

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ и СЕРТИФИКАЦИЯ

## ЗАДАНИЕ 1

### Определение размерности производной физической величины

Найдите размерность производной физической величины в виде

$$L^{\alpha} \cdot M^{\beta} \cdot T^{\gamma} \cdot I^{\delta} \cdot \theta^{\varepsilon} \cdot J^{\eta} \cdot N^{\lambda},$$

где  $L, M, T, \dots$  – размерности основных физических величин в системе СИ;  
 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$  – показатели степени, в которую эти размерности возведены. Размерности, имеющие нулевую степень, не указывайте.

Объясните полученный результат, используя известные физические соотношения.

### Варианты задания

|   | 0                                        | 10                                            | 20                          |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| 0 |                                          | Работа                                        | Молярная масса              |
| 1 | Энтропия системы                         | Сила излучения                                | Мощность                    |
| 2 | Теплоемкость                             | Звуковое давление                             | Магнитный поток             |
| 3 | Электрическое напряжение                 | Светимость                                    | Количество движения         |
| 4 | Напряженность магнитного поля            | Поверхностное натяжение жидкости              | Электрическое сопротивление |
| 5 | Абсолютная диэлектрическая проницаемость | Поверхностная плотность электрического заряда | Акустическое сопротивление  |
| 6 | Облученность                             | Скорость химической реакции                   | Момент инерции              |
| 7 | Яркость                                  | Интенсивность звука                           | Освещенность                |
| 8 | Индуктивность                            | Молярный объем                                | Волновое число              |
| 9 | Удельный объем                           | Электрическая проводимость                    | Световой поток              |

## Пример выполнения задания

### Размерность электрического сопротивления

По закону Джоуля-Ленца в дифференциальной форме элементарное количество теплоты  $dQ$ , выделившееся за элементарный промежуток времени  $dt$  (с) в электрическом проводнике,

$$dQ = I^2 R \cdot dt, \text{ Дж},$$

где  $I$  – сила тока, А;  $R$  – электрическое сопротивление проводника, Ом.

Тогда

$$R = \frac{dQ}{I^2 dt},$$

то есть

$$[R] = \text{Ом} = \frac{\text{Дж}}{\text{А}^2 \cdot \text{с}} = \text{Дж} \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (1.1)$$

Размерности силы тока (ампер) и времени (секунда) входят в число основных размерностей системы СИ. Остается найти размерность количества теплоты (или, что то же самое с точки зрения размерности, – энергии).

Кинетическая энергия твердого тела массой  $m$  (кг), движущегося со скоростью  $v$  (м/с),

$$E = \frac{mv^2}{2}, \text{ Дж},$$

то есть

$$\text{Дж} = \text{кг} \cdot \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}. \quad (1.2)$$

Подставляя (2) в (1), окончательно получаем

$$\text{Ом} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2} = \text{L}^2 \text{MT}^{-3} \text{I}^{-2}.$$

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ и СЕРТИФИКАЦИЯ

## ЗАДАНИЕ 2

### Контроль размеров и определение годности детали

Рассчитайте предельные размеры отверстия и вала, сравните их с действительными размерами, измеренными контролером, и примите решение о годности детали в одном из трех вариантов:

- 1) деталь является годной;
- 2) деталь – исправимый брак;
- 3) деталь – окончательный брак.

Сделайте в удобном масштабе эскизы положения полей допусков отверстия и вала относительно нулевой линии, соответствующей номинальному диаметру соединения. Нанесите на эскизы действительные размеры поверхностей.

Заполните таблицу выполнения задания.

