

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

Согласовано

Директор УНИИМ – филиала

ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



Е.П. Соби́на

10 2024 г.

**«ГСИ. Преобразователи радиоизотопные РП-24. Методика поверки»**

**МП 68-221-2024**

Екатеринбург  
2024

## ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАНА: Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)
- 2 ИСПОЛНИТЕЛЬ: М.В. Шипицына, ведущий инженер УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
- 3 СОГЛАСОВАНА: УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
в 2024 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения .....	4
2 Нормативные ссылки .....	4
3 Перечень операций поверки.....	5
4 Требования к условиям проведения поверки .....	5
5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	6
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	6
7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки .....	7
8 Внешний осмотр средства измерений.....	7
9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....	7
10 Проверка уровня мощности эквивалентной дозы гамма-излучения .....	7
11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	8
12 Оформление результатов поверки.....	9
Приложение А (обязательное) Схема проверки диапазона и определения приведенной погрешности измерений плотности жидкости с помощью СО плотности .....	10
Приложение Б (обязательное) Определение воспроизводимых значений плотности пластин-имитаторов плотности.....	11



Государственная система обеспечения единства измерений <b>Преобразователи радиоизотопные РП-24</b> Методика поверки	<b>МП 68-221-2024</b>
---	-----------------------

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи радиоизотопные РП-24 (далее – преобразователи) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Поверка преобразователей должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки преобразователей должна обеспечиваться прослеживаемость к ГЭТ 18-2014 «Государственному первичному эталону единицы плотности» согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений плотности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.11.2019 № 2603.

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методами прямых измерений (11.1.1, 11.2.1 настоящей методики) и методом косвенных измерений (11.1.2, 11.2.2 настоящей методики).

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки преобразователей, используемых в качестве средств измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плотности. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений плотности, кг/м <sup>3</sup>	от 600 до 1700
Пределы допускаемой систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma$ ), %: - с источником Cs-137 <sup>1)</sup> - с источником Na-22 или Eu-152 <sup>2)</sup>	$\pm 0,5$ $\pm 1,0$
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности, %	$0,5 \gamma $
<sup>1)</sup> Нормированы при постоянной времени 60 с и скорости счета гамма-квантов $N \geq 3250$ имп/с.	
<sup>2)</sup> Нормированы при постоянной времени 150 с и скорости счета гамма-квантов $N \geq 85$ имп/с.	

## 2 Нормативные ссылки

В настоящей методике использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке.

Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Приказ Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений плотности.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 1012-2013 Бензины авиационные. Технические условия.

ГОСТ 8.368-79 Плотномеры радиоизотопные жидких сред и пульп. Методы и средства поверки.



ГОСТ 1050-2013Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.

ГОСТ 21631-2023 Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия.

СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010).

СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

СанПиН 2.6.1.3287-15 Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с радиоизотопными приборами и их устройству.

### 3 Перечень операций поверки

3.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	Да	Да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Проверка уровня мощности эквивалентной дозы гамма-излучения	Да	Да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям <sup>1)</sup>	Да	Да	11
Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности измерений плотности	Да	Да	11.1
Проверка диапазона и определение систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности измерений плотности	Да	Да <sup>2)</sup>	11.2
<sup>1)</sup> Номер пункта из разделов 11.1 и 11.2 выбирается поверителем в зависимости от особенностей места установки и монтажа преобразователя.			
<sup>2)</sup> При проведении периодической поверки преобразователей, не имеющих встроенного участка трубопровода, операция не проводится.			

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций поверка прекращается, преобразователь признают непригодным к применению.

### 4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие нормальные условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25;
- относительная влажность, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

4.2 Поверка по 11.1.2, 11.2.2 настоящей методики проводится в рабочих условиях эксплуатации.



## 5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, эксплуатационную документацию на преобразователи и средства поверки, работающие и прошедшие специальное обучение в качестве поверителя в организации, аккредитованной на право поверки средств измерений физико-химического состава и свойств веществ.

