

3123

**УТВЕРЖДАЮ**

Начальник ФГБУ

«ГНМЦ» Минобороны России



В.В. Швыдун

2015 г.

**Инструкция**

**СИСТЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ  
САТУРН-75**

**Методика поверки  
САТУРН-75.МП**

2015 г.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;  
ВПИ – верхний предел диапазона измерения;  
ИВ – измеряемая величина;  
ИК – измерительный канал;  
МП – методика поверки;  
МХ – метрологические характеристики;  
НСП – неисключённая систематическая составляющая погрешности;  
ПК – персональный компьютер  
ПО - программное обеспечение;  
ПП – первичный измерительный преобразователь;  
РЭ – руководство по эксплуатации;  
РЭТ – рабочий эталон;  
СПМО - специальное программно-математическое обеспечение;  
ТД – техническая документация;  
УСО – устройство связи с объектом;  
SCXI-1102C – модуль аналогового ввода;  
SCXI-1126 – модуль частотного ввода;  
PXI-8110RT – одноплатный компьютер «нижнего уровня»;  
SUN – сервер «верхнего уровня».

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая методика поверки распространяется на систему измерительную САТУРН-75 (далее – система), заводской № 001, изготовленную публичным акционерным обществом «Протон-Пермские моторы» (ПАО «Протон-ПМ»), г. Пермь, и устанавливает порядок и объем ее первичной и периодической поверок.

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

### 1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При поверке выполнить операции, приведённые в таблице 1.

Таблица 1

| Наименование операции  | Номер пункта МП | Проведение операции при |                       |
|--|-----------------|-------------------------|-----------------------|
|  |                 | первичной поверке       | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр   | 7.1             | +                       | +                     |
| 2 Опробование  | 7.2             | +                       | +                     |
| 3 Определение метрологических характеристик                        | 7.3             | +                       | +                     |
| 4 Определение погрешностей измерений ИК давления жидкости          | 7.3.1           | +                       | +                     |
| 5 Определение погрешностей измерений ИК объемного расхода жидкости | 7.3.2           | +                       | +                     |
| 6 Определение погрешностей измерений ИК температуры жидкости       | 7.3.3           | +                       | +                     |
| 7 Определение погрешностей измерений ИК частоты вращения вала      | 7.3.4           | +                       | +                     |
| 8 Определение погрешностей измерений ИК силы постоянного тока      | 7.3.5           | +                       | +                     |
| 9 Идентификация программного обеспечения (ПО)                      | 7.4             | +                       | +                     |

### 2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны применяться средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

| Номер пункта МП | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки, метрологические характеристики средства поверки   |
|-----------------|--|
| 7.3.1           | Манометры грузопоршневые МП-6, МП-60, МП-600: основной диапазон воспроизведения давления: МП-6 - от 0,06 до 0,6 МПа; МП-60 - от 0,6 до 6 МПа; МП-600 - от 6 до 60 МПа; дополнительный диапазон воспроизведения давления: МП-6 - от 0,04 до 0,06 МПа; МП-60 - от 0,02 до 0,6 МПа; МП-600 - от 0,2 до 6 МПа; пределы допускаемой относительной погрешности измерений: $\pm 0,05$ % от ИВ (ИВ – измеренная величина) в основном диапазоне измерений; $\pm 0,05$ % от начального значения основного диапазона в дополнительном диапазоне измерений |
| 7.3.2,<br>7.3.5 | 7.3.3,<br>Калибратор многофункциональный TRX-IIR: пределы допускаемой основной относительной погрешности $\pm(0,01$ % от ИВ + 0,02 % от ВПИ) в диапазоне воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 24 мА   |

Продолжение таблицы 2

| Номер пункта МП                         | Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки, метрологические характеристики средства поверки   |
|---|--|
| 7.3.4                                   | Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-122: диапазон воспроизведения частоты от 0,001 до 1999999,999 Гц; пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-7} \%$ в диапазоне от 0,001 до 1999999,999 Гц  |
| <i>Вспомогательные средства поверки</i> |  |
| 7.3.1 – 7.3.5                           | Преобразователь измерительный температуры и влажности ИПТВ-206/МЗ-03: диапазон измерений температуры от минус 40 до 110 °С, диапазон измерений влажности от 0 до 100, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,4$ °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2 \%$ |
| 7.3.1 – 7.3.5                           | Барометр рабочий сетевой БРС-1М-2: диапазон измерений абсолютного давления от 600 до 1100 гПа (от 450 до 825 мм рт. ст.), пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 20$ Па (0,15 мм рт. ст.)   |

2.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение МХ с требуемой точностью.

2.3 Применяемые средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь действующие свидетельства о поверке (отметки в формулярах или паспортах).

### 3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К поверке допускаются лица, аттестованные на право поверки средств измерений электрических и теплотехнических величин, изучившие РЭ на систему, знающие принцип действия используемых средств измерений, имеющие навыки работы на персональном компьютере.

3.2 Поверитель должен пройти инструктажи по технике безопасности (первичный и на рабочем месте) в установленном в организации порядке и иметь удостоверение на право работы на электроустановках с напряжением до 1000 В с группой допуска не ниже 3.

### 4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд.3), а также изложенные в РЭ на приборы, в ТД на применяемые при поверке РЭТ и вспомогательное оборудование.

4.2 Любые подключения проводить только при отключенном напряжении питания системы.

### 5 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

Поверку проводить при следующих условиях:

*в помещении пультовой:*

- температура окружающего воздуха, °С .....  $20 \pm 5$ ;
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, % .....  $65 \pm 15$ ;
- атмосферное давление, мм рт. ст. ....  $750 \pm 30$ ;

*в машинном зале:*

- температура окружающего воздуха, °С .....  $20 \pm 10$ ;
- относительная влажность окружающего воздуха при температуре 25 °С, %, не более ..... 90;
- атмосферное давление, мм рт. ст. ....  $750 \pm 30$ ;

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

Примечание – При проведении поверки условия окружающей среды средств поверки должны соответствовать требованиям, указанным в их РЭ.

## 6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке провести следующие работы:

- проверить комплектность проектно-технологической и эксплуатационной документации системы;
- проверить наличие поверочных клейм, а также свидетельств о поверке на эталонные и вспомогательные средства поверки;
- подготовить к работе все приборы и аппаратуру согласно их РЭ;
- собрать схемы поверки ИК в соответствии с ниже приведенными функциональными схемами, проверить целостность электрических цепей;
- обеспечить оперативную связь оператора у монитора с оператором, задающим контрольные значения эталонных сигналов на входе ИК;
- включить вентиляцию и освещение в испытательных помещениях;
- включить питание ПП и аппаратуры системы не менее чем за 30 мин до начала проведения поверки;
- создать, проконтролировать и зафиксировать в протоколе поверки условия проведения поверки.

## 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

### 7.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре установить соответствие системы следующим требованиям:

- комплектность согласно формуляру 468.425850.013.ФО.1;
- маркировку согласно 468.425850.013.РЭ;
- наличие и сохранность пломб (согласно сборочным чертежам);
- герметичность линий измерения давлений.

Средства измерений, входящие в систему, не должны иметь внешних повреждений, которые могут влиять на работу системы, при этом должно быть обеспечено надежное крепление соединителей и разъемов, отсутствие нарушений экранировки кабелей и качественное заземление.

Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются выше приведенные требования. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

### 7.2 Опробование

7.2.1 Перед началом работ включить и проверить оборудование, загрузить ПК нижнего уровня, сервера верхнего уровня, осуществить связь верхнего уровня с нижним. Поверку системы проводить с использованием программы градуировки «*tarka*».

