

УДК 681.2.08:62.784.4

Л.В. Недобой, ассистент; А.П. Васютенко, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: ps@sevgtu14.sebastopol.ua

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПРОБООТБОРНЫХ УСТРОЙСТВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассматривается схема пробоотборного устройства циклического действия с пневмокамерой переменного объема, проанализированы составляющие погрешности дозирования объема пробы воздуха. Приводятся числовые значения составляющих и суммарная погрешность измерения.

Повышение точности анализа воздушной среды лабораторными методами является важным направлением в решении задачи оздоровления атмосферы, снижения уровня запыленности и загазованности воздушной среды производственных помещений, предотвращения возможности образования пожаро-взрывоопасных концентраций веществ. Достоверность результатов определения концентрации вредных веществ в воздухе в значительной степени зависит от точности пробоотборных устройств, осуществляющих выделение вредных веществ на поглотительные элементы.

Перспективным направлением улучшения метрологических характеристик пробоотборных устройств является использование циклического принципа отбора проб воздуха, который обеспечивает высокую стабильность режима пробоотбора и точность дозирования объема пробы воздуха.

На рисунке 1 изображена схема пробоотборного устройства циклического действия с пневмокамерой переменного объема 1, в которой поршень 2 перемещается в гидрозатворе 3. Пневмокамера с поршнем служит од-

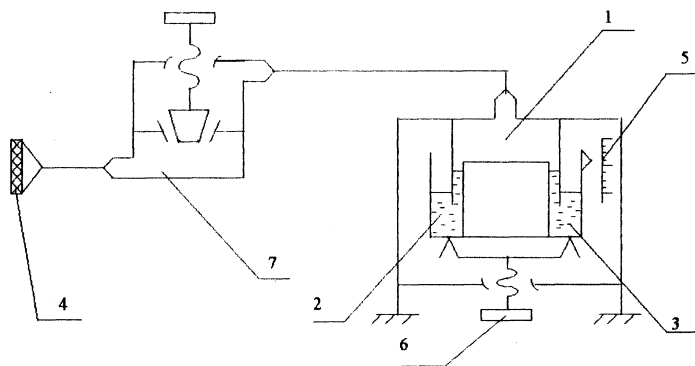


Рисунок 1 – Схема пробоотборного устройства циклического действия с пневмокамерой переменного объема

новременно побудителем расхода воздуха через фильтр 4 и дозатором объема пробы воздуха. Объем пробы воздуха, отбираемой за один цикл, настраивается по шкале 5 и регулируется путем изменения хода поршня винтом 6. Регулятором 7 настраивается скорость пробоотбора.

Погрешность дозирования объема пробы воздуха определяется следующими составляющими: погрешность тарирования шкалы пробоотборного устройства; погрешность настройки устройства на заданный объем пробы воздуха, отбираемый за один цикл; погрешность объекта контроля, связанная с изменением температуры воздуха и атмосферного давления; температурная погрешность, вызываемая изменением геометрических размеров пневмокамеры.

Тарированные шкалы отсчета объема пробы воздуха производится мерными колбами, погрешность которых составляет $\Delta V_1 = 0,01 \text{ дм}^3$.

Погрешность настройки заданного объема пробы воздуха, отбираемого за один цикл рассчитывается исходя из интервала деления шкалы Δl , величины хода поршня l и объема пневмокамеры $V_{ПК}$:

$$\Delta V_2 = \frac{V_{ПК} \cdot \Delta l}{l} \quad (1)$$

Погрешности, связанные с изменением температуры и давления воздуха, определяются из выражения

$$V = \frac{V_{ПК} \cdot Pa}{\rho \cdot R \cdot T} \quad (2)$$

из (2) получаем:

$$dV = \frac{Pa}{\rho \cdot R \cdot T} dV_{ПК} + \frac{V_{ПК}}{\rho \cdot R \cdot T} dPa - \frac{V_{ПК} \cdot Pa}{\rho \cdot R \cdot T^2} dT \quad (3)$$

