

УДК 681.2.083.8:536.5

Группа П22

# ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

## ОТРАСЛЕВАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

ОСТ 1 00334-79

На 12 страницах

### Динамические характеристики

Введен впервые

Распоряжением Министерства от 26 апреля 1979 г.

№ 087-16/2

Срок введения установлен с 1 января 1980 г.

Настоящий стандарт распространяется на датчики температуры, предназначенные для измерения температуры газовых и воздушных потоков в системах летательных аппаратов и силовых установок.

Изл. № Альбомата  
Изл. № подлинника

4084



Стандарт не распространяется на датчики температуры, которые являются нелинейными относительно информативного входного сигнала.

Стандарт устанавливает классификацию динамических характеристик датчиков температуры, их определение и формы представления в нормативно-технической документации.

Устанавливаемые стандартом динамические характеристики датчиков температуры необходимы для определения динамической погрешности измерений, а также для восстановления истинного значения температуры исследуемой среды.

## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1.1. Динамические характеристики датчиков температуры по виду экспериментальной переходной характеристики делятся на три группы:

- группа 1 - переходная характеристика - функция одной экспоненты;
- группа 2 - переходная характеристика - функция двух экспонент;
- группа 3 - переходная характеристика - функция трех экспонент.

1.2. Динамические характеристики датчиков температуры следует разделять по признаку полноты описания свойств на полные и частные.

1.3. К полным динамическим характеристикам датчиков температуры газовых потоков относятся:

- дифференциальное уравнение  $D Y$ ;
- импульсная переходная характеристика  $g(\tau, \tau_0)$ ;
- переходная характеристика  $h(\tau)$ ;
- передаточная функция  $W(S)$ ;
- частотная характеристика (совокупность амплитудной и фазовой характеристик)  $W(j\omega)$ .

Уравнения динамических характеристик для каждой группы приведены в таблице.

1.4. К частным динамическим характеристикам датчиков температуры газовых потоков относятся:

- отдельные параметры полных динамических характеристик;
- время установления переходного процесса, определяемого параметрами переходной характеристики датчика;
- частотный диапазон работы датчика, определяемый его амплитудно-частотной характеристикой;
- показатели тепловой инерции.

Определение терминов, используемых в стандарте, приведено в справочном приложении 1.

|                   |      |
|-------------------|------|
| Наб. № дубликата  |      |
| Наб. № подлинника | 4084 |

| Вид динамической характеристики      | Уравнение динамической характеристики для группы           |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|
|                                      | 1  | 2  | 3  |
| Дифференциальное уравнение           | $T(\tau) + \varepsilon \frac{dT(\tau)}{d\tau} = T_c(\tau)$ | $T(\tau) + B_1 \frac{dT(\tau)}{d\tau} + B_2 \frac{d^2 T(\tau)}{d\tau^2} = T_c(\tau) + A \frac{dT_c(\tau)}{d\tau}$  | $T(\tau) + D_1 \frac{dT(\tau)}{d\tau} + D_2 \frac{d^2 T(\tau)}{d\tau^2} + D_3 \frac{d^3 T_c(\tau)}{d\tau^3} =$<br>$= T_c(\tau) + C_1 \frac{dT_c(\tau)}{d\tau} + C_2 \frac{d^2 T_c(\tau)}{d\tau^2}$   |
| Импульсная переходная характеристика | $m e^{-(\tau - \tau_o)m}$                                  | $(1-K)m_1 e^{-(\tau - \tau_o)m_1} + K m_2 e^{-(\tau - \tau_o)m_2}$   | $Lm_1 e^{-(\tau - \tau_o)m_1} + Nm_2 e^{-(\tau - \tau_o)m_2} +$<br>$+ Gm_3 e^{-(\tau - \tau_o)m_3}$  |
| Переходная характеристика            | $1 - e^{-\tau m}$  | $(1-K)(1 - e^{-\tau m_1}) + K(1 - e^{-\tau m_2})$  | $L(1 - e^{-\tau m_1}) + N(1 - e^{-\tau m_2}) + G(1 - e^{-\tau m_3})$   |
| Передаточная функция                 | $\frac{1}{1 + \varepsilon s}$                              | $\frac{1 + AS}{(1 + \varepsilon_1 s)(1 + \varepsilon_2 s)}$  | $\frac{1 + C_1 s + C_2 s^2}{(1 + \varepsilon_1 s)(1 + \varepsilon_2 s)(1 + \varepsilon_3 s)}$  |
| Частотная характеристика             | $\frac{1 - j\omega\varepsilon}{1 + \omega^2\varepsilon^2}$ | $\frac{1 - \omega^2(B_2 - AB_1)}{(1 + \omega^2\varepsilon_1^2) + (1 + \omega^2\varepsilon_2^2)} + j\omega \frac{B_1 + A(1 - B_2\omega^2)}{(1 + \omega^2\varepsilon_1^2)(1 + \omega^2\varepsilon_2^2)}$ | $\frac{(1 - C_2\omega^2)(1 - D_2\omega^2) - C_1\omega^2(D_3\omega^2 - D_1)}{(1 + \omega^2\varepsilon_1^2)(1 + \omega^2\varepsilon_2^2)(1 + \omega^2\varepsilon_3^2)} +$<br>$+ j\omega \frac{C_1(1 - D_2\omega^2) + (1 - C_2\omega^2)(D_3\omega^2 - D_1)}{(1 + \omega^2\varepsilon_1^2)(1 + \omega^2\varepsilon_2^2)(1 + \omega^2\varepsilon_3^2)}$ |

