

Приложение
к приказу Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «05» февраля 2025 г. № 244

Государственная система обеспечения единства измерений.
Установки для измерения объемной активности бета-излучающих
инертных газов УДГБ-204.
Методика поверки
МП 37825-24

Первый заместитель генерального директора –
заместитель по научной работе
ФГУП «ВНИИФТРИ»

«20» декабря 2024 г.

МП 37825-24

2024

СОДЕРЖАНИЕ

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

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика применяется для поверки установок для измерения объемной активности бета-излучающих инертных газов УДГБ-204 (далее по тексту - установки), используемых в качестве рабочих средств измерений в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений активности и объемной активности бета-активных газов.

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерения объемной активности бета-излучающих инертных газов, Бк/м ³	от $1,0 \cdot 10^4$ до $3,7 \cdot 10^{10}$
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений (при доверительной вероятности 0,95), %	± 20
Рабочий диапазон объёмной скорости прокачки воздуха через пневматический тракт установки, л/мин	от 5 до 50
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений скорости прокачки воздуха, %	± 10

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы объемной активности нуклидов в бета-активных газах в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 29 декабря 2018 г. № 2827, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 20-2014.

При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений реализуется метод непосредственного сличения при использовании эталонного радиометра газов (при первичной поверке и при периодической поверке или для определения коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников ионизирующих излучений к объемной активности бета-излучающих инертных радиоактивных газов (коэффициента преобразования)) и метод косвенных измерений при использовании эталонов на основе закрытых радионуклидных источников ионизирующих излучений.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Для поверки установок должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование операций поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которыми выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Опробование	да	да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10
Проверка диапазона измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов и допускаемой основной относительной погрешности измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов	да	да	10.1 – 10.4
Проверка рабочего диапазона объёмной скорости прокачки воздуха через пневматический тракт установки и пределов допускаемой относительной погрешности измерений скорости прокачки воздуха	да	да	10.5
Оформление результатов поверки	да	да	11

Поверка установок прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, приведенных в таблице 2, а установку признают не прошедшей поверку.

Поверка на меньшем числе поддиапазонов измерений не предусмотрена.

3. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Поверка установки проводится в рабочих условиях эксплуатации без демонтажа.

3.2 При проведении операции поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 5 до 40;
- относительная влажность окружающего воздуха, % до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7;
- мощность амбиентного эквивалента дозы (далее - МАЭД), характеризующая уровень внешнего гамма-фона, мЗв/ч, не более 0,25.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки установки допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие устройство и принцип работы поверяемой установки и средств поверки по эксплуатационной документации.

5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 Метрологические и технические требования к средствам поверки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры и относительной влажности окружающей среды в диапазоне измерений: - температуры от 0 °С до 50 °С, с абсолютной погрешностью не более 0,5 °С - относительной влажности от 10 до 90 %, с абсолютной погрешностью ± 3 % Барометры в диапазоне измерения атмосферного давления от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа; Средства измерений МАЭД гамма излучения в диапазоне от 0,1 мЗв/ч до 10 мЗв/ч, с погрешностью не более 20 %.	Измерители температуры и влажности микропроцессорные ИТВ, рег.№ 20857-07; Барометры-анероиды метеорологические БАММ, рег. № 5738-76; Дозиметры-радиометры МКС-АТ6130, рег. № 25206-20.

п. 10 Определение метрологических характеристик	Рабочий эталон единицы объемной активности бета-излучающих инертных газов (эталонный радиометр), диапазон измерений от $5 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^9$ Бк/м³ с погрешностью, не превышающей 5% при доверительной вероятности 0,95 радиоактивный газ с радионуклидом ⁸⁵Kr по ГОСТ 25057 в ампуле, с активностью не менее $1 \cdot 10^{10}$ Бк Рабочий эталон 1 или 2 разряда - источники бета-излучения типа 1C0 с радионуклидом ⁹⁰Sr+⁹⁰Y, активность от 50 до 1000 Бк, от 2 до 10 кБк, от 20 до 100 кБк, с погрешностью, не превышающей 7 % Ротаметр, верхний предел измерений 2,5 м³/ч с погрешностью, не превышающей 2,5 %.	Радиометры газов РГБ-07 рег. № 10595-07 Источники бета-излучения закрытые с радионуклидами стронций-90+иттрий-90, рег. № 61305-15 Ротаметр с местными показаниями РМ-2,5ГУЗ, рег. № 19325-12
Примечание – Все средства измерений должны иметь действующие результаты поверки. Допускается использовать при поверке другие аттестованные эталоны единиц величин и поверенные средства измерений утвержденного типа, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице		

6. ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны выполняться требования:

- «Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»;
- «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)»;
- «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н;
- действующих на предприятии инструкций по радиационной безопасности.

7. ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При проведении внешнего осмотра установить:

- отсутствие механических повреждений, других видимых дефектов устройств и кабельных линий связи, входящих в состав установки, которые могут повлиять на её работоспособность;
- наличие пломб (предусмотренных описанием типа) на устройствах, входящих в состав установки;
- наличие руководства по эксплуатации установки;

- наличие сведений о предыдущей поверке установки (при периодической поверке).

7.2 Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если:

- отсутствуют механические повреждения, другие видимые дефекты устройств и кабельных линий связи, входящих в состав установки, которые могут повлиять на её работоспособность;

- все пломбы на устройствах, входящих в состав установки, в наличии и не повреждены.

8. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки установку подготовить к работе в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

8.1.2 Провести измерения параметров окружающей среды в месте проведения поверки установки в соответствии с разделом 3.

8.2 Опробование

8.2.1 При опробовании провести проверку работоспособности установки в соответствии с руководством по эксплуатации. Подключить к установке персональный компьютер (далее по тексту – ПК) с установленным программным обеспечением. Включить установку без подачи воздуха. Убедиться, что между ПК и установкой есть связь, а в перечне событий нет информации о неисправности.

8.2.2 Выдержать установку и ПК во включенном состоянии не менее 15 мин. Вывести на экран ПК в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени) средней, за одну минуту, скорости счета импульсов в бета-канале. Скорость счета не должна превышать $0,2 \text{ с}^{-1}$. По десяти измеренным значениям скорости счета фона N_{ϕ} и объемной активности фона $A_{V\phi}$ вычислить их средние значения по формулам (1) и (2):

$$\overline{N_{\phi}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_{\phi i}, \quad (1)$$

$$\overline{A_{V\phi}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{V\phi i}, \quad (2)$$

где n — количество измерений.

9. ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Программное обеспечение (далее ПО) возможно идентифицировать при включении установки. Производителем не предусмотрен иной способ идентификации ПО. Результаты поверки считать положительными, если идентификационные данные ПО соответствуют, данным приведенным в таблице 4.

Таблица 4

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	Базовое ПО	Прикладное ПО
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	735	771
Цифровой идентификатор	-	781
Алгоритм вычисления идентификатора ПО	-	-

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проверка диапазона измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов и допускаемой основной относительной погрешности установки УДБГ-204 при измерении объемной активности бета-излучающих инертных газов осуществляется:

- при проведении первичной поверки – методом непосредственного сличения с применением эталонного радиометра газов и радиоактивного газа ^{85}Kr ;

- при проведении периодической поверки – методом непосредственного сличения с применением эталонного радиометра и радиоактивного газа ^{85}Kr или методом косвенных измерений с применением эталонов на основе закрытых радионуклидных источников с использованием коэффициентов перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих инертных радиоактивных газов (ИРГ) (коэффициентов преобразования), которые указаны в свидетельстве о предыдущей поверке установки УДБГ-204. В случае отсутствия в свидетельстве о предыдущей поверке соответствующих коэффициентов преобразования для обеспечения последующей периодической поверки методом косвенных измерений с применением эталонов на основе закрытых радионуклидных источников коэффициенты перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих ИРГ определяются таким же образом, как и при первичной поверке.

При поверке с применением эталонного радиометра газов и радиоактивного газа ^{85}Kr в целях обеспечения последующей периодической поверки методом косвенных измерений с применением эталонов на основе закрытых радионуклидных источников определяются коэффициенты перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих ИРГ (коэффициенты преобразования), которые указываются в паспорте/формуляре или в свидетельстве о поверке установки УДБГ-204.

