ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

РАСХОД ГАЗА МАССОВЫЙ

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

ГОСТ 8.464—82

Издание официальное

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

УДК 531.533 : 543.27 : 006.354 Группа Т86

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Государственная система обеспечения единства измерений

РАСХОД ГАЗА МАССОВЫЙ

Расчетные зависимости косвенных методов измерений

State system for ensuring the uniformity of measurements. Gas mass flow rate. Calculated relations of indirect methods of measurements

ГОСТ 8.464—82

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23 апреля 1982 г. № 1645 срок введения установлен

с 01.07.83

Настоящий стандарт устанавливает комплекс расчетных зависимостей между массовым расходом стационарного изоэнтропического энергоизолированного однофазного потока газа, термогазодинамическими параметрами, параметрами состояния, физическими константами, эмпирическими коэффициентами и геометрическими размерами проточных каналов, а также требования к порядку получения исходных формул для оценки погрешности измерения массового расхода.

Настоящий стандарт обязателен для применения при разработке средств измерений массового расхода газа, регламентированных к использованию ГОСТ 8.369—79, соответствующих стандартов методик выполнения измерений и нормативно-технических документов на методы и средства поверки.

Расчетные зависимости для массового расхода газа, регламентированные настоящим стандартом, могут быть преобразованы в расчетные зависимости для объемного расхода газа, приведенного к нормальным условиям, установленным ГОСТ 2939—63. С этой целью зависимости для массового расхода газа делят на плотность газа при нормальных условиях $\varrho_н$ или на уравнение, выражающее эту плотность газа через давление, температуру, газовую постоянную и коэффициент сжимаемости $\varrho_н = P_н/Z_н R T_н$.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

★

Переиздание. Июль 1986 г.

1. ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

1.1. Сочетания независимых термогазодинамических параметров, измеряемых прямым методом, используемые в расчетных зависимостях для массового расхода газа, выбраны из следующего ряда термогазодинамических параметров:

$$a_0;\ a;\ w;\ \delta a = a_0 - a;\ \delta w_0 = a_0 - w;\ \delta w = a - w;$$

$$\rho_0;\ \rho;\ \delta\rho = \rho_0 - \rho;$$

$$P_0;\ P;\ \delta P = P_0 - P;$$

$$T_0,$$

где a — скорость звука;
ρ — плотность газа;
P — абсолютное давление в потоке;
w — скорость потока;
T_0 — температура потока.

Индекс «0» означает, что значение параметра соответствует состоянию изоэнтропического заторможенного потока.

2. РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ

2.1. Расчетные зависимости для массового расхода в исходной и упрощенной формах, выражения для поправочных множителей ε, условные обозначения расчетных зависимостей в виде литеры M с верхним и нижним цифровыми индексами, сочетания независимых термогазодинамических параметров, подлежащих измерениям прямым методом, и параметры A, γ, Z_0, R, μ, численные значения которых предполагаются известными, представлены в таблице.

