

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»
(ФГБУ «ВНИИМС»)

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Колонин

М.П.

« 15 » 03 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные передвижные

Методика поверки

МП 208-011-2024

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки	4
3 Требования к условиям проведения поверки	4
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Внешний осмотр средства измерений	6
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
8 Проверка программного обеспечения средства измерений	7
9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	8
10 Оформление результатов поверки	14

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика поверки распространяется на Установки поверочные передвижные (далее – УП), изготавливаемые ООО «Элметро Групп», г. Челябинск, используемых в качестве рабочих средств измерений или в качестве рабочих эталонов в соответствии с государственными поверочными схемами и устанавливает объём и методы их первичных и периодических поверок.

1.2. Прослеживаемость УП при проведении поверки обеспечивается:

– к Государственному первичному эталону единицы объёма жидкости ГЭТ 216-2018 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, утверждённой приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356;

– к Государственному первичному эталону единицы длины – метра ГЭТ 2-2021 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений уровня жидкости и сыпучих материалов, утверждённой приказом Росстандарта от 30 декабря 2019 г. № 3459;

– для единиц величин, у которых не проводится экспериментальное определение метрологических характеристик при поверке установки, прослеживаемость подтверждается сведениями о положительных результатах поверки средств измерений этих величин из состава установки, содержащихся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФОЕИ).

1.3. По письменному заявлению владельца допускается проведение поверки для меньшего числа независимых каналов измерения. Такими каналами являются каналы измерений объёма и массы с разными номинальными диаметрами DN.

При оформлении результатов поверки должна быть указана информация об объёме проведенной поверки.

1.4. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений массового (объёмного) расхода, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$): - для измерительного канала 1 - для измерительного канала 2 - для измерительного канала 3	от 0,3 (0,3)* до 3 (3)* от 3 (3)* до 40 (40)* от 8,5 (8,5)* до 100 (100)*
Минимальная масса при выдаче дозы жидкости, кг	5**
Доверительные границы суммарной относительной погрешности при измерении (воспроизведении) массы жидкости, %	$\pm 0,1$
Минимальный объём при выдаче дозы жидкости, м^3	0,005**
Доверительные границы суммарной относительной погрешности при измерении (воспроизведении) объёма жидкости, %	$\pm 0,07$; $\pm 0,12$ ***
Диапазон измерений температуры жидкости, $^{\circ}\text{C}$	от 5 до 40
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры жидкости, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,1$
Минимальное значение задаваемой дозы, м^3	0,005*
Диапазон измерений уровня жидкости, м	от 0 до 12***
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня, мм	$\pm 1,0$

Примечания:

* – Верхний предел измерений (ВПИ) объёмного расхода указан для жидкости с условной плотностью 1000 кг/м^3 . Для других жидкостей расход зависит от их плотности.

** – Значения верхнего предела по массе и объёму не ограничены.

*** – Фактическое значение указывается в эксплуатационной документации на установку.

2. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр средства измерений	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7	да	да
3. Проверка герметичности	7.6	да	да
4. Проверка программного обеспечения средства измерений	8	да	да
5. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	9	да	да
6. Оформление результатов поверки	10	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 10°C до 30°C ;
- температура поверочной жидкости во вспомогательной ёмкости (цистерне) от 5°C до 30°C ;

- давление в гидравлической системе не менее $0,1 \text{ МПа}$;
- атмосферное давление от 86 до $106,7 \text{ кПа}$ (от 630 до 795 мм рт. ст.);
- относительная влажность окружающего воздуха от 20 до 80% ;
- электрическое питание УП и рабочих эталонов производить от сети переменного тока:

а) напряжение $(220 \pm 22) \text{ В}$;

б) частота $(50 \pm 1) \text{ Гц}$;

- поверка должна проводиться в крытом хорошо вентилируемом помещении (типа ангар). Наличие вблизи эталонного мерника и поверяемой УП нагревательных приборов или отопительных систем, потоков воздуха, способствующих одностороннему и неравномерному их нагреву (охлаждению), недопустимо;

- попадание прямых солнечных лучей должно быть исключено.

