8.464-82

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 1983 г.

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 $\varrho_н = P_н / Z_н R T_н$.

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)	$\dot{m}=\mu A\varrho w$
M_{11}^{2}	ϱ_0, w, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\frac{\varrho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\varrho_0 w,$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\varrho_0 w,$ $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\frac{\varrho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{12}^{2}	ϱ_0, w, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\varrho_0 w\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}},$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\varrho_0 w,$ $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{13}^{2}	ϱ_0, δw_0, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\varrho_0 a_0\left(1-\frac{\delta w}{a_0}\right),$ $\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0\delta w_0,$ $\varepsilon=\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)$

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)	$\dot{m}=\mu A \rho_0 w\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon \varrho_0 w$, $\varepsilon=\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{15}^{2}	ρ_0, δw, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}} \varrho_0\, a\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)$, $\dot{m}=\mu A \varepsilon \varrho_0 \delta w$, $\varepsilon=\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\left(\frac{\delta w}{a}\right)^{-1}$
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_{12}^{3}	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_{13}^{3}	δw_0, P, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{-1}\gamma\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)\frac{P}{a_0}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\gamma P\frac{\delta w_0}{a_0^2}$, $\varepsilon=\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{-1}\left(\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)$
M_{14}^{3}	w, P, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\gamma\frac{P}{a^2} w$
M_{15}^{3}	δw, P, a (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\gamma\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\frac{P}{a}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\gamma\frac{P}{a^2}\delta w$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\left(\frac{\delta w}{a}\right)^{-1}$

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 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\dfrac{P_0}{Z_0\,R\,T_0}\,w\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2\gamma}\,\dfrac{w^2}{Z_0\,R\,T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\,\dfrac{1}{Z_0\,R\,T_0}\,w\,P_0$, $\varepsilon=\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2\gamma}\,\dfrac{w^2}{Z_0\,R\,T_0}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{12}^4	w, P_0, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2}\,\dfrac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}w\gamma\,\dfrac{P_0}{a_0^2}$, $\dot{m}=\mu A\,\varepsilon\gamma\,w\,\dfrac{P_0}{a_0^2}$, $\varepsilon=\left(1-\dfrac{\gamma-1}{2}\,\dfrac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
M_{13}^4	δw_0, P_0, a_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left[1-\dfrac{\gamma-1}{2}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\gamma\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)\dfrac{P_0}{a_0}$ $\dot{m}=\mu\,A\,\varepsilon\gamma\,\dfrac{P_0}{a_0^2}\,\delta w_0$, $\varepsilon=\left[1-\dfrac{\gamma-1}{2}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(1-\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)\left(\dfrac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}$

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

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{22}^{1}	ϱ, δP, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1} P_0\, \varrho\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\delta P\varrho}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{21}^{2}	ϱ_0, P, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\varrho_0\, P\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\varrho_0\, P\left(1-\frac{P}{P_0}\right)}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{22}^{2}	ϱ_0, δP, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1} P_0\, \varrho_0\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\delta P\,\varrho_0}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{22}^1	ϱ, δP, P_0 (μ, A, γ)	$\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\varrho\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\delta P\varrho}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-\frac{1}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{21}^2	ϱ_0, P, P_0 (μ, A, γ)	$\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\varrho_0 P\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\varrho_0 P\left(1-\frac{P}{P_0}\right)}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2-\gamma}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{22}^2	ϱ_0, δP, P_0 (μ, A, γ)	$\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}P_0\varrho_0\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\sqrt{2\,\delta P\varrho_0}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)\right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{23}^2	ϱ, ϱ_0, P_0 (μ, A, γ)	$\dot m = \mu A \varrho \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \frac{P_0}{\varrho_0} \left[1 - \left(\frac{\varrho}{\varrho_0} \right)^{\gamma-1} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m = \mu A \varepsilon \sqrt{\gamma} \sqrt{2 \varrho P_0 \left(1 - \frac{\varrho}{\varrho_0} \right)}$, $\varepsilon = \left\{ \frac{1}{\gamma-1} \left(\frac{\varrho}{\varrho_0} \right) \left(1 - \frac{\varrho}{\varrho_0} \right)^{-1} \left[1 - \left(\frac{\varrho}{\varrho_0} \right)^{\gamma-1} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{24}^2	$\delta\varrho$, ϱ_0, P_0	$\dot m = \mu A \left(1 - \frac{\delta\varrho}{\varrho_0} \right) \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left[1 - \left(1 - \frac{\delta\varrho}{\varrho_0} \right)^{\gamma-1} \right] \varrho_0 P_0 \right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m = \mu A \varepsilon \sqrt{\gamma} \sqrt{2 \delta\varrho P_0}$, $\varepsilon = \left\{ \frac{1}{\gamma-1} \left(1 - \frac{\delta\varrho}{\varrho_0} \right)^2 \left[1 - \left(1 - \frac{\delta\varrho}{\varrho_0} \right)^{\gamma-1} \right] \left(\frac{\delta\varrho}{\varrho_0} \right)^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{25}^2	ϱ, ϱ_0, P (μ, A, γ)	$\dot m = \mu A \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} P \varrho \left[\left(\frac{\varrho}{\varrho_0} \right)^{(\gamma-1)} - 1 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot m = \mu A \varepsilon \sqrt{\gamma} \sqrt{2 P \varrho \left(1 - \frac{\varrho}{\varrho_0} \right)}$, $\varepsilon = \left\{ \frac{1}{.-1} \left(1 - \frac{\varrho}{\varrho_0} \right)^{-1} \left[\left(\frac{\varrho_0}{\varrho} \right)^{(\gamma-1)} - 1 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{26}^{2}	$\delta\varrho$, ϱ_0, P_0 (μ, A, γ)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\varrho_0 P\left(1-\frac{\delta\varrho}{\varrho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\varrho}{\varrho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2\,\delta\varrho\,P}$, $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\delta\varrho}{\varrho_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta\varrho}{\varrho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\varrho}{\varrho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{21}^{4}	P, P_0, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\frac{P^2}{Z_0RT_0}\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\varepsilon\frac{P}{\sqrt{Z_0RT_0}}\sqrt{2\left(1-\frac{P}{P_0}\right)}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$
M_{22}^{4}	δP, P_0, T_0 (μ, A, γ, Z_0, R)	$\dot{m}=\mu A\frac{P_0}{\sqrt{Z_0RT_0}}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$, $\dot{m}=\mu A\frac{\varepsilon}{\sqrt{Z_0R}}\sqrt{2\,\delta P\frac{P_0}{T_0}}$, $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

