

**Областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Курский электромеханический техникум»  
(ОБПОУ «КЭМТ»)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по учебной дисциплине

ОП.04 Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия

/специальность 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация  
холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) /  
(базовая подготовка)

Разработчик:  
БЕЛЯЕВА Лариса Викторовна,  
преподаватель первой  
квалификационной категории

2018 г.

РАССМОТРЕНЫ

на заседании предметной (цикловой) комиссии  
преподавателей профессионального цикла  
по направлению подготовки

Технологии и сервис

Протокол № 1 от «31» 08 2018г.

Председатель ПЦК Л.Н. Борзенкова

СОГЛАСОВАНО

Заведующая  
сервисно-технологическим  
отделением

Л.А. Орлова Л.А. Орлова  
«31» 08 2018г

..

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по учебной дисциплине

ОП.04 Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия

/специальность 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-  
компрессорных машин и установок (по отраслям)/  
(базовая подготовка)

Разработчик: \_\_\_\_\_



Л.В. Беляева, преподаватель  
первой квалификационной категории

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| Пояснительная записка.....                       | 3   |
| Практическая работа №1.....                      | 5   |
| Практическая работа №2.....                      | 13  |
| Практическая работа №3.....                      | 17  |
| Практическая работа №4.....                      | 21  |
| Практическая работа №5.....                      | 26  |
| Практическая работа №6.....                      | 35  |
| Практическая работа №7.....                      | 40  |
| Практическая работа №8.....                      | 47  |
| Практическая работа №9.....                      | 57  |
| Практическая работа №10.....                     | 64  |
| Практическая работа №11.....                     | 71  |
| Практическая работа №12.....                     | 80  |
| Практическая работа №13.....                     | 94  |
| Перечень практических занятий.....               | 102 |
| Требования к результатам работ и оформлению..... | 104 |
| Критерии оценки и формы контроля.....            | 105 |
| Заключение.....                                  | 106 |
| Список рекомендуемой литературы.....             | 107 |
| Приложение 1. Форма титульного листа.....        | 109 |

## **Пояснительная записка**

Измерения являются играют огромную роль в современном мире. Практически нет ни одной сферы деятельности человека, где бы интенсивно не использовались результаты измерений, испытаний и контроля. Контроль качества на соответствие требованиям стандартов считается важнейшим инструментом в повышении конкурентоспособности продукции и услуг.

Целью разработки методических рекомендаций по выполнению практических работ является углубление и закрепление студентом теоретических знаний путем применения их к решению заданий по учебной дисциплине ОП.04 Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия, а также оценка компетентности студента. Поэтому основными задачами при выполнении практических работ являются:

- закрепление, углубление и систематизация полученных студентом знаний о единстве терминологии, единиц измерения с действующими стандартами и международной системой единиц СИ; об основных положениях систем (комплексов) общетехнических и организационно-методических стандартов; об основных понятиях и определениях метрологии, стандартизации и сертификации; об основах повышения качества продукции; о документации систем качества;

- выработка умений самостоятельно оформлять технологическую и техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой на основе использования основных положений метрологии, стандартизации и сертификации в производственной деятельности; применять документацию систем качества; применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов;

- закрепление навыков работы с компьютерной техникой, использования современных информационно-коммуникационных технологий;

- развитие навыков работы с учебной, научной и справочной литературой, нормативно-технической документацией, в том числе стандартами;

– овладение навыками регулярной и ритмичной работы, грамотного изложения результатов работы, а также развития самостоятельности.

При выполнении практических работ формируются следующие профессиональные компетенции:

ПК1.1. Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям);

ПК1.2. Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий;

ПК1.3. Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования;

ПК1.4. Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования;

ПК2.1. Участвовать в организации и выполнять работы по подготовке к ремонту и испытаниям холодильного оборудования;

ПК2.2. Участвовать в организации и выполнять работы по ремонту холодильного оборудования с использованием различных приспособлений и инструментов;

ПК2.3. Участвовать в организации и выполнять различные виды испытаний холодильного оборудования;

ПК3.1. Участие в планировании работы структурного подразделения для реализации производственной деятельности;

ПК3.2. Участие в руководстве работой структурного подразделения для реализации производственной деятельности

ПК3.3. Участвовать в анализе и оценке качества выполняемых работ структурного подразделения.

Методическая разработка предназначена для студентов, обучающихся по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям).

## Практическая работа №1

### Тема: Оценивание погрешности измерений

#### Цель работы:

- закрепить знания, полученные при изучении основных понятий, касающихся оценивания погрешности измерений;
- закрепить знания, полученные при изучении форм выражения погрешностей измерения;
- закрепить знания, полученные при изучении обозначений классов точности на средствах измерений и в нормативно-технической документации;
- научиться оценивать пределы допускаемой абсолютной и относительной погрешности при измерении физической величины, а также пределы допускаемой погрешности средства измерения.

#### Краткие теоретические сведения

##### 1 Основные термины и определения

**Средство измерения (СИ)** – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и/или хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

**Метрологические характеристики (МХ)** – характеристики средства измерения, которые позволяют судить об его пригодности для измерений в известном диапазоне с известной точностью.

**Диапазон измерений** – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерения (для преобразователей – диапазон преобразования).

**Предел измерения** – наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения.

**Цена деления шкалы** – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

**Погрешность средства измерения** – разность между показаниями средства измерения и истинными (действительными) значениями физической величины.

**Основная погрешность средства измерения** – погрешность средства измерения, нормируемая при нормальных условиях эксплуатации.

## **2 Способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик средств измерений**

Пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей выражают в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности устанавливают по формуле:

$$\Delta = \pm a \quad (1.1)$$

или

$$\Delta = \pm (a+bx), \quad (1.2)$$

где  $\Delta$  – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

$x$  – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

$a, b$  – положительные числа, независимые от  $x$ .

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности устанавливают по формуле:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \times 100\% = \pm p, \quad (1.3)$$

где  $\gamma$  – пределы допускаемой приведённой основной погрешности, %;

$\Delta$  – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

$X_N$  – нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и  $\Delta$ ;

$p$  – отвлечённое положительное число, выбираемое из ряда:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $(1,6 \cdot 10^n)$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $(3 \cdot 10^n)$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$  ( $n=1, 0, -1, -2$  и так далее).

Значения, указанные в скобках, не устанавливают для вновь разрабатываемых средств измерений.

Если средства измерений имеют равномерную, практически равномерную или степенную шкалу, а нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений, то нормирующее значение  $X_N$  устанавливают равным бóльшему из пределов измерений или равным бóльшему из модулей пределов измерений, если нулевое значение внутри диапазона измерений.

Для электроизмерительных приборов с равномерной, практически равномерной или степенной шкалой и нулевой отметкой внутри диапазона измерений за нормирующее значение принимается сумма модулей пределов измерений. Например, если прибор имеет пределы измерений от минус 20 до плюс 40, то  $X_N = 60$ .

Если средства измерений имеют шкалу с условным нулём, нормирующее значение равно модулю разности пределов измерений. Например, если милливольтметр термоэлектрического термометра имеет пределы измерений 200 и 600°C, то за нормирующее значение принимается  $X_N=400^\circ\text{C}$ .

Если средство измерений имеет установленное номинальное значение, то нормирующее значение равно этому номинальному значению. Например, если частотомер имеет диапазон измерений 45 - 55 Гц и номинальную частоту 50 Гц, то за нормирующее значение принимается  $X_N=50$  Гц.

Если средства измерений имеют существенно неравномерную шкалу, то нормирующее значение равно всей длине шкалы или её части, соответствующей диапазону измерений. В таком случае пределы абсолютной погрешности выражают, как и длину шкалы, в единицах длины.



Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по формуле:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \times 100\% = \pm q, \quad (1.4)$$

если  $\Delta$  установлено по формуле (1),

или по формуле

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \times 100\% = \pm \left[ c + d \times \left( \left| \frac{X_K}{X} \right| - 1 \right) \right] \%, \quad (1.5)$$

где  $\delta$  – пределы допускаемой относительной основной погрешности, %;

$\Delta$  – пределы допускаемой абсолютной основной погрешности, выраженной в единицах измеряемой величины на входе (выходе) или условно в делениях шкалы;

$X$  – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений или число делений, отсчитанных по шкале;

$c, d, q$  – положительные числа, выбираемые из ряда:  $1 \cdot 10^n; 1,5 \cdot 10^n; (1,6 \cdot 10^n); 2 \cdot 10^n; 2,5 \cdot 10^n; (3 \cdot 10^n); 4 \cdot 10^n; 5 \cdot 10^n; 6 \cdot 10^n$  ( $n=1, 0, -1, -2$  и так далее).

$X_K$  – больший (по модулю) из пределов измерений.