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{11}^{1}	ρ, w (μ, A)	$\dot{m}=\mu A \rho w$
M_{11}^{2}	ρ_0, w, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\frac{\rho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0 w$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0 w$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\frac{\rho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{12}^{2}	ρ_0, w, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\rho_0 w\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0 w$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{13}^{2}	ρ_0, δw_0, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0 a_0\left(1-\frac{\delta w}{a_0}\right)$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0\delta w_0$, $\varepsilon=\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{14}^{2}	ρ_0, w, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A \rho_0 w\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon \rho_0 w$, $\varepsilon=\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{15}^{2}	ρ_0, ϑw, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0\, a\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon \rho_0 \vartheta w$, $\varepsilon=\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)\left(\frac{\vartheta w}{a}\right)^{-1}$
M_{11}^{3}	w, P, T_0 (μ, A, γ, Z, R)	$\dot{m}=\mu A \frac{P_0}{Z_0 R T_0}\, w\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\,\frac{w^2}{Z_0 R T_0}\right)^{-1}$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon \frac{1}{Z_0 R T_0}\, w P$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\,\frac{w^2}{Z_0 R T_0}\right)^{-1}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M^3_{12}	w, P, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A \gamma \frac{P}{a_0^2} w \left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{-1}$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon\gamma w \frac{P}{a_0^2}$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{-1}$
M^3_{13}	ϑw_0, P, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\vartheta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{-1}\gamma\left(1-\frac{\vartheta w_0}{a_0}\right)\frac{P}{a_0}$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon\gamma P \frac{\vartheta w_0}{a_0^2}$, $\varepsilon=\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\vartheta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{-1}\left(\frac{\vartheta w_0}{a_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\vartheta w_0}{a_0}\right)$
M^3_{14}	w, P, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\gamma \frac{P}{a^2} w$
M^3_{15}	ϑw, P, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A \gamma\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)\frac{P}{a}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\gamma\frac{P}{a^2}\vartheta w$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\vartheta w}{a}\right)\left(\frac{\vartheta w}{a}\right)^{-1}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{11}^4	$w,\ P_0,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$	$\dot m=\mu A\dfrac{P_0}{Z_0 R T_0}w\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2\gamma}\dfrac{w^2}{Z_0 R T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\dfrac{1}{Z_0 R T_0}wP_0$, $\varepsilon=\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2\gamma}\dfrac{w^2}{Z_0 R T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{12}^4	$w,\ P_0,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2}\dfrac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}w\gamma\dfrac{P_0}{a_0^2}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\gamma w\dfrac{P_0}{a_0^2}$, $\varepsilon=\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2}\dfrac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{13}^4	$\delta w_0,\ P_0,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\left[1-\dfrac{\gamma-1}{2}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\gamma\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)\dfrac{P_0}{a_0}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\gamma\dfrac{P_0}{a_0^2}\delta w_0$, $\varepsilon=\left[1-\dfrac{\gamma-1}{2}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)\left(\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{14}^{4}	$w,\ P_0,\ a$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}\gamma w\frac{P_0}{a^2}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\gamma w\frac{P_0}{a^2}$, $\varepsilon=\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}$
M_{15}^{4}	$\delta w,\ P_0,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}\gamma\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\frac{P_0}{a}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\gamma\,\delta w\frac{P_0}{a^2}$, $\varepsilon=\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\left(\frac{\delta w}{a}\right)^{-1}$