№ 133.

№ 133.

4084

II. № 133.

II. № 133.

## 2. ВЫБОР И ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

2.1. Динамические характеристики должны выбираться из общего числа динамических характеристик датчиков и устанавливаться в техническом задании по согласованию между предприятием-разработчиком датчиков и заказчиком.

2.2. Динамические характеристики должны содержать численные значения коэффициентов и их зависимость от влияющих параметров газового потока.

2.3. Комплекс влияющих параметров должен выбираться в соответствии с условиями работы датчиков, устанавливаться по согласованию между заказчиком и предприятием-разработчиком датчиков и указываться в техническом задании на разработку датчика.

2.4. Определение динамических характеристик должно производиться при разработке датчиков, а также при внесении конструктивных и технологических изменений, влияющих на динамические характеристики, а в процессе производства — в соответствии с технической документацией для типа датчика.

## 3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

3.1. Определение динамических характеристик датчиков температуры должно производиться прямым методом.

3.2. Требования к входному испытательному сигналу — по ГОСТ 8.256-77.

3.3. Если известен вид функций, определяемых динамических характеристик датчиков температуры, то допускается определять только коэффициенты указанных функций.

3.4. Обработка экспериментальной переходной характеристики датчика температуры должна производиться в полулогарифмических координатах в виде зависимостей

$$U_i / \Delta T_i = f(\tau_i)$$

при  $\tau_H \leq \tau_i \leq \tau_K$ ,

$$\Delta T_i = \tau_i - \tau_c,$$

где  $\tau_i$  — температура торможения датчика в момент времени  $\tau_i$ , К;

$\tau_i$  — текущее время, с;

$\tau_H$  — начальное время, с;

$\tau_K$  — конечное время, с;

$\tau_c$  — температура торможения среды, которая определяется из предварительного эксперимента в результате измерения исследуемым датчиком температуры газового потока на установившемся температурном режиме, К.

4084

Инв. № дубликата  
Инв. № подлинника

**4. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**4.1.** Динамические характеристики датчиков температуры должны быть указаны в технической документации в аналитической форме или в форме графиков, таблиц.

**4.2.** Полные динамические характеристики должны содержать структуру функций, численные значения коэффициентов этих функций и их зависимость от влияющих параметров.

**4.3.** Частные динамические характеристики датчиков должны содержать численные значения и зависимость их от влияющих параметров. Формы представления динамических характеристик приведены в справочном приложении 2.

**ПЕРЕЧЕНЬ ОБОЗНАЧЕНИЙ ССЫЛОЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ,  
ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В СТАНДАРТЕ**

ГОСТ 8.256-77.

№ 139.  
№ 138.

