

Течеискание и контроль герметичности: Методы вакуумирования, накопления и подготовка газовых смесей

Отраслевой стандарт ОСТ 92-1527-89

Материал подготовлен исключительно для
профессиональных инженеров-вакуумщиков.

При поддержке лаборатории контроля герметичности ЛИКЛАБ.

Порог чувствительности (Аргон и Азот)

Газ / Метод	Вт	л·мкм рт.ст./с
Аргон (вакуумирование в камере)	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Аргон (метод щупа)	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-1}$
Азот (вакуумирование в камере)	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$



При проведении испытаний используются капиллярные и механические контрольные течи по ОСТ 92-2125-87.

Физические ограничения применения азота вместо аргона:
В источнике не указано.

Подготовка к методу накопления (атмосферное давление)



Шаг 1: Проверка

Проверка документации и внешний осмотр на видимые дефекты.



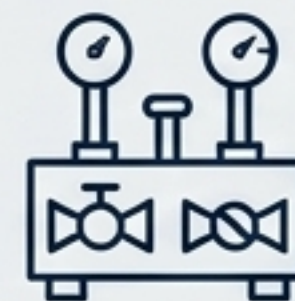
Шаг 2: Установка

Установка технологической оснастки.
Условие: процесс установки должен обеспечивать полную герметичность стыков объема накопления.



Шаг 3: Проверка пика гелия

Ввести иглу к шприцу «Рекорд» через щуп-натекатель.
Зарегистрировать максимальный сигнал и сравнить с фоном атмосферы цеха.



Шаг 4: Заполнение

Подсоединить объект к пневмопульту, заполнить контрольным газом и начать отсчет времени.

Причины выбора именно шприца «Рекорд»: В источнике не указано.

Расчет порога чувствительности (Формулы 58 и 59)

$$S_c = C_k * (\alpha_{min} / \alpha_k)$$

S_c : порог чувствительности (%)

C_k : концентрация гелия без учета фона (%)

α_k : показание ВУ от контрольной концентрации (мВ)

α_{min} : мин. достоверный отсчет (мВ)

Ограничение: α_{min} равен удвоенному уровню флуктуаций.

≥ 28 мВ (ПТИ-7, ПТИ-7А, ПТИ-10, ПТИ-14)

≥ 4 мВ (ПТИ-14М)

Скомпенсировать показания ВУ до нуля (допуск: 5-15% от верхнего предела шкалы).
Зафиксировать время t макс. отклонения (ограничение: не менее 1/3 шкалы).

$$\frac{1}{R_c} = C_k / \alpha_k$$

Концентрация гелия,
соответствующая 1 мВ.

Расшифровка аббревиатуры ВУ:
В источнике не указано.

Допустимая негерметичность и процесс выдержки

Формула 60

$$\alpha_{T.y} = \frac{C_{T.y}}{1 / R_c}$$

$\alpha_{т.у}$: показание ВУ от допустимой
течи (мВ)

$C_{т.у}$: макс. допустимая
концентрация в объеме,
норма герметичности (%)

Условие перемешивания: Если объем $> 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$,
допускается принудительное перемешивание.

