

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ и СЕРТИФИКАЦИЯ

## ЗАДАНИЕ 1

### Определение размерности производной физической величины

Найдите размерность производной физической величины в системе СИ 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 системы (табл. 1.1);  
 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$  – показатели степени, в которую эти размерности возведены.

Объясните полученный результат, используя известные физические соотношения.

При написании итоговой формулы соблюдайте следующие правила:

- 1) размерности, имеющие нулевую степень, в формуле не указываются;
- 2) плоский угол (радиан) и телесный угол (стерадиан) в формуле не указываются, так как эти величины не имеют размерности;
- 3) последовательность размерностей в итоговой формуле должна быть такой же, как порядок строк в табл. 1.1.

### 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              |

## Элементы теории

*Системой физических величин* называется совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие определяются как функции этих независимых величин.

*Основная физическая величина* – это величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы.

*Производная физическая величина* – это физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы.

Формализованным различием физических величин является их размерность. В табл. 1.1 приведены основные физические величины системы СИ, их размерности и единицы измерения с указанием сокращенных обозначений.

**Таблица 1.1. Основные физические величины системы СИ**

| Физическая величина           | Размерность | Единица измерения | Сокращенное обозначение единицы измерения |               |
|-------------------------------|-------------|-------------------|-------------------------------------------|---------------|
|                               |             |                   | русское                                   | международное |
| Длина                         | L           | метр              | м                                         | m             |
| Масса                         | M           | килограмм         | кг                                        | kg            |
| Время                         | T           | секунда           | с                                         | s             |
| Сила электрического тока      | I           | ампер             | A                                         | A             |
| Термодинамическая температура | $\theta$    | кельвин           | K                                         | K             |
| Сила света                    | J           | кандела           | кд                                        | cd            |
| Количество вещества           | N           | моль              | моль                                      | mol           |

Длина – величина, характеризующая протяженность, удаленность и перемещение тел или их частей вдоль заданной линии. *Метр* есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени  $1/299\,792\,458$  с.

Масса – величина, определяющая инертные и гравитационные свойства материальных объектов. С 2019 г. *килограмм* устанавливается фиксацией численного значения постоянной Планка равной в точности  $6,62607015 \cdot 10^{-34}$ .

Время – величина, характеризующая последовательную смену явлений и состояний материи, характеризующая длительность их бытия. *Секунда* есть время, равное  $9\,192\,631\,770$  периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Сила электрического тока – скалярная величина, равная производной по времени от электрического заряда, переносимого носителями заряда сквозь рассмат-

риваемую поверхность. *Ампер* есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н.

Термодинамическая температура – температура, отсчитываемая по термодинамической шкале температур от абсолютного нуля. *Кельвин* – это единица термодинамической температуры, равная  $1/273,16$  части термодинамической температуры тройной точки воды.

Кроме термодинамической температуры, допускается применять также температуру Цельсия. По размеру *градус Цельсия* равен кельвину.

Количество вещества – это величина, равная числу структурных элементов, содержащихся в теле (системе тел). *Моль* есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

Сила света – это величина, равная отношению светового потока, распространяющегося от источника излучения в рассматриваемом направлении внутри малого телесного угла к этому телесному углу. *Кандела* есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср.

### Пример выполнения задания

#### Размерность электрического сопротивления

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

$$dQ = I^2 R \cdot dt, \text{ Дж},$$

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 (1.2) в (1.1), окончательно получаем

