

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ
И МЕТРОЛОГИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора
по производственной метрологии
ФГБУ «ВНИИМС»



А.Е. Коломин

М.П.

« 31 » 10 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Плотномеры радиоизотопные iDensity

Методика поверки

МП 208-101-2024

г. Москва
2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки	3
3 Требования к условиям проведения поверки	3
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	4
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	4
6 Внешний осмотр средства измерений	5
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	5
8 Проверка программного обеспечения средства измерений	5
9 Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	6
10 Оформление результатов поверки	9
Приложение А	10
Приложение Б	11

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика поверки применяется для поверки плотномеров радиоизотопных iDensity (далее – плотномеры), изготавливаемых ООО «КОНВЕЛС Автоматизация»), используемую в качестве рабочих средств измерений, и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2. При проведении поверки прослеживаемость поверяемых СИ к государственному первичному эталону единицы плотности ГЭТ 18-2014 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плотности, утверждённой приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603.

1.3. При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственных сличений, прямые и косвенные измерения.

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

Т а б л и ц а 1 – Метрологические требования

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений плотности рабочей среды, кг/м ³	от 500 до 3000
Диапазон показаний плотности рабочей среды, кг/м ³	от 500 до 5500
Пределы допускаемой приведенной (к диапазону измерений) погрешности измерений плотности, γ, %	± 0,5; ± 1; ± 3; ± 5

2. Перечень операций поверки

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

Т а б л и ц а 2 – Операции 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 программного обеспечения средства измерений	8	да	да
4. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	9	да	да
5. Оформление результатов поверки	10	да	да

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды от 5 °С до 40 °С.

3.2. Условия поверки не должны противоречить условиям эксплуатации средств поверки.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к СИ и вспомогательному оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -10 °С до +40 °С, ПГ ±0,5 °С, средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 %, ПГ ±3 %; средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, ПГ ±0,5 кПа	Термогигрометры ИВА-6А-Д, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 46434-11
9.1	Рабочие эталоны плотности в диапазоне измерений от 0,65 до 2 г/см ³ , ПГ ±0,0001 г/см ³ в соответствии с приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603	измерители плотности жидкостей вибрационные ВИП-2МР, рег. № 27163-09
9.3	Рабочие эталоны плотности – стандартные образцы плотности жидкости в диапазоне измерений от 650 до 1650 кг/м ³ в соответствии с приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 г. № 2603	СО плотности жидкости ПЛ-690-ЭК, рег. № ГСО 8614-2004; СО плотности жидкости ПЛ-870-ЭК, рег. № ГСО 8620-2004
9.2	Средства измерений массы, весы, максимальная нагрузка 6,1 кг, класс точности высокий (II) по ГОСТ Р 53228-2008	весы неавтоматического действия ЕК-6100i, рег. № 50690-12
9.2	Средства измерений объема, цилиндр вместимостью 1 дм ³ , класс точности 2	цилиндры мерные, рег. № 93496-24
9.2	Средства измерений длины, диапазон измерений от 0 до 1 м, ПГ ±1 мм	рулетки измерительные металлические Fisco, рег. № 67910-17
9.2	Средства измерений длины, диапазон измерений от 0 до 250 мм, ПГ ±0,05 мм	штангенциркули торговой марки «SHAN», рег. № 62052-15
9.2	Средства измерений длины, диапазон измерений от 0 до 25 мм, ПГ ±3 мкм	микрометры серии 293, рег. № 71241-18
9	ПЭВМ с установленной программой VISSMA measure	Windows 10
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа, поверенные и удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеет группу по технике электробезопасности не ниже второй;
- вся аппаратура, питающаяся от сети переменного тока, должна быть заземлена;
- все разъёмные соединения линий электропитания и линий связи должны быть исправны;
- соблюдать требования безопасности, указанные в технической документации на плотномер, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование;
- соблюдать требования СанПиН 2.6.1.3287-15, СП 2.6.1.2612-10.

6. Внешний осмотр средства измерений

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации;
- соответствие внешнего вида описанию типа;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих проведению поверки;
- наличие заводских номеров и маркировки.

7. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

- 7.1. Проконтролировать условия проведения поверки на соответствие разделу 3.
- 7.2. Подготовить СИ в соответствии с руководством по эксплуатации.
- 7.3. Опробование совместить с определением метрологических характеристик.

8. Проверка программного обеспечения средства измерений

Вывести на дисплей компьютера или блока электроники номер версии внутреннего программного обеспечения (далее – ПО) в соответствии с руководством по эксплуатации.

Номер версии внешнего ПО вывести на дисплей компьютера в соответствии с руководством по эксплуатации.