3.2. Перед проведением поверки УП автотопливозаправщик (далее – АТЗ) или вспомогательную ёмкость (цистерна) с поверочной жидкостью выдерживают при одинаковой температуре, указанной в п. 3.1, в течение не менее 8 часов. При этом разница температуры УП в месте установки основных СИ и температуры поверочной жидкости в цистерне к началу поверки должна быть не более 2 °С.

3.3. При проведении поверки температура окружающей среды и рабочей жидкости в УП, цистерне не должны изменяться более чем на 2 °С.

3.4. При проведении поверки температура поверочной жидкости за время одного измерения (выдачи одной дозы жидкости) не должна изменяться более чем на 0,3 °С.

3.5. В качестве поверочной жидкости должно быть использовано дизельное топливо. Допускается проводить поверку на жидкостях-заменителях, имеющие следующие свойства:

- плотность от 700 до 1010 кг/м³;
- кинематическая вязкость от 2 до 6 сСт;

В отдельных обоснованных случаях также допускается применение воды питьевой по СанПиН 1.2.3685-21 в качестве поверочной жидкости при строгом выполнении указаний, приведённых в соответствующем разделе РЭ.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений (далее – СИ) и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к эталонам, средствам поверки и оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °С до 30 °С, ПГ ±0,5 °С; средство измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 20 до 80 %, ПГ ±3 %; средство измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106,7 кПа, ПГ ±0,5 кПа	Термогигрометр ИВА-6, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 46434-11
9.1	Рабочие эталоны 1-го разряда в соответствии с ГПС для СИ массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, согласно приказу Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356, ПГ ±0,02 %, вместимость от 20 до 1000 дм ³	Мерник металлический 1-го разряда М1Р, рег. № 79857-20, с двумя термокарманами для размещения термометров
7.6, 9.2, 9.3	Рабочий эталон единицы плотности согласно приказу Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603, диапазон измерений соответствующий плотности используемой при поверке жидкости	Измеритель плотности жидкости вибрационный ВИП-2МР, рег. №27163-09
9.3.1	Средство измерений температуры жидкости, диапазон измерений от 5 °С до 30 °С, ПГ ±0,1 °С	Термометр лабораторный электронный ЛТ-300, рег. № 61806-15
7.6	Средство измерений плотности жидкости, диапазон измерений от 630 до 1010 кг/м ³ , ПГ ±0,5 кг/м ³ ; средство измерений температуры жидкости, диапазон измерений от 0 °С до +50 °С, ПГ ±0,2 °С	Плотномер ПЛОТ-3Б-1П-А (с каналом измерения температуры), рег. № 20270-12

9.1	Средство измерений интервалов времени в диапазоне 30 мин, ПГ ± 2 с	Секундомер механический СО, рег. № 83109-21
7, 9.1 – 9.3	Вспомогательная ёмкость	Вместимость не менее объёма мерника
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1. При выполнении операций поверки должны быть соблюдены требования техники безопасности, регламентированные ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.038, ГОСТ 12.3.019, действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также другими действующими инструкциями по технике безопасности на месте проведения поверки.

5.2. К поверке УП допускают лиц, изучивших эксплуатационную документацию УП, эталонов, СИ и вспомогательного оборудования, применяемых при поверке, а также правила выполнения работ в соответствии с технической документацией, прошедших обучение и инструктаж по технике безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90, правила техники безопасности, установленные для объекта, на котором проводится поверка.

5.3. К поверке допускаются лица, имеющие классификационную группу по технике безопасности не ниже II, изучившие эксплуатационную документацию на УП и настоящий документ.

5.4. Поверители, привлекаемые к выполнению измерений, используют спецодежду и обувь по ГОСТ 12.4.280, ГОСТ 12.4.010, ГОСТ 12.4.137.

5.5. Средства поверки (эталон, СИ, вспомогательные приборы и устройства) должны быть взрывозащищённого исполнения и предназначены для эксплуатации на открытом воздухе. Отдельные приборы и эталоны, не имеющие взрывозащищённого исполнения, переносят на безопасное расстояние от места поверки не менее, чем на 12 м.

5.6. Работа во время дождя и грозы категорически запрещена.

5.7. Все блоки УП, эталоны, СИ и вспомогательные устройства заземляют в соответствии с руководством по эксплуатации.

5.8. При сливе/наливе поверочной жидкости в тару (мерник) поверитель должен находиться с наветренной стороны.