$$O_M = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}.$$

$$\textbf{Ответ: } O_M = L^2 M T^{-3} I^{-2}$$

# 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):

$$TD = D_{\text{H6}} - D_{\text{HМ}} = ES - EI; \quad (2.5)$$

$$Td = d_{\text{H6}} - d_{\text{HМ}} = es - ei. \quad (2.6)$$

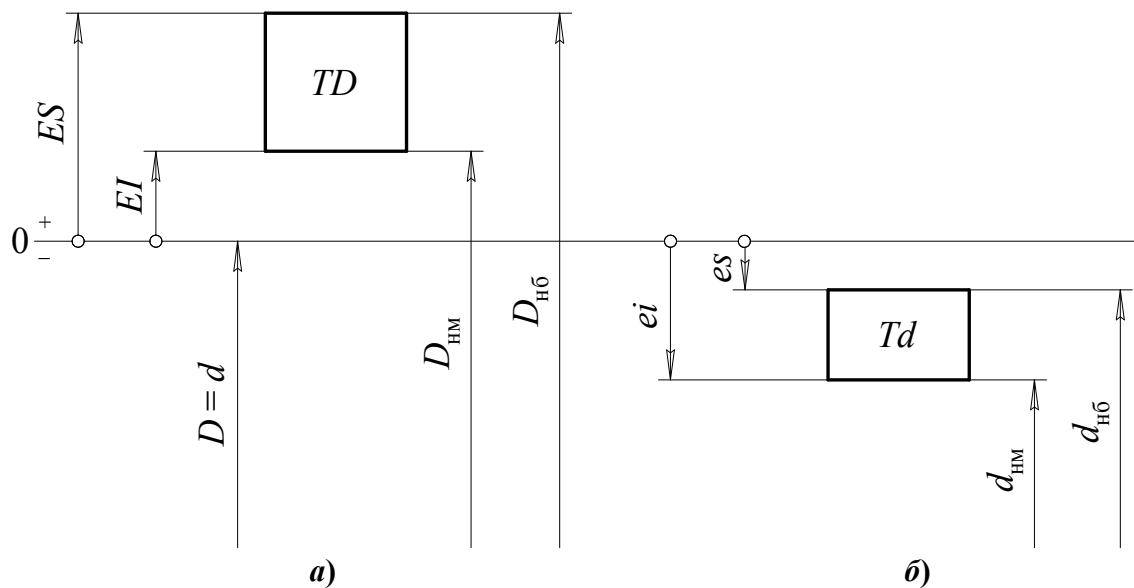
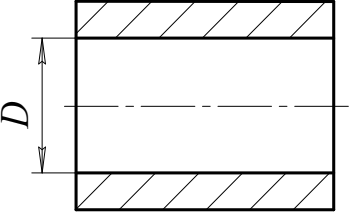
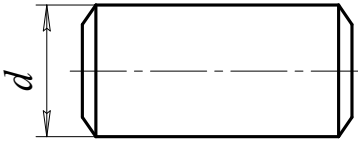


Рис. 2.1. Схемы расположения полей допусков отверстия (а) и вала (б)

### 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  | $D_{\text{H6}} = 110,034$                                                           | $d_{\text{H6}} = 110,000$                                                             |
| Наименьший предельный размер  | $D_{\text{HМ}} = 109,980$                                                           | $d_{\text{HМ}} = 109,965$                                                             |
| Допуск на размер              | $TD = 0,054$                                                                        | $Td = 0,035$                                                                          |

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



# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ и СЕРТИФИКАЦИЯ

## ЗАДАНИЕ 3

### Статистическое представление данных

В результате  $n$  измерений физической величины  $Q$  найдено ее среднее арифметическое значение  $\bar{Q}$  и рассчитан один из двух параметров: 1) среднеквадратическое отклонение результатов измерений  $\sigma$  или 2) оценка среднеквадратического отклонения результатов  $S_\sigma$ .

Найдите доверительный интервал значений величины  $Q$  с доверительной вероятностью  $P$ . Точность расчетов – до трех десятичных знаков.

Результат решения представьте в виде  $Q_p \in [Q_{p \min}; Q_{p \max}]$ .

