



**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**

Государственная система обеспечения  
единства измерений

**РАСХОД ГАЗА МАССОВЫЙ**

Расчетные зависимости косвенных методов  
измерений

**ГОСТ**  
**8.464—82**

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

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  $\rho_n$  или на уравнение, выражающее эту плотность газа через давление, температуру, газовую постоянную и коэффициент сжимаемости  $\rho_n = P_n / Z_n R T_n$ .

Издание официальное

Перепечатка воспрещена



Переиздание. Июль 1986 г.

© Издательство стандартов, 1986

## 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;

$\rho$  — 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  $\epsilon$ , условные обозначения расчетных зависимостей в виде литеры  $M$  с верхним и нижним цифровыми индексами, сочетания независимых термогазодинамических параметров, подлежащих измерениям прямым методом, и параметры  $A$ ,  $\gamma$ ,  $Z_0$ ,  $R$ ,  $\mu$ , численные значения которых предполагаются известными, представлены в таблице.

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

Продолжение

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

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

Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей	Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров	Расчетные зависимости $m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель $\epsilon$
$M_{11}^4$	$\omega, P_0, T_0$ $(\mu, A, \gamma, Z_0, P)$	$\dot{m} = \mu A \frac{P_0}{Z_0 R T_0} \omega \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2\gamma} \frac{\omega^2}{Z_0 R T_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}},$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \frac{1}{Z_0 R T_0} \omega P_0,$ $\epsilon = \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2\gamma} \frac{\omega^2}{Z_0 R T_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
$M_{12}^4$	$\omega, P_0, a_0$ $(\mu, A, \gamma)$	$\dot{m} = \mu A \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{\omega^2}{a_0^2} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \omega \gamma \frac{P_0}{a_0^2},$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \gamma \omega \frac{P_0}{a_0^2},$ $\epsilon = \left( 1 - \frac{\gamma-1}{2} \frac{\omega^2}{a_0^2} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$
$M_{13}^4$	$\delta\omega_0, P_0, a_0$ $(\mu, A, \gamma)$	$\dot{m} = \mu A \left[ 1 - \frac{\gamma-1}{2} \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{\gamma-1}} \gamma \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right) \frac{P_0}{a_0}$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \gamma \frac{P_0}{a_0^2} \delta\omega_0,$ $\epsilon = \left[ 1 - \frac{\gamma-1}{2} \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{\gamma-1}} \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right) \left( \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^{-1}$

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



## Продолжение

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

## Продолжение

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

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

## Продолжение

Условное обозначение расчетных зависимостей

Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров

Расчетные зависимости  $\dot{m}$  в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель  $\varepsilon$ 

$M_{23}^4$	$P, P_0, \rho$ ( $\mu, A, \gamma$ )	$\dot{m} = \mu A \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \rho P_0 \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m} = \mu A \varepsilon \sqrt{2 \rho P_0 \left( 1 - \frac{P}{P_0} \right)},$ $\varepsilon = \left\{ \frac{\gamma}{\gamma-1} \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left( 1 - \frac{P}{P_0} \right)^{-1} \left[ 1 - \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$
$M_{24}^4$	$\delta P, P_0, \rho$ ( $\mu, A, \gamma$ )	$\dot{m} = \mu A \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} P_0 \rho \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m} = \mu A \varepsilon \sqrt{2 \delta P \rho},$ $\varepsilon = \left\{ \frac{\gamma}{\gamma-1} \left( \frac{\delta P}{P_0} \right)^{-1} \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$
$M_{25}^4$	$\rho, P_0, T_0$ ( $\mu, A, \gamma, Z_0, R$ )	$\dot{m} = \mu A \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} P_0 \rho^2 \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \left[ 1 - \left( \rho \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}},$ $\dot{m} = \mu A \varepsilon \sqrt{\gamma} \sqrt{2 P_0 \rho \left( 1 - \rho \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \right)},$ $\varepsilon = \left\{ \frac{1}{\gamma-1} \rho \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \left( 1 - \rho \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \right)^{-1} \left[ 1 - \left( \rho \frac{Z_0 R T_0}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$

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

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

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

Обозначения:

$A$  — площадь проходного сечения канала;

$\gamma$  — показатель изэнтропы;

$Z_0$  — коэффициент сжимаемости изэнтропически заторможенного газа;

$R$  — удельная газовая постоянная;

$\mu$  — коэффициент расхода;

$m$  — 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  $M'_{mn}$  рассчитывают по формуле

$$S_0(\dot{m})'_{mn} = \left\{ \sum_{i=1}^t [\psi_{\dot{m}}(x_i)'_{mn}]^2 \cdot [S_0(x_i)'_{mn}]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  — обобщенный символ параметров в расчетной зависимости  $M'_{mn}$ ;

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

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

$t$  — число параметров в расчетной зависимости  $M'_{mn}$ .