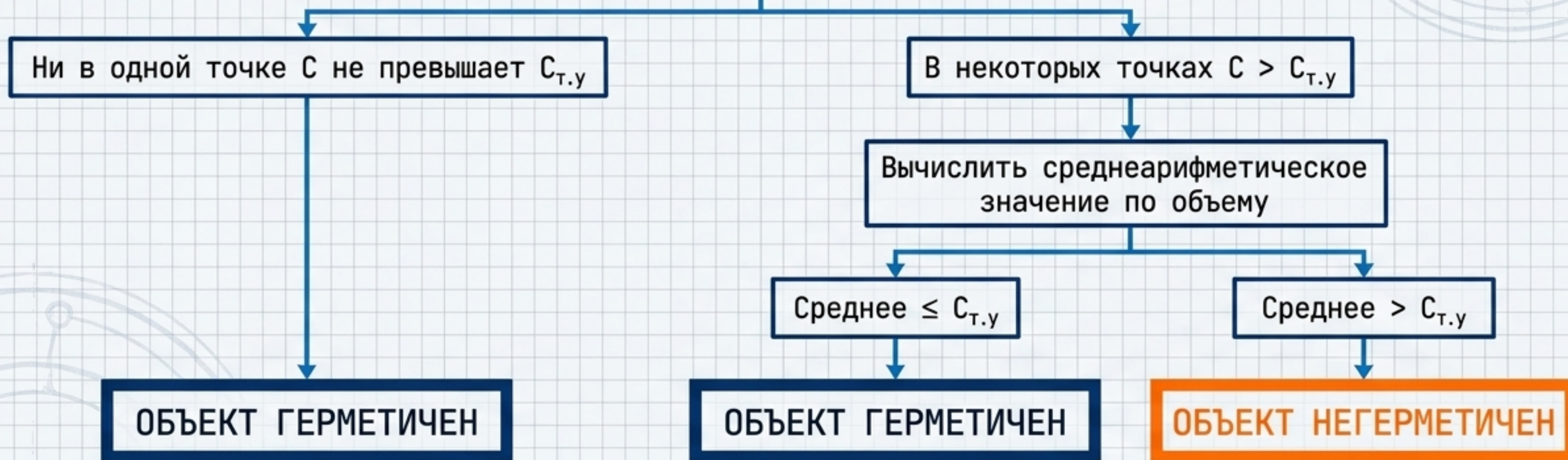


Измерение начинать в местах наименьшего зазора или вероятной утечки. Место прокола герметизировать липкой лентой ПХЛ.

Определение концентрации и критерии оценки

$$\text{Формула 61: } C = \frac{1}{R_c} * \alpha$$

C - концентрация в точке, α - показание ВУ в мВ



Инженерные выводы

Для мягких объемов (полиэтиленовая пленка) можно локализовать место течи по максимальной концентрации.

Допускается испытание многополостного изделия в одном объеме.

После сброса давления обязательна продувка/откачка полости для предотвращения повышения фона гелия в цехе.

Испытание на герметичность технологической оснастки

Сравнение методов по типу оснастки

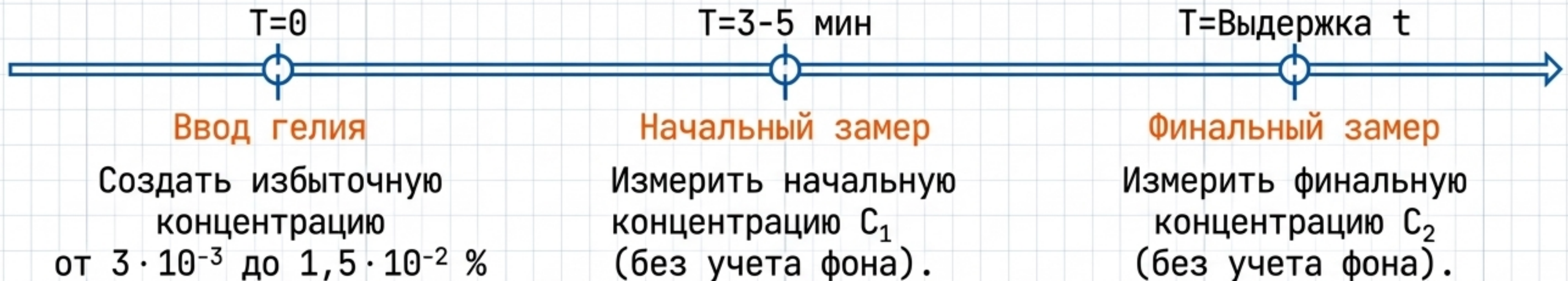
Жесткая оснастка

Щуп, обмыливание, спад давления, изменение концентрации гелия.

Полужесткая и мягкая оснастка

ТОЛЬКО по изменению концентрации гелия при атмосферном давлении.

Процедура измерения изменения концентрации



КРИТЕРИЙ: Мерой негерметичности оснастки служит падение концентрации за время t .

Допустимый коэффициент герметичности оснастки

Фактический коэффициент $K = C_1 / C_2$ (Сравнивается с допустимым K_d)

$$\text{3-я категория: } \ln K_d = \frac{8,28 \cdot 10^3}{t_H}$$

$$\text{2-я категория: } \ln K_d = \frac{2,48 \cdot 10^3}{t_H}$$

$$\text{1-я категория: } \ln K_d = \frac{3,42 \cdot 10^2}{t_H}$$

t_H = расчетное время накопления (с).