Программа градуировки «*tarka*» выполняет следующие функции:

- регистрацию измеренных значений в соответствии с установленным алгоритмом операций градуировки;
- определяет функцию преобразования ИК;
- сохраняет файл градуировки.

Работу с программой «*tarka*» проводить в следующей последовательности:

- осуществить запуск программы из окна программ «Диспетчер программ»;
- ввести имя параметра. Возможны два варианта выбора параметра: ручной ввод (рисунок 1) и из диалогового окна (рисунок 2), вызываемого нажатием правой кнопки мыши на поле ввода имени параметра;

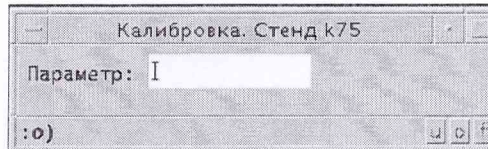


Рисунок 1 – Окно ввода имени параметра

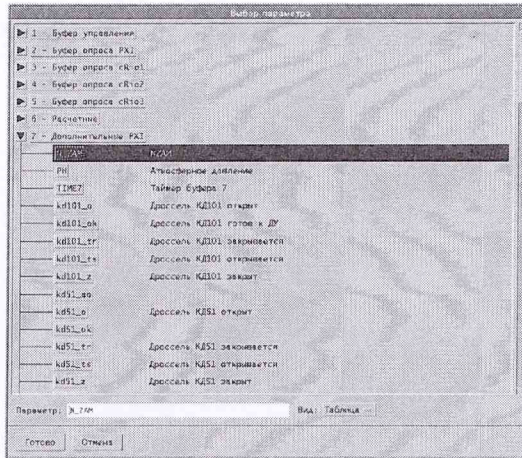


Рисунок 2 – Окно выбора имени параметра из списка

- выбрать параметр, количество контрольных точек и количество циклов градуировки (рисунок 3);

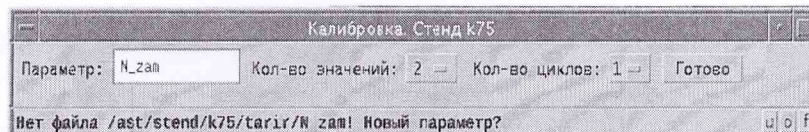


Рисунок 3 – Окно выбора количества контрольных точек и циклов параметра

- открыть окно программы «Калибровка» нажатием кнопки «Готово»;
- выбрать метод аппроксимации и степень аппроксимации (рисунок 4);

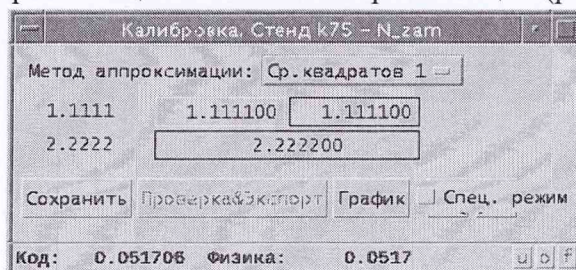


Рисунок 4 – Окно выбора метода и степени аппроксимации

- занести значения контрольных точек в левый столбец окна (рисунок 5). Для изменения значений необходимо выполнить двойной щелчок левой кнопки мыши на поле значения контрольной точки. После изменения значения нажать клавишу «Enter»;

- в окне выполнения работы регистрировать результаты наблюдений для каждой контрольной точки, задаваемой номером ступени и циклом градуировки. Запись осредненного значения кода параметра в каждой контрольной точке в соответствии с установленной последовательностью операции производить нажатием кнопки «REC». После записи текущего зна-

чения кода, автоматически выбирается ячейка для записи кода в следующей контрольной точке. В случае необходимости, активную ячейку можно установить при помощи кнопок со стрелками «вправо» и «влево». По окончании калибровки (завершении всех циклов) таблица в окне программы «Калибровка» принимает вид с реальными цифрами (рисунок 5).

Рисунок 5 – Окно калибровки параметра

- сохранить файл градуировки (кнопка «Сохранить») (вычисление функции преобразования производится автоматически при сохранении);
- подготовить файлы градуировки для обработки.

### 7.2.2 Опробование ИК

При опробовании ИК проверить правильность его функционирования.

Для этого необходимо задать на входе ИК с помощью РЭТ физическую величину, соответствующую минимальному и максимальному значению контролируемого диапазона измерений параметра. Оператору ПК проконтролировать по показаниям программы «Универсальный индикатор» значение выходного сигнала. Убедиться в правильности функционирования ИК.

Результаты опробования считать положительными, если показания «Универсального индикатора» совпадают с заданными эталонными значениями в пределах допускаемой погрешности измерений параметров ИК системы. В противном случае система бракуется и направляется в ремонт.

## 7.3 Определение метрологических характеристик

### 7.3.1 Определение погрешностей измерений ИК давления жидкости

7.3.1.1 Погрешности измерений ИК давления жидкости определить одним из следующих способов:

- комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:
  - отсоединить вход ПП давления от магистрали давления испытательного стенда и подсоединить его к РЭТ давления (МП-6, МП-60, МП-600).
  - провести градуировку ИК давления по методике приложения Б;
  - оценить МХ ИК давления жидкости в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении Б.

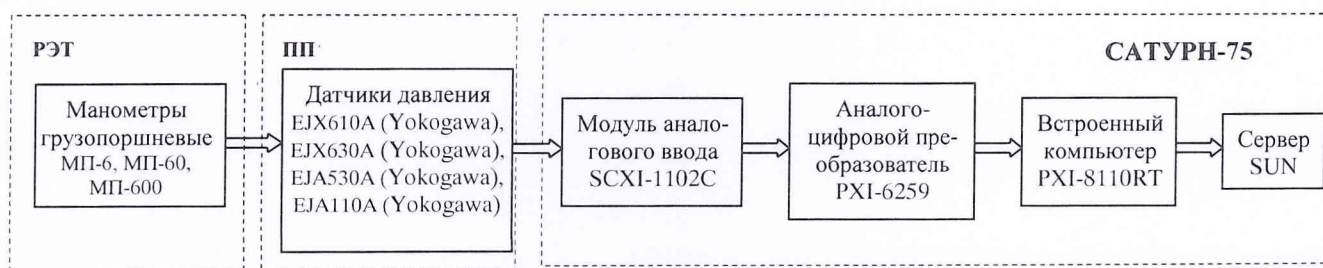


Рисунок 4 – Схема поверки ИК давления жидкости рабочими эталонами МП-6, МП-60, МП-600

• комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК в следующей последовательности:

- провести поверку датчика давления Yokogawa EJX, EJA по документу МП 59868-15 «Преобразователи (датчики) давления измерительные EJ. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» 14 апреля 2014 г.;

- подключить ИК без датчика давления к РЭТ (калибратор TRX-II) по схеме, приведенной на рисунке 7;



Рисунок 5 – Схема поверки ИК силы постоянного тока рабочим эталоном TRX-II

- провести градуировку ИК силы постоянного тока в диапазоне значений от 0 до 20 мА по методике, приведенной в приложении Б;

- оценить МХ ИК давления в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении Б.

