



**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 ССР 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 изоэнтальпического 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 термодинамических параметров	Расчетные зависимости $m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель $\epsilon$
$M_{11}^1$	$\rho, \omega$ ( $\mu, A$ )	$m = \mu A \rho \omega$
$M_{11}^2$	$\rho_0, \omega, P_0$ ( $\mu, A, \gamma$ )	$\dot{m} = \mu A \left( 1 - \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \frac{\rho_0}{P_0} \omega^2 \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}} \rho_0 \omega,$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \rho_0 \omega,$ $\epsilon = \left( 1 - \frac{\gamma - 1}{2\gamma} \frac{\rho_0}{P_0} \omega^2 \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}}$
$M_{12}^2$	$\rho_0, \omega, a_0$ ( $\mu, A, \gamma$ )	$\dot{m} = \mu A \rho_0 \omega \left( 1 - \frac{\gamma - 1}{2} \frac{\omega^2}{a_0^2} \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}},$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \rho_0 \omega,$ $\epsilon = \left( 1 - \frac{\gamma - 1}{2} \frac{\omega^2}{a_0^2} \right)^{\frac{1}{\gamma - 1}}$
$M_{13}^2$	$\rho_0, \delta\omega_0, a_0$ ( $\mu, A, \gamma$ )	$\dot{m} = \mu A \left[ 1 - \frac{\gamma - 1}{2} \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{\gamma - 1}} \rho_0 a_0 \left( 1 - \frac{\delta\omega}{a_0} \right),$ $\dot{m} = \mu A \epsilon \rho_0 \delta\omega_0,$ $\epsilon = \left[ 1 - \frac{\gamma - 1}{2} \left( 1 - \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{\gamma - 1}} \left( \frac{\delta\omega_0}{a_0} \right)^{-1} \left( 1 - \frac{\delta\omega}{a_0} \right)$

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

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

Продолжение

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

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



## Продолжение

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

Продолжение

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

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

Продолжение

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

Продолжение

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

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

Обозначения:

$A$  — площадь проходного сечения канала;

$\gamma$  — 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  $M_{mn}^t$  рассчитывают по формуле

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

где  $x_i$  — обобщенный символ параметров в расчетной зависимости  $M_{mn}^t$ ;

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

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

$t$  — число параметров в расчетной зависимости  $M_{mn}^t$ .

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

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

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

расчетной зависимостью  $M_{mn}^t$ , по параметрам  $x_i$ .

3.3. Относительное среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности поправочного множителя  $\varepsilon_{mn}^t$  рассчитывают по формуле

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

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

$r$  — число параметров  $x_i$  в выражениях для  $\varepsilon_{mn}^t$ .

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

$$\psi_{\varepsilon}(x_i)_{mn}^t = \frac{\partial \varepsilon_{mn}^t}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{\varepsilon_{mn}^t}, \quad (4)$$



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

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

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

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

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

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.

ПРИМЕР ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ГАЗАДля расчетной зависимости  $M_{\text{вз}}^4$ 

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

или

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

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

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

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

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

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)

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

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

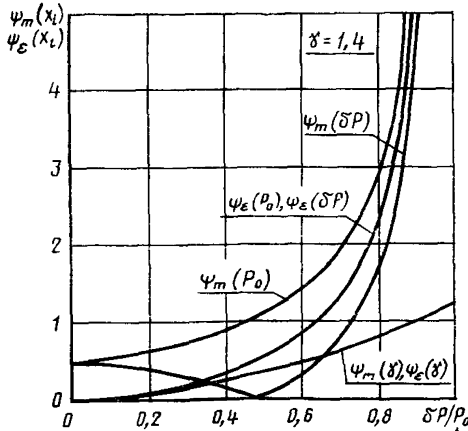
$$\psi_\varepsilon(\gamma) = \frac{\partial \varepsilon}{\partial \gamma} \frac{\gamma}{\varepsilon} = \psi_m(\gamma);$$

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

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

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 изэнтропы  $\gamma$  могут быть рассчитаны заранее и представлены в виде таблиц или графиков.

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



Если при измерении массового расхода газа относительные разности между давлением изэнтропически 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

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