

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии»
Государственный научный метрологический центр
ФГУП «ВНИИР»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по развитию
ФГУП «ВНИИР»

А.С. Тайбинский

«05» 12 2017 г.



ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений
СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОГО АММИАКА
НА ОБЪЕКТЕ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ № 8

Методика поверки

МП 0697-1-2017

г. Казань
2017 г.

Настоящая инструкция распространяется на систему измерений количества жидкого аммиака на объекте насосная станция №8 (далее – система), изготовленная публичным акционерным обществом «Трансаммиак» (ПАО «Трансаммиак»), предназначенную для измерения массы и массового расхода жидкого аммиака на магистральном аммиакопроводе «Гольятти – Одесса» и устанавливает методику и последовательность первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 2 года.

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (пункт 6.1);
- подтверждение соответствия программного обеспечения (пункт 6.2);
- опробование (пункт 6.3);
- определение метрологических характеристик (пункт 6.4).

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки системы применяют следующие средства поверки:

- рабочий эталон единицы объема 1-го разряда по ГОСТ 8.510-2002 (далее – ТПУ), с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,05\%$;
- преобразователь плотности жидкости измерительный модель 7835 (далее – ПП), (регистрационный номер 52638-13) с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности не более $\pm 0,15 \text{ кг/м}^3$;
- преобразователи температуры интеллектуальные серии STT3000, мод. STT25H (регистрационный номер 40905-15) с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности не более $\pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- преобразователь давления ST3000 (регистрационный номер 14250-05) с пределами допускаемой приведенной погрешности не более $\pm 0,2\%$.

2.2 При поверке средств измерений, входящих в состав системы, применяют средства поверки в соответствии с методиками поверки, указанные в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений и представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование средства измерений	Методика поверки
Датчики давления Метран-150	МИ 4212-012-2006 «Датчики давления Метран-150. Методика поверки», утверждена ФГУП «ВНИИМС» 03.10.2006 г.
Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСМУ 0104	МИ 3340-2011 «Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСМУ 0104, ТСПУ 0104, ТХАУ 0104, ТХКУ 0104. Методика поверки», утверждена ФГУП «ВНИИМС» 18.11.2011 г.
Манометры показывающие ТМ	МИ 2124-90 «Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры показывающие и самопишущие. Методика поверки»
Контроллер измерительный FloBoss модели S600+	«Инструкция. Государственная система обеспечения единства измерений. Контроллеры измерительные FloBoss модели S600, S600+ фирмы «Emerson Process Management Ltd». Методика поверки», утвержденная ГЦИ СИ ФГУП ВНИИР 25 марта 2011 г.

2.3 При замене методик поверки средств измерений, указанных в таблице 1, в их описаниях типа, применяют новые нормативные документы на поверку.

2.4 В расчетах при определении метрологических характеристик системы допускается определять плотность измеряемой среды по аттестованной методике измерений плотности жидкого аммиака косвенным методом (далее – МИ). Пределы допускаемой относительной погрешности определения плотности не более $\pm 0,05$ %.

2.5 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

2.6 Все применяемые средства поверки должны быть поверены или аттестованы в установленном порядке.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 При проведении поверки соблюдают требования:

- правил технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- правил безопасности при эксплуатации средств поверки и системы, приведенных в их эксплуатационных документах;
- инструкций по охране труда, правил безопасности, действующих на объекте.

3.2 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую инструкцию, эксплуатационные документы и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

3.3 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки или переходы с ограничениями, соответствующие требованиям безопасности.

3.4 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых средств поверки, снятие показаний с приборов.

3.5 При появлении течи измеряемой среды и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверку прекращают.

3.6 Перед началом поверки средств измерений, входящих в состав системы, необходимо выполнить требования безопасности в соответствии с методиками поверки, указанные в разделах «Поверка» описаний типа, являющихся обязательным приложением к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки соблюдают условия согласно пунктам 4.1 – 4.2.

4.1 Измеряемая среда – аммиак жидкий ГОСТ 6221-90 Е марки Ак:

- температура, °С от 0 до плюс 20;
- давление, МПа, не менее 1,5;
- содержание свободного газа не допускается.

4.2 При проведении поверки средств измерений, согласно методикам поверки, приведенным в таблице 1, соблюдают условия поверки, указанные в данных документах.