7.3.1.2 Результаты поверки ИК давления жидкости считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в Приложении А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

### 7.3.2 Определение погрешностей измерений ИК объемного расхода жидкости

7.3.2.1 Комплектную поверку (прямые измерения) ИК объемного расхода жидкости с оценкой МХ по МХ элементов ИК провести в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку ПП расхода: расходомеров вихревых Prowirl согласно методики поверки МП 15202-14, утверждённой ФГУП «ВНИИМС» в июне 2014 г.; счетчика-расходомера ЭМИС-ПЛАСТ 220 согласно методики поверки, согласованной ГЦИ СИ «Тест ПЭ» 28 декабря 2009 г.; счетчиков-расходомеров массовых Micro Motion в соответствии с документом «Рекомендация. ГЦИ. Счетчики-расходомеры массовые Micro Motion. Методика поверки», утвержденным ВНИИМС 25.07.2010 г.;

- подключить ИК без ПП расхода к РЭТ (калибратор TRX-II) по схеме, приведенной на рисунке 7;

- провести градуировку ИК силы постоянного тока в диапазоне значений от 0 до 20 мА по методике приложения Б;

- оценить МХ ИК объемного расхода жидкости в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении Б.

7.3.2.2 Результаты поверки ИК объемного расхода жидкости считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в Приложении А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

### 7.3.3 Определение погрешностей измерений ИК температуры жидкости

7.3.3.1 Комплектную поверку (прямые измерения) ИК температуры жидкости с оценкой МХ по МХ элементов ИК провести в следующей последовательности:



- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку термопреобразователей ТСПУ–Л-52442 в соответствии с разделом 3 «Методика поверки» Руководства по эксплуатации 2.281.134 РЭ, согласованным с ГЦИ СИ ФГУ «Челябинский ЦСМ» в мае 2009 г.;

- подключить ИК без ПП к РЭТ (калибратор TRX-II) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 7;

- провести градуировку ИК силы постоянного тока в диапазоне значений от 0 до 20 мА по методике приложения Б;

- оценить МХ ИК температуры жидкости в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении Б.

7.3.3.2 Результаты поверки ИК температуры жидкости считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в Приложении А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

#### 7.3.4 Определение погрешностей и диапазонов измерений ИК частоты вращения вала

7.3.4.1 Комплектную поверку (прямые измерения) ИК частоты вращения вала с оценкой МХ по МХ элементов ИК провести в следующей последовательности:

- провести в аккредитованной на право поверки организации поверку датчика тахометрического МЭД-1 по документу ПЕЗ.259.003 ПМ1 «Датчик тахометрический МЭД-1. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 14.03.2005 г.;

- отсоединить электрический кабель датчика МЭД-1 от ИК и подключить ИК с помощью жгута-переходника к РЭТ (ГЗ-122) по схеме, приведенной на рисунке 8;

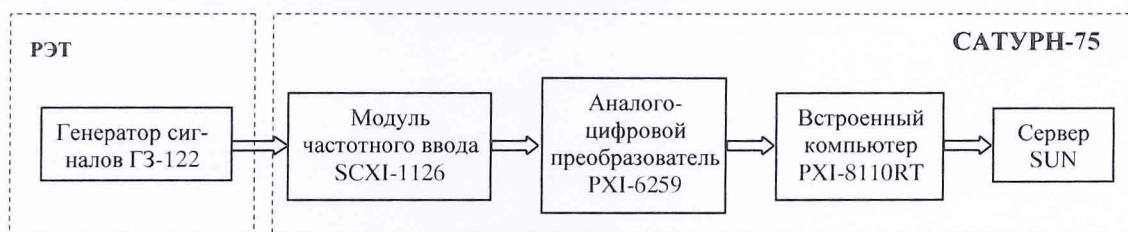


Рисунок 8 – Схема комплектной поверки ИК частоты вращения вала рабочим эталоном ГЗ-122

- провести градуировку ИК по методике приложения Б;

- оценить МХ ИК частоты вращения вала в соответствии с алгоритмом, приведенным в приложении Б.

7.3.4.2 Результаты поверки ИК частоты вращения вала считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в Приложении А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

#### 7.3.5 Определение погрешностей измерений ИК силы постоянного тока

7.3.5.1 Погрешности и диапазоны измерений ИК силы постоянного тока определить комплектным способом (прямые измерения) с оценкой МХ по результатам сквозной градуировки ИК в следующей последовательности:

- подключить ИК к РЭТ (калибратор TRX-II) в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 7;

- провести градуировку ИК силы постоянного тока в диапазоне значений от 0 до 20 мА по методике приложения Б;

- оценить МХ ИК в соответствии с алгоритмом, приведенным в Приложении Б.

7.3.5.2 Результаты поверки ИК силы постоянного тока считать положительными, если значения погрешностей ИК находятся в пределах, указанных в Приложении А. В противном случае ИК бракуется и после выявления и устранения причины производится повторная поверка.

#### 7.4 Идентификация ПО

Проверку идентификационных данных (признаков) метрологически значимой части ПО провести в соответствии с руководством пользователя 468.425850.013.РП.

Убедиться в соответствии идентификационных признаков метрологически значимой части ПО данным, указанным в таблице 3.

В случае несоответствия идентификационных признаков данным таблицы 3 ПО направляется для проведения настройки.

Таблица 3

| Наименование ПО                               | ПО для калибровки измерительных каналов                 | ПО для расчета значений приведения основных параметров |
|---|---|--|
| Идентификационное наименование ПО             | <i>tarka</i>  | <i>calcpa</i>  |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО     | 1.3   | 1.3  |
| Цифровой идентификатор ПО                     | F69398EA  | ССАЕВ2А5   |
| Другие идентификационные данные, если имеются | Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО – CRC32 |  |

## 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

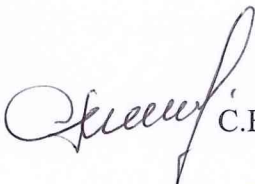
8.1 Результаты поверки системы занести в Протокол (Приложение Г).

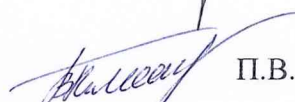
8.2 При положительных результатах поверки системы оформляется свидетельство о поверке.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки система к дальнейшему применению не допускается. На систему выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник управления  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Старший научный сотрудник  
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

  
С.В. Маринко

  
П.В. Власов

Приложение А  
(обязательное)

Метрологические характеристики системы измерительной САТУРН-75

Метрологические характеристики системы измерительной САТУРН-75 приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

| Наименование измеряемого параметра (количество ИК)   | Единица измерения             | Диапазон измерений   | Пределы допускаемой погрешности измерений  |
|--|-------------------------------|--|--|
| <i>ИК давления жидкости</i>  |                               |  |  |
| Абсолютное давление жидкости:<br>количество ИК - 2<br>количество ИК - 2<br>Избыточное давление жидкости:<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 6<br>количество ИК - 2<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>Перепад давления жидкости<br>количество ИК - 1 | МПа<br>(кгс/см <sup>2</sup> ) | от 0 до 0,3923 (от 0 до 4)<br>от 0 до 0,6865 (от 0 до 7)<br><br>от 0 до 1,471 (от 0 до 15)<br>от 0 до 4,903 (от 0 до 50)<br>от 0 до 14,71 (от 0 до 150)<br>от 0 до 19,61 (от 0 до 200)<br>от 0 до 24,52 (от 0 до 250)<br>от 0 до 39,23 (от 0 до 400)<br>от 0 до 44,13 (от 0 до 450)<br>от 0 до 53,94 (от 0 до 550)<br><br>от 0 до 3,923 (от 0 до 40) | ±0,5 % от ВП,<br>где ВП – верхний<br>предел измерений  |
| <i>ИК объемного расхода жидкости</i>   |                               |  |  |
| Объёмный расход жидкости<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 1<br>количество ИК - 2<br>количество ИК - 1   | л/с                           | от 0 до 4,45<br>от 0 до 16<br>от 0 до 18,06<br>от 0 до 22,24<br>от 0 до 24<br>от 0 до 150<br>от 0 до 161,24<br>от 0 до 305,56<br>от 0 до 486,5   | ±1,2 % от ВП<br>±0,6 % от ВП<br>±1,2 % от ВП<br>±1,3 % от ВП<br>±0,6 % от ВП<br>±0,6 % от ВП<br>±1,2 % от ВП<br>±1,2 % от ВП<br>±1,2 % от ВП<br>±1,2 % от ВП |
| <i>ИК температуры жидкости</i>   |                               |  |  |
| Температура жидкости<br>количество ИК - 3  | К<br>(°С)                     | от 273 до 473<br>(от 0 до 200)   | ±1 К (°С)  |
| <i>ИК частоты вращения вала</i>  |                               |  |  |
| Частота вращения вала<br>количество ИК - 2<br>количество ИК - 1  | об/мин                        | от 10 до 8000<br>от 10 до 16000  | ±0,16 % от ВП  |
| <i>ИК силы постоянного тока</i>  |                               |  |  |
| Сила постоянного тока<br>количество ИК - 20  | мА                            | от 4 до 20   | ±0,2 % от ВП   |