4084

Нн. № Аббревиатура  
Нн. № подлинника

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочное

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СТАНДАРТЕ

| Термин  | Определение  |
|---|--|
| Динамические характеристики датчика   | Характеристики теплоинерционных свойств датчика, определяющие зависимость параметров выходного сигнала датчика от меняющегося во времени информативного параметра входного сигнала                               |
| Полная динамическая характеристика  | Динамическая характеристика – по ГОСТ 8.256-77   |
| Частная динамическая характеристика   | Динамическая характеристика – по ГОСТ 8.256-77   |
| Частотный диапазон работы датчика   | Диапазон частот от нуля до значения, соответствующего граничной частоте, при которой искажение амплитуды входного сигнала датчика равно допустимой погрешности измерения   |
| Время установления переходного процесса датчика                                     | Время от начала переходного процесса до значения, при котором разность между температурой среды и температурой датчика равна допустимой погрешности средства измерений   |
| Показатель тепловой инерции   | Величина, численно равная интервалу времени, по истечении которого разность между температурами среды и датчика составляет 0,368 от первоначальной разности  |
| Темп изменения температуры чувствительного элемента (элементов конструкции датчика) | Скорость изменения температуры чувствительного элемента (элементов конструкции датчика) на переходном режиме   |
| Определение динамических характеристик  | Совокупность экспериментальных и аналитических операций, в результате которых находятся структура (при определении полных динамических характеристик) и численные значения параметров динамических характеристик |

№ изм.

№ изм.

4084

Нар. № дубликата

Нар. № подлинника

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## Справочное

## ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Частные динамические характеристики и коэффициенты полных динамических характеристик в зависимости от влияющих параметров аналитически могут быть представлены в виде следующих функций связи:

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= K_{\mathcal{E}} \Psi_{\mathcal{E}}(\varphi), & B_1 &= K_{B_1} \Psi_{B_1}(\varphi), \\ \mathcal{E}_1 &= K_{\mathcal{E}_1} \Psi_{\mathcal{E}_1}(\varphi), & B_2 &= K_{B_2} \Psi_{B_2}(\varphi), \\ \mathcal{E}_2 &= K_{\mathcal{E}_2} \Psi_{\mathcal{E}_2}(\varphi), & D_1 &= K_{D_1} \Psi_{D_1}(\varphi), \\ \mathcal{E}_3 &= K_{\mathcal{E}_3} \Psi_{\mathcal{E}_3}(\varphi), & D_2 &= K_{D_2} \Psi_{D_2}(\varphi), \\ K &= K_K \Psi_K(\varphi), & D_3 &= K_{D_3} \Psi_{D_3}(\varphi), \\ A &= K_A \Psi_A(\varphi), & C_1 &= K_{C_1} \Psi_{C_1}(\varphi), \\ L &= K_L \Psi_L(\varphi), & \tau_n &= \tau_n^* \Psi_{\tau_n}(\varphi), \\ N &= K_N \Psi_N(\varphi), & C_2 &= K_{C_2} \Psi_{C_2}(\varphi), \\ G &= K_G \Psi_G(\varphi), & \omega_{zp} &= \omega_{zp}^* \Psi_{\omega}(\varphi),\end{aligned}$$

где  $\mathcal{E}, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$  - показатели тепловой инерции термочувствительного элемента и деталей крепления конструкции датчика, с;

$\mathcal{E}_1 = \frac{1}{m + \left(\frac{\pi}{2l}\right)^2 \alpha + m_l}$  - показатель тепловой инерции термочувствительного элемента, обусловленный его конвективным теплообменом с окружающей средой, кондуктивным теплообменом с деталями крепления и лучистым теплообменом с внутренней поверхностью камеры датчика, с;

$\left(\frac{\pi}{2l}\right)^2 \alpha$  - параметр, характеризующий темп изменения температуры термочувствительного элемента, обусловленный его кондуктивным теплообменом с деталями крепления в датчике, 1/с;

$\tau_n$  - темп изменения температуры термочувствительного элемента и деталей конструкции датчика, обусловленные конвективным теплообменом, 1/с;

$m_l$  - темп изменения температуры термочувствительного элемента, обусловленный лучистым теплообменом, 1/с;

$l$  - длина термочувствительного элемента, м;

$\alpha$  - коэффициент температуропроводности материала конструкции  $\text{м}^2/\text{с}$ .