### 3 Обозначение классов точности средств измерений

Правила построения и примеры обозначения классов точности в нормативно-технической документации (НТД) и на средствах измерений (СИ) приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Правила построения и примеры обозначения классов точности

| Форма выражения погрешности | Пределы допускаемой основной погрешности | Примеры пределов допускаемой основной погрешности | Обозначение класса точности |       |
|-----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|-------|
|                             |                                          |                                                   | в НТД                       | на СИ |
| Приведенная                 | По формуле (1.3):<br>если $X_N = X_K$    | $\gamma = \pm 1,0\%$                              | Класс точности<br>1,0       | 1,0   |

## Окончание таблицы 1.1

| Форма выражения погрешности | Пределы допускаемой основной погрешности                   | Примеры пределов допускаемой основной погрешности                                                | Обозначение класса точности             |          |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
|                             |                                                            |                                                                                                  | в НТД                                   | на СИ    |
| Приведенная                 | По формуле (1.3):<br>если $X_N$ – длина шкалы или её части | $\gamma = \pm 1,5\%$                                                                             | Класс точности 1,5                      | 1,5<br>✓ |
| Относительная               | По формуле (1.4)                                           | $\delta = \pm 0,5\%$                                                                             | Класс точности 0,5                      | 0,5      |
| Относительная               | По формуле (1.5)                                           | $\delta = \pm \left[ 0,2 + 0,1 \cdot \left( \left  \frac{X_K}{X} \right  - 1 \right) \right] \%$ | Класс точности 0,2/0,1                  | 0,2/0,1  |
| Абсолютная                  | По формуле (1.1) или (1.2)                                 | $\Delta = \pm 0,2A$                                                                              | Класс точности М или класс точности III | М<br>III |

## Порядок выполнения работы

1. Повторите термины и определения, используемые при выполнении работы.
2. Рассмотрите способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик средств измерений.
3. Рассмотрите обозначение классов точности средств измерений.
4. Ознакомьтесь с примерами оценивания абсолютной, относительной и приведенной погрешности.
5. Определите классы точности представленных преподавателем средств измерений.
6. Оцените пределы допускаемой абсолютной и относительной погрешности, выполнив необходимые расчеты.
7. Составьте отчёт о проделанной работе.

### **Содержание отчета:**

Отчет по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- расчёт пределов допускаемой погрешности;
- выводы.

### **Примеры решения заданий по оцениванию погрешностей измерений**

**Задание 1:** Оценить пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы тока 20 А амперметром, который имеет пределы измерений от 0 до 50 А и класс точности 0,5.

#### **Решение:**

Класс точности амперметра нормируется по приведенной погрешности. Поэтому по формуле (1.3) определяем пределы допускаемой абсолютной погрешности отсчета

$$\Delta = \pm \frac{\gamma \times X_N}{100} = \pm \frac{0,5 \times 50}{100} = \pm 0,25 A$$

Пределы допускаемой относительной погрешности определяются по формуле (1.4)

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \times 100\% = \pm \frac{0,25}{20} \times 100\% = \pm 1,25\%$$

**Задание 2:** Амперметр рассчитан на 10 мА, показания этого измерительного прибора составили 4 мА. Оцените пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы тока, а также пределы допускаемой приведенной погрешности амперметра, если показания образцового прибора, включенного последовательно, равны 4,25 мА.

**Решение:**

Определяем абсолютную погрешность как разность между показанием амперметра и действительным значением силы тока  $X_d$

$$\Delta = |X - X_d| = |4 - 4,25| = 0,25 \text{ мА}$$

Пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы тока 4мА определяем по формуле (1.4)

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \times 100\% = \pm \frac{0,25}{4} \times 100\% = \pm 6,25\%$$

Пределы допускаемой приведенной погрешности определяем по формуле (1.3)

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \times 100\% = \pm \frac{0,25}{10} \times 100\% = \pm 2,5\%$$

**Задания для самостоятельной работы**

**Задание.** Оцените пределы допускаемой относительной погрешности измерения силы тока  $X$  амперметром, который имеет пределы измерений от 0 до  $X_k$  и класс точности  $\gamma$ . Данные для решения следует выбрать из таблицы 1.2.

Таблица 1.2 – Исходные данные для решения задания

| № варианта | Конечное значение<br>диапазона измерений $X_k$ ,<br>А | Класс точности<br>$\gamma$ , % | Значение<br>измеренной<br>величины $X$ , А |
|------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| 1          | 0,5                                                   | 2,5                            | 0,2                                        |
| 2          | 1                                                     |                                | 0,8                                        |
| 3          | 3                                                     |                                | 2,0                                        |
| 4          | 5                                                     |                                | 3,0                                        |
| 5          | 10                                                    |                                | 4,0                                        |
| 6          | 1                                                     | 1,5                            | 0,6                                        |
| 7          | 2                                                     |                                | 0,8                                        |
| 8          | 3                                                     |                                | 1,6                                        |
| 9          | 5                                                     |                                | 4,0                                        |
| 10         | 10                                                    |                                | 8,0                                        |
| 11         | 0,5                                                   | 2,0                            | 0,2                                        |
| 12         | 1                                                     |                                | 0,8                                        |
| 13         | 3                                                     |                                | 2,0                                        |
| 14         | 5                                                     |                                | 3,0                                        |
| 15         | 10                                                    |                                | 4,0                                        |

### Окончание таблицы 1.2

| № варианта | Конечное значение<br>диапазона измерений $X_k$ ,<br>А | Класс точности<br>$\gamma$ , % | Значение<br>измеренной<br>величины $X$ , А |
|------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| 16         | 1                                                     | 0,5                            | 0,6                                        |
| 17         | 2                                                     |                                | 0,8                                        |
| 18         | 3                                                     |                                | 1,6                                        |
| 19         | 5                                                     |                                | 4,0                                        |
| 20         | 10                                                    |                                | 8,0                                        |
| 21         | 0,5                                                   | 0,2                            | 0,2                                        |
| 22         | 1                                                     |                                | 0,8                                        |
| 23         | 3                                                     |                                | 2,0                                        |
| 24         | 5                                                     |                                | 3,0                                        |
| 25         | 10                                                    |                                | 4,0                                        |
| 26         | 1                                                     |                                | 0,6                                        |

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под погрешностью средства измерения?
2. В каких случаях пределы допускаемой погрешности выражают в форме приведенной погрешности?
3. При каком условии пределы допускаемой погрешности выражают в форме относительной погрешности?
4. Как определяются пределы абсолютной погрешности и в чём она выражается?
5. Как определяются пределы относительной погрешности и в чём она выражается?
6. Как определяются пределы приведенной погрешности и в чём она выражается?
7. Как обозначаются классы точности на средствах измерений и в нормативно-технической документации? Приведите примеры.

## **Практическая работа №2**

### **Тема: Выбор средства измерения по точности**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания, полученные при изучении основных понятий и определений, касающихся выбора средства измерений по точности;
- закрепить знания, полученные при изучении форм выражения погрешностей измерения;
- научиться производить выбор средства измерения с наименьшей погрешностью измерения.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Повторите термины и определения, используемые при выполнении работы (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
2. Рассмотрите формы выражения метрологических характеристик средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
3. Рассмотрите обозначение классов точности средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
4. Ознакомьтесь с примером выбора средства измерения с наименьшей погрешностью измерения.
5. Выполните задание по выбору средства измерения с наименьшей погрешностью измерения.
6. Составьте отчёт о проделанной работе.

#### **Содержание отчёта:**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- выбор средства измерения по точности на основании проведенных расчётов;

- ВЫВОДЫ.

### Пример решения задания

**Задание:** Выбрать прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения 8 В. Первый вольтметр имеет класс точности 0,2 и пределы измерений 0-10 В, а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде  $c/d = 0,2/0,05$ , и пределы измерений 0-20 В.

**Решение:**

Первый вольтметр имеет класс точности, выраженный в форме приведенной погрешности  $p_1 = \gamma = 0,2$  ( $\pm 0,2\%$ ), и верхний предел измерения  $U_{к1} = 10\text{В}$ .

Второй вольтметр имеет класс точности, выраженный в виде  $c/d = 0,2/0,05$  и через относительную погрешность, и верхний предел измерения  $U_{к2} = 20\text{В}$ .

По формуле (1.3) определяем пределы допускаемой абсолютной погрешности для первого вольтметра

$$\Delta_1 = \pm \frac{\gamma \times X_N}{100} = \pm \frac{0,2 \times 10}{100} = \pm 0,02\text{В}$$

Пределы допускаемой относительной погрешности для первого вольтметра определяются по формуле (1.4)

$$\delta_1 = \pm \frac{\Delta}{X} \times 100\% = \pm \frac{0,02}{8} \times 100\% = \pm 0,25\%$$

По формуле (1.5) определяем пределы допускаемой относительной погрешности для второго вольтметра

$$\delta_2 = \pm \left[ c + d \times \left( \left| \frac{X_{к2}}{X} \right| - 1 \right) \right] = \pm \left[ 0,2 + 0,05 \times \left( \frac{20}{8} - 1 \right) \right] \% = \pm 0,275\%$$

При сравнении полученных значений пределов допускаемых относительных погрешностей выбираем первый вольтметр, так как это средство измерения имеет меньшую погрешность измерения напряжения 8 В.