## Приложение Б

### Порядок обработки результатов измерений

#### 1 Порядок градуировки ИК и обработки результатов поверки

##### 1.1 Методика проведения градуировки ИК

1.1.2 Для проведения сквозной градуировки ИК или градуировки элементов ИК необходимо на входе ИК или элемента ИК последовательно задать с помощью РЭ в диапазоне измерений:  $p$  контрольных значений (ступеней) входной величины  $X_k$  в порядке возрастания от  $X_0$  до  $X_p$  при прямом ходе;  $p$  контрольных значений входной величины  $X_k$  в порядке убывания от  $X_p$  до  $X_0$  при обратном ходе.

Значения  $X_k$  в промежуточных (между  $X_0$  и  $X_p$ ) контрольных точках вычисляются по формуле (1):

$$X_k = X_0 + ((X_p - X_0)/p) \cdot k, \quad (1)$$

где  $k$  – номер контрольной точки;  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ ;

$X_0, X_p$  – нижний и верхний пределы диапазона измерений поверяемых каналов.

1.1.3 На каждой ступени при прямом и обратном ходе градуировки провести  $m$  отсчетов измеряемой величины (значение параметра  $m$  определяется частотой опроса ИК и временем измерения). Программа градуировки вычисляет значение сигнала на выходе АЦП как среднее значение кода по  $m$  отсчетам, зарегистрированным при подаче входного сигнала. Полученное значение сохраняется в файле градуировки.

Указанные циклы градуировки (прямой и обратный ходы) повторить  $l$  раз. В результате в памяти компьютера запоминаются массивы значений  $y'_{ik}$  выходной величины при прямом ходе градуировки и массива значений  $y''_{ik}$  выходной величины при обратном ходе градуировки,

где  $i$  – номер цикла градуировки,  $i = 1, 2, \dots, l$ ,

$k$  – номер контрольной точки;  $k = 0, 1, 2, \dots, p$ .

П р и м е ч а н и е. Для ИК с пренебрежимо малой погрешностью вариации, допускается обратные ходы градуировки не проводить.

При проверке ИК, принять следующие значения параметров градуировки  $p, l, m$ :

$p \geq 5; l \geq 5; m \geq 10$ .

#### 2 Порядок обработки результатов градуировки ИК

##### 2.1 Обработку результатов градуировки ИК проводить программой *CalibrReport*.

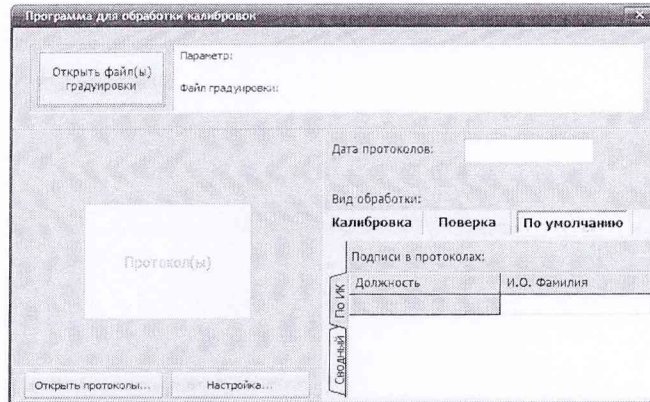
Обработка производится по алгоритму настоящей методики поверки. Для определения доверительных границ погрешности оценки измеряемой величины доверительная вероятность принимается равной  $P = 0,95$  (по ГОСТ Р 8.736-2011, п. 4.4).

Входные данные программы *CalibrReport* находятся в следующих файлах:

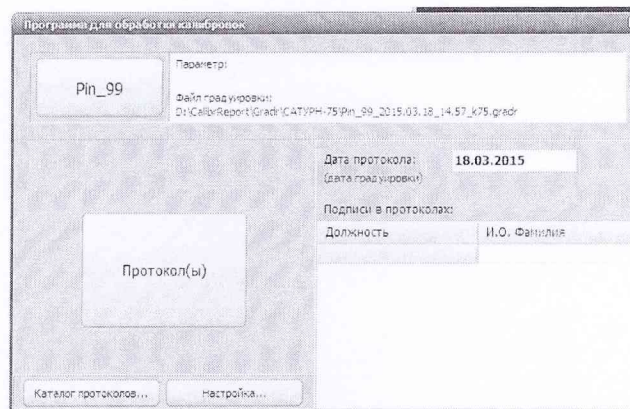
- файл градуировки;
- файл коэффициентов;
- справочник ИК;
- справочник РЭ;
- справочник условий градуировки;
- справочник ПП;
- файл описания калибровок.

Работу с программой *CalibrReport* производить в следующей последовательности:

- запустить программу с помощью ярлыка:



а) - в исходном состоянии



б) - при загруженном параметре "Pin\_99"

Рисунок Б.1 – Главное окно программы "CalibrReport":

- нажать кнопку в главном окне "Открыть файл(ы) градуировки" (рисунок Б.1а). Название кнопки сменится на имя параметра градуировки (рисунок Б.1б);
- выбрать обрабатываемый параметр (измерительный канал) по имени файла (рисунок Б.2);

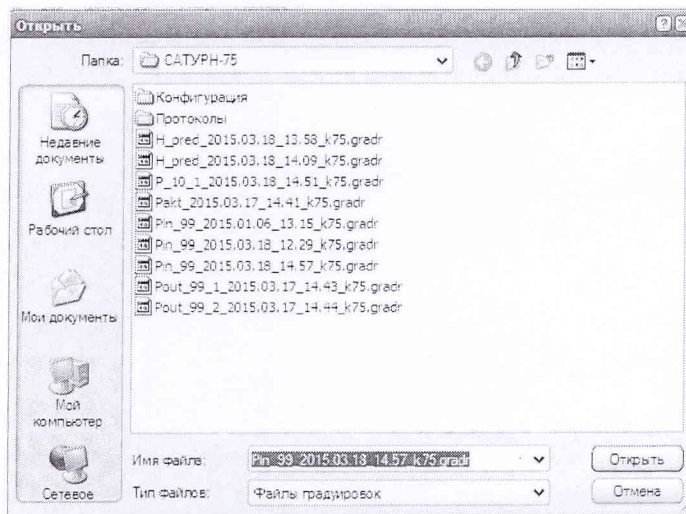


Рисунок Б.2 – Пример диалогового окна выбора файла градуировки

– открыть окно «Настройка» (рисунок Б.3).