10.2 Проверка диапазона измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов и допускаемой основной относительной погрешности измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов с использованием эталонного радиометра и радиоактивного газа ^{85}Kr проводится в следующей последовательности.

10.2.1 Соединить с помощью двух шлангов выход эталонного радиометра с входом измерительной камеры установки, а вход эталонного радиометра – с выходом измерительной камеры.

10.2.2 Открыть вентиль баллона с ^{85}Kr и иглой медицинского шприца проколоть вакуумный шланг, надетый на кольцо горловины баллона.

10.2.3 Произвести отбор пробы ^{85}Kr . Закрыть вентиль баллона. Проколоть иглой шприца шланг на входе в эталонный радиометр и всю набранную пробу ввести внутрь закольцованных радиометров.

10.2.4 Включить воздухоудовку эталонного радиометра и в течение семи минут прокачать воздух по замкнутому контуру, обеспечивая равномерность распределения ^{85}Kr по всему замкнутому контуру.

10.2.5 Выполнить не менее 10-ти измерений объемной активности ^{85}Kr , каждый раз

записывая значения показаний эталонного радиометра и поверяемой установки.

10.2.6 Вычислить относительное СКО результатов измерений эталонного радиометра и поверяемой установки σ_0 и σ , %, по формуле (3):

$$\sigma = \frac{1}{\overline{A_V}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (A_{V_i} - \overline{A_V})^2} \cdot 100, \quad (3)$$

где n — количество измерений;

A_{V_i} — значение ОА, полученное при i -ом измерении, Бк·м⁻³;

$\overline{A_V}$ — среднее арифметическое значение ОА бета-излучающих ИРГ по результатам измерений с использованием установки, Бк·м⁻³, оценивается по формуле (2).

10.2.7 Относительную погрешность δ , %, вычислить по формуле (4):

$$\delta = \left| \frac{\overline{A_{V0}} - \overline{A_V}}{\overline{A_{V0}}} \right| \cdot 100 + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_0}{\sqrt{3}} \right)^2 + \sigma^2 + \sigma_0^2}, \quad (4)$$

где

σ , σ_0 - СКО результатов измерений поверяемой установки и эталонного радиометра, %, рассчитанное по формуле (3);

δ_0 — основная погрешность эталонного радиометра, которая указана в свидетельстве о его поверке, %;

$\overline{A_{V0}}$ — среднее арифметическое значение измеренных на эталонном радиометре значений объемной активности, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (2);

$\overline{A_V}$ — среднее арифметическое значение измеренных на установке значений объемной активности, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (2).

10.2.8 Результаты поверки по подтверждению диапазона измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов и допускаемой основной относительной погрешности измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов считаются положительными, если полученное значение δ не выходит за пределы ± 20 %.

10.3 Определение коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих ИРГ (коэффициента преобразования) проводится в следующей последовательности.

10.3.1 Открыть дверку свинцовой защиты блока детектирования. Открутить 4 болта, крепящих сборку детекторов к измерительной камере. Титановую мембрану откручивать не требуется. Вид блока детектирования с открытой дверкой свинцовой защиты и снятой сборкой детекторов представлен на рисунке 1.

10.3.2 На дно держателя в его геометрическом центре установить закрытый радионуклидный источник с активностью от 50 до 1000 Бк.

10.3.3 Вынуть освобожденную сборку детекторов из измерительной камеры и установить её вертикально на держатель. Сборка детекторов должна быть установлена в специальное кольцевое углубление держателя. Титановая мембрана должна быть обращена к

источнику.

10.3.4 Включить установку и дать ей прогреться в течение 15 мин.