## Задания для самостоятельной работы

**Задание.** Выберите прибор с наибольшей точностью для измерения напряжения  $X$ . Первый вольтметр имеет класс точности  $\gamma_1$  и верхний предел измерений  $X_{к1}$ , а второй вольтметр имеет погрешность, заданную в виде  $c/d$ , и верхний предел измерений  $X_{к2}$ .

Данные для решения следует выбрать из таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные для решения задания

| № варианта | Первый вольтметр                  |                             | Второй вольтметр                  |                      | Значение измеренной величины $X$ |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------------|
|            | Верхний предел измерений $X_{к1}$ | Класс точности $\gamma$ , % | Верхний предел измерений $X_{к2}$ | Класс точности $c/d$ |                                  |
| 1          | 10мВ                              | 0,1                         | 1мВ                               | 0,2/0,1              | 0,5мВ                            |
| 2          | 50мВ                              | 0,1                         | 10мВ                              | 0,1/0,05             | 8мВ                              |
| 3          | 150В                              | 2,5                         | 100В                              | 1,0/0,2              | 50В                              |
| 4          | 100мВ                             | 0,06                        | 1В                                | 0,05/0,02            | 60мВ                             |
| 5          | 1,5В                              | 0,5                         | 10В                               | 0,05/0,02            | 1В                               |
| 6          | 250В                              | 1,5                         | 300В                              | 0,02/0,05            | 200В                             |
| 7          | 450В                              | 1,5                         | 350В                              | 1,5/4,0              | 300В                             |
| 8          | 500В                              | 0,06                        | 1000В                             | 0,05/0,02            | 400В                             |
| 9          | 700В                              | 0,3                         | 1000В                             | 0,2/0,5              | 600В                             |
| 10         | 1000В                             | 0,01                        | 1000В                             | 0,02/0,003           | 800В                             |
| 11         | 10мВ                              | 0,1                         | 1мВ                               | 0,2/0,5              | 0,5мВ                            |
| 12         | 50мВ                              | 0,1                         | 10мВ                              | 0,1/0,2              | 8мВ                              |
| 13         | 150В                              | 1,5                         | 100В                              | 0,2/0,5              | 80В                              |
| 14         | 100мВ                             | 0,5                         | 500мВ                             | 0,01/0,02            | 80мВ                             |
| 15         | 1,5В                              | 0,5                         | 10В                               | 0,05/0,02            | 1В                               |
| 16         | 250В                              | 1,5                         | 300В                              | 0,02/0,05            | 200В                             |
| 17         | 50В                               | 2,5                         | 100В                              | 1,5/4,0              | 40В                              |
| 18         | 500В                              | 0,06                        | 1000В                             | 0,05/0,1             | 400В                             |
| 19         | 500В                              | 0,2                         | 1000В                             | 0,2/0,4              | 400В                             |
| 20         | 800В                              | 0,5                         | 1000В                             | 0,02/0,05            | 600В                             |
| 21         | 250В                              | 1,5                         | 300В                              | 0,05/0,1             | 200В                             |



### Окончание таблицы 2.1

| № варианта | Первый вольтметр                  |                             | Второй вольтметр                  |                    | Значение измеренной величины X |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|
|            | Верхний предел измерений $X_{к1}$ | Класс точности $\gamma$ , % | Верхний предел измерений $X_{к2}$ | Класс точности c/d |                                |
| 22         | 450В                              | 1,5                         | 350В                              | 1,5/2,5            | 300В                           |
| 23         | 500В                              | 0,5                         | 1000В                             | 0,02/0,05          | 400В                           |
| 24         | 500В                              | 1,5                         | 1000В                             | 0,1/0,2            | 400В                           |
| 25         | 800В                              | 0,4                         | 1000В                             | 0,01/0,02          | 500В                           |

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под погрешностью средства измерения?
2. В каких случаях пределы допускаемой погрешности выражают в форме приведенной погрешности?
3. При каком условии пределы допускаемой погрешности выражают в форме относительной погрешности?
4. Как определяются пределы относительной погрешности и в чём она выражается?
5. Как определяются пределы приведенной погрешности и в чём она выражается?

## **Практическая работа №3**

### **Тема: Выбор метрологических показателей средств измерений**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания, полученные при изучении основных понятий и определений, касающихся выбора метрологических показателей средств измерений;
- закрепить знания, полученные при изучении форм выражения погрешностей измерения;
- научиться производить выбор метрологических показателей средства измерения.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Повторите термины и определения, используемые при выполнении работы (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
2. Повторите формы выражения метрологических характеристик средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
3. Повторите обозначение классов точности средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
4. Ознакомьтесь с примером выбора метрологических показателей средства измерения.
5. Выполните задание по выбору метрологических показателей средства измерения.
6. Составьте отчёт о проделанной работе.

#### **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;

- индивидуальное задание;
- выбор метрологических показателей средства измерения на основании проведенных расчётов;
- выводы.

### Пример решения задачи

**Задача:** Определите пределы измерения и основную приведенную погрешность манометра для измерения давления  $40 \pm 0,5$  МПа при условии, что верхний предел измерений манометра следует выбрать из ряда: 30,0; 40,0; 60,0; 100; а класс точности – из ряда:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; где  $n=1; 0; -1; -2$ .

**Решение:**

Наибольшее предельное давление

$$P_{\max} = 40 + 0,5 = 40,5 \text{ МПа.}$$

Наименьшее предельное давление

$$P_{\min} = 40 - 0,5 = 39,5 \text{ МПа.}$$

Допуск на контролируемый параметр

$$T = 40,5 - 39,5 = 1,0 \text{ МПа.}$$

Выбор измерительного средства определяется допуском на измерение, который зависит от допуска на контролируемый параметр. При отсутствии рекомендаций в нормативно-технической документации допуск на измерение принимают:

$$\sigma_{\text{изм}} = 0,33 \times T,$$

где  $T$  – допуск на контролируемый параметр.

Основная допускаемая абсолютная погрешность манометра или допуск на измерение:

$$\sigma_{\text{изм}} = 0,33 \times T = 0,33 \times 1,0 = 0,33 \text{ МПа.}$$

Нижний предел рабочей части шкалы:

$$H_{\text{ди}} < P_{\min} - \sigma_{\text{изм}} = 39,5 - 0,33 = 39,17 \text{ МПа.}$$

Верхний предел рабочей части шкалы:

$$B_{\text{ди}} > P_{\text{max}} + \sigma_{\text{изм}} = 40,5 + 0,33 = 40,83 \text{ МПа.}$$

Выбираем манометр с ближайшим большим верхним пределом измерения 60 МПа.

Основная приведенная погрешность определяется по формуле (1.3)

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \times 100\% = \pm \frac{0,33}{60} \times 100\% = \pm 0,55\%$$

Принимаем ближайшее меньшее значение приведенной погрешности, соответствующее классу точности, из ряда, а именно 0,5%.

### Задания для самостоятельной работы

**Задание:** Определите верхний предел измерения и основную приведенную погрешность вольтметра для измерения напряжения  $U$ , если верхний предел измерений вольтметра следует выбрать из ряда: 10; 30; 50; 75; 100; 150; 250; 450; 500 В, а класс точности – из ряда:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; где  $n=1; 0; -1; -2$ .

Данные для решения задания следует выбрать из таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для решения задания

| № варианта       | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $U \pm \Delta U$ | $50 \pm 0,2$  | $100 \pm 0,5$ | $24 \pm 1,2$  | $9 \pm 0,45$  | $125 \pm 2,5$ | $220 \pm 4,4$ | $178 \pm 8$   | $115 \pm 2,3$ | $440 \pm 8,8$ |
| № варианта       | 10            | 11            | 12            | 13            | 14            | 15            | 16            | 17            | 18            |
| $U \pm \Delta U$ | $120 \pm 2,4$ | $60 \pm 0,3$  | $120 \pm 0,5$ | $80 \pm 1,6$  | $9 \pm 0,45$  | $127 \pm 2,5$ | $260 \pm 5,2$ | $180 \pm 3,6$ | $115 \pm 2,3$ |
| № варианта       | 19            | 20            | 21            | 22            | 23            | 24            | 25            | 26            | 27            |
| $U \pm \Delta U$ | $360 \pm 7,2$ | $240 \pm 4,8$ | $200 \pm 5$   | $280 \pm 5,6$ | $140 \pm 2,8$ | $30 \pm 0,6$  | $160 \pm 3,2$ | $350 \pm 7,0$ | $80 \pm 1,6$  |

### Контрольные вопросы

1. Что такое метрологические характеристики средства измерения?
2. Чем отличается диапазон измерений от пределов измерений прибора?
3. Как определяются пределы приведенной погрешности и в чём она выражается?

4. Как обозначаются классы точности на средствах измерений и в нормативно-технической документации? Приведите примеры.

5. От каких параметров зависит выбор верхнего предела измерений и класса точности средства измерений?

## **Практическая работа №4**

### **Тема: Обработка однократных измерений**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания, полученные при изучении методов обработки однократных измерений;
- научиться производить обработку однократных измерений.

