

ГОСТ 17.2.4.06—90

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

---

ОХРАНА ПРИРОДЫ

АТМОСФЕРА

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ  
И РАСХОДА ГАЗОПЫЛЕВЫХ ПОТОКОВ,  
ОТХОДЯЩИХ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Издание официальное

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
Москва

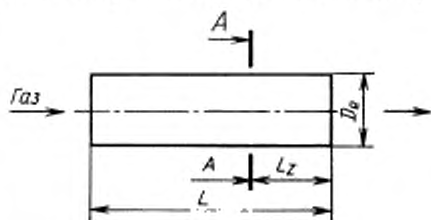


## 2. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Измерения проводят при установившемся движении потока газа.

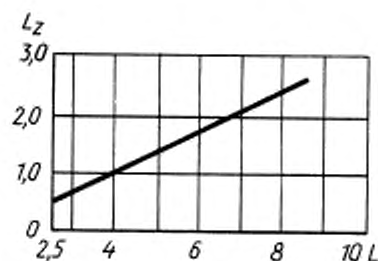
Измерительное сечение следует выбирать на прямом участке газохода на достаточном расстоянии от мест, где изменяется направление потока газа (колена, отводы и т. д.) или площадь поперечного сечения газохода (задвижки, дросселирующие устройства и т. д.).

2.2. Отрезок прямого участка газохода до измерительного сечения должен быть длиннее отрезка за измерительным сечением (черт. 2); отношение длин отрезков газохода до измерительного сечения и за ним устанавливается согласно черт. 3.



$L$  — длина прямого участка газохода, кратная  $D_э$ ;  $A-A$  — измерительное сечение;  $L_z$  — длина прямого участка газохода за измерительным сечением, кратная  $D_э$ .

Черт. 2

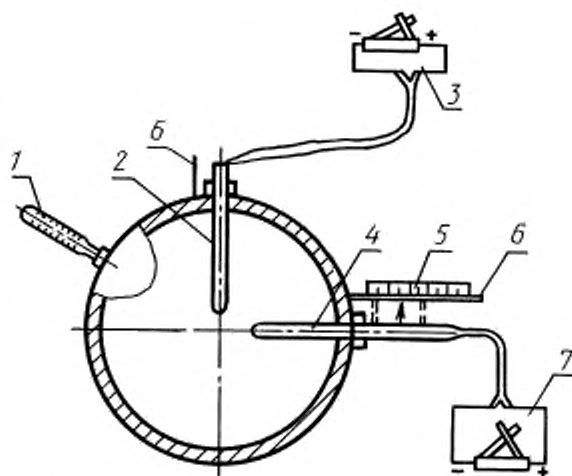


Черт. 3

2.3. Минимальная длина прямого участка газохода ( $L$ ) должна составлять не менее 4—5 эквивалентных диаметров ( $D_э$ ); если условие минимальной длины не может быть обеспечено, то следует увеличить количество точек измерений в два раза.

2.4. Собирают измерительную схему (черт. 4), при этом полости полного давления присоединяют к штуцеру микроманометра со знаком «+», а статического давления — к штуцеру со знаком «-».

Схема установки приборов в газоходe



1 — термометр; 2, 4 — контрольная и рабочая напорные трубки; 3, 7 — микроманометры для измерений динамического давления в контрольной и рабочих точках; 5 — линейка; 6 — стальной прут

Черт. 4

Входные отверстия для измерений внутри газохода (фланцы, штуцера, термометрические гильзы и т. д.) в месте измерений должны быть выполнены таким образом, чтобы как можно меньше были нарушены поверхностные слои газохода (теплоизоляция, антикоррозийное покрытие и т. д.) и не было утечки газа или подсоса воздуха.

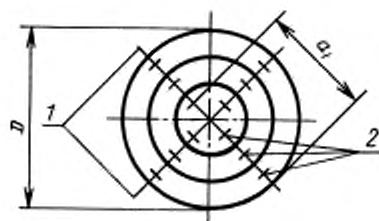
Определяют количество точек измерения  $n$ .