## 6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 15 °С до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,7$ °С	Термогигрометр электронный «CENTER», модель 313, рег. № 22129-09
	Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2,5$ %	
	Средство измерений атмосферного давления: диапазон измерений от 84,0 до 106,7 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2$ кПа	Термогигрометр автономный ИВА-6, рег. № 82393-21
10	Средство измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения: диапазон измерений мощности дозы от 0,1 до 100 мкЗв/ч, основная относительная погрешность $\pm 25$ %	Дозиметр-радиометр персональный МКС-02СА1, рег. № 44592-10
11	Средство измерений интервалов времени: диапазон измерений от 0,01 до 480 с	Секундомер механический СОСпр-26, рег. № 11519-11
	Рабочий эталон единицы плотности в диапазоне значений от 600 до 1700 кг/м <sup>3</sup> по Приказу Росстандарта от 01.11.2019 № 2603	ГСО 9821-2011 плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-1) ГСО 9823-2011 плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-3) ГСО 9824-2011 плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-4)
	Пластины-имитаторы плотности из стали 45 по ГОСТ 1050 и алюминия АД1 по ГОСТ 21631	Таблица Б.1 Приложения Б настоящей методики

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы); стандартные образцы утвержденного типа (далее – СО) должны иметь действующие паспорта; средства измерений должны быть поверены, данные об их поверке должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ).



6.3 Допускается применение аналогичных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений в соответствии с Приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603.

## **7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в эксплуатационной документации на преобразователи и средства поверки, ГОСТ 12.2.007.0, Приказ Минтруда России № 903н, СП 2.6.1.2612-10, СанПиН 2.6.1.2523-09, СанПиН 2.6.1.3287-15.

## **8 Внешний осмотр средства измерений**

8.1 Внешний осмотр производят визуально. При внешнем осмотре следует:

- установить соответствие внешнего вида преобразователя сведениям, приведенным в описании типа;
- визуально оценить внешний вид преобразователя и отсутствие видимых повреждений, влияющих на работоспособность преобразователя;
- убедиться в наличии маркировки с ясным указанием типа, заводского номера и года выпуска преобразователя;
- установить соответствие комплектности преобразователя сведениям, приведенным в описании типа;
- убедиться в наличии и сохранности пломбы на блоке гамма-источника.

8.2 Результаты внешнего осмотра считать положительными, если выполняются требования, указанные в 8.1 настоящей методики.

## **9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

9.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 3.

9.2 СО должны быть выдержаны в условиях по 4.1 в течение не менее 4 ч.

9.3 Перед проведением поверки выполняют подготовительные работы, указанные в руководстве по эксплуатации преобразователя и в эксплуатационных документах на средства поверки.

9.4 При опробовании проверить правильность функционирования преобразователя. Необходимо подключить БОИ-22 (БОИ-22Н) к сети питания, установить исправность работы индикаторов.

9.5 Результат опробования считать положительным, если индикаторы работают исправно.

## **10 Проверка уровня мощности эквивалентной дозы гамма-излучения**

10.1 Используя дозиметр, измерить мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на расстоянии 0,1 м и 1 м от поверхности блока гамма-источника при работе с источником Cs-137, на расстоянии 0,1 м от поверхности блока гамма-источника при работе с источниками Na-22 и Eu-152.

10.2 Результаты считают положительными, если мощность эквивалентной дозы гамма-излучения при работе с источником Cs-137 на расстоянии 0,1 м от любой точки поверхности блока гамма-источника не превышает 100 мкЗв/ч, на расстоянии 1 м от любой точки поверхности не превышает 3 мкЗв/ч; при работе с источниками Na-22 и Eu-152 на расстоянии 0,1 м от любой точки поверхности блока гамма-источника мощность эквивалентной дозы гамма-излучения не превышает 1 мкЗв/ч.