#### **Краткие теоретические сведения**

##### **1 Термины и определения**

**Измерение** – познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной физической величины с известной физической величиной, принятой за единицу измерения.

**Прямые измерения** – измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно по показаниям средств измерений.

**Косвенные измерения** – измерения, при которых искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, найденными прямыми измерениями в одинаковых условиях.

**Равноточные измерения** – измерения одной и той же физической величины, выполненные одинаковыми по точности средствами измерения в одних и тех же условиях.

**Неравноточные измерения** – измерения одной и той же физической величины, выполненные различными по точности средствами измерения и (или) в разных условиях.

**Однократные измерения** – измерения, выполненные один раз.

**Многократные измерения** – измерения одного и того же размера физической величины, следующие друг за другом.

## **2 Метод обработки однократных измерений**

Прямые однократные измерения являются наиболее массовыми и присущи для производственных процессов. Эти измерения проводятся при следующих условиях:

- объем априорной информации об объекте измерения достаточен для достоверного определения измеряемой величины;
- известен метод измерения, оценены погрешности либо устранены;
- применяемые средства измерения считаются исправными и имеют соответствующие нормам метрологические характеристики.

За результат прямого однократного измерения принимается результат однократного наблюдения.

Составляющими погрешности прямых однократных измерений являются:

- инструментальная погрешность, рассчитываемая по метрологическим характеристикам средств измерения;
- методическая погрешность, то есть погрешность используемого метода измерений, определяемая на основе анализа в каждом конкретном случае;
- субъективная погрешность, вносимая оператором.

Если последние составляющие не превышают 15% погрешности средства измерений, то за погрешность результата однократного измерения принимается погрешность используемого средства измерения.

### **Порядок выполнения работы**

1. Повторите термины и определения, используемые при выполнении работы.
2. Повторите формы выражения метрологических характеристик средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
3. Повторите обозначение классов точности средств измерений (смотри краткие теоретические сведения в практической работе №1).
4. Ознакомьтесь с особенностями применения однократных измерений.

5. Выполните задание по обработке результата однократного измерения.
6. Составьте отчёт о проделанной работе.

### Содержание отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- обработка результата однократного измерения;
- выводы.

### Пример решения задания

**Задание.** При измерении температуры в помещении термометр показывает  $X=26^{\circ}\text{C}$ . Погрешность градуировки термометра  $\Delta=+0,2^{\circ}\text{C}$ . Среднее квадратическое отклонение показаний  $\sigma =0,3^{\circ}\text{C}$ . Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью  $P=0,9973$  ( $t_p=3$ ):

#### Решение:

Исключаем систематическую погрешность средства измерения (погрешность градуировки термометра) путем введения поправки

$$X_{\text{ист}}=X-\Delta_{\text{сист.}}=26-(+0,2)=25,8^{\circ}\text{C}$$

При небольшом числе измерений  $n<30$  границы доверительного интервала для случайной погрешности

$$\varepsilon = \pm \frac{t_p \times S_x}{\sqrt{n}}, \quad (4.1)$$

где  $t_p$  - коэффициент Стьюдента, соответствующий числу степеней свободы и принятой доверительной вероятности  $P$ ;

$S_x$  – среднеквадратичное отклонение, определяемое как  $\sigma$ ;



n – число измерений.

Определяем доверительные границы для случайной погрешности:

$$\varepsilon = \pm \frac{t_p \times S_x}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3 \times 0,3}{\sqrt{1}} = \pm 0,9$$

Окончательный результат измерений

T=25,8±0,9°C, P=0,9973.

### Задания для самостоятельной работы

#### Задание:

При измерении температуры в помещении термометр показывает T,°C. Погрешность градуировки термометра +Δ,°C. Среднее квадратическое отклонение показаний σ,°C. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью P=0,9973 (t<sub>p</sub>=3).

Данные для решения задания следует выбрать из таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

| Вариант | Показание термометра, T,°C | Погрешность градуировки, Δ, °C | Среднее квадратическое отклонение показаний, σ,°C |
|---------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1       | 20                         | 0,1                            | 0,2                                               |
| 2       | 22                         | 0,2                            | 0,3                                               |
| 3       | 26                         | 0,4                            | 0,4                                               |
| 4       | 35                         | 0,5                            | 0,2                                               |
| 5       | 12                         | 0,1                            | 0,1                                               |
| 6       | 15                         | 0,1                            | 0,2                                               |
| 7       | 36                         | 0,2                            | 0,3                                               |
| 8       | 28                         | 0,4                            | 0,4                                               |
| 9       | 24                         | 0,5                            | 0,2                                               |
| 10      | 29                         | 0,1                            | 0,1                                               |
| 11      | 31                         | 0,1                            | 0,2                                               |
| 12      | 34                         | 0,2                            | 0,3                                               |
| 13      | 32                         | 0,4                            | 0,4                                               |
| 14      | 33                         | 0,5                            | 0,2                                               |
| 15      | 37                         | 0,1                            | 0,1                                               |
| 16      | 27                         | 0,1                            | 0,2                                               |
| 17      | 23                         | 0,2                            | 0,3                                               |

Окончание таблицы 4.1

| Вариант | Показание<br>термометра<br>$T, ^\circ\text{C}$ | Погрешность<br>градуировки,<br>$\Delta, ^\circ\text{C}$ | Среднее квадратическое<br>отклонение показаний, $\sigma, ^\circ\text{C}$ |
|---------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 18      | 16                                             | 0,4                                                     | 0,4                                                                      |
| 19      | 24                                             | 0,5                                                     | 0,2                                                                      |
| 20      | 5                                              | 0,1                                                     | 0,1                                                                      |
| 21      | 9                                              | 0,1                                                     | 0,2                                                                      |
| 22      | 10                                             | 0,2                                                     | 0,3                                                                      |
| 23      | 13                                             | 0,4                                                     | 0,4                                                                      |
| 24      | 18                                             | 0,5                                                     | 0,2                                                                      |
| 25      | 19                                             | 0,1                                                     | 0,1                                                                      |
| 26      | 27                                             | 0,2                                                     | 0,2                                                                      |

**Контрольные вопросы**

1. Чем отличаются прямые измерения от косвенных?
2. Чем отличается равноточные измерения от неравноточных?
3. При каких условиях проводятся однократные измерения?
4. Какие Вам известны составляющие погрешности прямых однократных измерений?

## Практическая работа №5

### Тема: Обработка результатов многократных измерений

#### Цель работы:

- закрепить знания, полученные при изучении методов обработки многократных равнооточных измерений;
- научиться производить обработку многократных равнооточных измерений.

#### Краткие теоретические сведения

Прямые многократные измерения в основном относятся к исследовательским измерениям. Последовательность обработки результатов измерений включает следующие этапы.

##### **1. Исключение систематической погрешности**

Результаты наблюдений исправляют путем введения поправки при наличии систематической погрешности.

##### **2. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений**

Вычисляют среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.1)$$

Для оценки рассеяния отдельных результатов измерения относительно среднего арифметического значения  $\bar{x}$  определяют выборочное среднеквадратичное отклонение

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.2)$$

##### **3. Исключение промахов**

Результат измерений считается сомнительным, если он резко отличается от остальных результатов ряда наблюдений. Если сомнительный результат измерений содержит грубую погрешность, то данный результат считается промахом.

Если число измерений  $n < 20$  целесообразно применять критерий Романовского. В этом случае вычисляют отношение

$$\left| \frac{x_{ic} - \bar{x}}{S_x} \right| = \beta, \quad (5.3)$$

Если  $\beta \geq \beta_t$ , то сомнительный результат считается промахом и отбрасывается. Значения  $\beta_t$  выбираются из таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Значения критерия Романовского

| Уровень значимости q | Число измерений |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|
|                      | n=4             | n=6  | n=8  | n=10 | n=12 | n=15 | n=20 |
| 0,01                 | 1,73            | 2,16 | 2,43 | 2,62 | 2,75 | 2,90 | 3,08 |
| 0,02                 | 1,72            | 2,13 | 2,37 | 2,54 | 2,66 | 2,80 | 2,96 |
| 0,05                 | 1,71            | 2,10 | 2,27 | 2,41 | 2,52 | 2,64 | 2,78 |
| 0,10                 | 1,69            | 2,00 | 2,17 | 2,29 | 2,39 | 2,49 | 2,62 |

#### **4. Определение закона распределения результатов измерений**

При числе наблюдений  $n > 50$  для идентификации закона распределения используется критерий Пирсона  $\chi^2$ . При  $15 < n < 50$  для проверки нормальности закона распределения применяется составной критерий (d-критерий). При  $n < 15$  принадлежность результатов измерений к нормальному распределению не проверяется.

#### **5. Определение доверительных границ случайной погрешности**

При небольшом числе измерений  $n < 30$  границы доверительного интервала для случайной погрешности

$$\varepsilon = \pm \frac{t_p \times S_x}{\sqrt{n}}, \quad (5.4)$$

где  $t_p$  - коэффициент Стьюдента, соответствующий числу степеней свободы и принятой доверительной вероятности P;

$S_x$  – среднеквадратичное отклонение, определяемое по формуле (5.2);

$n$  – число измерений.