5.9. Перед началом поверки проверяют исправность:

- заземления всех блоков УП, вспомогательного АТЗ или цистерны, эталонов;
- лестниц или подножек, площадок обслуживания.

5.10. При проведении поверки контролируют отсутствие течи в гидравлической системе УП и АТЗ. При обнаружении протекания поверочной жидкости поверку немедленно прекращают и устраняют причины течи.

6. Внешний осмотр средства измерений

6.1. При проведении внешнего осмотра проверяют:

- наличие формуляра (паспорта) с комплектностью УП;
- маркировку и соответствие надписей на табличках, комплектности данным эксплуатационной документации, наличие заводских номеров;
- отсутствие механических повреждений блоков УП, влияющих на работоспособность УП.

6.2. Результаты внешнего осмотра считают положительными, если маркировка и комплектность соответствуют описанию типа, отсутствуют механические повреждения.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1. Проконтролировать условия проведения поверки на соответствие разделу 3.

7.2. Подготовить к работе средства измерений, эталоны и вспомогательное оборудование, применяемые при поверке, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

7.3. Подготовить к работе УП в соответствии с указаниями, изложенными в РЭ. Проверить, что все самостоятельные СИ, входящие в состав УП поверены и срок поверки не истёк (действовал до даты следующей поверки УП). Массовые счетчики-расходомеры Элметро-Фломак, в количестве 3-х шт., входят в каналы измерения объёма (массы) и плотности УП и не подлежат демонтажу и поверке как отдельные СИ.

7.4. В зоне проведения работ проверить отсутствие посторонних предметов и материалов. Убедиться, что все требования раздела 5 по безопасности настоящей методики выполнены.

7.5. Провести опробование установки в соответствии с указаниями, изложенными в РЭ. Опробование УП заключается в проверке возможности регулирования расходов жидкости в каждой измерительной линии, проверке установившегося гидродинамического равновесия в жидкости, стабильности показаний СИ в каналах измерения установки.

7.6. Результаты опробования считают положительными, если выполнены критерии, в том числе:

- расход через измерительные линии регулировался в заданных пределах;
- показания каналов измерения плотности стабилизировались;
- разность показаний каналов измерения плотности УП между собой и контрольным плотномером не превышает $0,6 \text{ кг/м}^3$;
- разность показаний каналов измерения температуры УП и эталонного плотномера не превышает $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- датчики давления, температуры, уровнемер поверены и имеют действующие положительные сведения в ФИФОЕИ.

7.7. Проверка герметичности

Проверку герметичности осуществляют одновременно при проведении опробования по п. 7.5 в соответствии с указаниями РЭ.

Результаты проверки на герметичность считают положительными, если в процессе проверки в местах соединений и корпусе УП не наблюдается отпотевания, каплепадения или течи поверочной жидкости.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

8.1. Запустить ПО УП, вывести на дисплей блока управления БУ информацию о ПО и проверить соответствие информации на дисплее данным, приведённым в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	ПО МК ГСМ
Номер версии ПО	1.Y.Z
Примечание – Где Y и Z может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.	

Результат проверки считают положительным, если идентификационные данные ПО соответствуют таблице 4.

9. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

9.1. Определение доверительных границ суммарной погрешности при измерении (воспроизведении) объёма жидкости

9.1.1 Погрешность измерений объёма жидкости определяют для каждого измерительного канала при значениях расхода, приведённых в таблице 5.

Таблица 5 – Значения расходов при выполнении измерений

№ п/п	Измерительный канал	№ точка измерения	Значение расхода, м ³ /ч
1	Измерительный канал 1 (DN15)	1	от 2,0 до 3,0
		2	от 1,2 до 2,0
		3	от 0,3 до 1,2
2	Измерительный канал 2 (DN50)	1	от 15 до 40
		2	от 8 до 15
		3	от 3 до 8
3	Измерительный канал 3 (DN80)	1	от 20 до 100
		2	от 15 до 30
		3	от 8,5 до 15,0

9.1.2 Собирают гидравлическую схему соединений УП, эталонов и СИ для выбранного канала измерения в соответствии со схемой, приведённой в РЭ.

Проводят процедуру смачивания гидравлического тракта УП и мерника в соответствии с требованиями РЭ.