2.5. Площадь измерительного сечения условно делят на составные равновеликие площадки, в центрах которых находятся точки измерения.

2.5.1. Площадь поперечного сечения газохода круглого сечения условно делят на равновеликие кольца и четыре равновеликих сектора (черт. 5). Точки измерения находятся на двух взаимно перпендикулярных прямых, пересекающихся в центре измерительного сечения. Расстояние  $a_i$  от внутренней стенки газохода до точки измерения  $n_{ij}$  в процентах от диаметра вычисляют по формуле

$$a_i = k_j \cdot D \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где  $i$  — порядковый номер точки измерения;  
 $k_j$  — коэффициент, определяемый по табл. 2.



Для  $n = 12$ ,  $n_{ij} = 6$   
 1 — линии измерения; 2 — точки измерения

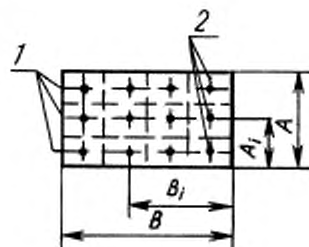
Черт. 5

2.5.2. Площадь поперечного сечения газохода прямоугольного или квадратного сечения условно делят на геометрические подобные равновеликие составные площадки (черт. 6). Точки измерения находятся в центрах тяжести равновеликих площадок, прямоугольные координаты которых по отношению к внутренней стенке газохода вычисляют по формулам:

$$A_i = A \frac{2i_A - 1}{2n_A}, \quad (2)$$

$$B_j = B \frac{2i_B - 1}{2n_B}, \quad (3)$$

где  $i_A, i_B$  — порядковый номер точки измерения на линии измерения;  
 $n_A, n_B$  — количество точек измерения на одной линии измерения.



Для  $n = 12$ ,  $n_A = 3$ ,  $n_B = 4$   
 1 — линии измерения; 2 — точки измерения

Черт. 6

2.6. Количество точек измерения в измерительном сечении должно соответствовать указанному в табл. 1. При этом эквивалентный диаметр газохода круглого сечения равен его внутреннему диаметру ( $D$ ), а для газохода прямоугольного сечения его вычисляют по формуле

$$D_e = \frac{2A \cdot B}{A + B}, \quad (4)$$

где  $A, B$  — внутренние размеры газохода прямоугольного сечения, м.



### 3. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Скорость ( $v$ ) в м/с и расход газов определяют методом измерения динамического давления газа ( $P_d$ )

$$P_d = P_n - P_{ст}, \quad (5)$$

где  $P_n$  — полное давление газа, Па;

$P_{ст}$  — статическое давление газа, Па;

и последующего расчета скорости газа по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2P_d}{\rho}}, \quad (6)$$

где  $\rho$  — плотность газа при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

(Поправка, ИУС 8—91).

3.2. Динамическое давление газа вычисляют по формуле

$$P_d = p \cdot \beta \cdot K_t, \quad (7)$$

где  $p$  — отсчет по шкале микроманометра, Па;

$\beta$  — коэффициент, зависящий от угла наклона измерительной трубки микроманометра;

$K_t$  — коэффициент напорной трубки, определяемый при ее метрологической аттестации\*.

#### 3.3. Определение объемного расхода газа

3.3.1. Объемный расход газа ( $V$ ), определяемый посредством средней скорости газа ( $\bar{v}$ ), вычисляют по формуле

$$V = \bar{v} \cdot s, \quad (8)$$

где  $s$  — площадь измерительного сечения газохода, м<sup>2</sup>.

3.3.2. При выполнении измерений одну напорную трубку устанавливают в контрольной точке на расстоянии 30—100 мм от оси газохода. Рабочую напорную трубку перемещают по линии измерения, последовательно устанавливая в точках измерения с погрешностью, не превышающей  $\pm 2$  мм, при этом наконечники напорных трубок должны быть направлены навстречу газовому потоку. Измерения давления обеими трубками производят одновременно. Результаты измерений фиксируют в журнале, форма которого приведена в приложении 1. В каждой точке необходимо выполнить не менее трех измерений динамического давления; по результатам измерений определяется среднее динамическое давление для данной точки измерения.