5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

5.1 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- проверяют выполнение условий пунктов 2 – 4 настоящей инструкции;
- проверяют наличие действующего свидетельства об аттестации эталона, а также действующих свидетельств о поверке на средства измерений, входящих в средства поверки, и (или) оттисков поверительных клейм;
- подготавливают к работе средства поверки и систему в соответствии с их эксплуатационными документами.

– производят подключение ТПУ к системе согласно их эксплуатационным документам;

– проверяют герметичность гидравлической системы, состоящей из ТПУ, системы, задвижек и трубопровода.

5.2 При подготовке к поверке проверяют значения коэффициентов метр-фактора (далее – М-фактор) и коэффициента FlowCal установленных в счетчиках-расходомерах массовых Micro Motion (далее – массомеры) и значения калибровочных коэффициентов (далее – К-фактор) градуировочной характеристики установленных в контроллерах измерительных FloBoss модели S600+ (далее – контроллер).

При первичной поверке значения М-фактора установленных в массомерах и К-фактора установленных в контроллерах должны соответствовать значениям М-фактора и К-фактора соответственно, полученных при калибровке (градуировке) системы, значение коэффициента FlowCal установленное в массомерах должно соответствовать заводскому значению. При периодической поверке значения М-фактора, коэффициента FlowCal и К-фактора должны соответствовать значениям, установленным при предыдущей поверке.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре визуально определяют: комплектность, маркировку составных частей системы, наличие внешних неисправностей в электрических соединениях между составными частями системы, внешних механических повреждений, влияющих на работоспособность системы.

Результаты проверки считают положительными, если комплектность и маркировка соответствует эксплуатационным документам, отсутствуют внешние неисправности в электрических соединениях между составными частями системы, отсутствуют внешние механические повреждения, влияющие на ее работоспособность.

6.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Для подтверждения соответствия программного обеспечения (далее – ПО) системы проводят проверку идентификационных данных ПО контроллеров.

Проверку идентификационных данных ПО контроллеров выполняют в следующей последовательности:

– производят подключение персонального компьютера, с предустановленным программным обеспечением CONFIG600, к контроллеру в соответствии с руководством по эксплуатации на контроллер и программное обеспечение CONFIG600;

– после завершения процедуры загрузки контроллера из основного меню программы необходимо выбрать пункт «SYSTEM SETTINGS»;

– в выпавшем меню необходимо выбрать «SOFTWARE VERSION»;

– при помощи навигационных клавиш перейти на страницу «VERSION CONTROL», «FILE CSUM»;

– считать цифровой идентификатор ПО (SW);

– далее при помощи навигационных клавиш перейти на страницу «VERSION CONTROL», «APPLICATION SW»;

– на экране считать номер версии (идентификационный номер) ПО.

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения системы считают положительным, если полученные идентификационные данные программного обеспечения контроллера (номер версии (идентификационный номер) ПО и цифровой идентификатор ПО) соответствует идентификационным данным, указанным в описании типа на систему.

6.3 Опробование

6.3.1 При опробовании определяют работоспособность системы и ее составных частей в соответствии с их эксплуатационными документами.

6.3.2 Проводят ряд тестовых измерений на произвольно выбранном значении расхода измеряемой среды в пределах диапазона измерений массового расхода системы. Запускают поршень ТПУ и при прохождении поршня через первый оптический выключатель фиксирует начало отсчета импульсов, полученных от массомера, а при прохождении второго оптического выключателя – окончание отсчета импульсов контроллером. На дисплее контроллера и (или) автоматизированного рабочего места оператора наблюдают значение массового расхода по показаниям массомера.

6.3.3 Результат опробования считают положительным, если за время опробования отсутствовали протечки измеряемой среды, значение массового расхода, по показаниям системы, соответствовало значению рассчитанного массового расхода, проходящего через ТПУ.

6.4 Определение метрологических характеристик

6.4.1 Определение метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав системы, проводят при проведении их поверки в соответствии с методиками поверки, указанными в разделах «Поверка» описаний типа, являющиеся обязательными приложениями к свидетельствам об утверждении типа на данные средства измерений и (или) представленные в таблице 1.