### Варианты задания

|    | Размеры на чертеже, мм |                        | Действительные размеры, мм |            |
|----|------------------------|------------------------|----------------------------|------------|
|    | отверстия $D$          | вала $d$               | отверстия $D_d$            | вала $d_d$ |
| 01 | $10^{+0,009}$          | $10^{-0,005}_{-0,014}$ | 10,010                     | 9,990      |
| 02 | $12^{+0,006}_{-0,012}$ | $12^{+0,023}_{+0,012}$ | 11,800                     | 12,020     |
| 03 | $14^{+0,024}_{+0,006}$ | $14_{-0,011}$          | 14,015                     | 13,900     |
| 04 | $8^{+0,015}$           | $8^{-0,025}_{-0,040}$  | 8,100                      | 7,950      |
| 05 | $28^{-0,014}_{-0,035}$ | $28^{+0,01}_{-0,01}$   | 27,970                     | 28,020     |
| 06 | $90^{+0,047}_{+0,012}$ | $90^{-0,036}_{-0,058}$ | 90,050                     | 89,970     |
| 07 | $35^{+0,039}$          | $35^{-0,025}_{-0,050}$ | 35,040                     | 34,950     |
| 08 | $56^{+0,014}_{-0,032}$ | $56^{-0,030}_{-0,060}$ | 56,020                     | 55,970     |
| 09 | $42^{+0,100}$          | $42^{-0,120}_{-0,159}$ | 42,100                     | 41,900     |
| 10 | $20^{-0,025}_{-0,050}$ | $20^{+0,035}_{+0,022}$ | 19,950                     | 20,050     |
| 11 | $50^{+0,025}$          | $50^{-0,025}_{-0,041}$ | 50,030                     | 49,960     |
| 12 | $30^{+0,072}_{+0,020}$ | $30_{-0,021}$          | 30,050                     | 29,820     |
| 13 | $25^{+0,084}$          | $25^{-0,020}_{-0,053}$ | 25,010                     | 24,980     |

|    |                         |                         |         |         |
|----|-------------------------|-------------------------|---------|---------|
| 14 | $75^{+0,076}_{+0,030}$  | $75_{-0,046}$           | 75,050  | 74,850  |
| 15 | $120^{+0,140}$          | $120^{+0,080}_{-0,080}$ | 120,100 | 120,150 |
| 16 | $17^{+0,043}_{+0,016}$  | $17^{+0,016}_{-0,043}$  | 17,030  | 17,040  |
| 17 | $26^{+0,027}$           | $26^{+0,040}_{-0,061}$  | 26,050  | 26,000  |
| 18 | $22^{+0,053}_{+0,020}$  | $22^{+0,020}_{-0,033}$  | 22,130  | 21,980  |
| 19 | $105^{+0,024}_{-0,059}$ | $105^{+0,045}_{+0,023}$ | 104,970 | 105,050 |
| 20 | $95^{+0,035}$           | $95^{+0,036}_{-0,071}$  | 95,000  | 94,900  |
| 21 | $15^{+0,075}_{+0,032}$  | $15^{+0,050}_{-0,089}$  | 15,100  | 14,950  |
| 22 | $16^{+0,013}$           | $16^{+0,005}_{-0,009}$  | 16,050  | 16,000  |
| 23 | $140^{+0,020}_{-0,045}$ | $140^{+0,040}_{+0,015}$ | 139,960 | 140,050 |
| 24 | $38^{+0,025}$           | $38^{+0,050}_{-0,075}$  | 38,040  | 37,950  |

### Элементы теории

*Размер* – числовое значение линейной величины (диаметр, длина и т.д.) в выбранных единицах измерения.

*Действительный* ( $D_d, d_d$ ) – размер, полученный измерением с допустимой погрешностью, которая зависит от точности измерительного средства.

*Номинальный* ( $D, d$ ) – размер, от которого отсчитываются отклонения. Сопрягаемые поверхности имеют общий номинальный размер ( $D = d$ ).

*Предельные размеры* – два размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Больший из двух предельных размеров называют наибольшим предельным размером ( $D_{нб}, d_{нб}$ ), меньший – наименьшим предельным размером ( $D_{нм}, d_{нм}$ ).

*Предельное отклонение* – разность между предельным и номинальным размерами (рис. 2.1). Различают верхние отклонения

$$ES = D_{нб} - D; \quad (2.1)$$

$$es = d_{нб} - d \quad (2.2)$$

и нижние отклонения

$$EI = D_{нм} - D; \quad (2.3)$$

$$ei = d_{нм} - d. \quad (2.4)$$

*Поле допуска* – часть пространства, ограниченная верхним и нижним отклонениями.