При числе измерений  $n > 30$  доверительные границы случайной погрешности

$$\mathcal{E} = \pm \frac{z_{p/2} \times S_x}{\sqrt{n}}, \quad (5.5)$$

где  $z_{P/2}$  – значение нормированной функции Лапласа в точке  $P/2$  при доверительной вероятности  $P$ , определяемое по таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Значение нормированной функции Лапласа

| P    | $z_{P/2}$ | P    | $z_{P/2}$ |
|------|-----------|------|-----------|
| 0,90 | 1,65      | 0,97 | 2,17      |
| 0,95 | 1,96      | 0,98 | 2,33      |
| 0,96 | 2,06      | 0,99 | 2,58      |

## 6. Определение доверительных границ неисключённой систематической погрешности

Границы неисключенной систематической погрешности (НСП) результата измерений принимаются равными пределам допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений.

При наличии нескольких систематических погрешностей доверительные границы результата измерения определяются по формуле

$$\theta(P) = k(P) \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (5.6)$$

где  $k(P)$  – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью  $P$  и числом составляющих неисключённой систематической погрешности (НСП)  $m$ ;

$\theta_i$  – границы  $i$ -той составляющей неисключённой систематической погрешности (НСП).

Коэффициент  $k(P)$  в зависимости от доверительной вероятности  $P$  и числа составляющих  $m$  систематической неисклѹченной погрешности (НСП) определяется по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значения коэффициента  $k(P)$

| P    | m <sub>1</sub> | k(P) |
|------|----------------|------|
| 0,90 | -              | 0,95 |
| 0,95 |                | 1,1  |
| 0,99 | 2              | 1,2  |
|      | 3              | 1,3  |
|      | 4              | 1,4  |
|      | 5 и более      | 1,45 |

## 7. Определение доверительных границ суммарной погрешности результата измерения

Суммирование систематической и случайной составляющих погрешности происходит в зависимости от соотношения  $\theta$  и  $S(\tilde{A})$ . Суммарная погрешность определяется по одной из формул, приведенных в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Погрешность результата измерения

| Значение соотношения $\frac{\theta}{S(\tilde{A})}$ | Погрешность результата измерения $\Delta(P)$ |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| $\frac{\theta}{S(\tilde{A})} < 0,8$                | $\Delta(P) = \varepsilon(P)$                 |
| $0,8 \leq \frac{\theta}{S(\tilde{A})} \leq 8$      | $\Delta(P) = k \times S_{\Sigma}$            |
| $\frac{\theta}{S(\tilde{A})} > 8$                  | $\Delta(P) = \theta(P)$                      |

Определяют среднее квадратическое отклонение  $S(\tilde{A})$  по формуле:

$$S(\tilde{A}) = \frac{S_x}{\sqrt{n}} \text{ или } S_x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.7)$$

Оценку суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения определяют по формуле:

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3} + S^2(\tilde{A})} \quad (5.8)$$

Коэффициент  $K$  вычисляют по формуле:

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S(\tilde{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3}}} \quad (5.9)$$

## 8. Окончательный результат измерения

При симметричной доверительной погрешности результаты измерений представляют в форме:  $X = \bar{X} \pm \Delta(P)$ ,  $P$ . Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности  $\Delta$ .

## **Порядок выполнения работы**

1. Изучите последовательность обработки прямых многократных равнооточных измерений.
2. Рассмотрите пример обработки прямых многократных равнооточных измерений.
3. Выполните индивидуальное задание по обработке результатов многократных измерений.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

## **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- обработка результатов многократных измерений;
- выводы.

## **Пример решения задания**

**Исходные данные:** Результаты измерений размера 72h8:

71,96; 71,97; 71,98; 71,99; 71,98; 71,97; 71,96; 71,80; 71,96; 71,98.

Погрешность средства измерения, т.е. гладкого микрометра с диапазоном измерения 50-75 мм и ценой деления 0,01мм, составляет  $\Delta_{\text{СИ}} = \pm 0,004 \text{ мм}$ .

### ***Решение***

#### ***1. Исключение систематической погрешности***

В нашем случае систематическая погрешность, вызванная отклонением от нулевой отметки средства измерения (микрометра), отсутствует.

#### ***2. Определение точечных оценок закона распределения результатов измерений***

Определяем среднее арифметическое результатов измерений без учета сомнительного результата. Результат 71,8 принимаем за сомнительный результат. Среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{71,96 + 71,97 + 71,98 + 71,99 + 71,98 + 71,97 + 71,96 + 71,96 + 71,98}{9} = 71,97$$

Определяем выборочное среднее квадратическое отклонение без учета сомнительного результата

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{9-1} \left[ \begin{array}{l} (71,96 - 71,97)^2 + (71,97 - 71,97)^2 + \\ (71,98 - 71,97)^2 + (71,99 - 71,97)^2 + \\ (71,98 - 71,97)^2 + (71,97 - 71,97)^2 + \\ (71,96 - 71,97)^2 + (71,96 - 71,97)^2 + \\ (71,98 - 71,97)^2 \end{array} \right]} = 0,0111$$

### **3. Исключение промахов**

Применяем критерий Романовского, так как число измерений  $n=10$ , что меньше 20 измерений. Вычисляем отношение  $\beta$

$$\beta = \left| \frac{x_{ic} - \bar{x}}{S_x} \right| = \left| \frac{71,8 - 71,97}{0,0111} \right| = 15,31.$$

Сравниваем отношение  $\beta$  с табличным значением из таблицы 5.1.

Так как  $\beta = 15,31 > \beta_t = 2,41$  при уровне значимости  $q=0,05$  (принимается для технических измерений), следовательно, сомнительный результат 71,8 является промахом. Этот результат исключается из ряда измерений.

### **4. Определение закона распределения результатов измерений**

Так как число измерений меньше 15, то принадлежность результатов измерений к нормальному распределению не проверяется.

### **5 Определение доверительных границ случайной погрешности**

Границы доверительного интервала случайной погрешности

$$\varepsilon = \pm \frac{t_p \cdot S_x}{\sqrt{n}} = \pm \frac{2,3 \cdot 0,0111}{\sqrt{9}} = \pm 0,0085 \text{ мм}$$



Так как неисключённая систематическая погрешность результата вызвана погрешностью только средства измерения, поэтому границы неисключённой систематической погрешности результата измерений принимаем равными пределам допускаемой основной погрешности средства измерения.

где  $\Delta_{\text{СИ}}$  – погрешность средства измерения, т.е. в нашем случае погрешность гладкого микрометра. Коэффициент  $k(P)$  принимаем равным 1,1 при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

### 7. Определение доверительных границ суммарной погрешности результата измерения

$$S(\tilde{A}) = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \frac{0,0111}{\sqrt{9}} = 0,0037$$

Так как отношение  $0,8 < \frac{\theta}{S(\bar{A})} = 1,19 < 8$ , то производим суммирование математической и случайной составляющих погрешности результата измерения.

Вычисляем коэффициент К:

Доверительные границы суммарной погрешности результата измерений:

32

## 8. Окончательный результат

Истинное значение измеряемой величины находится в пределах:

$$\bar{x} - \Delta(P) < x_{\text{ист}} < \bar{x} + \Delta(P)$$

$$71,97-0,01 < x_{\text{ист}} < 71,97+0,01$$

$$71,96 < x_{\text{ист}} < 71,98$$

Окончательный результат измерения можно записать в следующем виде:

$$X = \bar{X} \pm \Delta(P);$$

$$71,97 \pm 0,01; P=0,95$$

### Задания для самостоятельной работы

#### Задание:

Произвести обработку результатов прямых многократных равнооточных измерений температуры, если погрешность термометра составляет 0,05°C. Результаты измерений даны в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Результаты измерений