9.1.3 Процедура измерений отпускаемого объёма и массы дозы

Переводят УП в режим «Дозирование» и задают на БУ значение объёма отпускаемой дозы, равной номинальной вместимости мерника и значение расхода согласно указаниям РЭ. Наливают дозу в мерник.

При наливе дозы одновременно в УП проводят непрерывное измерение давления $P_{ж}$, плотности $\rho_{изм}$, расхода жидкости Q и температуры $t_{ж}$ поверочной жидкости.

ПО БУ определяет:

- измеренное значение объёма $V_{уп}$ и значение массы $M_{уп}$ отпущенной дозы;
- среднее значения температуры $t_{ж\text{ ср}}$, плотности $\rho_{изм\text{ ср}}$ и давления $P_{ср}$.

В течение 2 – 3 минут определяют значение принятой мерником дозы $V_{ми}$ в соответствии с РЭ на мерник. Температуру жидкости в мернике измеряют с помощью термометров, входящих в его комплект.

9.1.4 Фиксируют все полученные результаты измерений в БУ УП для обработки данных в ПО. Осуществляют слив жидкости с мерника с последующей выдержкой на слив капель в течение 1 мин.

Одновременно при сливе жидкости из мерника проводят отбор пробы жидкости для измерения ее плотности в соответствии с указаниями РЭ. С помощью эталонного плотномера дважды измеряют значение плотности жидкости в пробе $\rho_{э1}$ и $\rho_{э2}$ в соответствии с указаниями РЭ.

9.1.5 Повторяют измерения и регистрацию их результатов по п 9.1.3 и 9.1.4 ещё 5 раз (общее число измерений $n = 6$).

9.1.6 Приведение объёма жидкости в мернике к условиям работы УП

9.1.6.1 Определяют объём мерника $V_{м}$, м³, при температуре поверочной жидкости, отличной от 20 °С, по формуле

$$V_{mt} = V_{ми} \cdot (1 + 3 \cdot \alpha \cdot (t_{м_{ср}} - 20)), \quad (1)$$

где $V_{ми}$ – значение объёма жидкости в мернике измеренное по п 9.1.3, м³;
 α – температурный коэффициент линейного расширения материала, из которого изготовлен мерник (из паспорта на мерник), 1/°C;
 $t_{м_{ср}}$ – среднее значение температуры в мернике по показаниям t_1 и t_2 термометров мерника, °C, вычисляемое по формуле

$$t_{м_{ср}} = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (2)$$

9.1.6.2 Приведение объёма жидкости в мернике к условиям работы УП

Приведение объёма жидкости в мернике к условиям работы УП проводится по алгоритму, изложенному в РЭ и ГОСТ 8.599-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Плотность светлых нефтепродуктов. Таблицы пересчёта плотности к 15 °C и 20 °C и к условиям измерения объёма». В УП это происходит автоматически с помощью ПО БУ по зафиксированным в п. 9.1.4 результатам измерения параметров.

9.1.7 Расчёт относительной погрешности (доверительной границы суммарной погрешности) при измерении объёма жидкости

9.1.7.1 Вычисляют относительное отклонение объёма рабочей жидкости δV_i , %, измеренного в УП, от объёма жидкости в мернике, скорректированного по температуре и давлению, по формуле

$$\delta V_i = \frac{V_{yni} - V_{мPt}}{V_{мPt}} \cdot 100, \quad (3)$$

где i – индекс измерения;

V_{yni} – объём жидкости, измеренный УП, м³;

$V_{мPt}$ – объём жидкости в мернике, приведённый к условиям работы УП (по давлению и температуре), м³.