*Допуск* – абсолютная величина разности предельных размеров (см. рис. 2.1):

$$TD = D_{\text{нб}} - D_{\text{нм}} = ES - EI; \quad (2.5)$$

$$Td = d_{\text{нб}} - d_{\text{нм}} = es - ei. \quad (2.6)$$

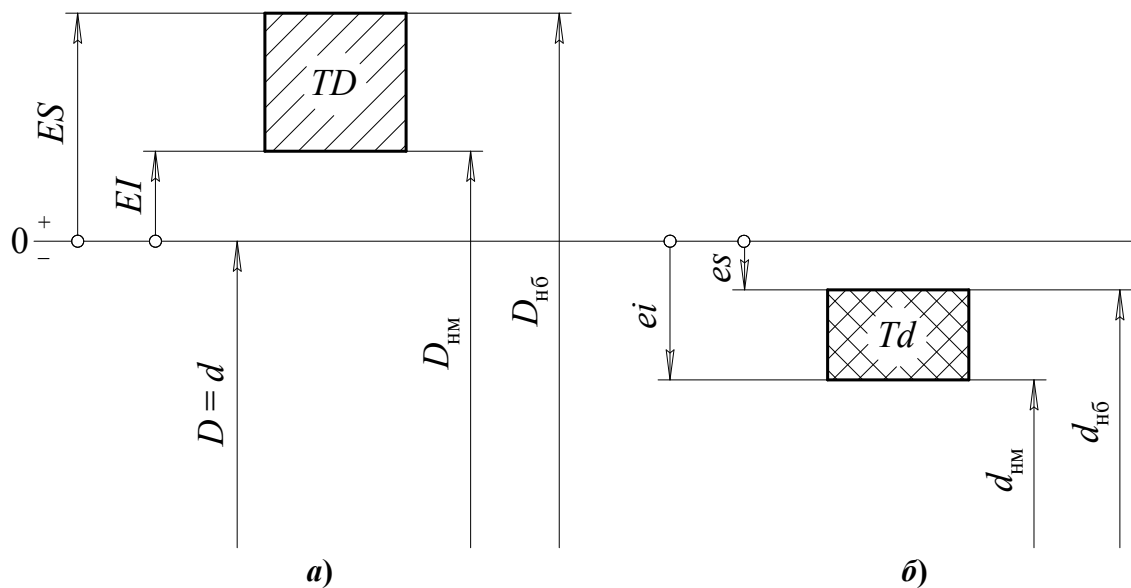


Рис. 2.1. Схемы расположения полей допусков отверстия (а) и вала (б)

### Пример выполнения задания

| Наименование параметра        | Размеры на чертеже        |                           |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                               | отверстия                 | вала                      |
|                               |                           |                           |
| Размер по заданию             | $110^{+0,034}_{-0,020}$   | $110_{-0,035}$            |
| Номинальный размер            | $D = d = 110$             |                           |
| Верхнее предельное отклонение | $ES = +0,034$             | $es = 0$                  |
| Нижнее предельное отклонение  | $EI = -0,020$             | $ei = -0,035$             |
| Наибольший предельный размер  | $D_{\text{нб}} = 110,034$ | $d_{\text{нб}} = 110,000$ |
| Наименьший предельный размер  | $D_{\text{нм}} = 109,980$ | $d_{\text{нм}} = 109,965$ |
| Допуск на размер              | $TD = 0,054$              | $Td = 0,035$              |

|                                           |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Действительный размер<br>(по заданию)     | $D_{\text{д}} = 110,02$                                                                                                                         | $d_{\text{д}} = 109,95$                                                                                                                                         |
| Графическое изображение<br>полей допусков | <p> <math>D_{\text{H6}} = 110,034</math><br/> <math>D = 110</math><br/> <math>D_{\text{H6}}</math><br/> <math>D_{\text{д}} = 110,02</math> </p> | <p> <math>d_{\text{H6}} = d = 110</math><br/> <math>d_{\text{д}} = 109,95</math><br/> <math>d_{\text{H6}}</math><br/> <math>d_{\text{h6}} = 109,965</math> </p> |
| Заключение о годности<br>детали           | годная                                                                                                                                          | брак окончательный                                                                                                                                              |