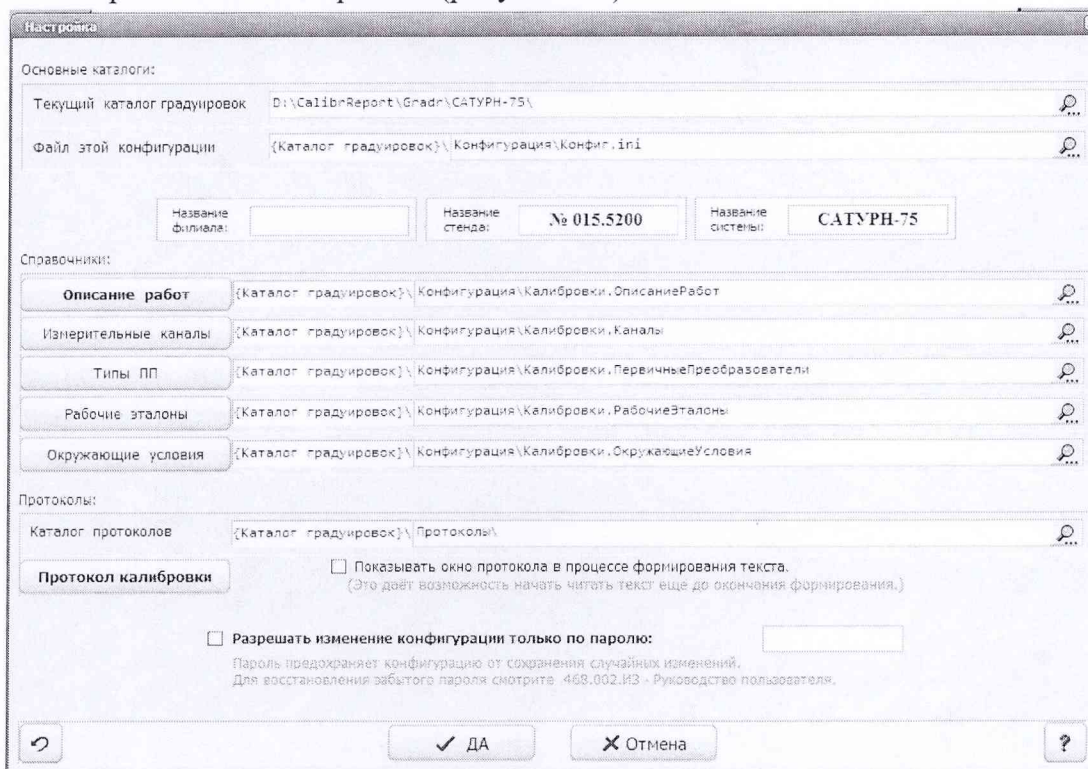


Рисунок Б.3 – Вид диалогового окна «Настройка»

Убедиться в правильности внесения следующих данных и, при необходимости, внести их:

- в разделе «Измерительные каналы» (рисунок Б.4): номер ПП при комплектном способе поверки; наименование и тип элементов ИК, подвергнутых поверке; тип и номер модуля УСО;

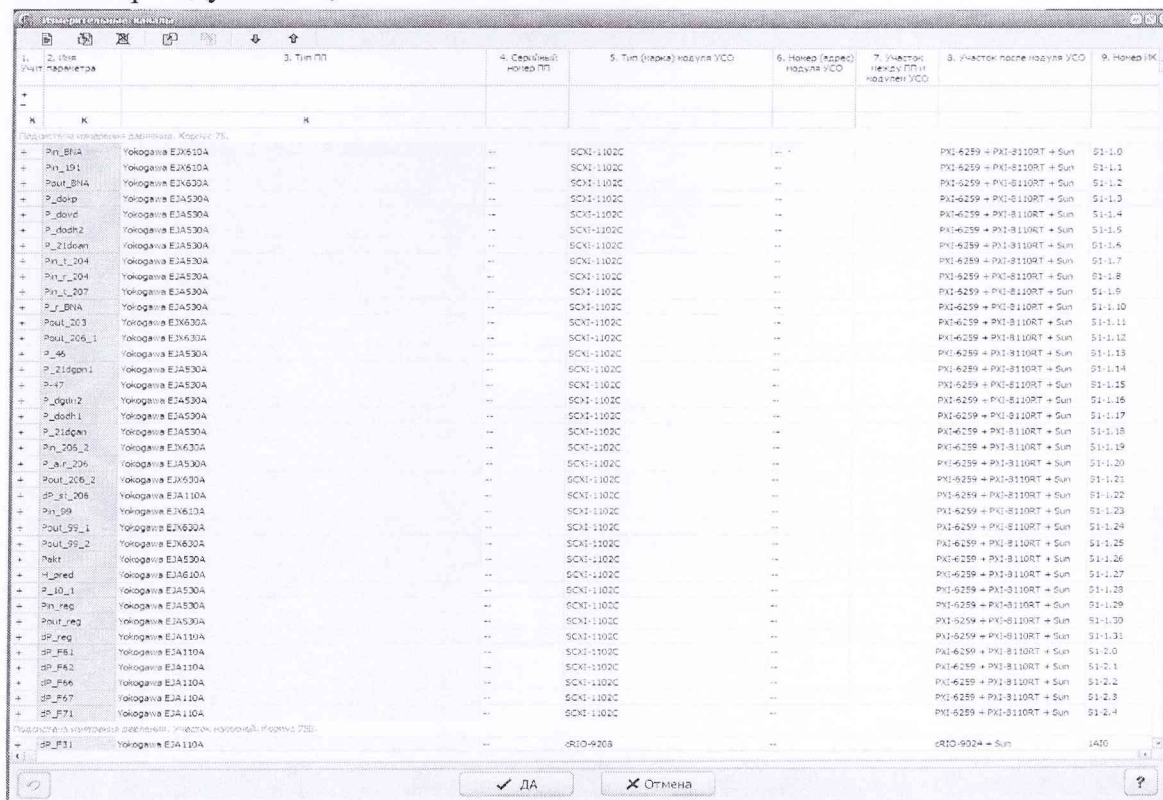


Рисунок Б.46 – Вид диалогового окна «Измерительные каналы»

- в разделе «Рабочие эталоны» (рисунок Б.5):  
тип и номер рабочего эталона;  
дату действия срока поверки рабочего эталона;

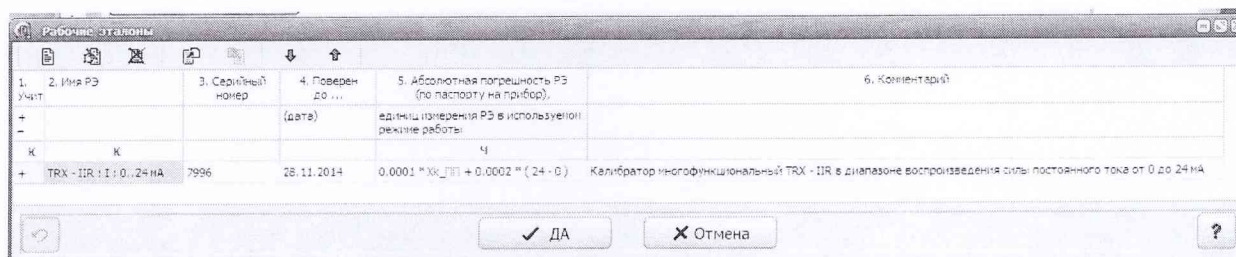


Рисунок Б.5 – Вид диалогового окна «Рабочие эталоны»