9.1.7.2 Вычисляют среднее значение относительного отклонения объёма рабочей жидкости по предыдущему пункту $\delta V_{ср}$, %, по формуле

$$\delta V_{ср} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta V_i}{n}, \quad (4)$$

9.1.7.3 Вычисляют СКО результатов измерений S_1 по формуле

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta V_i - \delta V_{ср})^2}{n - 1}}, \quad (5)$$

9.1.7.4 Вычисляют границу неисключенной систематической погрешности Θ_Σ , %, по формуле

$$\Theta_\Sigma = 1,1 \sqrt{\Theta_M^2 + \Theta_t^2 + \Theta_B^2 + (\delta V_{imax})^2}, \quad (6)$$

где Θ_m – граница неисключенной систематической погрешности определения объёма жидкости, %. Принимается равной пределу относительной погрешности мерника δ_m . ($\Theta_m = \delta_m$);
 Θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях разности температур жидкости в мернике и УП. Принимается равной 0,025 %;
 Θ_v – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью вычислителя БУ УП, %. Принимается равной 0,005 % – пределу допускаемой относительной погрешности δ_v вычислителя БУ УП;
 δV_{imax} – максимальное значение отклонения объёма при вычислениях по формуле (3), %.

9.1.7.5 СКО среднего значения результатов измерений S_0 , %, вычисляют по формуле

$$S_0 = \frac{S_1}{\sqrt{n}}, \quad (7)$$

9.1.7.6 Границу случайной погрешности поверяемого канала объёма УП при доверительной вероятности $P = 0,95$, ε , %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t_{0,95} \cdot S_0, \quad (8)$$

где $t_{0,95}$ – квантиль распределения Стьюдента (при количестве измерений $n = 6$, $t_{0,95} = 2,571$).

9.1.7.7 СКО суммы неисключенных систематических погрешностей S_Θ , %, вычисляют по формуле

$$S_\Theta = \sqrt{\frac{\Theta_m^2 + \Theta_t^2 + \Theta_v^2 + (\delta V_{imax})^2}{3}}, \quad (9)$$

9.1.7.8 Суммарное СКО результатов измерений $S_{\Sigma 1}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma 1} = \sqrt{S_\Theta^2 + S_0^2}, \quad (10)$$

9.1.7.9 Доверительную границу суммарной погрешности δ_V %, при измерении объёма жидкости определяют по формуле

$$\delta_V = t_{\Sigma 1} \cdot S_{\Sigma 1}, \quad (11)$$

где $t_{\Sigma 1}$ – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$t_{\Sigma 1} = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma 1}}{S_0 + S_\Theta}, \quad (12)$$

9.1.8 Повторить измерения и вычисления по п. 9.1.3 – 9.1.7 для остальных измерительных каналов.

9.1.9 Результат определения доверительных границ суммарной погрешности при измерении объёма жидкости считается положительным, если все рассчитанные значения δ_V для каждого канала измерений не превышают значений доверительных границ суммарной погрешности при измерении объёма, указанных в таблице 1. Если хотя бы одно значение превышает это значение, то результат поверки считается отрицательным.

Разряд присваивается в зависимости от значений погрешности каналов объёма (объёмного расхода).

9.2 Определение доверительной границы суммарной погрешности при измерении (воспроизведении) массы жидкости

9.2.1 Данную операцию проводят на основании результатов, полученных при выполнении операций по п. 9.1, во время которой согласно п. 9.1.3 – 9.1.6 измеряются, фиксируются и вычисляются необходимые параметры для расчёта массы жидкости, а именно:

– $V_{мi}$ – объём жидкости в мернике, приведённый к температуре жидкости $t_{м_ср}$ (п. 9.1.6.1);

– $\rho_{э1}$ и $\rho_{э2}$ – значения плотности жидкости в мернике, измеренные эталонным плотномером (п. 9.1.3);

– $M_{упi}$ – значение массы дозы жидкости, измеренное в измерительном канале УП (п. 9.1.3).

9.2.2 Уравнение измерения для расчёта действительного значения массы жидкости M_d , кг, косвенным методом имеет вид:

$$M_d = V_{мi} \cdot \rho_{мi}, \quad (13)$$

где $\rho_{мi}$ – значение плотности жидкости, кг/м³, в мернике при $t_{м_ср}$ (п. 9.1.6.1), полученное путём приведения к этой температуре среднего значения плотности жидкости $\rho_{э_ср}$, рассчитанного по результатам измерений $\rho_{э1}$ и $\rho_{э2}$ (п. 9.1.3), по формуле

$$\rho_{э_ср} = \frac{\rho_{э1} + \rho_{э2}}{2}, \quad (14)$$

Расчёт проводится автоматически с помощью ПО БУ УП.

Для каждой серии измерений по п. 9.1 рассчитывают действительное значение массы жидкости M_d .