При замене методик поверки средств измерений, указанных в таблице 1, в их описаниях типа, применяются новые нормативные документы на поверку. Если на средство измерений, входящее в состав системы, имеется свидетельство о поверке или отметка в паспорте, клеймо, действующее на момент поверки системы не менее двух лет (или равное двум годам), то его поверку допускается не проводить.

Определение метрологических характеристик системы проводят с применением каждого контроллера по отдельности, входящего в состав системы. При идентичности К-фактора и коэффициентов преобразования, имп./т, установленных в контроллерах, и отображаемых на цифровом табло контроллеров данных (значение массы и (или) массового расхода жидкого аммиака) в процессе поверки, допускается определение метрологических характеристик системы проводить по показаниям одного контроллера, распространяя результат определения на второй контроллер.

6.4.2 Определение метрологических характеристик массомеров.

Определение относительной погрешности системы при измерении массы измеряемой среды проводят путем сравнения данных, полученных с ТПУ, и каждого массомера отдельно. Относительную погрешность системы определяют в следующих диапазонах массового расхода: от 100 до 105, от 198 до 218 и от 305 до 316 т/ч. В каждой точке расхода проводят не менее 11 измерений. За время одного измерения обеспечивают набор не менее 5000 импульсов с точностью до 0,01 периода снятых с контроллера.

При каждом измерении определяют:

– вместимость калиброванного участка ТПУ, $V^{ТПУ}$, м³:

$$V_{ij}^{ТПУ} = V_0^{ТПУ} \cdot \left[1 + 2\alpha_t^{цил} \cdot (t_{ij}^{ТПУ} - 20) + \alpha_t^{ст} \cdot (t_{ij}^{ст} - 20) \right] \cdot \left(1 + \frac{0,95 \cdot D}{E \cdot s} \cdot P_{ij}^{ТПУ} \right), \quad (1)$$

где $V_0^{ТПУ}$ – вместимость калиброванного участка ТПУ, м³ (значение определяют из свидетельства о поверке или паспорта ТПУ);
 $\alpha_t^{цил}$ – коэффициент линейного расширения материала цилиндра ТПУ, °С⁻¹ (значение определяют из эксплуатационных документов на ТПУ);
 $t_{ij}^{ТПУ}$,
 $P_{ij}^{ТПУ}$ – температура измеряемой среды в ТПУ (в калиброванном участке), °С;
– давление измеряемой среды в ТПУ (в калиброванном участке), МПа;

- $\alpha_i^{ст}$ – коэффициент линейного расширения материала стержня, на котором установлены оптические детекторы, $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (значение определяют из эксплуатационных документов на ТПУ);
- $t^{ст}$ – температура стержня, на котором установлены оптические детекторы, $^{\circ}\text{C}$;
- D, s – внутренний диаметр и толщина стенок калиброванного участка ТПУ соответственно, мм (значения определяют из эксплуатационных документов на ТПУ);
- E – модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ, МПа (значение определяют из эксплуатационных документов на ТПУ);
- i, j – номер измерения и индекс точки расхода соответственно.

– массовый расход измеряемой среды, прошедший через ТПУ, Q , т/ч:

$$Q_{ij} = \frac{V_o^{ТПУ} \cdot 3600}{T_{ij}} \cdot \rho_{ij}^{ПП} \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

- где $\rho^{ПП}$ – плотность измеряемой среды, определенная по показаниям ПП или определенная по МИ при i -м измерении при установленном расходе в j -й точке, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- T – время прохождения поршня от одного детектора до другого, с.

– масса измеряемой среды, прошедшей через ТПУ, т:

$$M_{ij}^{ТПУ} = V_{пр\ ij}^{ТПУ} \cdot \rho_{ij}^{ПП} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

При реализации градуировочной характеристики (далее – ГХ) системы в виде постоянного значения М-фактора поверку проводят по пункту 6.4.3, при реализации ГХ в виде постоянного К-фактора поверку системы проводят по пункту 6.4.4 при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации К-фактора, поверку системы проводят в соответствии с пунктом 6.4.5.

6.4.3 Определение относительной погрешности системы при реализации ГХ в виде постоянного значения М-фактора в массомерах.

При каждом измерении регистрируют:

- массу измеряемой среды по показаниям системы, т;
- массовый расход измеряемой среды, прошедший через ТПУ, т/ч;
- плотность измеряемой среды, по показаниям ПП или определенная по МИ, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- значения температуры и давления измеряемой среды, $^{\circ}\text{C}$, МПа.