Для проверки контрольной суммы внешнего ПО запустить командную строку операционной системы Windows и ввести следующую команду:

```
C:\Users\<имя_пользователя>>certutil -hashfile C:\<путь_к_файлу_VeryImportantAlgoritim.dll> MD5
```

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют таблице 4.

Таблица 4.1 – Идентификационные данные встроенного ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Vm_backend
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x.x
Примечание – «х» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.	

Таблица 4.2 – Идентификационные данные внешнего ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	VISSMA measure (VeryImportantAlgoritim.dll)
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x.x
Цифровой идентификатор (контрольная сумма) метрологически значимой части ПО	82614c2ad6b574693857f20b50182da6
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора	MD5
Примечание – «х» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО	

9. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

Для определения погрешности плотномера сначала необходимо настроить его в соответствии с руководством по эксплуатации на используемое вещество. В качестве источника гамма-излучения допускается использовать менее мощный (не из состава плотномера). Поверка может проводиться любым из приведённых ниже методов.

9.1. Определение приведённой погрешности измерений плотности методом непосредственных сличений

Установить плотномер с источником гамма-излучения на трубу (Приложение А). Закрепить блок источника и блок детектора плотномера между собой с помощью специальных креплений, при этом должна быть обеспечена соосность между выходным окном излучения блока источника и входным окном излучения блока детектирования. Крепление должно исключать смещение выходного окна излучения блока источника и входного окна излучения блока детектора относительно друг друга. Уровень жидкости должен быть на (30 – 50) мм выше линии измерения. Измерить плотность жидкости эталоном плотности и поверяемым плотномером. Рассчитать приведённую погрешность измерений плотности γ , %, по формуле

$$\gamma = \frac{\rho_i - \rho_0}{\rho_d} \cdot 100, \quad (1)$$

где ρ_0 – плотность жидкости, измеренная эталоном плотности, кг/м³.
 ρ_i – плотность жидкости, измеренная плотномером, кг/м³.
 ρ_d – диапазон измерений плотности плотномера, кг/м³.

Изменить плотность другой жидкости (разбавить смешиваемой с ней жидкостью). Полученная жидкость по плотности должна отличаться от исходной не менее чем на 10 %. Повторить измерения для данной плотности жидкости и рассчитать приведённую погрешность измерений плотности по формуле (1).

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение приведённой погрешности измерений плотности, не превышает пределов указанных в таблице 1.

9.2. Определение приведённой погрешности измерений плотности косвенным методом

9.2.1 Определение приведённой погрешности измерений плотности проводят при помощи СИ объёма (цилиндр) и СИ массы (весы)

Установить плотномер с источником гамма-излучения на трубу (Приложение А). Закрепить блок источника и блок детектора плотномера между собой с помощью специальных креплений, при этом должна быть обеспечена соосность между выходным окном излучения блока источника и входным окном излучения блока детектирования. Крепление должно исключать смещение выходного окна излучения блока источника и входного окна излучения блока детектора относительно друг друга. Уровень жидкости должен быть на (30 – 50) мм выше линии измерения.

Подготовить раствор-1 из воды (5 дм³) и гуаровой камеди (пищевая добавка Е412) (75 г). Плотность воды, в том числе дистиллированной, при температуре в условиях п. 3.1 изменяется менее 0,3 %. Тщательно перемешать. Определить массу пустого цилиндра. Наполнить этим раствором цилиндр. Определить плотность раствора ρ_p , кг/м³, по формуле

$$\rho_p = \frac{m}{V}, \quad (2)$$

где m – масса, измеренная весами, кг.
 V – объём, измеренный цилиндром, м³.

Подготовить раствор-2 из воды (5 дм³), гуаровой камеди (75 г) и кварцевого песка фракции (0 – 2,5) мм ГОСТ 8736-2014 (1,5 кг). Тщательно перемешать. Определить плотность раствора по формуле (2). Настроить плотномер, используя раствор-1 и раствор-2 по методике, изложенной в руководстве по эксплуатации.

Подготовить раствор-3, смешав в растворе-2 примерно 2,5 дм³ раствора-1.

Измерить плотность приготовленных растворов поверяемым плотномером. Рассчитать приведённую погрешность измерений плотности γ , %, по формуле

$$\gamma = \frac{\rho_l - \rho_p}{\rho_d} \cdot 100, \quad (3)$$

где ρ_p – плотность жидкости, рассчитанная по формуле (2), кг/м³.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение приведённой погрешности измерений плотности, не превышает пределов указанных в таблице 1.

