

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
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»)



Согласовано:

Директор УНИИМ – филиала  
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

Е.П. Собина

« 08 2022 г.

**«ГСИ. Плотномеры радиоизотопные ПР. Методика поверки»**

**МП 02-221-2022**

Екатеринбург  
2022

## 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 Исполнители: Шипицына М.В., старший инженер УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»  
  
А.П. Шипицын, старший инженер УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»
- 3 Согласована: УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в 2022 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 .....	5
6 Метрологические и технические требования к средствам поверки .....	5
7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	6
8 Внешний осмотр средства измерений .....	7
9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений .....	7
10 Проверка программного обеспечения средства измерений .....	7
11 Проверка мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения.....	7
12 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям .....	7
12.1 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью ГСО .....	7
12.2 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью ареометров .....	8
12.3 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью пластиноимитаторов плотности.....	9
13 Оформление результатов поверки .....	9
Приложение А (обязательное) Определение воспроизводимых значений плотности пластиноимитаторов плотности .....	10

Государственная система обеспечения единства измерений <b>Плотномеры радиоизотопные ПР</b> Методика поверки	<b>МП 02-221-2022</b>
---	-----------------------

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на плотномеры радиоизотопные ПР (далее - плотномеры) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Поверка плотномеров должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость плотномеров к ГЭТ 18-2014 «Государственному первичному эталону единицы плотности» согласно Государственной поверочной схемы для средств измерений плотности, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603.

1.3 В настоящей методике поверки реализована поверка методами прямых измерений (12.1, 12.2 настоящей методики) и методом косвенных измерений (12.3 настоящей методики).

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки плотномеров радиоизотопных ПР, 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 <sup>1</sup> , кг/м <sup>3</sup>	от 600 до 2000
Пределы допускаемой систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности, %:	
- ПР-1К	±0,8
- ПРВТ-1К	±0,4
- ПРВУ-1К	±1,0
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности, %:	
- ПР-1К	0,8
- ПРВТ-1К	0,4
- ПРВУ-1К	1,0
Примечание	
<sup>1</sup> Диапазон измерений плотности определяется комплектацией конкретного плотномера и приводится в руководстве по эксплуатации плотномера.	

## 2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

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

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 Минпромторга от 28.08.2020 № 2907 Об утверждении порядка установления и изменения интервала между поверками средств измерений, порядка установления, отмены методик поверки и внесения изменений в них, требований к методикам поверки средств измерений.

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.

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 должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций при поверке 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 программного обеспечения	Да	Да	10
Проверка мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения	Да	Да	11
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям <sup>1</sup>	Да	Да	12
Примечание <sup>1</sup> номер пункта из раздела 12, необходимый для поверки плотномера, выбирается поверителем в зависимости от особенностей места установки и монтажа плотномера.			

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций, проводится настройка плотномера в соответствии с руководством по эксплуатации (далее – РЭ). В дальнейшем необходимые операции повторяются вновь, в случае повторного невыполнения требований поверка прекращается, плотномер признают непригодным к эксплуатации.

### 4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от 15 до 25;
- относительная влажность окружающей среды, %, не более 80.

4.2 Поверка по 12.2 настоящей методики проводится в рабочих условиях эксплуатации.

### 5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению работ по поверке плотномеров допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации на поверяемый плотномер, эксплуатационную документацию на средства поверки, настоящую методику поверки и работающих в качестве поверителей 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 – Требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9 12	Средство измерений температуры окружающей среды: диапазон измерений от 15 °С до 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,7$ °С. Средство измерений относительной влажности окружающей среды: диапазон измерений от 10 до 80 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 2,5$ %.	Термогигрометр электронный «CENTER», модель 313, рег. № 22129-09.
11	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
12	Средство измерений времени: диапазон измерений от 0,01 до 60 с, погрешность $\pm 0,6$ с.	Секундомер механический СОСпр-26, рег. № 11519-11
12.1	Рабочий эталон в диапазоне значений от 600 до 2000 кг/м <sup>3</sup> по Приказу Росстандарта от 01.11.2019 № 2603.	ГСО 8579-2004 плотности жидкости (РЭП-1) ГСО 8106-2002 плотности жидкости (РЭП-12) ГСО 11686-2021 плотности жидкости (СО ПЛЖ-ПА-5)
12.2	Рабочий эталон в диапазоне значений от 600 до 2000 кг/м <sup>3</sup> по Приказу Росстандарта от 01.11.2019 № 2603.	Ареометры – рабочие эталоны 1-го разряда АОН, рег. № 27442-04
12.3	Пластины-имитаторы плотности из стали 45 по ГОСТ 1050-2013 и алюминия АД1 по ГОСТ 21631-2019	Таблица А.1 Приложения А настоящей методики

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены, если представлены средствами измерений утвержденного типа или аттестованы, если представлены средствами измерений неутвержденного типа; ГСО должны иметь действующие паспорта; средства измерений должны быть поверены, данные о 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 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 и требования безопасности, установленные в руководстве по эксплуатации на плотномер и эксплуатационной документации на средства поверки.