ОГРАНИЧЕНИЕ ОБЪЕМА:

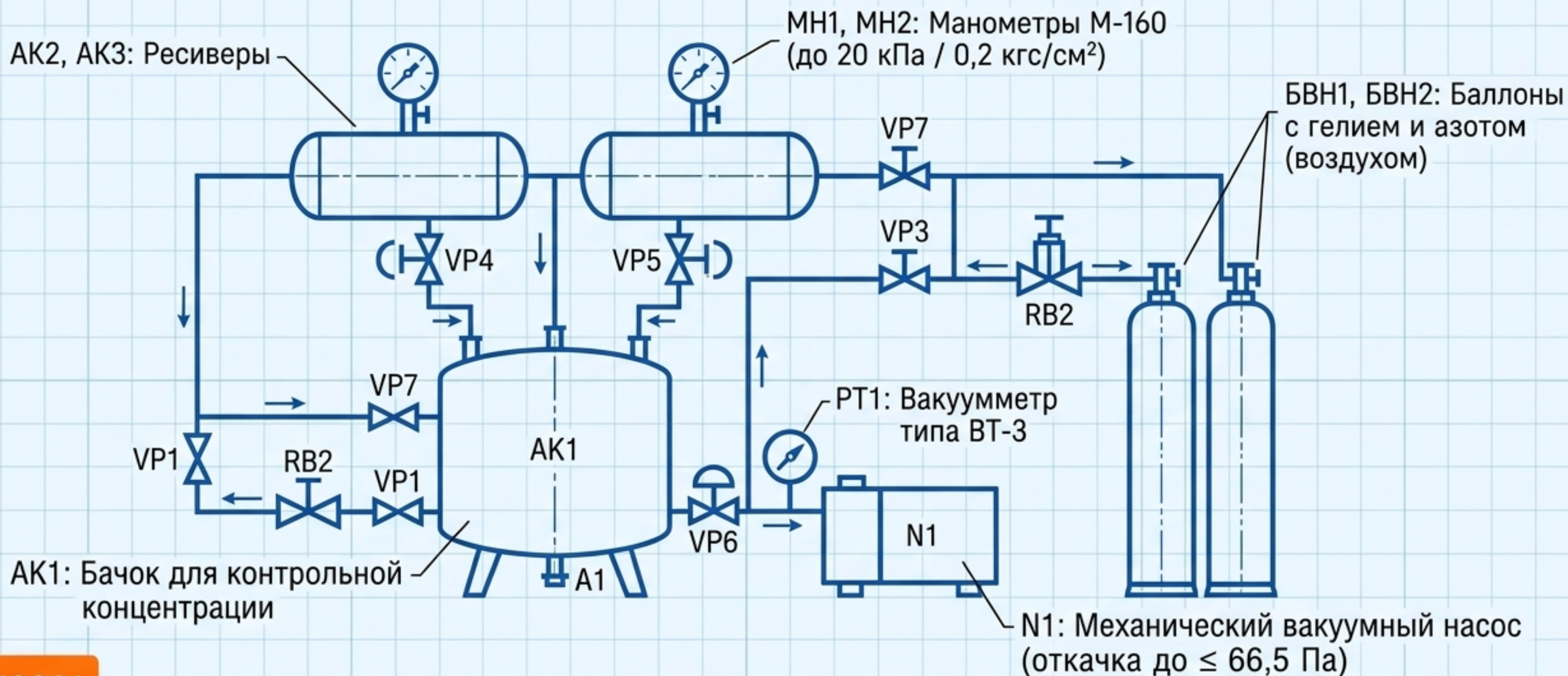
Для замкнутых объемов
 $\leq 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$,

где отношение $\frac{L}{S} \leq 10^3 \text{ м}^{-1}$

→ время выравнивания
минимум 3–5 минут.

Если значения больше,
время определяется
экспериментально.

Схема установки для приготовления контрольной концентрации



Процесс:

Резиновая камера (надеваемая на штуцер А1) наполняется гелием из ресивера до достижения диаметра 200–250 мм.