| Номер варианта | Результаты измерений                                        |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| 1              | 22,2; 22,5; 22,8; 20,6; 22,8; 22,4; 22,7; 22,4; 22,7; 22,6. |
| 2              | 32,5; 32,5; 32,8; 30,6; 32,8; 32,4; 32,7; 32,4; 32,7; 32,6. |
| 3              | 92,2; 92,5; 92,8; 90,6; 92,8; 92,4; 92,7; 92,4; 92,7; 92,6. |
| 4              | 22,4; 22,5; 22,3; 20,5; 22,9; 22,4; 22,3; 22,4; 22,6; 22,5  |
| 5              | 42,2; 42,5; 42,8; 40,6; 42,8; 42,3; 42,7; 42,3; 42,7; 42,6  |
| 6              | 52,2; 52,5; 52,4; 50,7; 52,8; 52,4; 52,7; 52,4; 52,8; 52,7  |
| 7              | 72,2; 72,5; 72,8; 70,6; 72,8; 72,4; 72,7; 72,4; 72,7; 72,9  |
| 8              | 82,2; 82,5; 82,8; 80,5; 82,8; 82,5; 82,4; 82,4; 82,9; 82,6  |
| 9              | 22,4; 22,5; 22,9; 20,6; 22,7; 22,4; 22,7; 22,5; 22,6; 22,8  |
| 10             | 42,2; 42,5; 42,8; 40,6; 42,8; 42,4; 42,5; 42,4; 42,7; 42,6  |
| 11             | 72,4; 72,6; 72,8; 70,6; 72,8; 72,4; 72,7; 72,4; 72,6; 72,6  |
| 12             | 32,5; 32,5; 32,9; 30,6; 32,8; 32,4; 32,7; 32,5; 32,7; 32,6  |
| 13             | 92,2; 92,5; 92,8; 90,6; 92,8; 92,5; 92,7; 92,4; 92,6; 92,6  |
| 14             | 22,4; 22,5; 22,3; 20,5; 22,8; 22,4; 22,3; 22,5; 22,6; 22,5  |
| 15             | 42,2; 42,5; 42,7; 40,6; 42,8; 42,3; 42,6; 42,3; 42,7; 42,6  |
| 16             | 52,2; 52,5; 52,4; 50,7; 52,7; 52,4; 52,7; 52,6; 52,8; 52,7  |
| 17             | 72,2; 72,6; 72,8; 70,6; 72,9; 72,4; 72,7; 72,4; 72,7; 72,9  |
| 18             | 82,3; 82,4; 82,8; 80,5; 82,8; 82,5; 82,4; 82,4; 82,9; 82,6  |
| 19             | 22,4; 22,5; 22,9; 20,6; 22,7; 22,6; 22,7; 22,8; 22,6; 22,8  |
| 20             | 42,2; 42,6; 42,8; 40,6; 42,8; 42,4; 42,5; 42,6; 42,7; 42,6  |
| 21             | 22,2; 22,5; 22,9; 20,6; 22,8; 22,4; 22,7; 22,8; 22,7; 22,6  |

### Окончание таблицы 5.5

| Номер варианта | Результаты измерений                                        |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| 22             | 32,6; 32,5; 32,8; 30,6; 32,8; 32,4; 32,7; 32,6; 32,7; 32,6  |
| 23             | 92,7; 92,6; 92,8; 90,6; 92,8; 92,4; 92,7; 92,4; 92,7; 92,6  |
| 24             | 22,4; 22,5; 22,4; 20,5; 22,8; 22,4; 22,3; 22,4; 22,6; 22,5  |
| 25             | 42,2; 42,5; 42,8; 40,6; 42,8; 42,3; 42,7; 42,3; 42,7; 42,6  |
| 26             | 52,2; 52,5; 52,4; 50,7; 52,8; 52,4; 52,7; 52,4; 52,8; 52,7  |
| 27             | 72,2; 72,5; 72,8; 70,6; 72,8; 72,4; 72,7; 72,4; 72,7; 72,9. |
| 28             | 82,2; 82,5; 82,7; 80,5; 82,8; 82,5; 82,4; 82,6; 82,9; 82,6. |
| 29             | 22,4; 22,5; 22,8; 20,6; 22,7; 22,4; 22,7; 22,6; 22,6; 22,8. |
| 30             | 42,6; 42,5; 42,8; 40,6; 42,8; 42,6; 42,5; 42,4; 42,7; 42,6  |

### Контрольные вопросы

1. Приведите последовательность обработки прямых многократных равнооточных измерений.
2. В чем выражается грубая погрешность измерений и как она определяется?
3. Какие точечные оценки закона распределения результатов измерений Вам известны?
4. От чего зависит неисключённая систематическая погрешность результата измерения?
5. В какой форме может быть представлен окончательный результат измерений?

## **Практическая работа №6**

### **Тема: Определение экономического эффекта от стандартизации**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания, полученные при изучении основных понятий и определений, касающихся стандартизации;
- научиться определять экономический эффект от стандартизации, в частности, от проведения унификации.

#### **Краткие теоретические сведения**

Наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации является унификация.

Унификация — это приведение объектов одинакового функционального назначения к единообразию (например, к оптимальной конструкции) по установленному признаку и рациональное сокращение числа объектов на основе данных об их эффективной применяемости.

Наибольшее влияние стандартизация в сфере производства оказывает на снижение себестоимости изготавливаемых изделий. Известно, что все текущие расходы в производстве можно разделить на переменные  $S_n$  (стоимость основных материалов, заработная плата производственных рабочих по сдельным системам и др.) и условно-постоянные  $S_{y.п.}$  амортизационные отчисления по специальным статьям, заработная плата производственных рабочих по повременным системам и др. В связи с этим себестоимость изделия  $S$  можно определить по формуле:

$$S = S_n + \frac{S_{y.п.}}{N_r}, \quad (6.1)$$

где  $N_r$  - годовая программа выпуска.

С увеличением выпуска изделий в результате стандартизации, унификации сокращается доля условно-постоянных расходов, приходящихся на единицу продукции. Кроме того, что при проведении стандартизации (унификации) за счет увеличения серийности изделий происходит снижение трудоёмкости и себестоимости машин (приборов), мероприятия по стандартизации, как правило,

вызывают повышение производительности труда, сокращение основных и оборотных фондов, повышение фондоотдачи, высвобождение производственных фондов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Повторите сущность унификации, используемой при выполнении работы.
2. Ознакомьтесь с составляющими себестоимости изделия и формулой её определения.
3. Выполните задание по определению себестоимости сборочной единицы после проведения унификации.
4. Проведите сравнительный анализ себестоимости сборочной единицы по отношению к себестоимости базового изделия и средней себестоимости выпуска сборочных единиц.
5. Составьте отчёт о проделанной работе.

### **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- определение себестоимости сборочной единицы после проведения унификации и выполнение сравнительного анализа;
- выводы.

### **Пример решения задания**

**Задание.** Проводится унификация (стандартизация) сборочной единицы четырех машин, входящих в унифицированное семейство. Исходные данные, характеризующие каждую машину, приведены в таблице 6.1. Определите себестоимость сборочной единицы после проведения унификации и проведите сравнительный анализ себестоимости сборочной единицы по отношению к

себестоимости базового изделия и средней себестоимости выпуска сборочных единиц.

Таблица 6.1 – Исходные данные

| Переменные<br>расходы, руб. | Условно-постоянные<br>расходы, руб. | Годовая программа<br>выпуска, шт. |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| $S_{п1}=200$                | $S_{y.п.1}=20000$                   | $N_{г1}=100$                      |
| $S_{п2}=250$                | $S_{y.п.2}=25000$                   | $N_{г2}=250$                      |
| $S_{п3}=300$                | $S_{y.п.3}=30000$                   | $N_{г3}=500$                      |
| $S_{п4}=350$                | $S_{y.п.4}=35000$                   | $N_{г4}=1000$                     |

### Решение:

Определяем себестоимость сборочной единицы для каждой машины, используя формулу (6.1):

$$S_1 = S_{п1} + \frac{S_{y.п1}}{N_{г1}} = 200 + \frac{20000}{100} = 400 \text{ руб.},$$

$$S_2 = S_{п2} + \frac{S_{y.п2}}{N_{г2}} = 250 + \frac{25000}{250} = 350 \text{ руб.},$$

$$S_3 = S_{п3} + \frac{S_{y.п3}}{N_{г3}} = 300 + \frac{30000}{500} = 360 \text{ руб.},$$

$$S_4 = S_{п4} + \frac{S_{y.п4}}{N_{г4}} = 350 + \frac{35000}{1000} = 385 \text{ руб.}$$

После проведения унификации на базе сборочной единицы четвертой модели её годовой объём выпуска возрастает с 1000 до 1850 шт. ( $1000+100+250+500=1850$  шт.).

Тогда себестоимость сборочной единицы четвертой модели:

$$S_4^y = S_{п4} + \frac{S_{y.п4}}{N_{г4}} = 350 + \frac{35000}{1850} \approx 369 \text{ руб.}$$

Следовательно, при унификации обеспечивается снижение себестоимости не только по сравнению с себестоимостью базового изделия (385 руб.), но и по сравнению со средней себестоимостью выпуска сборочных единиц:

$$S_{cp} = \frac{N_{г1} \times S_1 + N_{г2} \times S_2 + N_{г3} \times S_3 + N_{г4} \times S_4}{N_{г1} + N_{г2} + N_{г3} + N_{г4}} = \frac{100 \times 400 + 250 \times 350 + 500 \times 360 + 1000 \times 385}{100 + 250 + 500 + 1000} = 374 \text{ руб.}$$

Проведём сравнительный анализ

$$S_4^y = 369 \text{ руб.} < S_4 = 385 \text{ руб.}$$

$$S_4^y = 369 \text{ руб.} < S_{\text{ср.}} = 374 \text{ руб.}$$

Таким образом, проведение унификации экономически целесообразно.