$\tau_n$  - время установления переходного процесса датчика, с;

$\omega_{zp}$  - граничная частота датчика, 1/с;

№ ИЗМ.  
№ ИЗВ.

4084

Инв. № дубликата  
Инв. № подлинника

$K, A, L, N, G, B_1$ , - динамические показатели;

$B_2, D_1, D_2, D_3, C_1, C_2$

$K_E, K_{E_1}, K_{E_2}, K_{E_3}, K_K$ , - постоянные коэффициенты, численные значения которых определяются экспериментальным путем по переходным характеристикам  
 $K_A, K_L, K_N, K_B, K_{B_1}$ ,  
 $K_{B_2}, K_D, K_{D_1}, K_{D_2}, K_{D_3}$ ,  
 $K_{C_1}, K_{C_2}$ , датчиков;

$\tau_n^*$  - время установления переходного процесса датчика, определенное экспериментальным путем по его переходной характеристике при предельных значениях влияющих параметров, с;

$\omega_{sp}^*$  - граничная частота датчика, определенная экспериментальным путем по его частотной характеристике при предельных значениях влияющих параметров, 1/с;

$\psi_e(\varphi), \psi_{e_i}(\varphi)$ , - функции, характеризующие зависимость коэффициентов динами-

$\psi_{e_2}(\varphi), \psi_{e_3}(\varphi)$ , ческих характеристик от комплекса влияющих параметров потока.

$\psi_K(\varphi), \psi_A(\varphi)$ ,

$\psi_\alpha(\varphi), \psi_N(\varphi)$ ,

$\psi_G(\varphi), \psi_B(\varphi)$ ,

$\psi_{B_2}(\varphi), \psi_{D_1}(\varphi)$ ,

$\psi_{D_2}(\varphi), \psi_{D_3}(\varphi)$ ,

$\psi_{C_1}(\varphi), \psi_{C_2}(\varphi)$ ,

$\psi_{\tau_n}(\psi), \psi_w(\psi)$

2. Зависимость  $\psi_{e_i}$  при  $i=0 \dots 3$  для целого ряда датчиков при дозвуковых скоростях набегающего потока может быть представлена в виде

$$\psi_i(\varphi) = C_\psi M_\infty^{-n} (\tau) P_\infty^{-n} (\tau)$$

или

$$\psi_i(\varphi) = \left[ C_P \left( 0,997 - \frac{P_{a\infty}(\tau)}{P_\infty^*(\tau)} + 0,1 \right) \right]^{-n} P_\infty^{-n}(\tau),$$

где коэффициенты

$$C_\psi = 1,00 + 0,24 \cdot r \quad \xi = 1,00 \quad \text{при } 0,10 \leq M \leq 0,45$$

$$C_\psi = 1,00 \quad \xi = 1,48 - 0,48(1,00 - r) \quad \text{при } 0,45 \leq M \leq 1,00$$

$$C_P = 3,07 - 1,07(1,00 - r)$$

$r$  - коэффициент восстановления;

$n$  - показатель степени, определяемый из предварительного эксперимента;

$M$  - число Маха;

$\tau$  - время, с;

$P$  - полное давление газового потока, Па  $(P = \frac{P_a}{P_0})$ ;

$\frac{P_a}{P_0}$  - относительное давление газового потока, Па;

$P_a$  - статическое давление газового потока, Па;

$P_0$  - атмосферное давление, Па.

№ инн.  
№ ИДЗ.

4084

Н.п. № Дубликата  
Н.п. № подлинника

3. Формулы для определения параметров динамических характеристик:

$$A = (1 - K) \varepsilon_2 + K \varepsilon_1,$$

$$B_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2,$$

$$B_2 = \varepsilon_1 \varepsilon_2$$

$$C_1 = \alpha (\varepsilon_2 + \varepsilon_3) + N (\varepsilon_1 + \varepsilon_3) + G (\varepsilon_1 + \varepsilon_2),$$

$$C_2 = \alpha \varepsilon_2 \varepsilon_3 + N \varepsilon_1 \varepsilon_3 + G \varepsilon_1 \varepsilon_2,$$