- в разделе «Окружающие условия» (рисунок Б.6): условия окружающей среды (температура, давление, влажность);

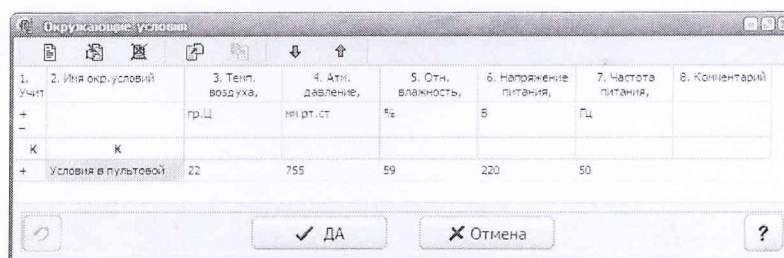


Рисунок Б.6 – Вид диалогового окна «Окружающие условия»

- в главном окне (Рисунок 1):  
фамилию и инициалы исполнителя;  
в разделе «Описание работ» главного окна:  
«Вид работы» – «Поверка»;  
«Имя применённого РЭТ» – рабочий эталон, установленный в разделе «Измерительные каналы»;  
«Имя окр. условий» – условия, установленные в разделе «Окружающие условия»;  
дата протоколов устанавливается автоматически по реальной дате градуировки;  
По окончании обработки, нажав кнопку "Протокол(ы)" (Рисунок 1) вывести для визуального контроля на экран «Протокол результатов поверки» в виде двух листов, на первом из которых содержатся величины установленных и полученных значений по циклам калибровки (7), а во втором – расчетные и оценочные данные (рисунок Б.8).

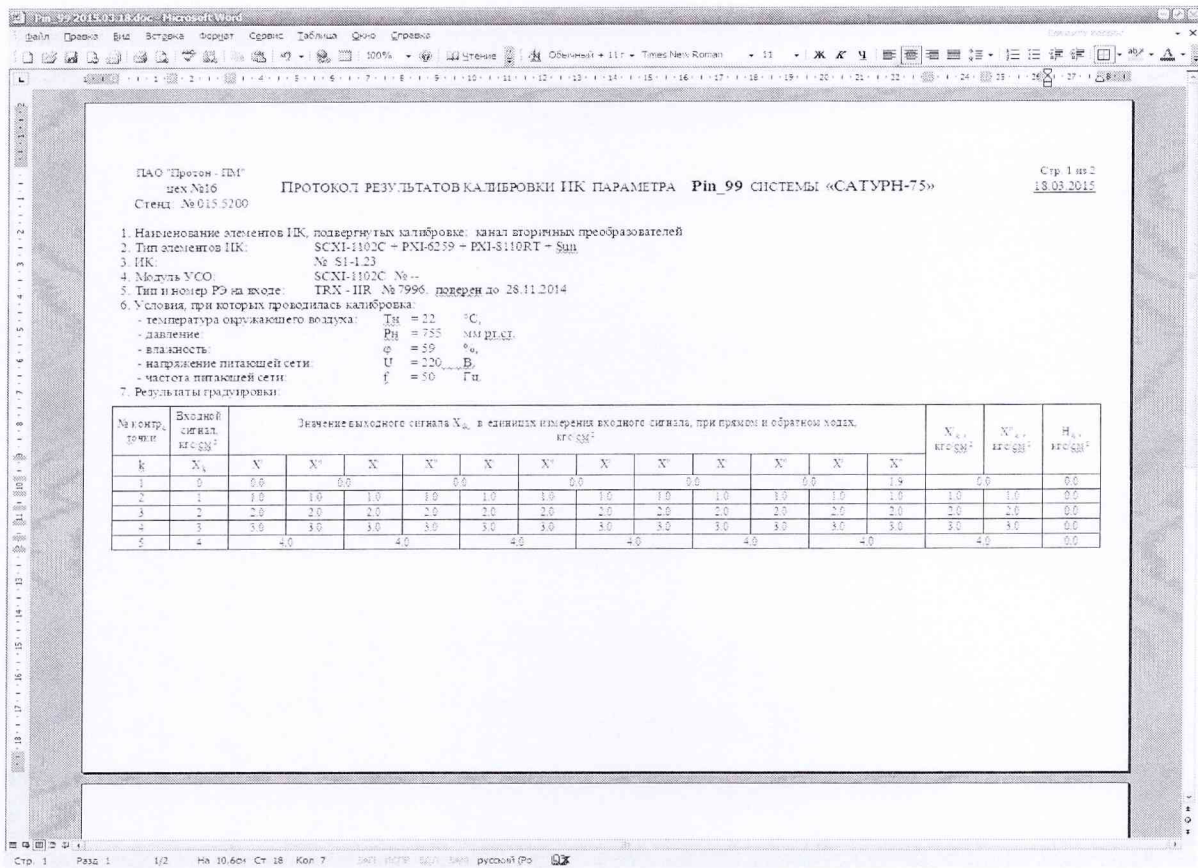


Рисунок Б.7 – Пример текста «Протокола результатов поверки». Лист 1.

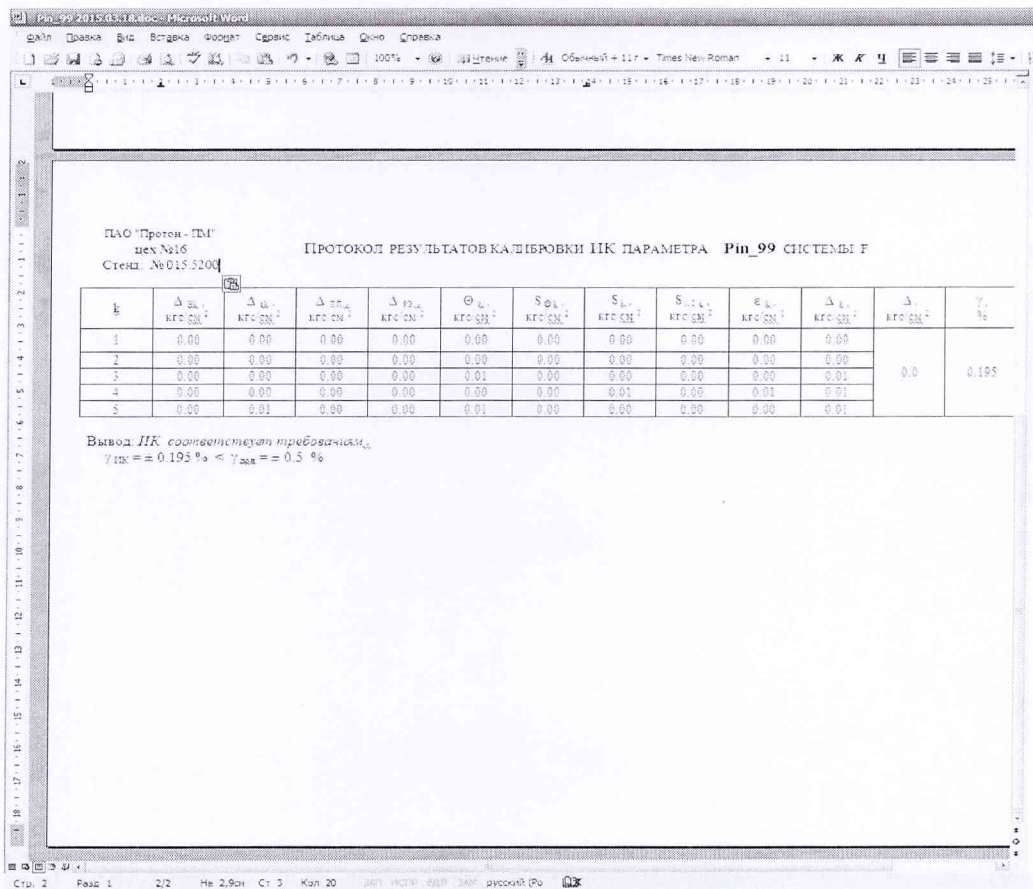


Рисунок Б.8 – Пример текста «Протокола результатов поверки». Лист 2.