## **8 Внешний осмотр средства измерений**

8.1 При внешнем осмотре установить соответствие плотномера следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида плотномера сведениям, приведенным в описании типа;
- комплектность должна соответствовать сведениям, приведенным в описании типа;
- наличие маркировки с ясным указанием типа, заводского номера и года выпуска плотномера;
- отсутствие внешних повреждений, влияющих на работоспособность плотномера;
- наличие установленных пломб, наличие и сохранность пломбы на блоке гамма-излучения.

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 ГСО 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 плотномера и в эксплуатационных документах на средства поверки.

9.4 При опробовании проверить правильность функционирования плотномера. Необходимо подключить БОИ-8К к сети питания, установить исправность работы индикаторов.

9.5 Результаты считают положительными, если индикаторы работают исправно.

## **10 Проверка программного обеспечения средства измерений**

10.1 Идентификационное наименование и номер версии программного обеспечения (далее – ПО) плотномеров идентифицируется на дисплее блока обработки информации при включении режима настройки плотномеров.

10.2 Сравнить полученные данные с идентификационными данными, указанными в описании типа плотномеров.

10.3 Результат подтверждения соответствия встроенного ПО считать положительным, если идентификационные данные соответствуют указанным в описании типа плотномеров, приведенном в ФИФ ОЕИ.

## **11 Проверка мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения**

11.1 Используя дозиметр измерить мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на расстоянии 10 см и 1 м от поверхности контейнера.

11.2 Результаты считают положительными, если мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на расстоянии 10 см от поверхности контейнера не превышает 100 мкЗв/ч и на расстоянии 1 м от поверхности контейнера не превышает 3 мкЗв/ч.

## **12 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

### **12.1 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью ГСО**

12.1.1 Определение метрологических характеристик плотномеров и подтверждение соответствия плотномеров метрологическим требованиям с помощью ГСО проводятся с демонтажом плотномеров. При проверке диапазона измерений, определении систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности и СКО случайной составляющей погрешности измерений плотности провести измерения плотности в трёх точках, равномерно распределенных в диапазоне измерений плотномера, не менее 10 раз. Измерения плотности проводить через 1 мин.

12.1.2 Рассчитать систематическую составляющую основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma_i$ ) по формуле

$$\gamma_i = \frac{\bar{P}_i - P_{0i}}{p_L} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $P_{0i}$  - аттестованное значение плотности  $i$ -го ГСО, кг/м<sup>3</sup>;  
 $p_L$  - значение верхнего предела диапазона измерений плотности плотномера, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\bar{P}_i$  - среднее арифметическое результатов измерений плотности в  $i$ -ой точке, рассчитанное по формуле

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^n \frac{p_{ij}}{n}, \quad (2)$$

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

12.1.3 Рассчитать СКО случайной составляющей погрешности измерений плотности ( $S_i$ ) по формуле

$$S_i = \frac{1}{p_L} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - \bar{P}_i)^2}{(n-1)}} \cdot 100. \quad (3)$$

12.1.4 Результаты считают положительными, если систематическая составляющая основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности во всем диапазоне измерений находится в пределах  $\pm 0,8$  % (для ПР-1К),  $\pm 0,4$  % (для ПРВТ-1К),  $\pm 1,0$  % (для ПРВУ-1К); СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений плотности во всем диапазоне измерений не более 0,8 % (для ПР-1К), 0,4 % (для ПРВТ-1К), 1,0 % (для ПРВУ-1К).

## 12.2 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью ареометров

12.2.1 Проверка диапазона измерений, определение систематической составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности и СКО случайной составляющей погрешности измерений плотности с помощью ареометров проводится при поверке плотномеров на месте эксплуатации. Через прободоборное отверстие резервуара, на котором установлен плотномер, отобрать рабочую пробу жидкости. Провести измерения плотности рабочей пробы жидкости ареометром и плотномером. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности проводить через 1 мин.

