11.11 Расчёт суммарных погрешностей ИК

11.11.1 Суммарные погрешности ИК, выраженные пределами, определяются по формулам:

- при числе составляющих $m \geq 3$

$$\Delta_{IK} = \pm K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \Delta_j^2}, \quad (48)$$

$$\gamma_{IK} = \pm K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \gamma_j^2}, \quad (49)$$

$$\delta_{IK} = \pm K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \delta_j^2}, \quad (50)$$

- при числе составляющих $m < 3$

$$\Delta_{IK} = \pm \sum_{j=1}^m |\Delta_j|, \quad (51)$$

$$\gamma_{IK} = \pm \sum_{j=1}^m |\gamma_j|, \quad (52)$$

$$\delta_{IK} = \pm \sum_{j=1}^m |\delta_j| \quad (53)$$

где $K_{P,m}$ - коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью.

Для нормальных законов распределения погрешностей $K = 1$. Для равномерных, а также если закон распределения неизвестен $K = 1,1$ при доверительной вероятности $P = 0,95$.

11.11.2 Суммарные погрешности ИК, выраженные действительными экспериментально определяемыми погрешностями компонентов ИК, определяются по формулам

$$\Delta_{IK} = \left| \sum_{j=1}^m \Delta_j \right|, \quad (54)$$

$$\gamma_{IK} = \left| \sum_{j=1}^m \gamma_j \right|, \quad (55)$$

$$\delta_{IK} = \left| \sum_{j=1}^m \delta_j \right| \quad (56)$$

11.11.3 Суммарные погрешности ИК, часть компонентов которых выражены действительными экспериментально определяемыми погрешностями, а часть пределами погрешностей, определяются по формулам

$$\Delta_{IK} = \pm \left(K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \Delta_j^2} + \left(\left| \sum_{j=1}^m \Delta_j \right| \right) \right), \quad (57)$$

$$\gamma_{IK} = \pm \left(K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \gamma_j^2} + \left(\left| \sum_{j=1}^m \gamma_j \right| \right) \right), \quad (58)$$

$$\delta_{IK} = \pm \left(K_{P,m} \sqrt{\sum_{j=1}^m \delta_j^2} + \left(\left| \sum_{j=1}^m \delta_j \right| \right) \right) \quad (59)$$

11.12 Критерии принятия решения по подтверждению соответствия Системы метрологическим требованиям

11.12.1 Результаты поверки ИК системы считать положительными, если границы погрешности измерений ИК по результатам поверки находятся в допускаемых пределах, установленных в описании типа.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего её на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельство о поверке и (или) вносит запись о проведенной поверке в паспорт (формуляр). В случае отрицательных результатов поверки выдает извещения о непригодности к применению. (Приложение В).

12.3 При отрицательных результатах поверки системы измерений ИС-1-Ц17Г3-М не допускается к проведению испытаний, о чем делается запись в паспорте стенда и оформляется извещение о непригодности систем ИС-1-Ц17Г3-М к применению в соответствии с Приложением Г.

12.4 После устранения причин повышенной погрешности системы ИС-1-Ц17Г3-М проводится повторная поверка в соответствии с требованиями настоящей методики.

12.5 Формы протоколов, представленные в приложениях, имеют рекомендательный характер.

Главный метролог, начальник отдела
ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова»


Б.И. Минеев

Заместитель начальника отдела


Р.Г. Павлов

Начальник сектора


М.В. Корнеев

Ведущий инженер по метрологии


П.С. Лежнев

Приложение А – Схемы поверки ИК



Схема 1 – Поверка ИК объёмного расхода жидкости; ИК частоты электрического сигнала.

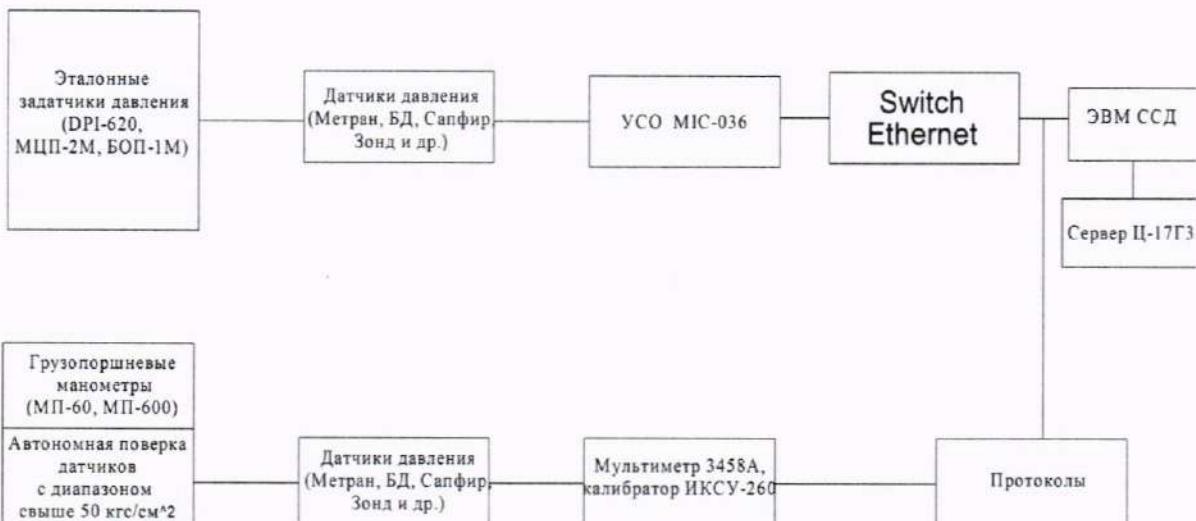


Схема 2 – Поверка ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидких сред.