### Задания для самостоятельной работы

**Задание.** Определите себестоимость сборочной единицы после проведения унификации и проведите сравнительный анализ себестоимости сборочной единицы по отношению к себестоимости базового изделия и средней себестоимости выпуска сборочных единиц. Определите экономическую целесообразность проведения унификации. Исходные данные, характеризующие каждую машину, приведены в таблице 6.2:

Таблица 6.2 – Исходные данные

| Вариант | Переменные расходы, руб.                     | Условно-постоянные расходы, руб.                                     | Годовая программа выпуска, шт.                   |
|---------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1       | $S_{п1}=20; S_{п2}=30; S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=10000; S_{y.п.2}=20000; S_{y.п.3}=32000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=150; N_{г3}=200; N_{г4}=250$ |
| 2       | $S_{п1}=10; S_{п2}=20; S_{п3}=40; S_{п4}=35$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=40000; S_{y.п.3}=80000; S_{y.п.4}=70000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=250; N_{г3}=300; N_{г4}=400$ |
| 3       | $S_{п1}=20; S_{п2}=15; S_{п3}=30; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=30000; S_{y.п.3}=60000; S_{y.п.4}=75000$ | $N_{г1}=150; N_{г2}=250; N_{г3}=400; N_{г4}=500$ |
| 4       | $S_{п1}=15; S_{п2}=20; S_{п3}=25; S_{п4}=30$ | $S_{y.п.1}=30000; S_{y.п.2}=40000; S_{y.п.3}=50000; S_{y.п.4}=55000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=250; N_{г3}=400; N_{г4}=110$ |
| 5       | $S_{п1}=20; S_{п2}=30; S_{п3}=40; S_{п4}=15$ | $S_{y.п.1}=15000; S_{y.п.2}=50000; S_{y.п.3}=32000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=150; N_{г3}=200; N_{г4}=250$ |
| 6       | $S_{п1}=10; S_{п2}=20; S_{п3}=30; S_{п4}=40$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=50000; S_{y.п.3}=60000; S_{y.п.4}=30000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=300; N_{г3}=400; N_{г4}=150$ |
| 7       | $S_{п1}=40; S_{п2}=20; S_{п3}=30; S_{п4}=45$ | $S_{y.п.1}=30000; S_{y.п.2}=40000; S_{y.п.3}=60000; S_{y.п.4}=50000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=200; N_{г3}=300; N_{г4}=500$ |
| 8       | $S_{п1}=50; S_{п2}=20; S_{п3}=15; S_{п4}=45$ | $S_{y.п.1}=25000; S_{y.п.2}=40000; S_{y.п.3}=60000; S_{y.п.4}=50000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=200; N_{г3}=300; N_{г4}=250$ |
| 9       | $S_{п1}=10; S_{п2}=20; S_{п3}=30; S_{п4}=40$ | $S_{y.п.1}=25000; S_{y.п.2}=40000; S_{y.п.3}=50000; S_{y.п.4}=40000$ | $N_{г1}=250; N_{г2}=400; N_{г3}=125; N_{г4}=150$ |
| 10      | $S_{п1}=20; S_{п2}=25; S_{п3}=30; S_{п4}=35$ | $S_{y.п.1}=35000; S_{y.п.2}=30000; S_{y.п.3}=25000; S_{y.п.4}=45000$ | $N_{г1}=350; N_{г2}=600; N_{г3}=200; N_{г4}=100$ |

## Окончание таблицы 6.2

| Вариант | Переменные<br>расходы, руб.                       | Условно-постоянные<br>расходы, руб.                                       | Годовая программа<br>выпуска, шт.                     |
|---------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 11      | $S_{п1}=10; S_{п2}=35;$<br>$S_{п3}=30; S_{п4}=45$ | $S_{y.п.1}=40000; S_{y.п.2}=30000;$<br>$S_{y.п.3}=20000; S_{y.п.4}=40000$ | $N_{г1}=400; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=500; N_{г4}=500$ |
| 12      | $S_{п1}=20; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=55$ | $S_{y.п.1}=25000; S_{y.п.2}=30000;$<br>$S_{y.п.3}=20000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=250;$<br>$N_{г3}=300; N_{г4}=200$ |
| 13      | $S_{п1}=20; S_{п2}=35;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=10000; S_{y.п.2}=25000;$<br>$S_{y.п.3}=30000; S_{y.п.4}=40000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=200;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=400$ |
| 14      | $S_{п1}=25; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=45; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=15000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=35000; S_{y.п.4}=45000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=250;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=300$ |
| 15      | $S_{п1}=25; S_{п2}=20;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=30000; S_{y.п.4}=40000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=300;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=450$ |
| 16      | $S_{п1}=20; S_{п2}=35;$<br>$S_{п3}=45; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=35000; S_{y.п.4}=45000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=200$ |
| 17      | $S_{п1}=10; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=20$ | $S_{y.п.1}=40000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=20000; S_{y.п.4}=50000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=250;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=300$ |
| 18      | $S_{п1}=20; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=10000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=32000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=250$ |
| 19      | $S_{п1}=20; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=10$ | $S_{y.п.1}=50000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=30000; S_{y.п.4}=40000$ | $N_{г1}=500; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=350$ |
| 20      | $S_{п1}=20; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=10000; S_{y.п.2}=20000;$<br>$S_{y.п.3}=32000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=100; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=250$ |
| 21      | $S_{п1}=25; S_{п2}=35;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=15000; S_{y.п.2}=25000;$<br>$S_{y.п.3}=35000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=250;$<br>$N_{г3}=400; N_{г4}=350$ |
| 22      | $S_{п1}=10; S_{п2}=20;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=30$ | $S_{y.п.1}=50000; S_{y.п.2}=40000;$<br>$S_{y.п.3}=40000; S_{y.п.4}=50000$ | $N_{г1}=400; N_{г2}=450;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=500$ |
| 23      | $S_{п1}=20; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=10; S_{п4}=55$ | $S_{y.п.1}=20000; S_{y.п.2}=50000;$<br>$S_{y.п.3}=40000; S_{y.п.4}=20000$ | $N_{г1}=200; N_{г2}=400;$<br>$N_{г3}=200; N_{г4}=300$ |
| 24      | $S_{п1}=10; S_{п2}=30;$<br>$S_{п3}=40; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=15000; S_{y.п.2}=25000;$<br>$S_{y.п.3}=35000; S_{y.п.4}=25000$ | $N_{г1}=400; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=300; N_{г4}=250$ |
| 25      | $S_{п1}=20; S_{п2}=35;$<br>$S_{п3}=10; S_{п4}=50$ | $S_{y.п.1}=18000; S_{y.п.2}=40000;$<br>$S_{y.п.3}=40000; S_{y.п.4}=22000$ | $N_{г1}=300; N_{г2}=150;$<br>$N_{г3}=400; N_{г4}=250$ |

### Контрольные вопросы:

1. Какой смысл вкладывают в понятие *унификация*?
2. Какую роль играет стандартизация, в частности, унификация в сфере производства?
3. От чего зависит себестоимость продукции? Перечислите параметры.
4. Как влияет внедрение унификации на величину себестоимости изделия?



## **Практическая работа №7**

### **Тема: Определение экономической целесообразности изготовления деталей с учетом рядов предпочтительных чисел**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания, полученные при изучении рядов предпочтительных чисел;
- научиться применять ряды предпочтительных чисел при изготовлении деталей с учетом экономической целесообразности.

#### **Краткие теоретические сведения**

Принцип предпочтительности является теоретической базой современной стандартизации. Согласно этому принципу устанавливают ряды предпочтительных чисел, построенные по принципу геометрической прогрессии.

Наиболее удобны геометрические прогрессии, включающие число 1 и имеющие знаменатель  $A_n = \sqrt[n]{10}$ . В соответствии с рекомендациями ИСО установлены ряды предпочтительных чисел со знаменателями A:

$$\sqrt[5]{10} \approx 1,6 ; \sqrt[10]{10} \approx 1,25 ; \sqrt[20]{10} \approx 1,12 ; \sqrt[40]{10} \approx 1,06 ; \sqrt[80]{10} \approx 1,03 ; \sqrt[160]{10} \approx 1,015.$$

ГОСТ 8032-84 составлен с учетом рекомендаций ИСО и устанавливает четыре основных ряда предпочтительных чисел (R5, R10, R20, R40) и два дополнительных (R80 и R160).

При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик их значения следует брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом величины ряда R5 необходимо предпочесть величинам ряда R10, величины ряда R10 – величинам R20, последние – величинам R40.

Критерием для выбора сравниваемых рядов является минимум затрат на изготовление и эксплуатацию изделия.

Существуют два способа экономического обоснования параметрических и размерных рядов:

- 1) расчеты производят по себестоимости годовой программы изделий;

2) кроме себестоимости учитывают сроки окупаемости затрат и службы изделий, а также эксплуатационные расходы.