## 11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

### 11.1 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности измерений плотности

11.1.1 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности с помощью СО утвержденных типов, указанных в таблице 3.

Установить преобразователь и СО в соответствии со схемой, приведенной в Приложении А настоящей методики. Провести измерения плотности в трёх точках, равномерно распределённых в диапазоне измерений преобразователя. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности преобразователем с источником Cs-137 проводить через 5 мин, измерения плотности преобразователем с источником Na-22 или Eu-152 проводить через 8 мин, время контролировать секундомером.

Рассчитать среднее арифметическое результатов измерений плотности ( $\bar{\rho}_i$ ), кг/м<sup>3</sup>, в  $i$ -ой точке по формуле

$$\bar{\rho}_i = \sum_{j=1}^n \frac{\rho_{ij}}{n}, \quad (1)$$

где  $\rho_{ij}$  -  $j$ -ый результат измерений плотности преобразователем в  $i$ -ой точке, кг/м<sup>3</sup>;  
 $n$  - количество измерений.

Рассчитать СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $S_{0i}$ ), %, в  $i$ -ой точке по формуле

$$S_{0i} = \frac{1}{\rho_L} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\rho_{ij} - \bar{\rho}_i)^2}{(n-1)}} 100, \quad (2)$$

где  $\rho_L$  - значение верхнего предела диапазона измерений плотности преобразователя, кг/м<sup>3</sup>.

11.1.2 Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности с помощью пластин-имитаторов плотности, указанных в таблице 3.

Установить пластины-имитаторы на стенде в соответствии с Приложением Б настоящей методики и провести измерения плотности в 3 точках, равномерно распределённых в диапазоне измерений преобразователя. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности преобразователем с источником Cs-137 проводить через 5 мин, измерения плотности преобразователем с источником Na-22 или Eu-152 проводить через 8 мин, время контролировать секундомером.

Рассчитать среднее арифметическое результатов измерений плотности ( $\bar{\rho}_i$ ), кг/м<sup>3</sup>, в  $i$ -ой точке по формуле (1).

Рассчитать СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $S_{0i}$ ), %, в  $i$ -ой точке по формуле (2).

11.1.3 Результаты считают положительными, если СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений плотности во всем диапазоне измерений не превышает значений, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

### 11.2 Проверка диапазона и определение систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности измерений плотности

11.2.1 Определение систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности с помощью СО утвержденных типов, указанных в таблице 3.



Установить преобразователь и СО в соответствии со схемой, приведенной в Приложении А настоящей методики. Провести измерения плотности в трёх точках, равномерно распределённых в диапазоне измерений преобразователя. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности преобразователем с источником Cs-137 проводить через 5 мин, измерения плотности преобразователем с источником Na-22 или Eu-152 проводить через 8 мин, время контролировать секундомером.

Рассчитать систематическую составляющую основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma_i$ ), %, в  $i$ -ой точке по формуле

$$\gamma_i = \frac{\bar{\rho}_i - \rho_{0i}}{\rho_L} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $\rho_{0i}$  - аттестованное значение плотности  $i$ -го СО, кг/м<sup>3</sup>.

11.2.2 Определение систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности с помощью пластин-имитаторов плотности, указанных в таблице 3.

Установить пластины-имитаторы на стенде в соответствии с Приложением Б настоящей методики и провести измерения плотности в 3 точках, равномерно распределённых в диапазоне измерений преобразователя. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности преобразователем с источником Cs-137 проводить через 5 мин, измерения плотности преобразователем с источником Na-22 или Eu-152 проводить через 8 мин, время контролировать секундомером.

Рассчитать систематическую составляющую основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma_i$ ), %, в  $i$ -ой точке по формуле (3).

11.2.3 Результаты считают положительными, если систематическая составляющая основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности во всем диапазоне измерений находится в пределах, указанных в таблице 1 настоящей методики поверки.

## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки произвольной формы, сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.2 При положительных результатах поверки преобразователь признают пригодным к эксплуатации, по заявлению владельца преобразователя или лица, представившего преобразователь на поверку, оформляется свидетельство о поверке установленной формы.

12.3 Знак поверки наносится в свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 или действующим на дату поверки нормативным правовым актом в области обеспечения единства измерений.

12.4 При отрицательных результатах поверки преобразователь к применению не допускают и по заявлению владельца преобразователя или лица, представившего преобразователь на поверку, оформляется извещение о непригодности установленной формы.

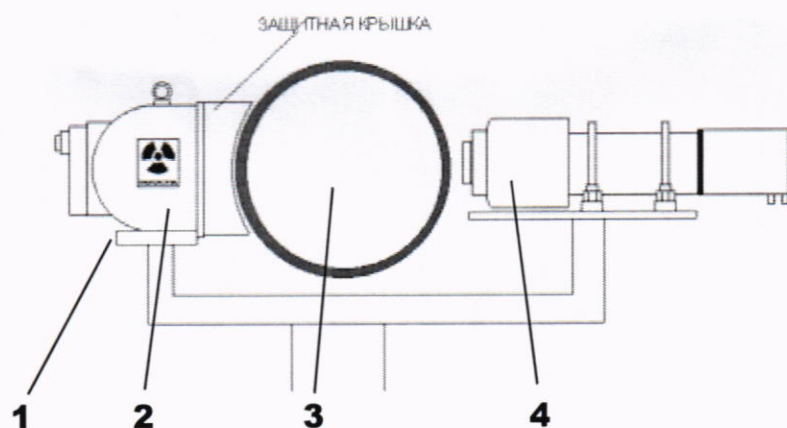
Ведущий инженер лаборатории 221  
УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ  
им.Д.И.Менделеева»



М.В. Шипицына

## Приложение А (обязательное)

Схема проверки диапазона и определения приведенной погрешности измерений плотности жидкости с помощью СО плотности



1. Рама монтажная 2. Блок гамма-источника 3. СО 4. Блок детектирования

Рисунок А.1 – Схема проверки с помощью СО плотности



## Приложение Б (обязательное)

Определение воспроизводимых значений плотности пластин-имитаторов плотности

Б.1 Пластины-имитаторы плотности представляют собой пластины квадратной формы из стали 45 по ГОСТ 1050 и алюминия АД1 по ГОСТ 21631 с размером стороны 100 мм. Основные технические характеристики пластин-имитаторов представлены в таблице Б.1.

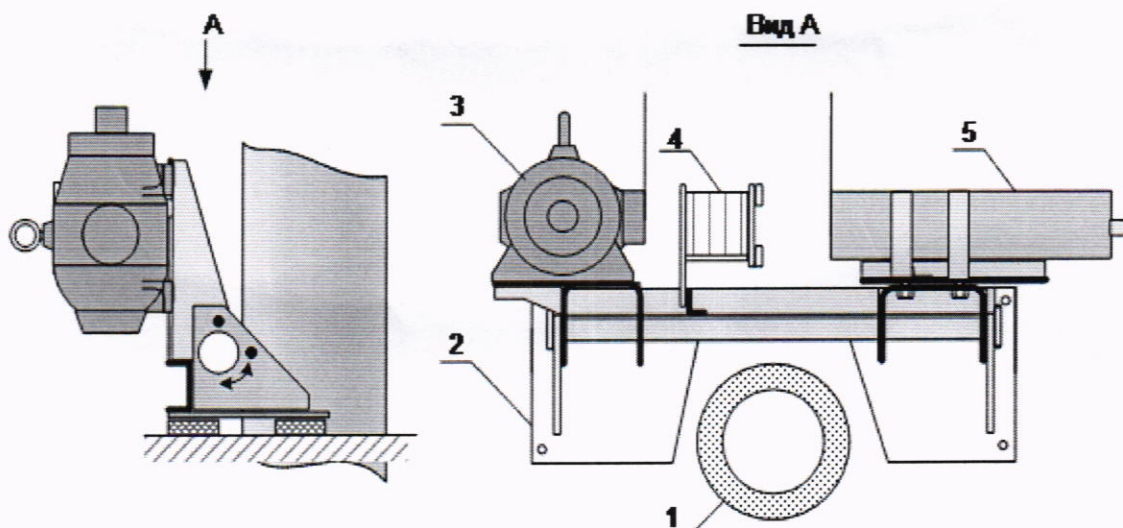
Таблица Б.1 – Основные технические характеристики пластин-имитаторов плотности