$$D_1 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3,$$

$$D_2 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 + \varepsilon_2 \varepsilon_3,$$

$$D_3 = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3,$$

$$L = \frac{m - m_{\text{л}} - m_2}{m + \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \alpha - m_2} - \frac{m_{\text{л}}}{m + \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \alpha - m_3},$$

$$N = \frac{m + m_{\text{л}} - m_2}{m + \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \alpha - m_2},$$

$$C = \frac{m_{\text{л}}}{m + \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \alpha - m_3},$$

$$K = \frac{1}{1 + \frac{m - m_2}{\alpha \pi^2} (2L)^2},$$

где  $m_2, m_3$  — темпы изменения температуры термочувствительного элемента и деталей конструкции датчика, обусловленные конвективным теплообменом, 1/с.

4. Частные динамические характеристики и коэффициенты полных динамических характеристик могут быть представлены в виде графиков или номограмм зависимости от влияющих факторов. Для примера на черт. 1 приведена номограмма зависимости показателей тепловой инерции  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  от числа  $M$  и относительного давления для датчика с переходной характеристикой вида

$$h(\tau) = (1 - K)(1 - e^{-\frac{\tau}{\varepsilon_1}}) + K(1 - e^{-\frac{\tau}{\varepsilon_2}})$$

при  $\pi = 0,5$  и  $r = 0,98$ .

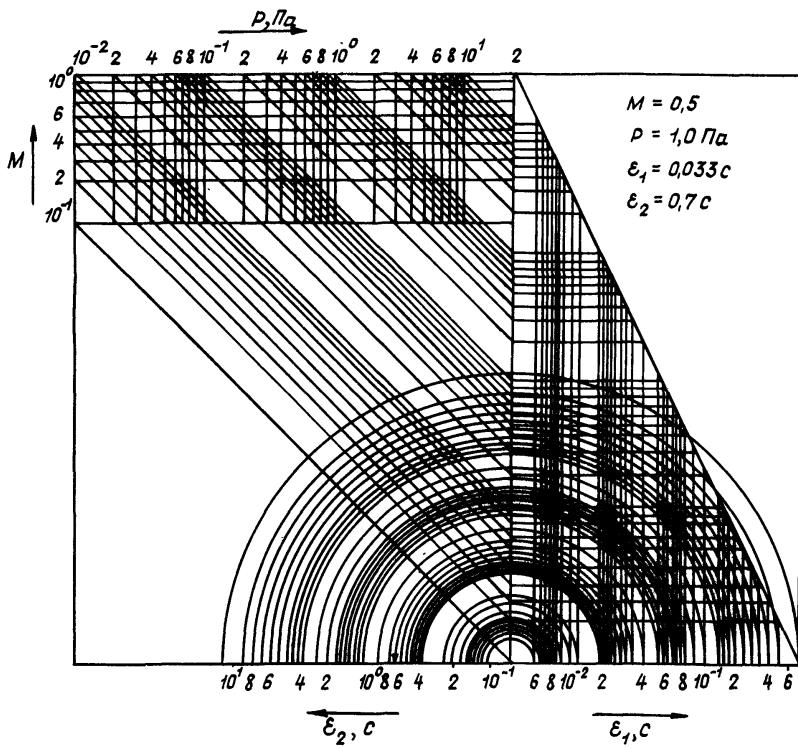
На черт. 2 приведен график зависимости показателей тепловой инерции  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  от числа  $M$  и относительного давления для датчика с переходной характеристикой указанного выше вида.

№ изм.  
№ изв.