M_{21}^{1}	$\rho,\ P,\ P_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]P_0\rho\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{2\rho P_0\left(1-\frac{P}{P_0}\right)}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{22}^{1}	$\rho,\ \delta P,\ P_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\rho\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\delta P\rho},$ $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{21}^{2}	$\rho_0,\ P,\ P_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\rho_0 P\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\rho_0 P\left(1-\frac{P}{P_0}\right)},$ $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{22}^{2}	$\rho_0,\ \delta P,\ P_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\rho_0\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\delta P\rho_0},$ $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M^2_{23}	$\rho,\ \rho_0,\ P_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\rho\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\frac{P_0}{\rho_0}\left[1-\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2\rho P_0\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)},$ $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M^2_{24}	$\delta\rho,\ \rho_0,\ P_0$	$\dot{m}=\mu A\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\rho_0 P_0\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2\delta\rho P_0},$ $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^2\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\left(\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-1}\right\}^{\frac{1}{2}}$
M^2_{25}	$\rho,\ \rho_0,\ P$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P\rho\left[\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{(\gamma-1)}-1\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2P\rho\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)},$ $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{-1}\left[\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{(\gamma-1)}-1\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{26}^{2}	$\delta\rho$, ρ_0, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\rho_0 P\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2\,\delta\rho\,P}$, $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{21}^{4}	P, P_0, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\frac{P^2}{Z_0 R T_0}\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\frac{P}{\sqrt{Z_0 R T_0}}\sqrt{2\left(1-\frac{P}{P_0}\right)}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{22}^{4}	δP, P_0, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\frac{P_0}{\sqrt{Z_0 R T_0}}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\frac{\varepsilon}{\sqrt{Z_0 R}}\sqrt{2\delta P\frac{P_0}{T_0}}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{23}^{4}	$P,\ P_0,\ \rho$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\rho P_0\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\rho P_0\left(1-\frac{P}{P_0}\right)},$ $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{24}^{4}	$\delta P,\ P_0,\ \rho$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\rho\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\delta P\rho},$ $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{25}^{4}	$\rho,\ P_0,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\rho^2\frac{Z_0RT_0}{P_0}\left[1-\left(\rho\frac{Z_0RT_0}{P_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2P_0\rho\left(1-\rho\frac{Z_0RT_0}{P_0}\right)},$ $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\rho\frac{Z_0RT_0}{P_0}\left(1-\rho\frac{Z_0RT_0}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\rho\frac{Z_0RT_0}{P_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M^4_{26}	$\rho,\ P,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ T_0)$	$\dot m=\mu A\left[\frac{2\gamma}{\gamma-1}P\rho\left(\rho\frac{Z_0RT_0}{P}-1\right)\right]^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma-1}2\sqrt{P\rho\left[\sqrt{\rho\frac{Z_0RT_0}{P}}-1\right]}}$, $\varepsilon=\left(\frac{1}{2}\left[1+\sqrt{\rho\frac{Z_0RT_0}{P}}\right]\right)^{\frac{1}{2}}$
M^1_{31}	$\rho,\ a,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=\mu A\rho a_0\left\{\frac{2}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{a}{a_0}\right)^2\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{\frac{1}{\gamma-1}2\rho a_0\sqrt{1-\frac{a}{a_0}}}$, $\varepsilon=\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{a}{a_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$
M^1_{32}	$\rho,\ \delta a,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot m=2\mu A\rho\left\{\frac{1}{\gamma-1}\delta a\,a_0\left(1-\frac{\delta a}{a_0}\right)\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=2\mu A\varepsilon\sqrt{\frac{1}{\gamma-1}}\rho\sqrt{\delta a\,a_0}$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\delta a}{2a_0}\right)^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{32}^{2}	ρ_0, ϑa, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=2\mu A\rho_0\left[\frac{1}{\gamma-1}\left(1-\frac{\vartheta a}{a_0}\right)^{\frac{4}{\gamma-1}}\vartheta a\, a_0\left(1-\frac{\vartheta a}{2a_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=2\mu A\varepsilon\sqrt{\frac{1}{\gamma-1}}\,\rho_0\sqrt{\vartheta a\, a_0}$; $\varepsilon=\left[\left(1-\frac{\vartheta a}{a_0}\right)^{\frac{4}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\vartheta a}{2a_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$
M_{41}^{1}	ρ, a, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\rho\left\{\frac{2}{\gamma-1}\gamma Z_0RT_0\left[1-\frac{a^2}{\gamma Z_0RT_0}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=2\mu A\varepsilon\sqrt{\frac{1}{\gamma-1}}\,\rho\sqrt{\gamma Z_0RT_0}\sqrt{1-\frac{a}{\sqrt{\gamma Z_0RT_0}}}$, $\varepsilon=\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{a}{\sqrt{\gamma Z_0RT_0}}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$
M_{41}^{3}	P, a, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\gamma\frac{P}{a^2}\left[\frac{2}{\gamma-1}\gamma Z_0RT_0\left(1-\frac{a^2}{\gamma Z_0RT_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{41}^{4}	$P_0,\ a,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$	$\dot{m}=\mu A \gamma \frac{P_0}{a^3}\left(\frac{a^2}{\gamma Z_0 R T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\left[\frac{2}{\gamma-1}\gamma Z_0 R T_0\left(1-\frac{a^2}{\gamma Z_0 R T_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$