Обозначение пластины в комплекте	Масса, г	Воспроизводимое значение поверхностной плотности, кг/м <sup>2</sup>	Материал
2Е8.611.910	10	1,0	АД1
2Е8.611.910-01	25	2,5	АД1
2Е8.611.910-02	50	5,0	АД1
2Е8.611.910-03	100	10,0	АД1
2Е8.611.910-04	200	20,0	45
2Е8.611.910-05	250	25,0	45
2Е8.611.910-06	400	40,0	45
2Е8.611.910-07	500	50,0	45
2Е8.611.910-08	1000	100,0	45
2Е8.611.910-09	2000	200,0	45
2Е8.611.910-10	50	5,0	АД1

Б.2 Перед определением воспроизводимых значений пластины-имитаторы промыть авиационным бензином по ГОСТ 1012, протереть чистой сухой салфеткой из мягкой льняной или хлопчатобумажной ткани по ГОСТ 29298, выдержать в условиях по 4.1 в течение не менее 1 ч.

Б.3 Воспроизводимые значения пластин-имитаторов определить с помощью СО плотности жидкости утвержденного типа, представленных в таблице 3, по переходной зависимости в соответствии с ГОСТ 8.368 (Приложение 2).

Б.4 Воспроизводимые значения пластин-имитаторов определить с применением стенда, представленного на рисунке Б.1.



1. Место трубопровода 2. Рама монтажная 3. Блок гамма-источника  
4. Набор пластин-имитаторов 5. Блок детектирования

Рисунок Б.1 – Установка преобразователя с помощью рамы монтажной

Б.5 При прохождении пучка гамма-квантов через вещество происходит их рассеяние и поглощение. Коэффициент ослабления имеет размерность (площадь/масса). Ослабление всегда будет идентично в случае равенства поверхностной плотности различных материалов. При построении переходной зависимости необходимо учитывать влияние закона обратных квадратов – интенсивность излучения, проходящего через одну и ту же площадь, обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. В связи с чем, построение переходной зависимости и дальнейшее использование пластин-имитаторов плотности необходимо производить при стабильной геометрии измерения.

Б.6 Преобразователем провести измерения СО плотности жидкости, представленных в таблице 3.

Б.7 Определить значения «счет – плотность»:  $f_0 - \rho_0$ ,  $f_1 - \rho_1$ ,  $f_2 - \rho_2$ , где  $f_0$  - скорость счета в начальной точке диапазона измерений, имп/с;  $\rho_0$  - плотность ГСО 9821-2011, кг/м<sup>3</sup>;  $f_1$  - скорость счета в средней точке, имп/с;  $\rho_1$  - плотность ГСО 9823-2011, кг/м<sup>3</sup>;  $f_2$  - скорость счета в конечной точке, имп/с;  $\rho_2$  - плотность ГСО 9824-2011, кг/м<sup>3</sup>.

Б.8 Подобрать пластины-имитаторы для каждого значения скорости счета, соответствующего значениям скорости счета при измерении каждого СО.

Б.9 Приписать каждому подобранному набору пластин-имитаторов значения плотности, измеренные преобразователем.

Б.10 На основании полученных данных построить градуировочную характеристику, которая является линейной. На основе градуировочной характеристики приписать значения каждому набору пластин для каждой точки поверки.