Для каждого измерения вычисляют значение М-фактора массомера по формуле:

$$MF_{Mij} = \frac{M_{ij}^{ТПУ}}{M_{Kij}}, \quad (4)$$

- где M_K – масса измеряемой среды по показаниям системы, т (показания снимают с контроллера).

Вычисляют среднее арифметическое значение М-фактора массомера в каждой j -ой точке расхода по формуле:

$$MF_{Mj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MF_{Mij}, \quad (5)$$

- где n – количество измерений в j -й точке расхода.

Вычисляют среднее арифметическое значение М-фактора во всем диапазоне массового расхода по формуле:

$$MF_M = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m MF_{Mj}, \quad (6)$$

где m – количество точек расхода.

Для каждой точки расхода проводят исключение измерений, не удовлетворяющих критерию Граббса. Определяют среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений в j -ой точке диапазона измерений расхода, S_{0Mj} , по формуле:

$$S_{0Mj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{Mij} - MF_{Mj})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

Вычисляют критерий Граббса G_1 и G_2 по формулам:

$$G_1 = \left| \frac{MF_{Mj\max} - MF_{Mj}}{S_{0j}} \right|, \quad (8)$$

$$G_2 = \left| \frac{MF_{Mj} - MF_{Mj\min}}{S_{0j}} \right|, \quad (9)$$

Производят сравнение определенных G_1 и G_2 со значением коэффициента G_T , определенным в соответствии с Приложением Б. Если $G_1 > G_T$, то $MF_{Mj\max}$ исключают как маловероятное значение. Если $G_2 > G_T$, то $MF_{Mj\min}$ исключают как маловероятное значение.

Далее вновь проводят вычисление MF_{Mj} , S_{0j} и процедуру проверки измерений, не удовлетворяющих критерию Граббса.

Количество измерений в каждой точке расхода, не удовлетворяющих критериям Граббса, должно быть не более 2.

Вычисляют среднее квадратическое отклонение результатов измерений, %, по формуле:

$$S_j = \frac{100}{MF_{Mj}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{Mij} - MF_{Mj})^2}{(n-1)}}, \quad (10)$$

Проверяют выполнение условий (11) и (12) для основной измерительной линии, на которой установлен массомер и для линии байпас, соответственно.

$$S \leq 0,05 \% \quad (11)$$

$$S \leq 0,08 \% \quad (12)$$

В случае невыполнения условий (11) и (12) в какой-либо точке расхода дальнейшую обработку результатов измерений прекращают, выясняют причины, вызвавшие невыполнение данных условий. После устранения причин поверку системы повторяют.

Вычисляют неисключенную составляющую систематической погрешности массомера, %, по формуле:

$$\Theta_{\text{диан}}^{MF} = \left| \frac{MF_{Mj} - MF_M}{MF_M} \right|_{\text{макс}} \cdot 100, \quad (13)$$

Вычисляют систематическую составляющую погрешности массомера, %, по формуле:

$$\Theta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ТПУ}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \Theta_t^2 + \delta_K^2 + \Theta_{\text{диан}}^{MF 2}}, \quad (14)$$

- где $\delta_{\text{ТПУ}}$ – пределы относительной погрешности ТПУ при измерении объема жидкости (определяют в соответствии с паспортом ТПУ), %;
- $\delta_{\text{ПП}}$ – пределы относительной погрешности измерений плотности измеряемой среды, % (при использовании ПП определяется по формуле (15), при использовании МИ допускается принимать равным $\pm 0,05$ %);
- Θ_t – дополнительная составляющая систематической погрешности, обусловленная погрешностью измерений температуры измеряемой среды, % (определяют в соответствии с формулой (16));
- δ_K – пределы допускаемой относительной погрешности контроллера при вычислении М-фактора массомера, %;
- $\Theta_{\text{диан}}^{MF}$ – составляющая систематической погрешности массомера, вызванная усреднением (аппроксимацией) М-фактора (MF_M), %.