12.2.2 Рассчитать систематическую составляющую основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma_i$ ) по формуле

$$\gamma_i = \frac{\bar{P}_i - P_{ai}}{p_L} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $P_{ai}$  - значение плотности  $i$ -ой пробы, полученное с помощью ареометра, кг/м<sup>3</sup>.

12.2.3 Рассчитать СКО случайной составляющей погрешности измерений плотности ( $S_i$ ) по формуле (3).

12.2.4 Результаты считают положительными, если систематическая составляющая основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности во всем диапазоне измерений находится в пределах  $\pm 0,8$  % (для ПР-1К),  $\pm 0,4$  % (для ПРВТ-1К),  $\pm 1,0$  % (для ПРВУ-1К); СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений плотности во всем диапазоне измерений не более 0,8 % (для ПР-1К), 0,4 % (для ПРВТ-1К), 1,0 % (для ПРВУ-1К).

### 12.3 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям с помощью пластин-имитаторов плотности

12.3.1 Определение метрологических характеристик плотномеров и подтверждение соответствия плотномеров метрологическим требованиям с помощью пластин-имитаторов плотности проводятся с демонтажом плотномеров. Воспроизводимые значения плотности пластин-имитаторов определить в соответствии с Приложением А настоящей методики.

12.3.2 Установить пластины-имитаторы на стенде в соответствии с Приложением А и провести измерения плотности в 3 точках, равномерно распределенных в диапазоне измерений плотномера. В каждой точке провести измерения не менее 10 раз. Измерения плотности проводить через 1 мин.

12.3.3 Рассчитать систематическую составляющую основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности ( $\gamma_i$ ) по формуле

$$\gamma_i = \frac{\bar{P}_i - P_{ni}}{p_L} \cdot 100, \quad (5)$$

где  $P_{ni}$  - значение плотности  $i$ -го набора пластин-имитаторов, кг/м<sup>3</sup>.

12.3.4 Рассчитать СКО случайной составляющей погрешности измерений плотности ( $S_i$ ) по формуле (3).

12.3.5 Результаты считают положительными, если систематическая составляющая основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений погрешности во всем диапазоне измерений находится в пределах  $\pm 0,8\%$  (для ПР-1К),  $\pm 0,4\%$  (для ПРВТ-1К),  $\pm 1,0\%$  (для ПРВУ-1К); СКО случайной составляющей основной приведенной к верхнему значению диапазона измерений плотности во всем диапазоне измерений не более  $0,8\%$  (для ПР-1К),  $0,4\%$  (для ПРВТ-1К),  $1,0\%$  (для ПРВУ-1К).

### 13 Оформление результатов поверки

13.1 Результаты поверки заносят в протокол поверки произвольной формы.

13.2 При положительных результатах поверки плотномер признают пригодным к эксплуатации, оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 № 2510 или действующим на дату поверки нормативным правовым актом в области обеспечения единства измерений.

13.3 Знак поверки наносится в руководство по эксплуатации плотномера и (или) в свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 № 2510 или действующим на дату поверки нормативным правовым актом в области обеспечения единства измерений.

13.4 При отрицательных результатах поверки плотномер к применению не допускают и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 № 2510 или действующим на дату поверки нормативным правовым актом в области обеспечения единства измерений.

Старший инженер  
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



М.В. Шипицына

Старший инженер  
УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»



А.П. Шипицын

## Приложение А (обязательное)

### Определение воспроизводимых значений плотности пластин-имитаторов плотности

А.1 Пластины-имитаторы плотности представляют собой пластины квадратной формы из стали 45 по ГОСТ 1050-2013 и алюминия АД1 по ГОСТ 21631-2019 с размером стороны 100 мм. Основные технические характеристики пластин-имитаторов представлены в таблице А.1.

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

Обозначение пластины в комплекте	Масса, кг	Воспроизводимое значение поверхностной плотности, кг/м <sup>2</sup>	Материал
00	0,015	1,51	АД1
00	0,015	1,52	АД1
01	0,026	2,58	АД1
01	0,026	2,58	АД1
02	0,051	5,15	АД1
02	0,051	5,12	АД1
03	0,103	10,27	АД1
03	0,105	10,55	АД1
04	0,196	19,58	45
04	0,197	19,69	45
05	0,247	24,68	45
05	0,245	24,5	45
06	0,395	39,53	45
06	0,396	39,53	45
07	0,488	48,89	45
07	0,490	49,01	45
08	1,011	102,48	45
08	1,009	104,96	45
09	2,081	208,89	45
09	2,093	200,05	45

А.2 Перед определением воспроизводимых значений пластины-имитаторы промыть авиационным бензином по ГОСТ 1012-2013, протереть чистой сухой салфеткой из мягкой льняной или хлопчатобумажной ткани по ГОСТ 29298-2005, выдержать в условиях по 4.1 в течение не менее 1 ч.