Обозначения:

A — площадь проходного сечения канала;

γ — показатель изоэнтропы;

Z_0 — коэффициент сжимаемости изоэнтропически заторможенного газа;

R — удельная газовая постоянная;

μ — коэффициент расхода;

$\dot{m}$ — массовый расход газа.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ПОРЯДКУ ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА

3.1. Значение относительного среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности измерения массового расхода на основе расчетной зависимости M^l_{mn} рассчитывают по формуле

$$S_0(\dot{m})^l_{mn} = \left\{ \sum_{i=1}^{t} [\psi_{\dot{m}}(x_i)^l_{mn}]^2 \cdot [S_0(x_i)^l_{mn}]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \qquad (1)$$

где x_i — обобщенный символ параметров в расчетной зависимости M^l_{mn};

$S_0(x_i)^l_{mn}$ — относительные средние квадратические отклонения случайных составляющих погрешностей измерения параметра x_i;

$\psi_{\dot{m}}(x_i)^l_{mn}$ — коэффициенты влияния погрешностей измерения параметров на погрешность измерения массового расхода;

t — число параметров в расчетной зависимости M^l_{mn}.

3.2. Коэффициенты влияния $\psi_{\dot{m}}(x_i)_{mn}$ определяют по формуле

$$\psi_{\dot{m}}(x_i)^l_{mn} = \frac{\partial \dot{m}^l_{mn}}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{\dot{m}^l_{mn}}, \qquad (2)$$

где $\frac{\partial \dot{m}^l_{mn}}{\partial x_i}$ — частные производные от массового расхода, выраженного расчетной зависимостью M^l_{mn}, по параметрам x_i.

3.3. Относительное среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности поправочного множителя ε^l_{mn} рассчитывают по формуле

$$S_0(\varepsilon)^l_{mn} = \left\{ \sum_{i=1}^{r} [\psi_{\varepsilon}(x_i)^l_{mn}]^2 \cdot [S_0(x_i)^l_{mn}]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \qquad (3)$$

где $\psi_{\varepsilon}(x_i)^l_{mn}$ — коэффициенты влияния погрешностей измерения параметров x_i в выражениях для поправочных множителей ε^l_{mn} на погрешность определения их значений;

r — число параметров x_i в выражениях для ε^l_{mn}.

3.4. Коэффициенты влияния $\psi_{\varepsilon}(x_i)^l_{mn}$ определяют по формуле

$$\psi_{\varepsilon}(x_i)^l_{mn} = \frac{\partial \varepsilon^l_{mn}}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{\varepsilon^l_{mn}}, \qquad (4)$$

где $\dfrac{\partial \varepsilon^{l}_{mn}}{\partial x_i}$ — частные производные от поправочного множителя по параметрам x_i.

3.5. Пределы относительной неисключенной систематической составляющей погрешности результата измерения массового расхода рассчитывают по формуле

$$\Theta_0(\dot{m})^{l}_{mn}=k\left\{\sum_{i=1}^{l}\left[\psi_{\dot{m}}(x_i)^{l}_{mn}\right]^2\cdot\left[\Theta_0(x_i)^{l}_{mn}\right]^2\right\}^{\frac{1}{2}}, \qquad (5)$$

где $\Theta_0(x_i)^{l}_{mn}$ — пределы относительных неисключенных систематических составляющих погрешностей параметров x_i;

k — коэффициент, определяемый в соответствии с ГОСТ 8.207—76.

Пределы относительной неисключенной систематической составляющей погрешности поправочного множителя ε^{l}_{mn} рассчитывают по формуле

$$\Theta_0(\dot{m})^{l}_{mn}=k\left\{\sum_{i=1}^{r}\left[\psi_{\varepsilon}(x_i)^{l}_{mn}\right]^2\cdot\left[\Theta_0(x_i)^{l}_{mn}\right]^2\right\}^{\frac{1}{2}}. \qquad (6)$$

3.6. Пределы суммарной погрешности результата измерения расхода рассчитывают по методике, регламентированной ГОСТ 8.207—76.

3.7. Пример получения исходных формул для расчета погрешности измерения массового расхода газа приведен в справочном приложении.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

ПРИМЕР ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ГАЗА

Для расчетной зависимости $M^{4}_{\text{ВЗ}}$

$$\dot{m}=\mu A\frac{P_0}{\sqrt{Z_0RT_0}}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$$

или

$$\dot{m}=\mu A\frac{\varepsilon}{\sqrt{Z_0R}}\sqrt{2\,\delta P\,\frac{P_0}{T_0}},$$

где $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$

формулы (1) и (3) настоящего стандарта записывают в виде

$$S_0(\dot{m})=\{[\psi_{\dot{m}}(\mu)\cdot S_0(\mu)]^2+[\psi_{\dot{m}}(A)\cdot S_0(A)]^2+[\psi_{\dot{m}}(\gamma)\cdot S_0(\gamma)]^2+$$
$$+[\psi_{\dot{m}}(P_0)\cdot S_0(P_0)]^2+[\psi_{\dot{m}}(Z_0)\cdot S_0(Z_0)]^2+[\psi_{\dot{m}}(\delta P)\cdot S_0(\delta P)]^2+[\psi_{\dot{m}}(P_0)\cdot S_0(P_0)]^2+$$
$$+[\psi_{\dot{m}}(T_0)\cdot S_0(T_0)]^2\}^{\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