### Варианты задания

|   | 0                                                         | 10                                                        | 20                                                         |
|---|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 0 |                                                           | $\bar{Q} = 3,15; P = 0,80;$<br>$S_\sigma = 0,02; n = 20$  | $\bar{Q} = 37,19; P = 0,98;$<br>$\sigma = 1,12; n = 61$    |
| 1 | $\bar{Q} = 5,28; P = 0,95;$<br>$S_\sigma = 0,50; n = 10$  | $\bar{Q} = 18,08; P = 0,99;$<br>$\sigma = 0,95; n = 16$   | $\bar{Q} = 61,81; P = 0,90;$<br>$S_\sigma = 0,62; n = 41$  |
| 2 | $\bar{Q} = 14,34; P = 0,98;$<br>$\sigma = 1,10; n = 29$   | $\bar{Q} = 75,14; P = 0,95;$<br>$S_\sigma = 1,17; n = 13$ | $\bar{Q} = 84,13; P = 0,80;$<br>$\sigma = 0,94; n = 9$     |
| 3 | $\bar{Q} = 63,45; P = 0,90;$<br>$S_\sigma = 0,56; n = 20$ | $\bar{Q} = 14,78; P = 0,95;$<br>$\sigma = 1,61; n = 25$   | $\bar{Q} = 37,21; P = 0,99;$<br>$S_\sigma = 0,89; n = 27$  |
| 4 | $\bar{Q} = 74,65; P = 0,98;$<br>$\sigma = 2,35; n = 61$   | $\bar{Q} = 79,82; P = 0,95;$<br>$S_\sigma = 1,48; n = 25$ | $\bar{Q} = 17,94; P = 0,90;$<br>$\sigma = 1,38; n = 24$    |
| 5 | $\bar{Q} = 47,14; P = 0,99;$<br>$S_\sigma = 0,59; n = 16$ | $\bar{Q} = 87,43; P = 0,98;$<br>$\sigma = 1,18; n = 27$   | $\bar{Q} = 29,24; P = 0,95;$<br>$S_\sigma = 0,52; n = 17$  |
| 6 | $\bar{Q} = 19,25; P = 0,80;$<br>$\sigma = 0,15; n = 5$    | $\bar{Q} = 24,67; P = 0,98;$<br>$S_\sigma = 0,57; n = 17$ | $\bar{Q} = 54,47; P = 0,95;$<br>$\sigma = 1,11; n = 23$    |
| 7 | $\bar{Q} = 65,24; P = 0,90;$<br>$S_\sigma = 1,45; n = 19$ | $\bar{Q} = 98,20; P = 0,99;$<br>$\sigma = 1,15; n = 13$   | $\bar{Q} = 184,28; P = 0,98;$<br>$S_\sigma = 4,15; n = 31$ |
| 8 | $\bar{Q} = 63,51; P = 0,99;$<br>$\sigma = 1,18; n = 29$   | $\bar{Q} = 68,09; P = 0,95;$<br>$S_\sigma = 1,25; n = 17$ | $\bar{Q} = 9,78; P = 0,80;$<br>$\sigma = 0,95; n = 21$     |
| 9 | $\bar{Q} = 58,94; P = 0,90;$<br>$S_\sigma = 1,76; n = 24$ | $\bar{Q} = 52,34; P = 0,98;$<br>$\sigma = 0,77; n = 30$   | $\bar{Q} = 38,71; P = 0,99;$<br>$S_\sigma = 1,01; n = 8$   |

## Элементы теории

*Среднее арифметическое* измеренной физической величины  $Q$  (наружного диаметра детали, ширины шпоночного паза, угла наклона образующей конической поверхности и т.д.)

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (3.1)$$

где  $n$  – число измерений (количество деталей в выборке);  $Q_i$  – результат отдельного измерения.

В случае *нормального закона распределения* совокупности данных дисперсия (разброс) величины  $Q$  характеризуется *среднеквадратическим отклонением*

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}. \quad (3.2)$$

В других случаях используется *оценка среднеквадратического отклонения* результатов измерений

$$S_\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}. \quad (3.3)$$

Из всего массива данных выделяют *доверительный интервал*  $Q_p$  – сравнительно узкий диапазон наиболее достоверных результатов измерения физической величины  $Q$ . Вероятность  $P$  попадания отдельного результата в доверительный интервал называют *доверительной вероятностью*.

Доверительный интервал симметричен относительно центра группирования результатов (среднего арифметического  $\bar{Q}$ ) и описывается зависимостью

$$Q_p = \bar{Q} \pm \delta_p, \quad (3.4)$$

где  $\delta_p$  – граница доверительного интервала.

Если определено среднеквадратическое отклонение  $\sigma$ , то

$$\delta_p = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_\alpha(P), \quad (3.5)$$

где  $z_\alpha(P)$  – квантиль нормального распределения для вероятности  $P$  (табл. 3.1).

**Таблица 3.1. Квантили нормального распределения (z-распределения)**

| $P$           | 0,80  | 0,90  | 0,95  | 0,98  | 0,99  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $z_\alpha(P)$ | 1,282 | 1,645 | 1,960 | 2,326 | 2,576 |

Если определена оценка среднеквадратического отклонения  $S_\sigma$ , то конфигурация выражения для расчета  $\delta_p$  зависит от числа измерений  $n$ :

– при  $n > 30$

$$\delta_p = \frac{S_\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_\alpha(P); \quad (3.6)$$

– при  $n \leq 30$

$$\delta_p = \frac{S_\sigma}{\sqrt{n}} \cdot t(k, P), \quad (3.7)$$

где  $t(k, P)$  – табличное значение квантиля распределения Стьюдента, определяемое в зависимости от числа степеней свободы  $k$  и доверительной вероятности  $P$  (табл. 3.2).