9.2.2 Определение приведённой погрешности измерений плотности при помощи стальных пластин

Метод основан на поглощении мощности гамма-излучения материалом более высокой плотности при эквивалентном пересчёте на плотность воды. Определение плотности проводить не менее чем для трёх точек диапазона измерений.

Для проведения поверки необходимо иметь набор из четырёх пластин из свинца, стали 32НКД или другой. Не допускается использовать в одном наборе пластин, изготовленных из разных материалов. Длина и ширина пластин должна быть около 200 мм или другая, согласно геометрическим параметрам стенда (Приложение Б). Толщина пластин 2, 4, 5, 8 мм или другая в диапазоне от 2 мм до 8 мм, подбирается в зависимости от материала и имитируемого диапазона плотности. Предельное отклонение перпендикулярности кромок не более 0,5 мм/м. Предельное отклонение от параллельности поверхностей пластины не более 0,1 мм/м. Шероховатость поверхностей пластины R_a не более 5 мкм.

Провести по 5 измерений геометрических размеров пластин для определения её средних толщины H , мм, (микрометром) и площади S , мм², (штангенциркулем). Вычислить объём пластины V_p , м³, по формуле

$$V_p = H \cdot S \cdot 10^{-9}, \quad (4)$$

где H – средняя толщина пластины, мм;
 S – средняя площадь пластины, мм².

Провести по 5 измерений массы пластин (весами).

Определить расчётную плотность каждой из пластин $\rho_{\text{рст}}$, кг/м³, по формуле

$$\rho_{\text{рст}} = \frac{m}{V_p}, \quad (5)$$

где m – средняя масса пластины, кг;
 V_p – объём пластины, м³.

Определить относительную погрешность вычисления расчётной плотности, $\delta\rho_p$, % по формуле

$$\delta\rho_p = \sqrt{\left(\frac{\Delta_M}{M} \cdot 100\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{шц}}}{L} \cdot 100\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{шц}}}{H} \cdot 100\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{\text{мк}}}{T} \cdot 100\right)^2}, \quad (6)$$

где M – среднее арифметическое из измеренных значений массы пластины, кг;
 Δ_M – пределы допускаемой абсолютной погрешности весов, кг;
 $\Delta_{\text{шц}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности штангенциркуля, мм;
 $\Delta_{\text{мк}}$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности микрометра, мм;
 L – среднее арифметическое из измеренных значений длины пластины, мм;
 H – среднее арифметическое из измеренных значений высоты пластины, мм;
 T – среднее арифметическое из измеренных значений толщины пластины, мм.

Полученное значение относительной погрешности вычислений расчётной плотности не должно превышать $\pm 0,3$ % для каждой пластины.

Установить плотномер с источником гамма-излучения (Приложение Б).

Блок источника и блок детектора располагают друг на против друга с помощью специальных креплений. Расстояние между блоком источника и блоком детектора смонтированными на стенде должно быть (400 ± 5) мм.

Пластина устанавливается между блоком детектора и блоком источника, центр пластины должен располагаться на воображаемой линии, соединяющей центр блока детектора и центр коллимационного отверстия блока источника. Блок источника, блок детектора, пластина должны быть установлены параллельно друг другу.

Выполнить следующие действия:

- пластину или комплект пластин разместить в испытательный стенд;
- открыть затвор блока источника;
- провести измерение плотности пластины плотномером 5 раз;
- закрыть затвор блока источника;
- рассчитать среднюю плотность по формуле

$$\rho_{\text{ср.п}} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{\text{пи}}}{n}, \quad (7)$$

где $\rho_{\text{п}}$ – значение плотности, измеренное плотномером, кг/м³;
 $\rho_{\text{ср.п}}$ – рассчитанное среднее значение плотности, измеренной плотномером, кг/м³;
 n – количество измерений.

– рассчитать погрешность измерений плотности по формуле

$$\gamma = \frac{\rho_{\text{ср.п}} - \rho_{\text{рст}}}{d} \cdot 100, \quad (8)$$

где $\rho_{\text{рст}}$ – рассчитанное среднее значение плотности образца, кг/м³ по формуле (5);
 $\rho_{\text{ср.п}}$ – рассчитанное среднее значение плотности по формуле (7), кг/м³;
 d – диапазон измерений плотности, кг/м³.

В случае если для поверки в измерительном зазоре используется одновременно две или более пластин, то $\rho_{\text{рст}}$ рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{рст}} = \sum_i^n \rho_{\text{рст}i}, \quad (9)$$

Повторить вышеперечисленные действия для остальных пластин или комплектов пластин из набора.

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение приведённой погрешности измерений плотности, не превышает пределов указанных в таблице 1.

9.3. Определение приведённой погрешности измерений плотности прямым методом
Проводится аналогично п. 9.1 при этом стандартный образец плотности жидкости поместить в трубу испытательного стенда.