А.3 Воспроизводимые значения пластин-имитаторов определить с помощью ГСО плотности жидкости, представленных в таблице 3, по переходной зависимости в соответствии с ГОСТ 8.368-79 (Приложение 2).

А.4 Воспроизводимые значения пластин-имитаторов определяют с применением стенда, представленного на рисунке А.1.

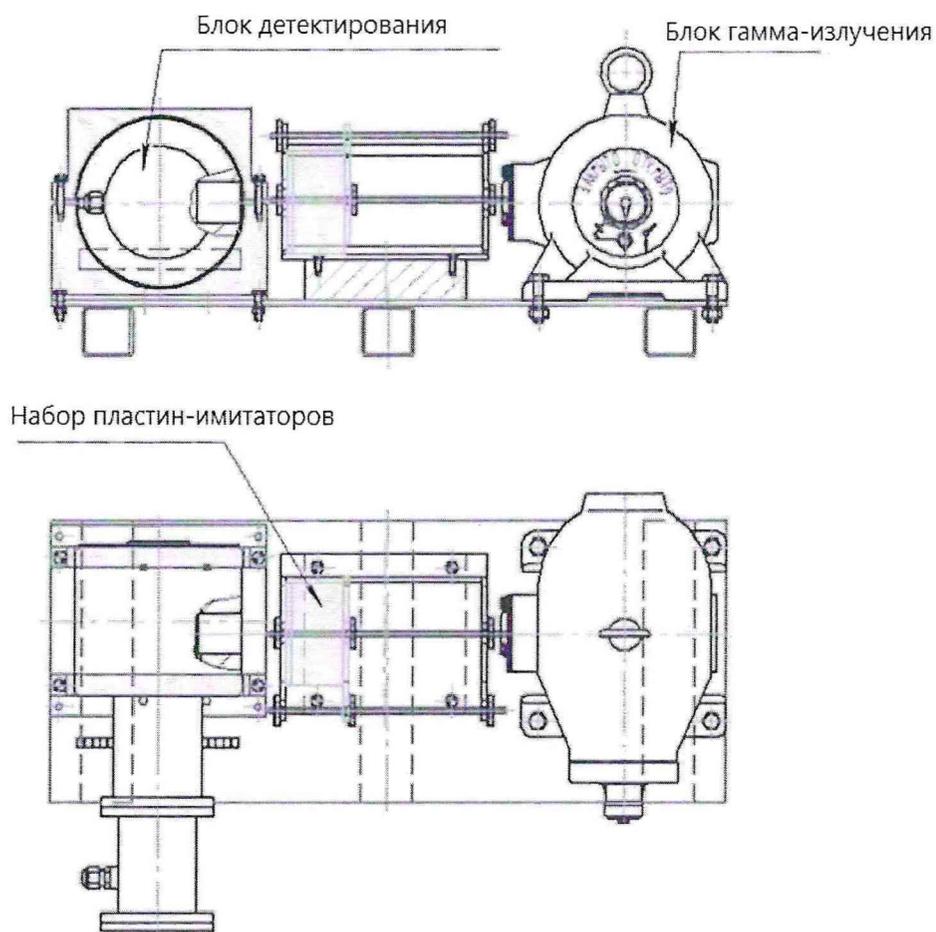


Рисунок А.1 – Установка плотномера и пластин на стенде

А.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.

А.6 Плотномером провести измерения ГСО плотности жидкости, представленных в таблице 3.

А.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 8579-2004, кг/м<sup>3</sup>;  $f_1$  - скорость счета в средней точке, имп/с;  $\rho_1$  - плотность ГСО 8106-2002, кг/м<sup>3</sup>;  $f_2$  - скорость счета в конечной точке, имп/с;  $\rho_2$  - плотность ГСО 11686-2021, кг/м<sup>3</sup>.

А.8 Подбираем пластины-имитаторы для каждого значения скорости счета, соответствующего значениям скорости счета каждого ГСО.

А.9 Приписываем каждому подобранному набору пластин-имитаторов значения плотности, измеренные плотномером.

А.10 На основании полученных данных строится градуировочная характеристика, которая является линейной. На основе градуировочной характеристики приписываются значения каждому набору пластин для каждой точки поверки.