При проведении измерений необходимо следить за отсутствием отложений пыли на напорных трубках.

3.3.3. Одновременно измеряют температуру газа и разрежение (давление) в газоходе, а также атмосферное давление воздуха.

#### 3.4. Определение площади измерительного сечения

3.4.1. Измеряют внутренние размеры газохода микрометрическим нутромером. При наличии внутри газохода поверхностных слоев в качестве расчетного сечения принимают действительно свободное сечение.

3.4.2. При невозможности непосредственного измерения внутренних размеров допускается определять размеры измерительного сечения измерением наружных размеров газохода и толщины его стенки. Измерения необходимо проводить измерительной рулеткой. Толщину стенки измеряют штангенциркулем.

3.4.3. Для газохода круглого сечения диаметр измеряют не менее четырех раз с приблизительно равными углами между измерительными диаметрами. Если разность результатов измерений более 1 %, число измерений удваивают. Диаметр газохода определяют как среднеарифметическое всех измерений.

3.4.4. Для газохода прямоугольного сечения ширину и высоту измеряют на каждой измерительной горизонтали и вертикали. Если разность результатов более 1 %, число измерений удваивают. Ширину и высоту газохода принимают равными среднеарифметическому значению измерений соответствующих величин.

\* Для напорных трубок конструкции НИИОГАЗ  $K_t$  равен 0,55—0,6.

## 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

4.1. Динамическое давление газа в  $i$ -й точке измерения ( $P_{di}$ ) вычисляют по формуле (7).

4.2. Плотность газа при рабочих условиях вычисляют по формуле

$$\rho = 2,695 \rho_N \frac{P_a + P_{cs}}{273 + t}, \quad (9)$$

где  $\rho_N$  — плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$t$  — температура газа в газоходе, °С;

$P_a$  — атмосферное давление воздуха, кПа.

(Поправка, ИУС 8—91).

4.3. Плотность газа, состоящего из  $i$  компонентов, при нормальных условиях вычисляют по формуле

$$\rho_N = \frac{1}{100} - \sum_j \frac{m_j \cdot \Omega_j}{22,4}, \quad (10)$$

где  $m_j$  — значения молекулярной массы  $j$ -го компонента газовой смеси;

$\Omega_j$  — объемная доля  $j$ -го компонента газовой смеси, %;

22,4 — мольный объем при нормальных условиях, м<sup>3</sup>/к. моль.

Если известны плотности компонентов газовой смеси при нормальных условиях ( $\rho_{Nj}$ ), то плотность газовой смеси вычисляют по формуле

$$\rho = \sum_j \frac{\rho_{Nj} \cdot \Omega_j}{100}. \quad (11)$$

Для приближенных расчетов плотность дымовых газов принимают равной плотности воздуха ( $\rho = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>).

4.4. Среднюю скорость газового потока вычисляют по формуле

$$\bar{v} = \alpha \sqrt{\frac{2P_{dk}}{\rho}}, \quad (12)$$

где  $\alpha$  — коэффициент поля скоростей в измерительном сечении;

$P_{dk}$  — динамическое давление в контрольной точке измерительного сечения, Па.

4.4.1. Коэффициент поля скоростей ( $\alpha$ ) вычисляют по формуле

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{P_{di}}{P_{dk}}}. \quad (13)$$

4.5. Результаты измерений оформляют в соответствии с МИ 1317.

## 5. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И РАСХОДА

5.1. В общем случае погрешность определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения, включает в себя:

погрешность измерения динамического давления газа, его температуры и атмосферного давления воздуха;

погрешность определения коэффициента напорных трубок;

погрешность от угла наклона оси рабочей напорной трубки  $\varphi$  к оси потока;

погрешность от загрузки измерительного сечения напорными трубками;

погрешность от неточности установки рабочей напорной трубки в точках измерений;

погрешность осреднения скорости;

погрешность определения площади измерительного сечения.