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

Продолжение

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

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε
M_{32}^2	$\varrho_0,\ \delta a,\ a_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$	$\dot{m}=2\ \mu\ A\ \varrho_0\left[\frac{1}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta\ a}{a_0}\right)^{\frac{4}{\gamma-1}}\delta\ a\ a_0\left(1-\frac{\delta a}{2\ a_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=2\ \mu\ A\ \varepsilon\ \sqrt{\frac{1}{\gamma-1}}\ \varrho_0\sqrt{\delta\ a\ a_0},$ $\varepsilon=\left[\left(1-\frac{\delta a}{a_0}\right)^{\frac{4}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\delta\ a}{2\ a_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$
M_{41}^1	$\varrho,\ a,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$	$\dot{m}=\mu\ A\ \varrho\left\{\frac{2}{\gamma-1}\gamma\ Z_0\ R\ T_0\left[1-\frac{a^2}{\gamma\ Z_0\ R\ T_0}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m}=2\ \mu\ A\ \varepsilon\ \sqrt{\frac{1}{\gamma-1}}\ \varrho\sqrt{\gamma\ Z_0\ R\ T_0}\sqrt{1-\frac{a}{\sqrt{\gamma\ Z_0\ R\ T_0}}},$ $\varepsilon=\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{a}{\sqrt{\gamma\ Z_0\ R\ T_0}}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$
M_{41}^3	$P,\ a,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$	$\dot{m}=\mu\ A\ \gamma\frac{P}{a^2}\left[\frac{2}{\gamma-1}\gamma\ Z_0\ R\ T_0\left(1-\frac{a^2}{\gamma\ Z_0\ R\ T_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$

Продолжение

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

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 $\psi_{\dot{m}}(x_i)^l_{mn}$ 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

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

где $\frac{\partial \varepsilon^l_{mn}}{\partial x_i}$ — частные производные от поправочного множителя по параметрам x_i.

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

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

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

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

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_{22}

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

или

$$\dot{m}=\mu A\frac{\varepsilon}{\sqrt{Z_0 R}}\sqrt{2\,\delta P\frac{P_0}{T_0}},$$

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

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

и

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

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

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

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

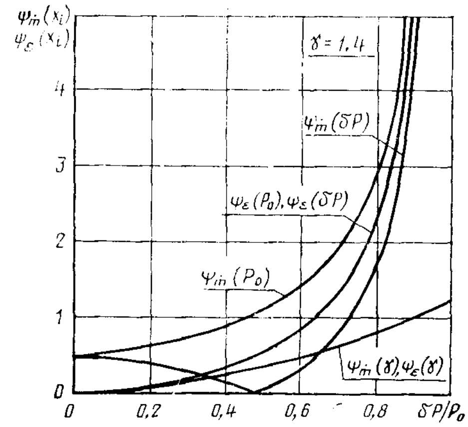
$$\psi_{\varepsilon}(\gamma)=\frac{\partial\varepsilon}{\partial\gamma}\cdot\frac{\gamma}{\varepsilon}=\psi_{\dot m}(\gamma);$$

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

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

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

$$S_0=(\dot{m})=\{S_0(\mu)^2+S_0(A)^2+0,000064S_0(\gamma)^2+0,25[S_0(R)^2+S_0(Z_0)^2+S_0(T_0)^2]+$$
$$+0,24S_0(\delta P)^2+0,26S_0(P_0)^2\}^{\frac{1}{2}},$$

$$S_0(\dot{m})=\{S_0(\mu)^2+S_0(A)^2+S_0(\varepsilon)^2+0,25[S_0(R)^2+S_0(Z_0)^2+S_0(T_0)^2+S_0(\delta P)^2+$$
$$+S_0(P_0)^2]\}^{\frac{1}{2}},$$

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

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