Схема 3 – Поверка ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа; ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа.



Схема 4 – Проверка ИК относительной влажности воздуха; ИК температуры воздуха

Приложение Б – Форма протоколов поверки ИК ИС

Указывается наименование юридического лица, адрес и номер в реестре аккредитованных лиц.

Протокол поверки № _____

от _____

1 Сведения о поверяемом средстве измерений

Наименование, тип поверяемого средства измерений	
Заводской номер	
Номер в Госреестре	
Основные метрологические характеристики (диапазон, погрешность)	
Методика поверки	
Принадлежит (отделение, ФИО владельца или наименование и адрес заказчика)	
Место проведения поверки	

2 Средства поверки (эталоны и вспомогательное оборудование)

Эталоны: _____

Вспомогательное оборудование: _____

3 Условия проведения поверки

Температура, °C	
Влажность, %	
Давление, кПа	

4 Результаты поверки

4.1 Внешний осмотр и опробование

Внешний осмотр	
Опробование	

4.2 Определение метрологических характеристик и обработка результатов измерений

4.2.1 ИК абсолютного, избыточного, разности давления газообразных и жидкких сред

Таблица 1 – Результаты определения МХ и погрешности ИК

Таблица 2 – Сводная таблица определения МХ и погрешностей ИК

№ ИК	Тип ПП	Диапазон измерений, кПа	Погрешность, % ДИ	Вариация, % ДИ	Предел допускаемой погрешности

Примечание – допускается использование только сводной таблицы определения МХ и погрешностей ИК.

4.2.2 ИК напряжения постоянного тока, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП термоэлектрического типа

Таблица 3 – Результаты определения МХ и погрешности ИК

Таблица 4 – Сводная таблица определения МХ и погрешностей ИК

№ ИК	Диапазон измерений, мВ	Погрешность, % ДИ	Предел допускаемой приведённой погрешности, % ДИ

Примечание – допускается использование только сводной таблицы определения МХ и погрешностей ИК.

4.2.3 ИК температуры, измеренной термоэлектрическими преобразователями типа ТХА(К), ТНН (N)

Таблица 5 – МХ и погрешность электронной части ИК для используемых шкал ПП

№ ИК	Тип ПП	Диапазон измерений, °C	Погрешность электронной части ИК	Суммарная погрешность ИК	Предел допускаемой абсолютной погрешности

4.2.4 ИК сопротивления постоянному току, соответствующего значениям температур газообразных и жидких сред в диапазоне преобразований ПП терморезистивного типа

Таблица 6 – Результаты определения МХ и погрешности ИК

№ ИК	Эталонное значение, Ом	Измеренное значение, Ом (°C – при имитации температуры)	Погрешность, % ДИ	Предел допускаемой приведённой погрешности, % ДИ

Таблица 7 – Сводная таблица определения МХ и погрешностей ИК

№ ИК	Диапазон измерений, Ом	Погрешность, % ДИ	Предел допускаемой приведённой погрешности, % ДИ

Примечание – допускается использование только сводной таблицы определения МХ и погрешностей ИК.

4.2.5 ИК температуры, измеренной термопреобразователями сопротивления терморезистивного типа 100П, 100Pt

Таблица 8 – МХ и погрешность электронной части ИК для используемых шкал ПП

№ ИК	Тип ПП	Диапазон измерений, Ом	Диапазон измерений, °C	Погрешность электронной части ИК

Таблица 9 – суммарные погрешности ИК с учётом ПП

№ ИК	Погрешность электронной части ИК	Погрешность ПП	Суммарная погрешность ИК	Предел допускаемой абсолютной погрешности

4.2.6 ИК разности температур воды на выходе и входе калориметрической трубы

Таблица 10 - МХ и погрешность электронной части ИК для используемой шкалы ПП

№ КТ	Эталонное значение, В	Измеренное значение, В	Погрешность электронной части ИК, В	Погрешность электронной части ИК, °C
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 11 - МХ и погрешность ПП

№ КТ	Эталонное значение, °C	Измеренное значение, Ом	Коэффициенты уравнения КВД (A;B)	Абсолютная погрешность ПП, °C
1				
2				
3				

Таблица 12 – Суммарные погрешности ИК с учётом ПП

№ КТ	Погрешность электронной части ИК, °C	Погрешность ПП, °C	Суммарная погрешность ИК	Предел допускаемой абсолютной погрешности

4.2.7 ИК температуры воздуха в боксе

Таблица 13- МХ и погрешность электронной части ИК

№ КТ	Эталонное значение, мА	Измеренное значение, мА	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta t_{ик}$, мА	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta t_{ик}$, °C
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 14 - МХ и погрешность ПП