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

$$\psi_{\dot{m}}(x_i)'_{mn} = \frac{\partial \dot{m}'_{mn}}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{\dot{m}'_{mn}}, \quad (2)$$

где  $\frac{\partial \dot{m}'_{mn}}{\partial x_i}$  — частные производные от массового расхода, выраженного

расчетной зависимостью  $M'_{mn}$ , по параметрам  $x_i$ .

3.3. Относительное среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности поправочного множителя  $\epsilon'_{mn}$  рассчитывают по формуле

$$S_0(\epsilon)'_{mn} = \left\{ \sum_{i=1}^r [\psi_{\epsilon}(x_i)'_{mn}]^2 \cdot [S_0(x_i)'_{mn}]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где  $\psi_{\epsilon}(x_i)'_{mn}$  — коэффициенты влияния погрешностей измерения параметров  $x_i$  в выражениях для поправочных множителей  $\epsilon'_{mn}$  на погрешность определения их значений;

$r$  — число параметров  $x_i$  в выражениях для  $\epsilon'_{mn}$ .

3.4. Коэффициенты влияния  $\psi_{\epsilon}(x_i)'_{mn}$  определяют по формуле

$$\psi_{\epsilon}(x_i)'_{mn} = \frac{\partial \epsilon'_{mn}}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{\epsilon'_{mn}}, \quad (4)$$



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

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

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

где  $\Theta_0(x_i)_{mn}^l$  — 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  $\varepsilon_{mn}^l$  рассчитывают по формуле

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

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  $M_{22}^4$

$$\dot{m} = \mu A \frac{P_0}{\sqrt{Z_0 R T_0}} \left\{ \frac{2 \gamma}{\gamma - 1} \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{2}{\gamma}} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\delta P}{P_0} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

или

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

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

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

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

и

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

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

Коэффициенты влияния в формуле (1) равны

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

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

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

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

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

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

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

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

в формулах (2) и (3)

$$\psi_m(\mu) = \psi_m(A) = \psi_m(\varepsilon) = 1;$$

$$\psi_m(\delta P) = \psi_m(P_0) = \psi_m(Z_0) = \psi_m(R) = \psi_m(T_0) = 0,5;$$