и

$$S_0(\dot{m})=\{[\psi_{\dot{m}}(\mu)\cdot S_0(\mu)]^2+[\psi_{\dot{m}}(A)\cdot S_0(A)]^2+[\psi_{\dot{m}}(\varepsilon)\cdot S_0(\varepsilon)]^2+[\psi_{\dot{m}}(R)\cdot S_0(R)]^2+$$
$$+[\psi_{\dot{m}}(T_0)\cdot S_0(T_0)]^2+[\psi_{\dot{m}}(Z_0)\cdot S_0(Z_0)]^2+[\psi_{\dot{m}}(\delta P)\cdot S_0(\delta P)]^2+$$
$$+[\psi_{\dot{m}}(P_0)\cdot S_0(P_0)]^2\}^{\frac{1}{2}}, \qquad (2)$$

где $S_\varepsilon(\varepsilon)=\{[\psi_\varepsilon(\delta P)\cdot S_0(\delta P)]^2+[\psi_\varepsilon(P_0)\cdot S_0(P_0)]^2+[\psi_\varepsilon(\gamma)\cdot S_0(\gamma)]^2\}^{\frac{1}{2}}.$ (3)

Коэффициенты влияния в формуле (1) равны

$$\psi_{\dot m}(\mu)=\frac{\partial\dot m}{\partial\mu}\,\frac{\mu}{\dot m}=1;$$

$$\psi_{\dot m}(A)=\frac{\partial\dot m}{\partial A}\,\frac{A^{*}}{\dot m}=1;$$

$$\psi_{\dot m}(R)=\frac{\partial\dot m}{\partial R}\,\frac{R}{\dot m}=0,5;$$

$$\psi_{\dot m}(Z_0)=\frac{\partial\dot m}{\partial Z_0}\,\frac{Z_0}{\dot m}=0,5;$$

$$\psi_{\dot m}(T_0)=\frac{\partial\dot m}{\partial T_0}\,\frac{T_0}{\dot m}=0,5;$$

$$\psi_{\dot m}(\gamma)=\frac{\partial\dot m}{\partial\gamma}\,\frac{\gamma}{\dot m}=\frac{1}{2(\gamma-1)}\left[1+\frac{2-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}\ln\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right];$$

$$\psi_{\dot m}(P_0)=\frac{\partial\dot m}{\partial P_0}\,\frac{P_0}{\dot m}=\frac{1}{\gamma}\,\frac{\frac{\delta P}{P_0}}{1-\frac{\delta P}{P_0}}\left\{1+\gamma\frac{1-\frac{\delta P}{P_0}}{\frac{\delta P}{P_0}}-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}\right\};$$

$$\psi_{\dot m}(\delta P)=\frac{\partial\dot m}{\partial\delta P}\,\frac{\delta P}{\dot m}=\frac{1}{\gamma}\,\frac{\frac{\delta P}{P_0}}{1-\frac{\delta P}{P_0}}\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}\right],$$

в формулах (2) и (3)

$$\psi_{\dot m}(\mu)=\psi_{\dot m}(A)=\psi_{\dot m}(\varepsilon)=1;$$

$$\psi_{\dot m}(\delta P)=\psi_{\dot m}(P_0)=\psi_{\dot m}(Z_0)=\psi_{\dot m}(R)=\psi_{\dot m}(T_0)=0{,}5;$$