4084

Изм. № Аббревиатура  
Изм. № подлинника

OCT 1 00334-79 Стр. 10

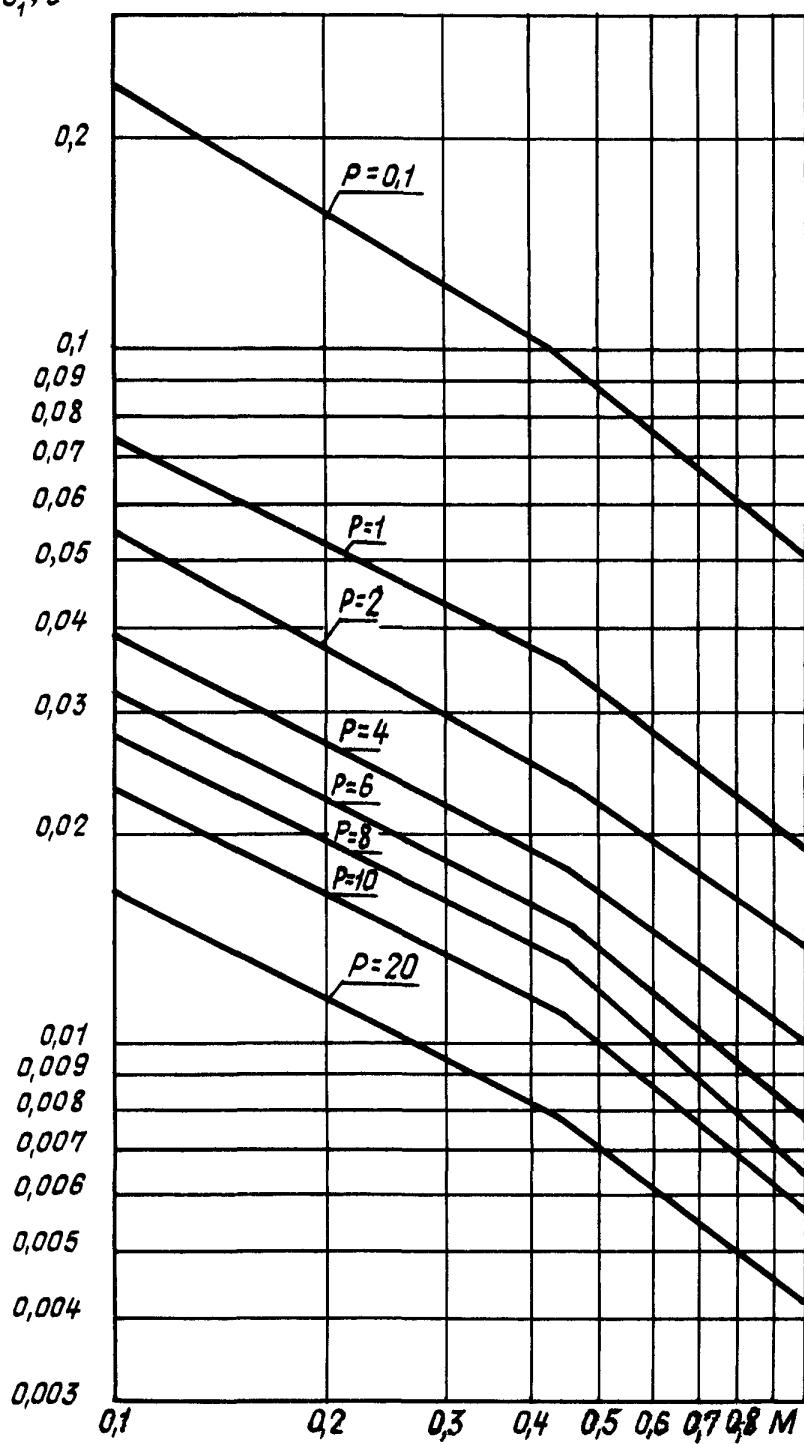


Черт. 1

№ изн.  
№ изн.

4084

Нар. № Абулаката  
Нар. № подавливания

$5 \cdot 10^{-2} \varepsilon_2; \varepsilon_1, \text{с}$ 

Черт. 2

|                   |  |
|-------------------|--|
| Нрв. № дубликата  |  |
| Нрв. № подлинника |  |

4084

|                   |  |
|-------------------|--|
| Нрв. № дубликата  |  |
| Нрв. № подлинника |  |

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

| № изм. | Номера страниц |            |       |                | Номер "Изв. об изм." | Подпись | Дата | Срок введения изменения |
|--------|----------------|------------|-------|----------------|----------------------|---------|------|-------------------------|
|        | измененных     | замененных | новых | аннулированных |                      |         |      |                         |
|        |                |            |       |                |                      |         |      |                         |

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Нов. № Аудитора   | 4084       |
| Нов. № подлинника | 1 00334-79 |