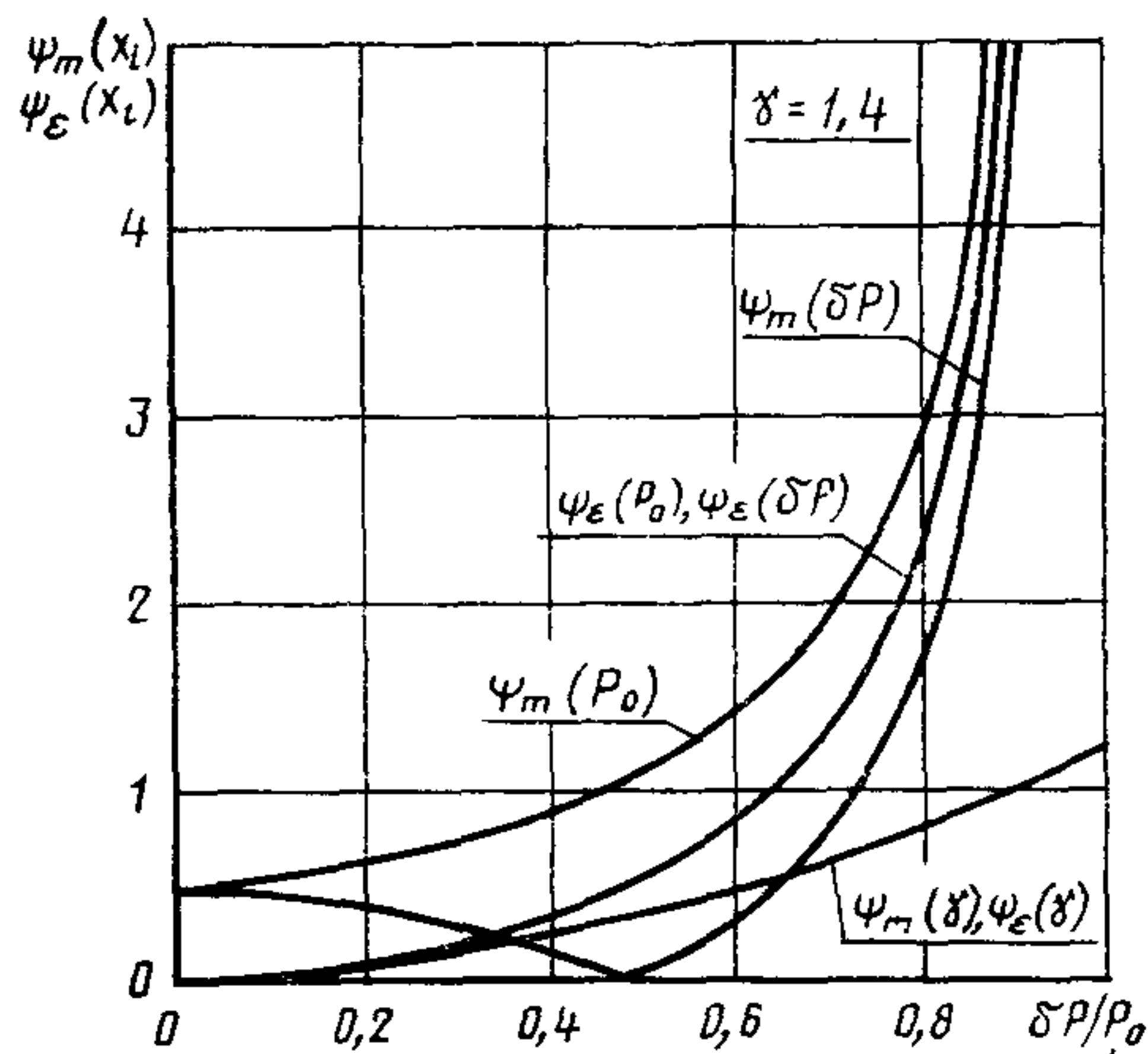
$$\psi_\varepsilon(\gamma) = \frac{\partial \varepsilon}{\partial \gamma} \frac{\gamma}{\varepsilon} = \psi_m(\gamma);$$

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

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

Зависимости абсолютных значений коэффициентов влияния  $\psi_m(\gamma)$ ,  $\psi_m(P_0)$ ,  $\psi_m(\delta P)$ ,  $\psi_\varepsilon(\delta P)$  и поправочного множителя  $\varepsilon$  от относительной разности давлений  $\delta P/P_0$  для различных показателей изоэнтропы  $\gamma$  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

$$\psi_m(\delta P) = 0,490;$$

$$\psi_m(P_0) = 0,510;$$

$$\psi_m(\gamma) = \psi_\varepsilon(\gamma) = 0,008;$$

$$\psi_m(\delta P) = \psi_\varepsilon(P_0) = 0,010.$$

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

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

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

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

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

Цена 5 коп.

Величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		международное	русское

### ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

Длина	метр	m	м
Масса	килограмм	kg	кг
Время	секунда	s	с
Сила электрического тока	ампер	A	А
Термодинамическая температура	кельвин	K	К
Количество вещества	моль	mol	моль
Сила света	кандела	cd	кд

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ

Плоский угол	радиан	rad	рад
Телесный угол	стерадиан	sr	ср

### ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИ, ИМЕЮЩИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАИМЕНОВАНИЯ

Величина	Единица			Выражение через основные и дополнительные единицы СИ
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Частота	герц	Hz	Гц	$s^{-1}$
Сила	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Количество электричества	кулон	C	Кл	$s \cdot A$
Электрическое напряжение	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая емкость	фарад	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	ом	$\Omega$	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Электрическая проводимость	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции	вебер	Wb	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Магнитная индукция	тесла	T	Тл	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность	генри	H	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Световой поток	люмен	lm	лм	$cd \cdot sr$
Освещенность	люкс	lx	лк	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Активность радионуклида	беккерель	Bq	Бк	$s^{-1}$
Поглощенная доза ионизирующего излучения	грэй	Gy	Гр	$m^2 \cdot s^{-2}$
Эквивалентная доза излучения	зиверт	Sv	Зв	$m^2 \cdot s^{-2}$