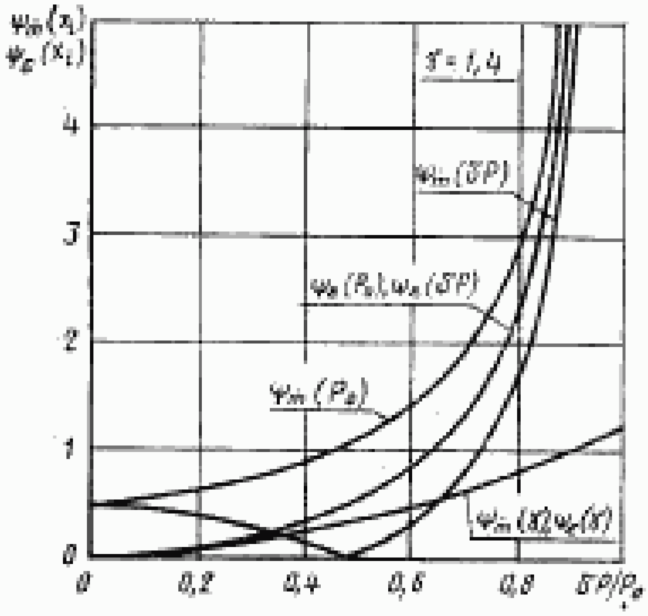
$$\psi_\varepsilon(\gamma)=\frac{\partial\varepsilon}{\partial\gamma}\cdot\frac{\gamma}{\varepsilon}=\psi_{\dot m}(\gamma);$$

$$\psi_\varepsilon(\delta P)=\frac{\partial\varepsilon}{\partial\delta P}\cdot\frac{\delta P}{\varepsilon}=\frac{1}{\gamma}\cdot\frac{\frac{\delta P}{P_0}}{1-\frac{\delta P}{P_0}}\left[1+\frac{\gamma}{2}\cdot\frac{1-\frac{\delta P}{P_0}}{\frac{\delta P}{P_0}}-\frac{\gamma-1}{2}\cdot\frac{\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}\right];$$

$$\psi_\varepsilon(P_0)=\psi_\varepsilon(\delta P).$$

Зависимости абсолютных значений коэффициентов влияния $\psi_{\dot m}(\gamma)$, $\psi_{\dot m}(P_0)$, $\psi_{\dot m}(\delta P)$, $\psi_\varepsilon(\delta P)$ и поправочного множителя ε от относительной разности давлений $\delta P/P_0$ для различных показателей изоэнтропы γ могут быть рассчитаны заранее и представлены в виде таблиц или графиков.

Для газов с показателем изоэнтропы $\gamma=1{,}4$ такие зависимости приведены на чертеже.



Если при измерении массового расхода газа относительные разности между давлением изоэнтропически заторможенного газа и статическим давлением $\delta P/P_0=(P_0-P)/P_0$ изменяются, например от 0,01 до 0,02, то коэффициенты влияния могут быть приняты равными

$$\psi_{\dot m}(\delta P)=0{,}490;$$

$$\psi_{\dot m}(P_0)=0{,}510;$$

$$\psi_{\dot m}(\gamma)=\psi_\varepsilon(\gamma)=0{,}008;$$

$$\psi_{\dot m}(\delta P)=\psi_\varepsilon(P_0)=0{,}010.$$

Тогда формулы (1)—(3) можно записать соответственно в виде

$$S_0=(\dot{m})=\{S_0(\mu)^2+S_0(A)^2+0,000064\ S_0(\gamma)^2+0,25\ [S_0(R)^2+S_0(Z_0)^2+S_0(T_0)^2]+$$

$$+0,24\ S_0\ (\delta P)^2+0,26\ S_0\ (P_0)^2\}^{\frac{1}{2}},$$

$$S_0(m)=\{S_0(\mu)^2+S_0(A)^2+S_0(\varepsilon)^2+0,25\ [S_0(R)^2+S_0(Z_0)^2+S_0(T_0)^2+S_0(\delta P)^2+$$

$$+S_0(P_0)^2]\}^{\frac{1}{2}},$$

$$S_0(\varepsilon)=\{0,0001\ [S_0(\delta P)^2+S_0(P_0)^2+0,000064\ S_0(\gamma)^2\}^{\frac{1}{2}}.$$

Аналогично находят числовые значения коэффициентов влияния в формуле (4) настоящего стандарта при оценке относительной неисключенной систематической составляющей погрешности.

Редактор *В. Н. Шалаева*
Технический редактор *Н. П. Замолодчикова*
Корректор *В. Ф. Малютина*

Сдано в наб. 03.07.86 Подп. к печ. 15.09.86 1,5 усл. п. л. 1,5 усл. кр.-отт. 1,09 уч.-изд. л.
Тир. 8 000 Цена 5 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6. Зак. 2340