Ограничения микродозирования гелия (Формула 65)

$$V_r = (C \cdot V_k) / 100$$

V_r : объем вводимого гелия (м^3)

C : требуемая концентрация (%)

V_k : объем бачка (м^3)



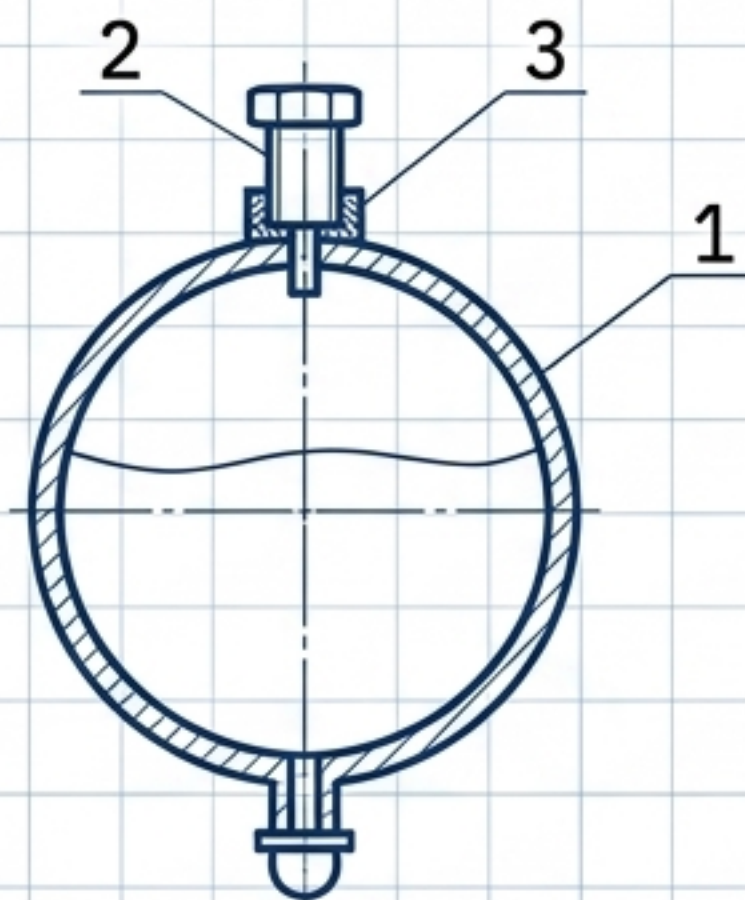
ЗАДАЧА: Получить $C = 1 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-3} \%$ в стандартном бачке 250 мл.

ТРЕБУЕМЫЙ ОБЪЕМ ВВОДА: $V_r = 0,0250 \dots 0,0025 \text{ см}^3$.

ВЫВОД СТАНДАРТА: Осуществить ввод такого микрообъема с высокой точностью с помощью медицинского шприца ПРАКТИЧЕСКИ НЕВОЗМОЖНО.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ: Обязательное использование промежуточной смеси (с концентрацией от 1 до 10%).

Приготовление промежуточной смеси



- 1 - сферический корпус
- 2 - пробка
- 3 - фторопластовая прокладка

Процедура приготовления:

- Шаг 1: Откачка до 13,3–66,6 Па, заполнение воздухом.
- Шаг 2: Ввод гелия шприцем 25 мл, выдержка 30 мин.

Извлечение из Табл. 6

Итоговая цель	Действие
0,2500%	Промежуточная смесь НЕ ТРЕБУЕТСЯ.
0,0250%	Ввести 25,00 см ³ гелия для создания 10,0% промежуточной смеси.

Инструмент: Для малых концентраций используется шприц «Рекорд» объемом 1 мл (цена деления 0,05 мл). Итоговая смесь выдерживается 20-30 мин.

Протокол инженера: Ключевые выводы ОСТ 92-1527-89

01

Превосходство вакуумирования

Чувствительность к аргону методом вакуумирования ($1,3 \cdot 10^{-8}$ Вт) в 10^4 раз выше, чем методом щупа.

02

Аппаратный лимит достоверности

Флюктуации ВУ жестко ограничивают минимальный отсчет (≥ 28 мВ для ПТИ-14, ≥ 4 мВ для ПТИ-14М).

03

Недопустимость слепого дрейфа

Любое изменение порога чувствительности $> 20\%$ в ходе испытаний требует немедленной фиксации и перерасчета коэффициентов.

04

Физический барьер шприца

Невозможность прямого ввода гелия в объемах $\leq 0,025$ см³ делает обязательным двухэтапное разбавление (промежуточные смеси 1-10%).