5.2. Максимальная погрешность с доверительной вероятностью 95 % не должна превышать удвоенного среднеквадратичного отклонения

$$\delta \pm 2\sigma, \quad (14)$$

где  $\delta$  — максимальная погрешность, т. е. максимальное отклонение от среднего значения в произвольном ряду независимых измерений, равных по точности;

$\sigma$  — среднеквадратичное отклонение.

5.3. Относительное среднеквадратичное отклонение скорости в  $i$ -й точке измерений вычисляют по формуле

$$\frac{\sigma_v}{v_i} = \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{\sigma P_a}{P_a} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{\sigma P_s}{P_s} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{\sigma_t}{t} \right)^2 + \frac{1}{4} \left( \frac{\sigma_k}{K_r} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_e}{v_i} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_b}{v_i} \right)^2}, \quad (15)$$

где  $\frac{\sigma P_a}{P_a}$ ,  $\frac{\sigma P_s}{P_s}$ ,  $\frac{\sigma_t}{t}$  — относительные среднеквадратичные отклонения показаний микроманометра, барометра и термометра соответственно;

$\frac{\sigma_k}{K_r}$  — относительное среднеквадратичное отклонение коэффициента напорных трубок;

$\frac{\sigma_e}{v}$  — относительное среднеквадратичное отклонение, определяемое погрешностью от наклона оси напорной трубки к оси потока;

$\frac{\sigma_b}{i}$  — относительное среднеквадратичное отклонение, определяемое погрешностью от загрузки измерительного сечения напорными трубками.

5.4. Относительное среднеквадратичное отклонение средней в измерительном сечении скорости вычисляют по формуле

$$\frac{\overline{\sigma v}}{v} = \sqrt{\left( \frac{\sigma v_i}{v_i} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_e}{v_i} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_b}{v_i} \right)^2}, \quad (16)$$

где  $\frac{\sigma v_i}{v_i}$  — относительное среднеквадратичное отклонение, определяемое погрешностью осреднения скорости;

где  $\frac{\sigma_e}{v_i}$  — относительное среднеквадратичное отклонение, определяемое погрешностью от неточности установки рабочей напорной трубки в точках измерения.

5.5. Относительное среднеквадратичное отклонение расхода газов вычисляют по формуле

$$\frac{\sigma_v}{V} = \sqrt{\left( \frac{\sigma_v}{v} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_S}{S} \right)^2}, \quad (17)$$

где  $\frac{\sigma_S}{S}$  — относительное среднеквадратичное отклонение определения площади.

### 5.6. Оценка составляющих погрешности определения скорости и расхода

5.6.1 Среднеквадратичные отклонения результатов измерения динамического давления ( $\sigma$ ), атмосферного давления ( $\sigma P_a$ ) и температуры газов ( $\sigma t$ ) в зависимости от показаний микроманометра, барометра и термометра в долях длины их шкалы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показания приборов, доли длины шкалы	$\sigma P_a$ , $\sigma P_s$ , $\sigma_t$ для приборов класса точности	
	1,0	0,5
1,00	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$
0,75	$\pm 0,7$	$\pm 0,35$
0,50	$\pm 1,0$	$\pm 0,50$
0,25	$\pm 2,0$	$\pm 1,00$
0,10	$\pm 5,0$	$\pm 2,50$
0,05	$\pm 10,0$	$\pm 5,00$

5.6.2. Погрешность определения коэффициента напорной трубки ( $\sigma K_r$ ) указывают в свидетельстве о метрологической аттестации.

5.6.3. Для уменьшения погрешности от угла наклона оси рабочей напорной трубки к оси потока необходимо повернуть и зафиксировать трубку таким образом, чтобы показания микроманометра были максимальными.

В общем случае, если  $\varphi \leq 5^\circ$ , то  $\frac{\sigma_e}{v_i} = 0,02$ .