№ КТ	Эталонное значение температуры, °C	Измеренное значение, мА	Измеренное значение влажности, °C	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta t_{\text{пп}}, ^\circ\text{C}$
1				
2				
3				
4				
5				

4.2.8 ИК относительной влажности воздуха

Таблица 15 - МХ и погрешность электронной части ИК

№ КТ	Эталонное значение, мА	Измеренное значение, мА	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta I_{\text{ик}}, \text{мА}$	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta \Phi_{\text{ик}}, \%$
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 16 - МХ и погрешность ПП

№ КТ	Эталонное значение влажности, %	Измеренное значение, мА	Измеренное значение влажности, %	Систематическая абсолютная погрешность, $\Delta \Phi_{\text{пп}}, \%$
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 17 – Суммарная погрешность ИК с учётом ПП

№ КТ	Суммарная абсолютная погрешность, $\Delta \Phi_{\text{ик}}, \%$	Допускаемая абсолютная погрешность, $\Delta \Phi_{\text{ик}}, \%$
1		
2		
3		
4		
5		

4.2.9 ИК объёмного расхода жидкости

Таблица 18 - Математическая обработка результатов градуировки турбинного преобразователя расхода жидкости

F, Гц	Q ⁰ , л/ч	B, л/ч/Гц	Q _p , л/ч	ΔQ, л/ч	S, %	δ _{pol} , %

В таблице обозначено:

- F = N/t - среднее значение частоты на i-том режиме;
- Q⁰ = V 3600/t - среднее значение действительного расхода топлива, задаваемого ТПУ на i-том режиме измерения;
- B = Q⁰/F – линейный коэффициент;
- ΔQ = Q⁰ – Q_p - поправка на нелинейность, определяемая по графику поправок на нелинейность;
- S - СКО случайной составляющей погрешности;
- δ_{pol} - погрешность аппроксимации градуировочной характеристики.

Таблица 19 – Результаты определения МХ и погрешности электронной части ИК

№ ИК	Систематическая погрешность, % ИЗ	Случайная погрешность, % ИЗ

Таблица 20 – Суммарные погрешности результата измерений

Систематическая составляющая погрешности результата измерений θ(Q), % от ИЗ	СКО случайной составляющей погрешности результата измерений S(Q), % от ИЗ	Случайная составляющая погрешности результата измерений ε(Q), % от ИЗ	Суммарная погрешность измерения объёмного расхода δG, % от ИЗ	Прелел допускаемой погрешности объёмного расхода δG, % от ИЗ

4.2.10 ИК частоты электрического сигнала

Таблица 21 – МХ и погрешности ИК

Эталонное значение частоты F _{эт} , Гц	№КТ	Абсолютная погрешность, Δ F _{ИК} , Гц	СКО случайной составляющей погрешности, % ИЗ	Систематическая составляющая погрешности δ F _{ИК} , % ИЗ	Суммарная относительная погрешность δ F _{сум} , % ИЗ
Канал № МС 451_500_1					
50,0000					
100,0000					
150,0000					
200,0000					
250,0000					
300,0000					
350,0000					
400,0000					

450,0000				
500,0000				

5 Заключение

На основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным (непригодным) к применению.

Поверитель

подпись

Инициалы, фамилия

Начальник лаборатории (группы поверки)

подпись

Инициалы, фамилия

Приложение В – Форма свидетельства о поверке ИС

Номер в реестре аккредитованных лиц

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ №

Действительно до:

Средство измерений _____
(наименование, тип, модификация средства измерения,

регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений)
 заводской (серийный) номер _____

в составе _____

проверено _____
 наименование единиц величин, диапазонов, на которых поверено средство измерений

проверено в соответствии с _____
 наименование документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов: _____
 наименование, тип, заводской номер (регистрационный номер

(при наличии), разряд, класс или погрешность эталона, применяемого при поверке
при следующих значениях влияющих факторов: _____

приводят перечень влияющих

факторов, нормированных в документе на методику поверки, с указанием их значений
и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.
Постоянный адрес записи сведений
о результатах поверки в ФИФ: _____

Поверитель _____
фамилия, инициалы

Знак поверки

Должность руководителя подразделения

Подпись

Инициалы, фамилия

Дата поверки «__» _____

г.

Приложение В – Оборотная сторона свидетельства о поверке ИС

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Указываются МХ системы, используемые эталоны и условия поверки.

Приложение Г – Форма извещения о непригодности

Указывается наименование юридического лица, адрес и номер в реестре аккредитованных лиц.

ИЗВЕЩЕНИЕ о непригодности к применению №

Средство измерений

наименование, тип, модификация, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

отсутствуют

серия и номер знака предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер

проверено в соответствии с

наименование документа, на основании которого выполнена поверка

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано непригодным к применению.

Причины непригодности

Должность руководителя подразделения

Поверитель

М.П.

Подпись

Инициалы, фамилия

Подпись

Инициалы, фамилия

Дата поверки «__» 20 г.