- распечатать протокол;
- повторить вызов программы для следующего параметра.

## 2.2 Исключение грубых погрешностей

2.2.1 Предварительная отбраковка «грубых промахов» на этапе многократного опроса наблюдаемой величины для каждой контрольной точки производится следующим образом:

- а) результаты опроса ранжируются в ряд в порядке возрастания;
- б) из указанного ряда исключаются 10% значений от верхней и нижней границ ряда.

2.2.2 Исключение «грубых промахов» на этапе обработки результатов измерений производится с использованием критерия Граббса по ГОСТ Р 8.736-2011 следующим образом:

2.2.3 Для каждой  $k$ -й контрольной точки вычислить оценки измеряемой величины  $y'_k$  при прямом ходе градуировки и  $y''_k$  при обратном ходе градуировки по формуле (2):

$$y'_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y'_{ik}, \quad y''_k = \frac{1}{l} \cdot \sum_{i=1}^l y''_{ik} \quad (2)$$

2.2.4 Для каждой  $k$ -й контрольной точки вычислить средние квадратические отклонения  $S'_k$  (при прямом ходе) и  $S''_k$  (при обратном ходе) по формуле (3):

$$S'_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y'_{ik} - y'_k)^2}{l-1}}, \quad S''_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (y''_{ik} - y''_k)^2}{l-1}} \quad (3)$$

2.2.5 Для выборки  $y'_{1k}, \dots, y'_{lk}$  вычислить значения  $G_1, G_2$  критерия Граббса по формуле (4):

$$G_1 = \frac{|y_{\max} - y'_k|}{S'_k}, \quad G_2 = \frac{|y'_k - y_{\min}|}{S'_k}, \quad (4)$$

где  $y_{\max}, y_{\min}$  – соответственно максимальный и минимальный элементы в выборке  $y'_{1k}, \dots, y'_{lk}$ .

2.2.6 Сравнить значения  $G_1, G_2$  с теоретическим значением  $G_T$  критерия, указанными в приложении А ГОСТ Р 8.736-2011:

- если  $G_1 > G_T$ , то элемент  $y_{\max}$  исключить из выборки как маловероятное значение;
- если  $G_2 > G_T$ , то элемент  $y_{\min}$  исключить из выборки как маловероятное значение.

2.2.7 Если в выборке  $y'_{1k}, \dots, y'_{lk}$  был исключен один элемент, повторить процедуру исключения грубых погрешностей по пп. 2.2.3...2.2.4 для оставшихся элементов выборки. На каждой контрольной точке допускается отбраковка не более одного промаха, в противном случае градуировку повторить.

2.2.8 Аналогично пп. 2.2.3 - 2.2.5 выполнить проверку по выборке  $y''_{1k}, \dots, y''_{lk}$ .

2.2.9 Допускается проводить отбраковку грубых промахов на стадии просмотра оператором результатов наблюдений при градуировке в случае, когда факт появления грубого промаха установлен достоверно. При этом производится повторное измерение в заданной контрольной точке с регистрацией результата наблюдений.

## 2.3 Определение индивидуальной функции преобразования ИК

Индивидуальную функцию преобразования ИК системы определять по результатам градуировки в виде обратной функции, т.е. как зависимость значений величины  $x$  на входе ИК от значений  $y$  на его выходе.

Если нелинейность функции такова, что с достаточной точностью можно ограничиться аппроксимирующим полиномом не выше 4-й степени, то эту функцию представляют в виде степенного полинома (5). В противном случае функцию представляют кусочно-линейной зависимостью (6).

$$x = a_0 + a_1 \cdot y + \dots + a_n \cdot y^n, \quad (5)$$

$$x = x_k + q_{sfk} \cdot (y - y_k) \quad (6)$$

где:

$a_0, a_1, \dots, a_n$  – коэффициенты аппроксимирующего полинома, определяемые методом наименьших квадратов;

$n$  – степень полинома;

$x_k$  – эталонное значение входной величины на  $k$ -той ступени;

$q_{sfk}$  – цена единицы наименьшего разряда кода на  $k$ -той ступени;

$y_k$  – среднее значение результатов наблюдений выходной величины при градуировке на  $k$ -й ступени;

Значения  $y_k$  и  $q_{sfk}$  определить по формулам (7) и (8):

$$y_k = \frac{\sum_i \sum_n (y'_{ikn} + y''_{ikn})}{2 \cdot l \cdot m} \quad (7)$$

$$q_{sfk} = \frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k} \quad (8)$$

## 2.4 Определение характеристик погрешностей ИК

2.4.1 Определение характеристик погрешностей ИК при комплектном способе поверки (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по результатам сквозной градуировки ИК

2.4.1.1 Определить доверительные границы абсолютной неисключенной систематической составляющей погрешности (НСП) на каждой  $k$ -й контрольной точке при  $P=0,95$  по формуле (9):

$$\tilde{\Delta}_{osk} = 1,1 \sqrt{\tilde{\Delta}_{oska}^2 + \Delta_{PЭ}^2} \quad (9)$$

где  $\Delta_{PЭ}$  – абсолютная погрешность РЭ;

$\tilde{\Delta}_{oska}$  – абсолютная НСП ИК, обусловленная погрешностью аппроксимации.

При задании индивидуальной функции преобразования в виде степенного полинома (4) погрешность  $\tilde{\Delta}_{oska}$  вычисляется по формуле (10):

$$\tilde{\Delta}_{oska} = \left| (a_0 + a_1 y_k + \dots + a_n y_k^n) - x_k \right| \quad (10)$$

При задании индивидуальной функции преобразования в виде кусочно-линейной зависимости (5) погрешность  $\tilde{\Delta}_{oska} = 0$ .

2.4.1.2 Определить доверительные границы случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой  $k$ -той контрольной точке при  $P = 0,95$  по формуле (11):

$$\tilde{\Delta}_{ok} = \tau \cdot \sqrt{\tilde{\sigma}^2 [\Delta_{ok}] + \frac{\tilde{H}_{ok}^2}{12}} \quad (11)$$

где  $\tau$  – коэффициент Стьюдента-Фишера, зависящий от доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $2l - 1$ . Таблица значений  $\tau$  при  $P = 0,95$  приведена в приложении В;

$\tilde{\sigma}[\Delta_{ok}]$  – среднее квадратическое отклонение случайной составляющей абсолютной погрешности на каждой  $k$ -й контрольной точке, определяемое по формуле (12):

$$\tilde{\sigma}[\Delta_{ok}] = \sqrt{\frac{\sum_i (x'_{ik} - x'_k)^2 + \sum_i (x''_{ik} - x''_k)^2}{2l-1}} \quad (12)$$

где  $x'_{ik}, x''_{ik}$  – приведенные по входу значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки, соответственно;