## С. 8 ГОСТ 17.2.4.06—90

5.6.4. Погрешность от загрузки измерительного сечения напорными трубками зависит от площади измерительного сечения и площади сечения наконечника напорной трубки ( $S_{тр}$ ).

При  $\frac{S_{тр}}{S}$  не более 1 % погрешностью от загрузки измерительного сечения пренебрегают. В остальных случаях исключают указанную погрешность введением в результат измерения поправки, вычисляемой по формуле

$$P'_d = P_d \left(1 - 2,1 \frac{S_{тр}}{S}\right), \quad (18)$$

где  $P'_d$  — динамическое давление с учетом поправки, Па;

$S_{тр}$  — площадь сечения наконечника напорной трубки, м<sup>2</sup>.

5.6.5. Погрешностью от неточности установки рабочей напорной трубки в точках измерений при выполнении требований п. 3.3.2 пренебрегают.

5.6.6. Погрешность осреднения скорости, обусловленная неравномерностью распределения поля скоростей в измерительном сечении, приведена в табл. 4.

Таблица 4

Форма измерительного сечения	n	Погрешность осреднения скорости, %, при расстоянии от места возмущения потока до измерительного сечения в эквивалентных диаметрах				
		$\frac{\alpha \cdot \alpha_z}{D_e}$				
		1	2	3	5	6
Круг	4	20	16	12	6	3
	8	16	12	10	5	2
	12	12	8	6	3	2
Прямоугольник	4	24	20	15	8	4
	16	12	8	6	3	2

### 5.6.7. Погрешность определения площади измерительного сечения

5.6.7.1. При непосредственном измерении внутреннего диаметра газохода относительное среднеквадратичное отклонение площади измерительного сечения вычисляют по формуле

$$\frac{\sigma_S}{S} = \frac{2\sigma_D}{D_e}, \quad (19)$$

где  $\sigma_D$  — среднеквадратичное отклонение эквивалентного диаметра газохода.

5.6.7.2. При измерении наружного периметра газохода и толщины стенки относительное среднеквадратичное отклонение площади измерительного сечения вычисляют по формуле

$$\frac{\sigma_S}{S} = \frac{4}{D_e - 2b} \sqrt{\frac{1}{4} \sigma_{b_e}^2 + \sigma_b^2}, \quad (20)$$

где  $b$  — толщина стенки, м;

$\sigma_b$  — среднеквадратичное отклонение измерения толщины стенки.

Пример расчета погрешности определения скорости и расхода газа приведен в приложении 2.

## 6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Эксплуатация электроприборов и электроустановок, используемых в процессе проведения измерений, должна производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019, правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденными Госэнергонадзором.

6.2. Расположение и организация рабочих мест при проведении работ должны выполняться в соответствии с ГОСТ 12.2.032 и ГОСТ 12.2.033. Площадки для проведения работ должны быть ограждены перилами и бортовыми листами в соответствии со строительными нормами и правилами, утвержденными Госстроем СССР.

## ФОРМА ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ГАЗОВ

Предприятие \_\_\_\_\_ Температура газа в газоходе, °С \_\_\_\_\_  
 Дата измерения \_\_\_\_\_ Разрежение (давление) в газоходе Па (мм вод. ст.) \_\_\_\_\_  
 Место измерений \_\_\_\_\_ Атмосферное давление воздуха, Па (мм рт. ст.) \_\_\_\_\_  
 Плотность газа при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup> \_\_\_\_\_

Время измерения	Номер измерения	Показания шкалы микроманометра, мм	Коэффициент напорной трубки	Коэффициент наклонной трубки микроманометра	Динамическое давление, мм вод. ст (Па)	Скорость газа, м/с
-----------------	-----------------	------------------------------------	-----------------------------	---	--	--------------------

Контрольная точка измерения

*i*-е точки измерения

1  
2  
3

## ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ И РАСХОДА ГАЗА\*

## 1. Погрешность измерения местной скорости

1.1. Относительное среднеквадратичное отклонение градуировки напорной трубки.