9.2.3 Расчёт относительной погрешности (доверительной границы суммарной погрешности) при измерении массы жидкости

9.2.3.1 Вычисляют относительное отклонение массы жидкости δM_i , %, измеренной УП, от действительного значения M_d массы жидкости в мернике по формуле

$$\delta M_i = \frac{M_{упi} - M_d}{M_d} \cdot 100, \quad (15)$$

где i – индекс измерения;

$M_{упi}$ – масса жидкости, измеренная УП, кг;

M_d – масса жидкости, рассчитанная по формуле (13), кг.

9.2.3.2 Вычисляют среднее значение относительного отклонения массы рабочей жидкости по предыдущему пункту $\delta M_{ср}$, %, по формуле

$$\delta M_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta M_i}{n}, \quad (16)$$

9.2.3.3 Вычисляют СКО результатов измерений S_1 по формуле

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta M_i - \delta M_{\text{ср}})^2}{n-1}}, \quad (17)$$

9.2.3.4. Вычисляют границу неисключенной систематической погрешности Θ_{Σ} , %, по формуле

$$\Theta_{\Sigma} = 1,1 \sqrt{\Theta_{\text{м}}^2 + \Theta_{\rho}^2 + \Theta_t^2 + \Theta_{\text{в}}^2 + (\delta M_{\text{imax}})^2}, \quad (18)$$

где $\Theta_{\text{м}}$ – граница неисключенной систематической погрешности определения объема жидкости, %. Принимается равной пределу относительной погрешности мерника $\delta_{\text{м}}$. ($\Theta_{\text{м}} = \delta_{\text{м}}$);

Θ_t – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях разности температур жидкости в мернике и УП. Принимается равной 0,025 %;

$\Theta_{\text{в}}$ – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью вычислителя БУ УП, %. Принимается равной 0,005 % – пределу допускаемой относительной погрешности $\delta_{\text{в}}$ вычислителя БУ УП;

δM_{imax} – максимальное значение отклонения массы при вычислениях по формуле (15), %.

Θ_{ρ} – граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью измерения плотности жидкости эталонным плотномером. Принимается пределу погрешности плотномера. Предел относительной погрешности $\delta\rho$, %, рассчитывается по формуле

$$\delta\rho = \frac{\Delta\rho}{\rho_{\text{э,ср}}} \cdot 100, \quad (19)$$

где $\Delta\rho$ – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного плотномера, кг/м³.

9.2.3.5 СКО среднего значения результатов измерений S_0 , %, вычисляют по формуле

$$S_0 = \frac{S_1}{\sqrt{n}}, \quad (20)$$

9.2.3.6 Границу случайной погрешности поверяемого канала массы УП при доверительной вероятности $P = 0,95$, ε , %, вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t_{0,95} \cdot S_0, \quad (21)$$

где $t_{0,95}$ – квантиль распределения Стьюдента (при количестве измерений $n = 6$, $t_{0,95} = 2,571$).

9.2.3.7 СКО суммы неисключенных систематических погрешностей S_{Θ} , %, вычисляют по формуле

$$S_{\Theta} = \sqrt{\frac{\Theta_M^2 + \Theta_P^2 + \Theta_t^2 + \Theta_B^2 + (\delta M_{imax})^2}{3}}, \quad (22)$$

9.2.3.8 Суммарное СКО результатов измерений $S_{\Sigma 1}$, %, вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma 1} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_0^2}, \quad (23)$$

9.2.3.9 Доверительную границу суммарной погрешности δ_M , %, при измерении массы жидкости определяют по формуле

$$\delta_M = t_{\Sigma 1} \cdot S_{\Sigma 1}, \quad (24)$$

где $t_{\Sigma 1}$ – коэффициент, вычисляемый по формуле

$$t_{\Sigma 1} = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma 1}}{S_0 + S_{\Theta}}, \quad (25)$$

9.2.4 Повторить измерения и вычисления по п. 9.2.2 – 9.2.3 для остальных измерительных каналов.

9.2.5 Результат определения доверительных границ суммарной погрешности при измерении массы жидкости считается положительным, если все рассчитанные значения δ_M для каждого канала измерений не превышают значений доверительных границ суммарной погрешности при измерении массы, указанных в таблице 1. Если хотя бы одно значение превышает это значение, то результат поверки считается отрицательным.