Приведённую погрешность измерений плотности рассчитать по формуле (1).

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если значение приведённой погрешности измерений плотности, не превышает пределов указанных в таблице 1.

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. По заявлению владельца положительные результаты поверки дополнительно удостоверяются свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4. Знак поверки на СИ не наносится.

10.5. 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»

Ведущий инженер ФГБУ «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

А.А. Сулин

Приложение А

(справочное)

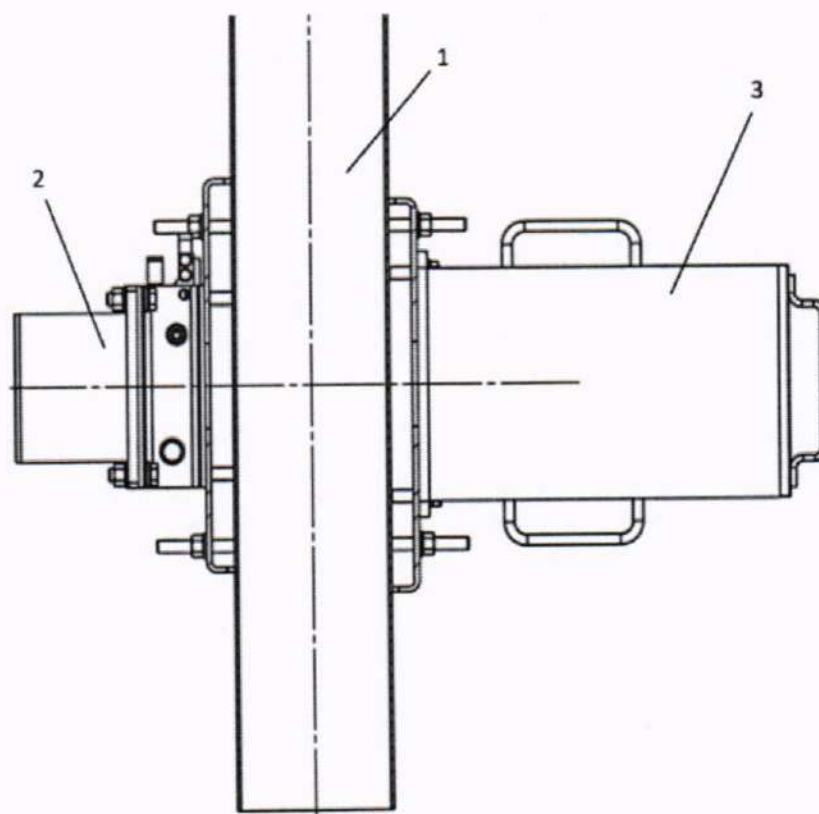


Рисунок А.1 – Схематичное изображение испытательного стенда: 1 - труба испытательного стенда; 2 - блок источника плотномера; 3 - блок детектора плотномера

Приложение Б

(справочное)

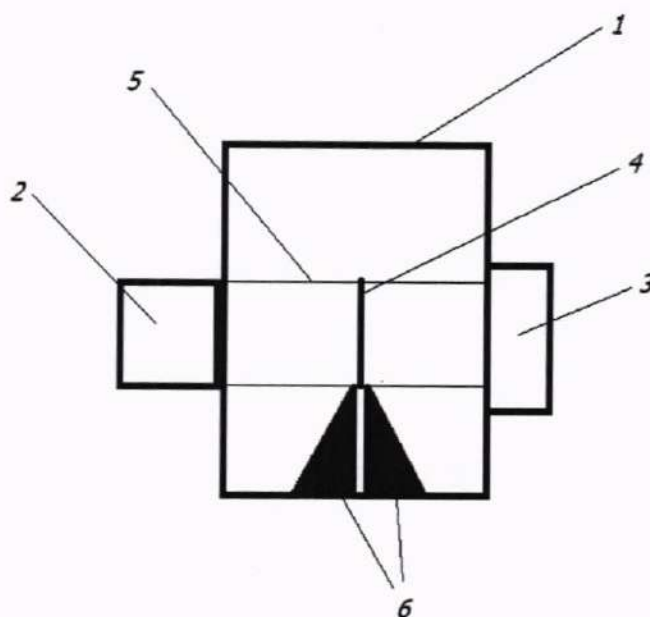


Рисунок Б.1 – Схематическое изображение испытательного стенда: 1 - монтажная рама испытательного стенда; 2 - блок источника плотномера; 3 - блок детектора плотномера; 4 - пластина-имитатор; 5 - крепление блока источника – блока детектора; 6 - крепление пластины-имитатора.