Число степеней свободы массива данных

$$k = n - 1. \quad (3.8)$$

**Таблица 3.2. Квантили распределения Стьюдента ( $t$ -распределения)**

| $k$ | $P$   |       |        |        |        |
|-----|-------|-------|--------|--------|--------|
|     | 0,80  | 0,90  | 0,95   | 0,98   | 0,99   |
| 1   | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 |
| 2   | 1,886 | 2,920 | 4,303  | 6,965  | 9,925  |
| 3   | 1,638 | 2,353 | 3,182  | 4,541  | 5,841  |
| 4   | 1,533 | 2,132 | 2,776  | 3,747  | 4,604  |
| 5   | 1,476 | 2,015 | 2,571  | 3,365  | 4,032  |
| 6   | 1,440 | 1,943 | 2,447  | 3,143  | 3,707  |
| 7   | 1,415 | 1,895 | 2,365  | 2,998  | 3,499  |
| 8   | 1,397 | 1,860 | 2,306  | 2,896  | 3,355  |
| 9   | 1,383 | 1,833 | 2,262  | 2,821  | 3,250  |
| 10  | 1,372 | 1,812 | 2,228  | 2,764  | 3,169  |
| 11  | 1,363 | 1,796 | 2,201  | 2,718  | 3,106  |
| 12  | 1,356 | 1,782 | 2,179  | 2,681  | 3,055  |
| 13  | 1,350 | 1,771 | 2,160  | 2,650  | 3,012  |
| 14  | 1,345 | 1,761 | 2,145  | 2,624  | 2,977  |
| 15  | 1,341 | 1,753 | 2,131  | 2,602  | 2,947  |
| 16  | 1,337 | 1,746 | 2,120  | 2,583  | 2,921  |
| 17  | 1,333 | 1,740 | 2,110  | 2,567  | 2,898  |
| 18  | 1,330 | 1,734 | 2,101  | 2,552  | 2,878  |
| 19  | 1,328 | 1,729 | 2,093  | 2,539  | 2,861  |
| 20  | 1,325 | 1,725 | 2,086  | 2,528  | 2,845  |
| 21  | 1,323 | 1,721 | 2,080  | 2,518  | 2,831  |
| 22  | 1,321 | 1,717 | 2,074  | 2,508  | 2,819  |
| 23  | 1,319 | 1,714 | 2,069  | 2,500  | 2,807  |
| 24  | 1,318 | 1,711 | 2,064  | 2,492  | 2,797  |
| 25  | 1,316 | 1,708 | 2,060  | 2,485  | 2,787  |

|    |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 26 | 1,315 | 1,706 | 2,056 | 2,479 | 2,779 |
| 27 | 1,314 | 1,703 | 2,052 | 2,473 | 2,771 |
| 28 | 1,313 | 1,701 | 2,048 | 2,467 | 2,763 |
| 29 | 1,311 | 1,699 | 2,045 | 2,462 | 2,756 |
| 30 | 1,310 | 1,697 | 2,042 | 2,457 | 2,750 |
| 40 | 1,303 | 1,684 | 2,021 | 2,423 | 2,704 |
| 50 | 1,298 | 1,676 | 2,009 | 2,403 | 2,678 |
| 60 | 1,296 | 1,671 | 2,000 | 2,390 | 2,660 |

### Пример выполнения задания

#### Исходные данные

Среднее арифметическое измеренной физической величины  $\bar{Q} = 29,24$ ; оценка среднеквадратического отклонения физической величины  $S_{\sigma} = 0,52$ ; число измерений  $n = 16$ ; доверительная вероятность  $P = 0,95$ .

#### Решение

| № п/п | Рассчитываемая величина                               | Обозначение  | Формула или номер формулы | Результат расчета |
|-------|-------------------------------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------|
| 1     | Число степеней свободы массива данных                 | $k$          | (3.8)                     | 15                |
| 2     | Квантиль распределения Стьюдента                      | $t(k, P)$    | табл. 3.2                 | 2,131             |
| 3     | Граница доверительного интервала                      | $\delta_p$   | (3.7)                     | 0,277             |
| 5     | Наименьшее доверительное значение физической величины | $Q_{p \min}$ | (3.4)                     | 28,963            |
| 6     | Наибольшее доверительное значение физической величины | $Q_{p \max}$ |                           | 29,517            |

**Ответ:**  $Q_p \in [28,963; 29,517]$