Разряд присваивается в зависимости от значений погрешности каналов объемного (массового) расхода.

9.3 Определение абсолютной погрешности измерений плотности рабочей жидкости массовыми расходомерами

9.3.1 Данную операцию проводят на основании результатов, полученных при выполнении операций по п. 9.1 и п. 9.2, во время которых измеряются, фиксируются и вычисляются необходимые параметры для расчёта плотности жидкости, а именно:

- t_{M_cp} – среднее значение температуры в мернике (п. 9.1.6.1);
- ρ_{Σ_cp} – среднее значение плотности жидкости в мернике (п. 9.2.2);
- $\rho_{изм_cp}$ – среднее значение плотности жидкости, измеренное в УП (п. 9.1.3).

Значения плотности ρ_{Σ_cp} и $\rho_{изм_cp}$ приводят к одинаковой температуре жидкости, и получают, соответственно, приведённые значения плотности $\rho_{\Sigma_пр}$ и $\rho_{изм_пр}$. Приведение производится автоматически в ПО УП.

9.3.2 Абсолютную погрешность измерений плотности рабочей жидкости расходомерами $\Delta\rho$, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\Delta\rho = \rho_{изм_пр} - \rho_{\Sigma_пр}, \quad (26)$$

9.3.3 Повторить измерения и вычисления по п. 9.3.1 – 9.3.2 для остальных измерительных каналов в соответствии с таблицей 5.

9.3.4 Результат определения абсолютной погрешности плотности жидкости считается положительным, если все рассчитанные значения погрешности для каждого канала измерения не превышают значения $\pm 0,5 \text{ кг/м}^3$. Если хотя бы одно значение превышает это значение, то результат поверки считается отрицательным.

9.4 Определение погрешности при измерении уровня, температуры и давления жидкости

Метрологические характеристики установки определяют методом поэлементного определения метрологических характеристик средств измерений, входящих в состав установки, в соответствии с документами на методики поверки, приведёнными в таблице 6.

После монтажа в установку поверенных средств измерений проверить работоспособность данных каналов в соответствии с руководством по эксплуатации.

Таблица 6 – СИ, применяемые в составе установки, и документы на методики их поверки

Тип СИ	Рег. №	Документ на методику поверки СИ
1	2	4
Уровнемеры радарные ЭЛМЕТРО-РПУ	84697-22	АМПД.407624.168 МП «ГСИ ЭЛМЕТРО-РПУ. Методика поверки»
Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304	50519-17	МП 207.1-009-2017 «Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304. Методика поверки»
Термометры электронные «ЕхТ-01»	44307-10	ТКЛШ 2.822.001 МП «Термометры электронные «ЕхТ-01». Методика поверки»
Термометры цифровые малогабаритные ТЦМ 9410	68355-17	МП 207.1-019-2017 «Термометры цифровые малогабаритные ТЦМ 9410. Методика поверки»
Датчики давления АГАТ-100МТ	74779-19	МП-03-2018-20 «Датчики давления АГАТ-100МТ. Методика поверки»
Преобразователи давления измерительные СДВ-SMART	61936-15	МП 95-221-2013 «ГСИ. Преобразователи давления измерительные СДВ-SMART. Методика поверки»
Примечание – Перед проведением поверки по указанным документам целесообразно проверить статус их действия.		

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если соответствующие каналы работоспособны и имеются положительные сведения о результатах поверки СИ, входящих в состав установки.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

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

10.3. Положительные результаты поверки удостоверяются отметкой в формуляре (паспорте) и (или) дополнительно по заявлению владельца свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4. При проведении поверки в сокращённом объёме в сведениях о результатах поверки СИ в разделе «дополнительные сведения» указать «поверка в сокращённом объёме по каналу

объёмного (массового) расхода в поддиапазоне от ... до ...». Также в этом разделе указать пределы допускаемой погрешности измерений объёма и диапазон измерений уровня.

10.5. Знак поверки на СИ не наносится.

10.6. При отрицательных результатах поверки СИ к эксплуатации не допускают и дополнительно по заявлению владельца оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

Разработали:

Начальник отдела 208 ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

А.А. Сулин