Относительную погрешность ПП, %, определяют по формуле:

$$\delta_{\text{ПП}} = \frac{\Delta_{\text{ПП}}}{\left(\frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k \rho_{\text{ПП}ij} \right)} \cdot 100, \quad (15)$$

- где $\Delta_{\text{ПП}}$ – пределы допускаемой основной относительной погрешности ПП, кг/м³ (определяют в соответствии с паспортом и описанием типа ПП);
- k – общее количество измерений, проведенных в процессе поверки.

Вычисляют значение дополнительной составляющей систематической погрешности, Θ_t , %, определяют по формуле:

$$\Theta_t = \beta_{\text{ж макс}} \cdot \Delta t_{\text{ТПУ}} \cdot 100, \quad (16)$$

- где $\beta_{\text{ж макс}}$ – максимальное значение коэффициента объемного расширения измеряемой среды за время проведения поверки, 1/°С (определяют в соответствии с приложением В и (или) руководством по эксплуатации на систему);
- $\Delta t_{\text{ТПУ}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности датчика температуры, используемого в процессе поверки для измерений температуры жидкого аммиака в ТПУ, °С.

Вычисляют относительную погрешность массомера, δ_M , %, по формуле:

$$\left. \begin{aligned} \delta_M &= K \cdot S_\Sigma \\ K &= \frac{\varepsilon + \Theta_\Sigma}{S_{\bar{j}} + S_\Theta} \\ S_\Theta &= \frac{\Theta_\Sigma}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \\ S_\Sigma &= \sqrt{S_\Theta^2 + S_{\bar{j}}^2} \\ \varepsilon &= t_{0,95} \cdot S_{\bar{j}} \\ S_{\bar{j}} &= \frac{S_{j_{\max}}}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

где ε – случайная составляющая погрешности массомера;
 $t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$
 (в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011).

Система считается прошедшей поверку, если пределы относительной погрешности массомера, определенные по формуле (17) при измерении массы и массового расхода жидкого аммиака, не превышают $\pm 0,15$ % для основных измерительных линий, на которых установлен массомер и $\pm 0,25$ % для линии байпас.

При положительных результатах поверки производят установку в массомер коэффициента М-фактора, MF_{CPM} , определенного по формуле:

$$MF_{CPM} = MF_{уст} \cdot MF_M \quad (18)$$

где $MF_{уст}$ – значение коэффициента М-фактора, установленного в массомера при предыдущей поверке, %.

6.4.4 Определение относительной погрешности системы при реализации ГХ в виде постоянного значения К-фактора в контроллерах.

При каждом измерении регистрируют:

- количество импульсов, генерируемых массомером, имп;
- значение массы измеряемой среды по показаниям системы, т;
- массовый расход измеряемой среды, прошедший через ТПУ;
- плотность измеряемой среды, по показаниям ПП или определенная по МИ;
- значения температуры и давления измеряемой среды.

Определение относительной погрешности системы при реализации ГХ в виде постоянного значения К-фактора в контроллерах проводят по формулам (4) – (17).

Система считается прошедшей поверку, если пределы допускаемой относительной погрешности массомера, определенные по формуле (17) при измерении массы и массового расхода жидкого аммиака, не превышают $\pm 0,15$ % для основной измерительной линий, на которой установлен массомер и $\pm 0,25$ % для линии байпас.

При положительных результатах поверки производят установку в контроллеры коэффициента К-фактора, $KF_{дист}$, определенного по формуле (19).

Среднее арифметическое значение К-фактора во всем диапазоне расхода определяют по формуле:

$$KF_{\text{диап}} = \frac{\sum_{j=1}^m KF_j}{m}, \quad (19)$$

где KF_j – среднее значение К-фактора в j-ой точке диапазона (определяют по формуле (20)).

Среднее арифметическое значение К-фактора для j-ой точки расхода по формуле:

$$KF_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n KF_{ij}, \quad (20)$$

где KF_{ij} – значение К-фактора при i-ом измерении в j-ой точке расхода (определяют по формуле (21)).

Для каждого измерения вычисляют значение К-фактора по формуле:

$$KF_{ij} = \frac{N_{ij}^{CPM}}{M_{ij}^{ТПУ}}, \quad (21)$$

где N^{CPM} – количество импульсов от массомера, имп;
 $M^{ТПУ}$ – масса измеряемой среды, прошедшей через ТПУ, т.

6.4.5 Определение относительной погрешности системы при реализации ГХ в виде кусочно-линейной аппроксимации К-фактора в контроллерах.