из (3), в приращения:

$$\Delta V = \frac{Pa}{\rho \cdot R \cdot T} \Delta V_{ПК} + \frac{V_{ПК}}{\rho \cdot R \cdot T} \Delta Pa - \frac{V_{ПК} \cdot Pa}{\rho \cdot R \cdot T^2} \Delta T \quad (4)$$

Изменение объема пневмокамеры $\Delta V_{ПК}$ определяется температурной деформацией ее элементов и, в случае использования пневмокамеры прямоугольной формы, вычисляется по формуле

$$\Delta V_{ПК} = 3 \cdot a \cdot b \cdot h \cdot \alpha \cdot \Delta T, \quad (5)$$

где a, b, h – геометрические размеры пневмокамеры, α – температурный коэффициент линейного расширения материала пневмокамеры. С учетом (5) из (4) следует:

$$\Delta V = \frac{3 \cdot a \cdot b \cdot h \cdot Pa \cdot \alpha}{\rho \cdot R \cdot T} \Delta T + \frac{V_{ПК}}{\rho \cdot R \cdot T} \Delta Pa - \frac{V_{ПК} \cdot Pa}{\rho \cdot R \cdot T^2} \Delta T \quad (6)$$

В таблице 1 представлены исходные данные и расчетные значения составляющих погрешности дозирования объема пробы.

Таблица 1 – Погрешности дозирования объема пробы воздуха.

Параметры	Значения				
Геометрические параметры, мм	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	Δl	<i>l</i>
	125	400	200	1	200
Первичные ошибки	ΔT , К		ΔP_a , Па		
	30		2600		
Составляющие погрешности, дм ³	ΔV_V		ΔV_{Pa}		ΔV_T
	0,03		+0,032		-1,4
Поправки, дм ³	P_P		P_T		
	-0,32		+1,4		
Погрешности средств измерения Т и Ра	$\Delta V_{Pa}'$		$\Delta V_T'$		
	0,008		0,012		

Доминирующими составляющими являются погрешности, связанные с колебанием температуры воздуха и атмосферного давления. Для компенсации этих составляющих погрешностей проводится приведение объема пробы воздуха к нормальным условиям ($T=293$ К; $P_a=101430$ Па) путем измерения температуры и давления воздуха и введение соответствующих поправок P_T и P_P в результат измерения. В качестве составляющих погрешностей принимаются погрешности средств измерения температуры $\Delta V_T'$ и атмосферного давления $\Delta V_{Pa}'$.

Суммарная погрешность дозирования объема пробы воздуха для нормального закона распределения составляющих при доверительной вероятности $\alpha=0,95$ определяется из выражения

$$\Delta V = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}, \quad (7)$$

где $\sigma_i = \Delta V_i / 2$ – среднее квадратическое отклонение i -ой составляющей погрешности. Из (7) значения составляющих погрешностей найдем погрешность дозирования объема пробы воздуха равна $\Delta V = 0,05$ дм³. Относительная погрешность при объеме пневмокамеры $V_{пк} = 10$ дм³ составляет 0,5%, что значительно меньше погрешности пробоотборных устройств непрерывного действия, которая лежит в пределах 24...20%. Кроме того, схема построения пробоотборных устройств циклического действия позволяет создавать простые и надежные в эксплуатации конструкции во взрывобезопасном исполнении.

Предполагается дальнейшее исследование циклического принципа отбора проб воздуха, для активного использования его в лабораторных анализах запыленности и загазованности воздушной среды.

Библиографический список

1. Даниленко В.П. Метрологическое обеспечение промышленного производства / В.П. Даниленко. — К.: Техника, 1982. — 186 с.
2. Бурдун Г.Д. Основы метрологии / Г.Д. Бурдун, Б.Н. Марков. — М.: Изд-во стандартов, 1972. — 263 с.

Поступила в редакцию 28.03.2005 г.