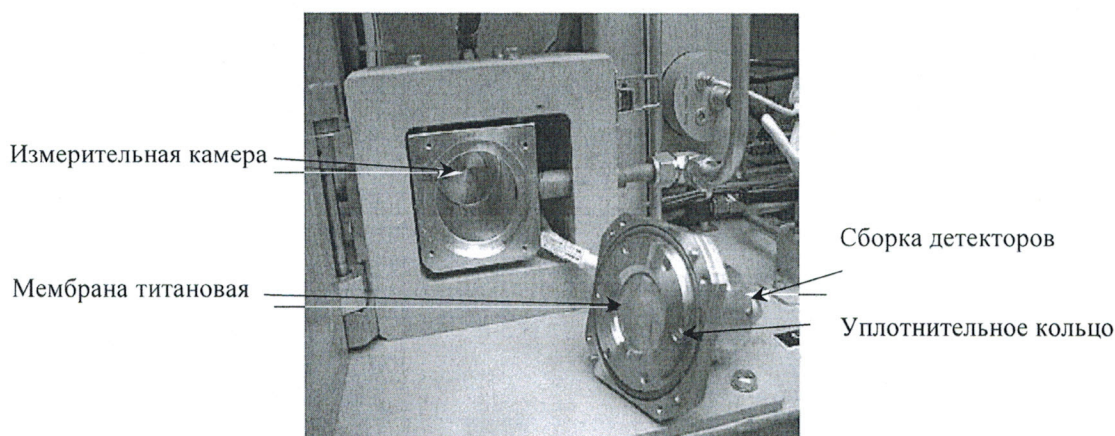


Рисунок 1 – Вид блока детектирования с открытой дверкой свинцовой защиты и снятой сборкой детекторов

10.3.5 Вывести на экран ПК в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени) средней, за одну минуту, объемной активности в бета-канале.

10.3.6 По десяти измеренным значениям объемной активности, отображённым на гистограмме, вычислить ее среднее значение по формуле (5):

$$\bar{A}_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{Vi}, \quad (5)$$

где n — количество измерений.

10.3.7 Значение коэффициента перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих ИРГ (коэффициента преобразования), $1/\text{м}^3$, определить по формуле (6):

$$\eta = \frac{\bar{A}_V - \bar{A}_{V\phi}}{A_{1C0}}, \quad (6)$$

где: A_{1C0} — активность источника на момент измерений, Бк, рассчитанная по формуле (7):

$$A_{1C0} = A_0 \cdot \exp\left(-0,693 \cdot \frac{\Delta t}{T_{1/2}}\right), \quad (7)$$

A_0 — значение активности из свидетельства об аттестации эталона (или свидетельства о поверке), Бк;

Δt — время в днях, прошедшее с момента аттестации эталона (поверки) до момента измерений ($T_{1/2} = 10508,4$ дней — период полураспада радионуклида стронций-90);

$\bar{A}_V$ — среднее арифметическое значение измеренных на установке значений объемной активности от источника типа 1C0, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (5).

10.3.8 Процедуры по п. 10.3.2-10.3.7 повторить для радионуклидных источников бета-

излучения типа 1C0 с активностями от 2 до 10 кБк и от 20 до 100 кБк.

10.3.9 Вычислить среднее значение коэффициента перехода по формуле (8):

$$\bar{\eta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i. \quad (8)$$

10.4 Определение допускаемой основной относительной погрешности установки при измерении объемной активности бета-излучающих инертных газов с использованием рабочих эталонов на основе закрытых радионуклидных источников проводится в следующей последовательности.

10.4.1 Открыть дверку свинцовой защиты. Открутить 4 болта, крепящих сборку детекторов к измерительной камере в соответствии с 10.3.1. Титановую мембрану откручивать не требуется.

10.4.2 На дно держателя в его геометрическом центре установить закрытый радионуклидный источник с активностью от 50 до 1000 Бк.

10.4.3 Установить сборку детекторов на держатель: вынуть освобожденную сборку детекторов из измерительной камеры и установить её вертикально на держатель. Сборка детекторов должна быть установлена в специальное кольцевое углубление держателя. Титановая мембрана должна быть обращена к источнику.

10.4.4 Включить установку и дать ей прогреться в течение 15 мин.

10.4.5 Вывести на экран ПК в виде гистограммы опцию «historical trend» (развитие во времени) средней, за одну минуту, объемной активности в бета-канале.

10.4.6 По десяти измеренным значениям A_{Vi} , отображённым на гистограмме объемной активности, вычислить ее среднее значение по формуле (9):

$$\bar{A}_V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{Vi}, \quad (9)$$

где n — количество измерений.