При каждом измерении регистрируют:

- количество импульсов, генерируемых массомером, имп;
- значение массы измеряемой среды по показаниям системы, т;
- массовый расход измеряемой среды, прошедший через ТПУ;
- плотность измеряемой среды, по показаниям ПП или определенная по МИ;
- значения температуры и давления измеряемой среды.

Для каждого измерения вычисляют значение М-фактора массомера по формуле:

$$MF_{aij} = \frac{M_{ij}^{ТПУ}}{M_{Kij}}, \quad (22)$$

Вычисляют среднее арифметическое значение М-фактора массомера в каждой j-ой точке расхода по формуле:

$$MF_{aj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MF_{aij}, \quad (23)$$

Для каждой точки расхода проводят исключение измерений, не удовлетворяющих критерию Граббса. Определяют среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений в j-ой точке диапазона измерений расхода, S_{0aj} , по формуле:

$$S_{0aj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{aij} - MF_{aj})^2}{n-1}}, \quad (24)$$

Вычисляют критерий Граббса G_1 и G_2 по формулам:

$$G_1 = \left| \frac{MF_{aj\max} - MF_{aj}}{S_{0j}} \right|, \quad (25)$$

$$G_2 = \left| \frac{MF_{aj} - MF_{aj\min}}{S_{0j}} \right|, \quad (26)$$

Производят сравнение определенных G_1 и G_2 со значением коэффициента G_T , определенным в соответствии с Приложением Б. Если $G_1 > G_T$, то $MF_{aj\max}$ исключают как маловероятное значение. Если $G_2 > G_T$, то $MF_{aj\min}$ исключают как маловероятное значение.

Далее вновь проводят вычисление MF_{aj} , S_{0j} и процедуру проверки измерений, не удовлетворяющих критерию Граббса.

Количество измерений в каждой точке расхода, не удовлетворяющих критериям Граббса, должно быть не более 2.

Вычисляют среднее квадратическое отклонение результатов измерений, %, по формуле:

$$S_j = \frac{100}{MF_{aj}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (MF_{aj} - MF_{aj})^2}{(n-1)}}, \quad (27)$$

Проверяют выполнение условий (28) и (29) для основной измерительной линии, на которой установлен массомер и для линии байпас, соответственно.

$$S \leq 0,05 \% \quad (28)$$

$$S \leq 0,08 \% \quad (29)$$

В случае невыполнения условий (28) и (29) в какой-либо точке расхода дальнейшую обработку результатов измерений прекращают, выясняют причины, вызвавшие невыполнение данных условий. После устранения причин поверку системы повторяют.

Вычисляют систематическую составляющую погрешности массомера, %, по формуле:

$$\Theta_{\Sigma K} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\text{ПГУ}}^2 + \delta_{\text{ПП}}^2 + \Theta_t^2 + \delta_K^2 + \Theta_k^{MF 2}}, \quad (30)$$

где Θ_k^{MF} – составляющая систематической погрешности, обусловленная аппроксимацией ГХ расходомера в k -м поддиапазоне расхода, % (определяют по формуле (31)).

Составляющую систематической погрешности, обусловленную аппроксимацией ГХ расходомера в k -м поддиапазоне расхода, определяют по формуле:

$$\Theta_k^{MF} = \frac{1}{2} \cdot \left| \frac{MF_{aj} - MF_{aj+1}}{MF_{aj} + MF_{aj+1}} \right|_{(k)} \cdot 100, \quad (31)$$

Вычисляют относительную погрешность массомера, δ_a , %, по формуле:

$$\left. \begin{aligned} \delta_a &= K \cdot S_\Sigma \\ K &= \frac{\varepsilon + \Theta_\Sigma}{S_{\bar{j}} + S_\Theta} \\ S_\Theta &= \frac{\Theta_\Sigma}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \\ S_\Sigma &= \sqrt{S_\Theta^2 + S_{\bar{j}}^2} \\ \varepsilon &= t_{0,95} \cdot S_{\bar{j}} \\ S_{\bar{j}} &= \frac{S_{j\text{макс}}}{\sqrt{n}} \end{aligned} \right\}, \quad (32)$$

Система считается прошедшей поверку, если пределы допускаемой относительной погрешности массомеров, определенные по формуле (32) при измерении массы и массового расхода жидкого аммиака, не превышают $\pm 0,15$ % для основной измерительной линии, на которой установлен массомер и $\pm 0,25$ % для линии байпас.