Погрешность градуировки напорной трубки, определенная в результате ее аттестации, составляет ± 2 %.

В соответствии с разд. 5  $\frac{\sigma_{K_t}}{K_t} = 0,01$

1.2. Относительные среднеквадратичные отклонения показаний микроманометра, термометра и барометра класса 1,0 в верхней части диапазона измерений

$$\frac{\sigma_{P_2}}{P_2} = \frac{\sigma_{P_1}}{P_1} = \frac{\sigma_T}{T} = 0,005.$$

1.3. Относительное среднеквадратичное отклонение, определяемое погрешностью загрузки измерительного сечения напорными трубками  $\frac{\sigma_{\Delta}}{V_i} = 0,005$  при  $\frac{S_{гр}}{S} \cdot 100 < 1\%$  или при введении в результат измерений поправки по формуле (18).

Тогда относительное среднеквадратичное отклонение определения скорости в *i*-й точке измерения

$$\sigma_{v_i} = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 0,005^2 + \frac{1}{4} \cdot 0,005^2 + \frac{1}{4} \cdot 0,005^2 + \frac{1}{4} \cdot 0,01^2 + 0,005^2} \approx 0,02.$$

\* В примере приведены типичные для предусмотренных в настоящей методике условий и средств измерений значения погрешности при определении скорости и расхода газов. Однако их нельзя распространять на все случаи измерений. Предполагается, что коррекция систематических погрешностей не проводилась, а сочетание случайных и систематических погрешностей можно рассматривать как случайное.

## С. 10 ГОСТ 17.2.4.06—90

### 2. Погрешность определения средней по сечению газохода скорости

- 2.1. Среднеквадратичное отклонение осреднения скорости
- 2.2. Относительное среднеквадратичное отклонение средней скорости

$$\frac{\sigma_v}{v} = \sqrt{0,02^2 + 0,01^2} \approx 0,022.$$

### 3. Погрешность определения расхода

- 3.1. Среднеквадратичное отклонение площади измерительного сечения

$$\frac{\sigma_S}{S} = 0,02.$$

Относительное среднеквадратичное отклонение определения расхода

$$\frac{\sigma_v}{V} = \sqrt{0,022^2 + 0,02^2} \approx 0,03.$$

Таким образом, для приведенных в примере условий при определении скорости газа в  $i$ -й точке измерения, средней скорости и расхода газа среднеквадратичное отклонение и максимальная погрешность с доверительной вероятностью 95 % составят соответственно:

- 0,020 и  $\pm 4,0$  %
- 0,022  $\pm 4,4$  %
- 0,030  $\pm 6,0$  %

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством тяжелого машиностроения СССР
2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по охране природы от 3.07.90 № 27
3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ
4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер раздела, пункта
ГОСТ 10—88	1
ГОСТ 12.1.019—79	6.1
ГОСТ 12.2.032—78	6.2
ГОСТ 12.2.033—78	6.2
ГОСТ 12.2.062—81	6.2
ГОСТ 166—89	1
ГОСТ 3399—76	1
ГОСТ 5962—67	1
ГОСТ 7502—98	1
ГОСТ 18599—2001	1
ГОСТ 28498—90	1
МИ 1317—86	4.5

### 5. ИЗДАНИЕ (июль 2003 г.) с Поправкой (ИУС 8—91)

Редактор *Р.С. Федорова*  
Технический редактор *Л.А. Гусева*  
Корректор *Н.Л. Рыбалко*  
Компьютерная верстка *А.И. Золотаревой*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 29.05.2003. Подписано в печать 22.09.2003. Усл.печ.л. 1,40. Уч.-изд.л. 1,15.  
Тираж 130 экз. С 12090. Зак. 827.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.  
<http://www.standards.ru> e-mail: [info@standards.ru](mailto:info@standards.ru)

Набрано в Издательстве на ПЭВМ

Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник", 105062 Москва, Лялин пер., 6.  
Плр № 080102