$x'_k, x''_k$  – приведенные по входу средние значения результатов наблюдений на  $k$ -той ступени при прямом и обратном ходе градуировки соответственно, определяются по формулам (13);

$$\begin{aligned} x'_k &= \frac{1}{l} \sum_i x'_{ik} \\ x''_k &= \frac{1}{l} \sum_i x''_{ik}; \end{aligned} \quad (13)$$

$\tilde{H}_{ok}$  – абсолютное значение вариации, определяемое по формуле (14):

$$\tilde{H}_{ok} = |x'_k - x''_k| \quad (14)$$

2.4.1.3 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК на каждой  $k$ -той контрольной точке при  $P = 0,95$  по формулам (15):

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}_{ok \text{ абс}} &= K \cdot (\tilde{\Delta}_{osk} + \tilde{\Delta}_{ok}) \text{ при } 0,8 < (\tilde{\Delta}_{osk} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ok}) < 8, \\ \tilde{\Delta}_{ok \text{ абс}} &= \tilde{\Delta}_{osk} \text{ при } (\tilde{\Delta}_{osk} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ok}) \geq 8, \\ \tilde{\Delta}_{ok \text{ абс}} &= \tilde{\Delta}_{ok} \text{ при } (\tilde{\Delta}_{osk} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ok}) \leq 0,8. \end{aligned} \quad (15)$$

Коэффициент  $K$  определять в зависимости от отношения  $\tilde{\Delta}_{osk} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ok}$  по таблице 1.

Таблица 1

| $\tilde{\Delta}_{osk} \cdot \tau / \tilde{\Delta}_{ok}$ | 0,5  | 0,75 | 1,0  | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 7,0  | 8,0  |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K$   | 0,81 | 0,77 | 0,74 | 0,71 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 |

2.4.1.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК при  $P = 0,95$  по формуле (16):

$$\tilde{\Delta}_o = \max(\tilde{\Delta}_{ok \text{ абс}}) \quad (16)$$

2.4.2 Определение характеристик погрешности ИК при комплектном способе поверки (прямые измерения) с оценкой МХ ИК по МХ элементов ИК

2.4.2.1 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК давлению жидкости при  $P=0,95$  по формуле (17):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot P \cdot \sqrt{(\delta ИК_{пт})^2 + (\delta P)^2} / 100, \quad (17)$$

где  $P$  – измеренное значение объёмного расхода жидкости, л/с;

$\delta ИК_{пт}$  – значение относительной погрешности ИК постоянного тока (без ПП), %;

$\delta$  – значение относительной погрешности ПП (датчики давления Yokogawa EJX, EJA), %.

Значение погрешности  $\delta P$  берется из протоколов поверки, либо согласно ТД на датчики давления.

2.4.2.2 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК объёмного расхода жидкости при  $P=0,95$  по формуле (18):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot Q \cdot \sqrt{(\delta ИК_{пт})^2 + (\delta Q)^2} / 100, \quad (18)$$

где  $Q$  – измеренное значение объёмного расхода жидкости, л/с;

$\delta ИК_{пт}$  – значение относительной погрешности ИК постоянного тока (без ПП), %;

$\delta Q$  – значение относительной погрешности ПП (расходомеры вихревые Prowirl, счетчик-расходомер ЭМИС-ПЛАСТ 220, счетчики-расходомеры Micro Motion), %. Значение погрешности  $\delta Q$  берется из протоколов поверки, либо согласно ТД на расходомер.

2.4.2.2 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК температуры жидкости при  $P = 0,95$  по формуле (19):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot T \cdot \sqrt{(\delta ИК_{пт})^2 + (\delta T)^2} / 100, \quad (19)$$

где  $\delta ИК_{пт}$  – значение относительной погрешности ИК постоянного тока (без ПП), %;

$\delta T$  – значение относительной погрешности ПП (термопреобразователи ТСПУ–Л-52442), %. Значение погрешности  $\delta T$  берется из протоколов поверки, либо согласно ТД на термопреобразователи ТСПУ–Л-52442.

2.4.2.4 Определить доверительные границы абсолютной погрешности ИК частоты вращения вала при  $P = 0,95$  по формуле (20):

$$\tilde{\Delta}_o = 1,1 \cdot F \cdot \sqrt{(\delta ИК_{пт})^2 + (\delta F)^2} / 100, \quad (20)$$

где  $\delta ИК_{пт}$  – значение относительной погрешности ИК постоянного тока (без ПП), %;

$\delta F$  – значение относительной погрешности ПП (датчик тахометрический МЭД-1), %. Значение погрешности  $\delta F$  берется из протоколов поверки, либо согласно ТД на датчик тахометрический МЭД-1.

#### 2.4.3 Определение относительной погрешности ИК

Определить доверительные границы относительной погрешности ИК при  $P=0,95$  по формуле (21):

$$\tilde{\gamma}_o = \frac{\tilde{\Delta}_o}{ВП} \cdot 100\% \quad (21)$$

Приложение А  
(справочное)

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

| Число степеней<br>свободы $2m_1-1$ | Доверительная<br>вероятность<br>$P=0,95$ | Число степеней<br>свободы $2m_2-1$ | Доверительная<br>вероятность<br>$P=0,95$ |
|------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| 1                                  | 12,706                                   | 18                                 | 2,103                                    |
| 2                                  | 4,303                                    | 19                                 | 2,093                                    |
| 3                                  | 3,182                                    | 20                                 | 2,086                                    |
| 4                                  | 2,776                                    | 21                                 | 2,080                                    |
| 5                                  | 2,571                                    | 22                                 | 2,074                                    |
| 6                                  | 2,447                                    | 23                                 | 2,069                                    |
| 7                                  | 2,365                                    | 24                                 | 2,064                                    |
| 8                                  | 2,306                                    | 25                                 | 2,060                                    |
| 9                                  | 2,262                                    | 26                                 | 2,056                                    |
| 10                                 | 2,228                                    | 27                                 | 2,052                                    |
| 11                                 | 2,201                                    | 28                                 | 2,048                                    |
| 12                                 | 2,179                                    | 29                                 | 2,045                                    |
| 13                                 | 2,160                                    | 30                                 | 2,042                                    |
| 14                                 | 2,145                                    | 40                                 | 2,021                                    |
| 15                                 | 2,131                                    | 60                                 | 2,000                                    |
| 16                                 | 2,120                                    | 120                                | 1,980                                    |
| 17                                 | 2,110                                    | -                                  | 1,960                                    |

Приложение Г  
(рекомендуемое)

Протокол №..... определения погрешностей и диапазонов измерений измерительных каналов системы измерительной САТУРН-75, зав. № 001, ПАО «Протон-ПМ»  
(форма)

1. Дата поверки.....

2. Средства поверки:

.....  
.....

3. Условия поверки

Температура окружающего воздуха, °С .....

Атмосферное давление, мм рт.ст. ....

Влажность, %.....

4. Документ, в соответствии с которым проводилась поверка:

.....методика поверки САТУРН-75.М.....

5. Результаты экспериментальных исследований:

5.1. Внешний осмотр

.....  
.....

5.2. Результаты опробования

.....  
.....

5.3. Результаты метрологических исследований

Результаты метрологических исследований системы измерительной СИ-75/САТУРН

представлены в Таблице 1.

Условия исследования:

– число ступеней нагружения  $r = \dots\dots\dots$

– число циклов нагружения  $l = \dots\dots\dots$

– число опросов на точке  $m = \dots\dots\dots$

Расчет суммарной погрешности проводится по формулам методики поверки

«Инструкция. Система измерительная САТУРН-75. Методика поверки». САТУРН-75.МП.

Рабочие материалы, содержащие данные по градуировкам ИК и их обработке представлены в рабочей папке №.....