При положительных результатах поверки производят установку в контроллеры коэффициентов К-фактора, KF_{aj} , определенных по формуле (33) для соответствующих значений массового расхода.

Среднее арифметическое значение К-фактора для j-й точки массового расхода по формуле:

$$KF_{aj} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n KF_{a ij}, \quad (33)$$

где KF_a – значение К-фактора вычисленное для каждого i-го измерения j-ой точки расхода (определяют по формуле (34)).

Для каждого измерения вычисляют значение К-фактора, KF_a , по формуле:

$$KF_{a ij} = \frac{N_{ij}^{CPM}}{M_{ij}^{ТПУ}}, \quad (34)$$

где N^{CPM} – количество импульсов от массомера, имп;
 $M^{ТПУ}$ – масса измеряемой среды, прошедшей через ТПУ, т.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки. Рекомендуемая форма записи результатов поверки системы приведена в приложении А. Протокол поверки системы прилагается к свидетельству о поверке как обязательное приложение.

7.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке системы в соответствии с приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 г. № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке». Наносят знак поверки на свидетельство о поверке системы, а также давлением на свинцовые (пластмассовые) пломбы, установленные в соответствии с рисунком 1 описания типа на систему.

7.3 На обратной стороне свидетельства о поверке системы указывают:

1) Диапазон измерений массового расхода и массы, в котором поверена система;

2) Для каждого массомера указывают:

– значение коэффициента метр-фактора, MF; установленного в массомере;

– значение калибровочного коэффициента «Flow Cal» (соответствует значению, установленному при выпуске из производства).

3) В зависимости от вида реализации градуировочной характеристики (в контроллерах в виде постоянного значения K-фактора или в контроллерах в виде кусочно-линейной аппроксимации с точками разбиения диапазона измерений на поддиапазоны) указывают:

– значение постоянного K-фактора установленного в контроллерах имп./т;

– значение K-фактора в точках разбиения диапазона измерений на поддиапазоны согласно нижеследующей таблице:

Номер точки разбиения диапазона	Значение расхода или частоты (Q_j , т/ч или f_j , Гц)	Значение K-фактора в точках разбиения (KF_j , имп./т)
1	$Q_1(f_1) =$	KF_1
...
m	$Q_m(f_m) =$	KF_m

4) Пределы допускаемой относительной погрешности системы при измерении массового расхода и массы жидкости для основных измерительных линий $\pm 0,15\%$, для измерительной линии байпас $\pm 0,25\%$;

7.4 При отрицательных результатах поверки систему к эксплуатации не допускают, свидетельство о поверке аннулируют и выдают «Извещение о непригодности к применению» с указанием причин в соответствии с приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 г. №1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Приложение А
(рекомендуемое)

**Форма протокола поверки системы измерений количества жидкого аммиака
на объекте насосная станция № 8**

ПРОТОКОЛ № _____

поверки системы измерений количества жидкого аммиака
на объекте насосная станция № 8

Место проведения поверки: _____
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений: _____
Наименование методики поверки: _____
Средства поверки: _____

Результаты поверки:

1. Внешний осмотр: _____.
2. Опробование: _____.
3. Проверка программного обеспечения: _____.
4. Определение метрологических характеристик: _____.

Таблица 1 – Исходные данные

$V_0^{ППУ}, м^3$	$\delta_{ППУ}, \%$	D, мм	s, мм	E, МПа	$\Delta t_{ППУ}, ^\circ C$	$\alpha^{инп}_i$	$\alpha^{ст}$	$\delta_{ПП}, \%$	$\Delta t_{ПП}, ^\circ C$	$\delta_K, \%$	$KF_j^*, \text{имп./т}$

Таблица 2 – Результаты измерений и вычислений

№ изм	Q, т/ч	N, имп	$t^{ППУ}, ^\circ C$	$\rho^{ПП}, \text{кг/м}^3$	$t^{ПП}, ^\circ C$	$t^{ст}, ^\circ C$	$V_{пр}^{ППУ}, м^3$	$\rho_{пр}^{ПП}, \text{кг/м}^3$	$M^{ППУ}, \text{т}$	$M^{СРМ}, \text{т}$
1										
...										
n										