10.4.7 Относительную погрешность установки при измерении объемной активности бета-излучающих инертных газов с использованием закрытых радионуклидных источников δ , %, вычислить по формуле:

$$\delta = \left| \frac{\bar{\eta} \cdot A_{\text{ист}} - \bar{A}_V}{\bar{\eta} \cdot A_{\text{ист}}} \right| \cdot 100 + 2 \sqrt{\left(\frac{\delta_0}{\sqrt{3}} \right)^2 + \delta_{\eta}^2}, \quad (10)$$

где: $\bar{\eta}$ — коэффициент перехода от активности закрытых радионуклидных источников к объемной активности бета-излучающих ИРГ (коэффициентов преобразования), $1/\text{м}^3$, для закрытых радионуклидных источников в соответствии с п.10.3;

δ_{η} — погрешность определения коэффициента перехода, %, рассчитанная по формуле (11):

$$\delta_{\eta} = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_{\phi}^2}, \quad (11)$$

где σ и σ_{ϕ} — СКО результатов измерений поверяемой установкой объемной активности и фона, %, рассчитанные по формуле (3);

$A_{\text{ист}}$ — активность источника на момент измерений, Бк, рассчитанная по формуле (7);

$\bar{A}_V$ — среднее арифметическое значение измеренных на установке значений объемной

активности, Бк·м⁻³, рассчитанное по формуле (9);

δ_0 – основная погрешность источника, указанная в свидетельстве об аттестации эталона (свидетельстве о поверке), %.

10.4.8 Процедуры по п. 10.4.2 - 10.4.7 повторить для закрытых радионуклидных источников с активностями от 2 до 10 кБк и от 20 до 100 кБк.

10.4.9 Результаты поверки по подтверждению диапазона измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов и допускаемой основной относительной погрешности измерений объемной активности бета-излучающих инертных газов считаются положительными, если полученные значения δ не выходят за пределы ± 20 %.

10.5 Проверка рабочего диапазона объёмной скорости прокачки воздуха через пневматический тракт установки и пределов допускаемой относительной погрешности измерений скорости прокачки воздуха проводится в следующей последовательности.

10.5.1 Отсоединить гибкий шланг от выхода камеры блока детектирования и от входа насоса, и с помощью гибкого шланга длиной 10 см соединить вход ротаметра с выходом камеры, а гибким шлангом длиной – 200 см соединить выход ротаметра с входом насоса. Схема подключения ротаметра представлена на рисунке 2.

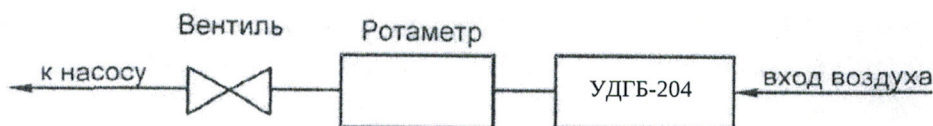


Рисунок 2 - Схема подключения ротаметра

10.5.2 Ротаметр расположить строго вертикально. Включить установку и насос. С помощью вентиля установить объемный расход воздуха по каналу «Flow» установки последовательно 5, 25, 50 л/мин. Снять показания с ротаметра.

10.5.3 Для каждого значения объемного расхода рассчитать относительную погрешность измерений скорости прокачки воздуха, %, по формуле (12):

$$\delta_v = \left| \frac{W - W_0}{W_0} \right| \cdot 100 \quad (12)$$

где W - показания установки, л/мин;

W_0 – показания ротаметра, л/мин.

10.5.4 Результаты поверки по подтверждению рабочего диапазона объёмной скорости прокачки воздуха через пневматический тракт установки и пределов допускаемой относительной погрешности измерений скорости прокачки воздуха считаются положительными, если максимальная погрешность измерений скорости прокачки воздуха не превышает ± 10 %.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства средств измерений. По заявлению владельца установки или лица, представившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт (формуляр) средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя с расшифровкой подписи (указываются фамилия и инициалы поверителя), нанесенным знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности установки.

11.2 При отрицательных результатах поверки установка признаётся непригодной к применению (не подтверждено соответствие метрологическим требованиям) и выдается извещение о непригодности.

Начальник лаборатории № 421 НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Начальник НИО-4 ФГУП «ВНИИФТРИ»

М.А. Зотова

О.А. Картавенко