ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

# РАСХОД ГАЗА МАССОВЫЙ

## РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ КОСВЕННЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ

## ГОСТ 8.464—82

Издание официальное

Цена 5 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

УДК 531.533 : 543.27 : 006.354

Группа Т86

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР**

Государственная система обеспечения единства измерений

# РАСХОД ГАЗА МАССОВЫЙ

## Расчетные зависимости косвенных методов измерений

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

# ГОСТ 8.464—82

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

**с 01.07.83**

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

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

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

**Издание официальное**

**Перепечатка воспрещена**

★

*Переиздание. Июль 1986 г.*

## 1. ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

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

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

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

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

$$T_0,$$

где $a$ — скорость звука;
$\rho$ — 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 $\varepsilon$, 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 $\dot{m}$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель ε |
|---|---|---|
| $M_{11}^{1}$ | $\rho$, $w$ ($\mu$, $A$) | $\dot{m}=\mu A \rho w$ |
| $M_{11}^{2}$ | $\rho_0$, $w$, $P_0$ ($\mu$, $A$, $\gamma$) | $\dot{m}=\mu A\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\,\frac{\rho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0 w,$<br>$\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0 w,$<br>$\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\,\frac{\rho_0}{P_0}w^2\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$ |
| $M_{12}^{2}$ | $\rho_0$, $w$, $a_0$ ($\mu$, $A$, $\gamma$) | $\dot{m}=\mu A\rho_0 w\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}},$<br>$\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0 w,$<br>$\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a_0^2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$ |
| $M_{13}^{2}$ | $\rho_0$, $\delta w_0$, $a_0$ ($\mu$, $A$, $\gamma$) | $\dot{m}=\mu A\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0 a_0\left(1-\frac{\delta w}{a_0}\right),$<br>$\dot{m}=\mu A\varepsilon\rho_0\delta w_0,$<br>$\varepsilon=\left[1-\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^2\right]^{\frac{1}{\gamma-1}}\left(\frac{\delta w_0}{a_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta w_0}{a_0}\right)$ |

*Продолжение*

| Условное обозначение расчетных зависимостей | Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров | Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| $M_{14}^{2}$ | $\rho_0,\ w,\ a$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$ | $\dot m=\mu A\rho_0 w\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$, $\dot m=\mu A\,\varepsilon\,\rho_0\,w$, $\varepsilon=\left(1+\frac{\gamma-1}{2}\,\frac{w^2}{a^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}}$ |
| $M_{15}^{2}$ | $\rho_0,\ \delta w,\ a$ $(\mu,\ A,\ \gamma)$ | $\dot m=\mu A\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}\rho_0\,a\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)$, $\dot m=\mu\,A\,\varepsilon\,\rho_0\,\delta w$, $\varepsilon=\left[1+\frac{\gamma-1}{2}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)^2\right]^{-\frac{1}{\gamma-1}}\left(1-\frac{\delta w}{a}\right)\left(\frac{\delta w}{a}\right)^{-1}$ |
| $M_{11}^{3}$ | $w,\ P,\ T_0$ $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z,\ R)$ | $\dot m=\mu\,A\,\frac{P_0}{Z_0RT_0}\,w\left(1-\frac{\gamma-1}{2\,\gamma}\,\frac{w^2}{Z_0RT_0}\right)^{-1}$, $\dot m=\mu A\varepsilon\,\frac{1}{Z_0RT_0}\,w\,P$, $\varepsilon=\left(1-\frac{\gamma-1}{2\gamma}\,\frac{w^2}{Z_0RT_0}\right)^{-1}$ |

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

| Условное обозначение расчетных зависимостей | Сочетания измеряемых термогазодинамических параметров | Расчетные зависимости $\dot m$ в исходной и упрощенной формах, поправочный множитель $\varepsilon$ |
|---|---|---|
| $M_{26}^{2}$ | $\delta\rho,\ \rho_0,\ P_0$ <br> $(\mu,\ A,\ \gamma)$ | $\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\ \rho_0\ P\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ <br> $\dot m=\mu A\,\varepsilon\sqrt{\gamma}\sqrt{2\,\delta\rho\,P}\,,$ <br> $\varepsilon=\left\{\frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{-\gamma}\left[1-\left(1-\frac{\delta\rho}{\rho_0}\right)^{\gamma-1}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$ |
| $M_{21}^{4}$ | $P,\ P_0,\ T_0$ <br> $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$ | $\dot m=\mu A\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\frac{P^2}{Z_0RT_0}\right\}^{\frac{1}{2}},$ <br> $\dot m=\mu A\,\varepsilon\frac{P}{\sqrt{Z_0RT_0}}\sqrt{2\left(1-\frac{P}{P_0}\right)},$ <br> $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{P}{P_0}\right)^{-2\frac{\gamma-1}{\gamma}}\left(1-\frac{P}{P_0}\right)^{-1}\left[1-\left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$ |
| $M_{22}^{4}$ | $\delta P,\ P_0,\ T_0$ <br> $(\mu,\ A,\ \gamma,\ Z_0,\ R)$ | $\dot m=\mu A\frac{P_0}{\sqrt{Z_0RT_0}}\left\{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}},$ <br> $\dot m=\mu A\frac{\varepsilon}{\sqrt{Z_0R}}\sqrt{2\delta P\,\frac{P_0}{T_0}},$ <br> $\varepsilon=\left\{\frac{\gamma}{\gamma-1}\left(\frac{\delta P}{P_0}\right)^{-1}\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{2}{\gamma}}\left[1-\left(1-\frac{\delta P}{P_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]\right\}^{\frac{1}{2}}$ |

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

*Продолжение*

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

Обозначения:

$A$ — площадь проходного сечения канала;
$\gamma$ — показатель изоэнтропы;
$Z_0$ — коэффициент сжимаемости изоэнтропически заторможенного газа;
$R$ — удельная газовая постоянная;
$\mu$ — коэффициент расхода;
$\dot{m}$ — массовый расход газа.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3. Относительное среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности поправочного множителя $\varepsilon^l_{mn}$ 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 $\varepsilon^l_{mn}$ на погрешность определения их значений;

$r$ — число параметров $x_i$ в выражениях для $\varepsilon^l_{mn}$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*ПРИЛОЖЕНИЕ*
*Справочное*

## ПРИМЕР ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ГАЗА

Для расчетной зависимости $M^4_{22}$

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

или

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

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

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

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

и

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

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)

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

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

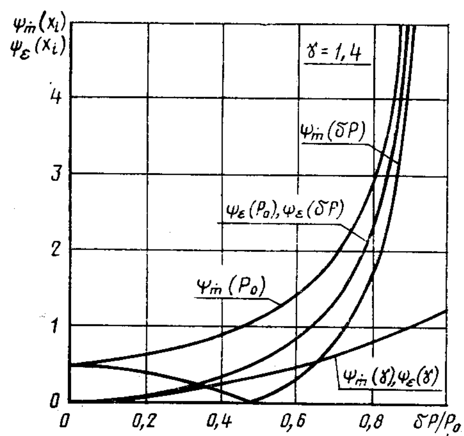
$$\psi_\varepsilon(\gamma)=\frac{\partial\varepsilon}{\partial\gamma}\;\frac{\gamma}{\varepsilon}=\psi_{\dot m}(\gamma);$$

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

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

Зависимости абсолютных значений коэффициентов влияния $\psi_{\dot m}(\gamma)$, $\psi_{\dot m}(P_0)$, $\psi_{\dot m}(\delta P)$, $\psi_\varepsilon(\delta P)$ 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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