Таблица 3 – Реализация поверки

MF	MF_j	S_j	S(MF), %	$MF_{\text{диап}}$	$\epsilon, \%$	$S_\Sigma, \%$	$\delta, \%$

Заключение:

Подпись поверителя _____ / _____ Дата «___» _____ 20___ г.
подпись И. О. Фамилия

Примечание:

В зависимости от вида реализации градуировочной характеристики (в контроллерах в виде постоянного значения K-фактора или в контроллерах в виде кусочно-линейной аппроксимации с точками разбиения диапазона измерений на поддиапазоны) указывают:

А) значение постоянного K-фактора установленного в контроллерах _____ имп./т;

Б) значения K-фактора установленного в контроллерах в точках разбиения диапазона измерений на поддиапазоны согласно нижеследующей таблице:

Номер точки разбиения диапазона	Значение расхода или частоты ($Q_j, \text{т/ч}$ или $f_j, \text{Гц}$)	Значение K-фактора в точках разбиения ($KF_j, \text{имп./т}$)
1	$Q_1(f_1) =$	KF_1
...
m	$Q_m(f_m) =$	KF_m

Приложение Б

(справочное)

Критические значения G_T для критерия Граббса

n	Одно наибольшее или одно наименьшее значение при уровне значимости α	
	Свыше 1 %	Свыше 5 %
3	1,155	1,155
4	1,496	1,481
5	1,764	1,715
6	1,973	1,887
7	2,139	2,020
8	2,274	2,126
9	2,387	2,215
10	2,482	2,290
11	2,564	2,355
12	2,636	2,412
13	2,699	2,462
14	2,755	2,507
15	2,806	2,549
16	2,852	2,585
17	2,894	2,620
18	2,932	2,651
19	2,968	2,681
20	3,001	2,709
21	3,031	2,733
22	3,060	2,758
23	3,087	2,781
24	3,112	2,802
25	3,135	2,822
26	3,157	2,841
27	3,178	2,859
28	3,199	2,876
29	3,218	2,893
30	3,236	2,908
31	3,253	2,924
32	3,270	2,938
33	3,286	2,952
34	3,301	2,965
36	3,330	2,991
38	3,356	3,014
40	3,381	3,036

Приложение В
(справочное)

Коэффициент объемного термического расширения жидкого аммиака

Температура, °С	Избыточное давление, кгс/см ²	Избыточное давление, МПа	Коэффициент объемного термического расширения, 1/°С
0	14,967	1,468	0,0013591
	19,967	1,958	0,0013537
	24,967	2,448	0,0013484
	29,967	2,939	0,0013431
	34,967	3,429	0,0013379
	39,967	3,919	0,0013327
	44,967	4,410	0,0013276
	49,967	4,900	0,0013226
	54,967	5,390	0,0013176
5	14,967	1,468	0,0014172
	19,967	1,958	0,0014112
	24,967	2,448	0,0014052
	29,967	2,939	0,0013993
	34,967	3,429	0,0013935
	39,967	3,919	0,0013878
	44,967	4,410	0,0013821
	49,967	4,900	0,0013765
	54,967	5,390	0,0013709
10	14,967	1,468	0,0014802
	19,967	1,958	0,0014735
	24,967	2,448	0,0014668
	29,967	2,939	0,0014603
	34,967	3,429	0,0014537
	39,967	3,919	0,0014473
	44,967	4,410	0,0014410
	49,967	4,900	0,0014347
	54,967	5,390	0,0014285
15	14,967	1,468	0,0015490
	19,967	1,958	0,0015414
	24,967	2,448	0,0015339
	29,967	2,939	0,0015260
	34,967	3,429	0,0015191
	39,967	3,919	0,0015119
	44,967	4,410	0,0015048
	49,967	4,900	0,0014978
	54,967	5,390	0,0014908
20	14,967	1,468	0,0016242
	19,967	1,958	0,0016156
	24,967	2,448	0,0016071
	29,967	2,939	0,0015987
	34,967	3,429	0,0015905
	39,967	3,919	0,0015823
	44,967	4,410	0,0015743
	49,967	4,900	0,0015664
	54,967	5,390	0,0015585