Таблица 7.1 - Главные ряды предпочтительных чисел

| Основные ряды |       |       |       | Номер<br>предпочтительного<br>числа | Расчетные<br>величины<br>числа |
|---------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|--------------------------------|
| R5            | R10   | R20   | R40   |                                     |                                |
| 1,00          | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 0                                   | 1,0000                         |
|               |       |       | 1,06  | 1                                   | 1,0593                         |
|               |       | 1,12  | 1,12  | 2                                   | 1,1220                         |
|               | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 3                                   | 1,2589                         |
|               |       |       | 1,32  | 4                                   | 1,3335                         |
|               |       | 1,4   | 1,4   | 5                                   | 1,4125                         |
|               |       |       | 1,5   | 6                                   | 1,4962                         |
| 1,6           | 1,6   | 1,6   | 1,6   | 7                                   | 1,5849                         |
|               |       |       | 1,7   | 8                                   | 1,6788                         |
|               |       | 1,8   | 1,8   | 9                                   | 1,7783                         |
|               |       |       | 1,9   | 10                                  | 1,8836                         |
|               | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 11                                  | 1,9953                         |
|               |       |       | 2,12  | 12                                  | 2,1135                         |
|               |       | 2,24  | 2,24  | 13                                  | 2,2387                         |
|               |       |       | 2,36  | 14                                  | 2,3714                         |
| 2,5           | 2,5   | 2,5   | 2,5   | 15                                  | 2,5119                         |
|               |       |       | 2,65  | 16                                  | 2,6607                         |
|               |       | 2,8   | 2,8   | 17                                  | 2,8184                         |
|               |       |       | 3,00  | 18                                  | 2,9854                         |
|               | 3,15  | 3,15  | 3,15  | 19                                  | 3,1623                         |
|               |       |       | 3,35  | 20                                  | 3,3497                         |
|               |       | 3,55  | 3,55  | 21                                  | 3,5481                         |
|               |       |       | 3,75  | 22                                  | 3,7584                         |
| 4,0           | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 23                                  | 3,9811                         |
|               |       |       | 4,25  | 24                                  | 4,2170                         |
|               |       | 4,50  | 4,50  | 25                                  | 4,4668                         |
|               |       |       | 4,75  | 26                                  | 4,7315                         |
|               | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 27                                  | 5,0119                         |
|               |       |       | 5,3   | 28                                  | 5,3088                         |
|               |       | 5,6   | 5,6   | 29                                  | 5,6234                         |
|               |       |       | 6,00  | 30                                  | 5,9566                         |
| 6,3           | 6,3   | 6,3   | 6,3   | 31                                  | 6,3096                         |
|               |       |       | 6,7   | 32                                  | 6,6834                         |
|               |       | 7,1   | 7,1   | 33                                  | 7,0795                         |
|               |       |       | 7,50  | 34                                  | 7,4989                         |
|               | 8,00  | 8,00  | 8,00  | 35                                  | 7,9433                         |
|               |       |       | 8,50  | 36                                  | 8,4140                         |
|               |       | 9,00  | 9,00  | 37                                  | 8,9125                         |
|               |       |       | 9,5   | 38                                  | 9,4406                         |
| 10,10         | 10,10 | 10,10 | 10,10 | 39                                  | 10,0000                        |

Второй способ применяют для обоснования параметрических рядов параметров узлов и машин, потребляющих или передающих большое количество энергии (редукторы, станки и их коробки передач, электродвигатели и т.д.).

По первому способу себестоимость однотипных изделий, образующих размерный ряд, можно рассчитать по формулам:

$$c=m+c'; C=B \times c, \quad (7.1)$$

где  $c$  – себестоимость изделия;

$m$  – стоимость материала одного изделия;

$c'$  – прочие затраты на изготовление одного изделия;

$C$  – себестоимость изделий в объеме годовой программы;

$B$  – годовая программа.

Прочие затраты можно вычислить, пользуясь коэффициентом изменения прочих затрат:

$$K_{и.з} = \frac{1}{K_{и.п.}^z}, \quad (7.2)$$

где  $K_{и.п.} = \frac{B_n}{B}$  – коэффициент изменения программы;  $z=0,2\dots0,3$  определяют исходя из программы выпуска, количества потребляемого металла и др.

Таким образом, прочие затраты на единицу изделия при изменении программы  $c'_n$  можно определить, пользуясь величиной прочих затрат  $c'$ , вычисленной для ранее намеченной программы выпуска тех же изделий:

$$c'_n = c' \times K_{и.з}. \quad (7.3)$$

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с принципом построения рядов предпочтительных чисел.
2. Ознакомьтесь со способами экономического обоснования параметрических и размерных рядов.
3. Выполните задание по определению экономической целесообразности применения другого ряда предпочтительных чисел.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

## Содержание отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- определение себестоимости годового выпуска валов и экономической целесообразности применения другого ряда предпочтительных чисел;
- выводы.

## Пример решения задания

**Задание.** Рассчитать себестоимость годового выпуска валов, длины которых назначены по Ra20. Установить экономическую целесообразность изготовления этих валов с длинами по ряду Ra10. Затраты по эксплуатации валов считать неизменными и при расчетах не учитывать;  $z=0,2$ . Данные выпуска валов приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2- Исходные данные

| Длина вала, мм | Годовая программа В, тыс. шт. | Затраты на материалы м, тыс. руб. | Прочие затраты с', тыс. руб. |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 400            | 10,0                          | 0,084                             | 0,042                        |
| 450            | 16,0                          | 0,090                             | 0,045                        |
| 500            | 3,0                           | 0,096                             | 0,053                        |
| 560            | 10,0                          | 0,102                             | 0,121                        |
| 630            | 3,6                           | 0,113                             | 0,124                        |

### Решение:

Себестоимость валов, имеющих длину по Ra20,

- для длины вала 400 мм:  $c=m+c'=0,084+0,042=0,126$  тыс. руб.;
- для длины вала 450 мм:  $c=m+c'=0,090+0,045=0,135$  тыс. руб.;
- для длины вала 500 мм:  $c=m+c'=0,096+0,053=0,149$  тыс. руб.;
- для длины вала 560 мм:  $c=m+c'=0,102+0,121=0,223$  тыс. руб.;
- для длины вала 630 мм:  $c=m+c'=0,113+0,124=0,237$  тыс. руб.;

а себестоимость годовой программы:

- для длины вала 400 мм:  $C=B \times c=10000 \times 0,126=1260$  тыс. руб.

- для длины вала 450 мм:  $C=B \times c=16000 \times 0,135=2160$  тыс. руб.
- для длины вала 500 мм:  $C=B \times c=3000 \times 0,149=447$  тыс. руб.
- для длины вала 560 мм:  $C=B \times c=10000 \times 0,223=2230$  тыс. руб.
- для длины вала 630 мм:  $C=B \times c=3600 \times 0,237=853$  тыс. руб.

Результаты расчетов сводим в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Результаты расчетов по ряду Ra20

| Длина вала, мм                                                     | 400   | 450   | 500   | 560   | 630   |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Себестоимость изделия $c$ , тыс. руб.                              | 0,126 | 0,135 | 0,149 | 0,223 | 0,237 |
| Себестоимость годовой программы $C$ , тыс. руб.                    | 1260  | 2160  | 447   | 2230  | 853   |
| Общая себестоимость валов годовой программы $\Sigma C$ , тыс. руб. | 6950  |       |       |       |       |

Определим себестоимость валов, соответствующую размерному ряду Ra10. Общая годовая программа не меняется. Число валов, длины которых отсутствуют в ряде Ra10 (например, 450 мм), прибавляется к числу валов, имеющих ближайшую большую длину, соответствующую размерам принятого ряда (например, 500 мм). Расчетная годовая программа выпуска валов с длиной 500 мм составит:  $B_n = 16 + 3 = 19$  тыс. шт.; а с длиной 630 мм  $B_n = 3,6 + 10 = 13,6$  тыс. шт. Значения коэффициентов:

- для длины вала 400 мм:  $K_{н.п} = \frac{B_n}{B} = \frac{10}{10} = 1$

- для длины вала 500 мм:  $K_{н.п} = \frac{B_n}{B} = \frac{19}{3} = 6,33$ ;

- для длины вала 630 мм:  $K_{н.п} = \frac{B_n}{B} = \frac{13,6}{3,6} = 3,78$ ;

- для длины вала 400 мм:  $K_{н.з} = \frac{1}{K_{н.п.}^z} = \frac{1}{1^{0,2}} = 1$ ;

- для длины вала 500 мм:  $K_{н.з} = \frac{1}{K_{н.п.}^z} = \frac{1}{6,33^{0,2}} = 0,69$ ;

- для длины вала 630 мм:  $K_{н.з} = \frac{1}{K_{н.п.}^z} = \frac{1}{3,78^{0,2}} = 0,76$ .

Прочие затраты на единицу изделия при изменении программы:

- для длины вала 400 мм:  $c'_n = c' \times K_{И.З} = 0,042 \times 1 = 0,042$  тыс. руб.;
- для длины вала 500 мм:  $c'_n = c' \times K_{И.З} = 0,053 \times 0,69 = 0,037$  тыс. руб.;
- для длины вала 630 мм:  $c'_n = c' \times K_{И.З} = 0,124 \times 0,76 = 0,094$  тыс. руб.

Себестоимость одного изделия:

- для длины вала 400 мм:  $c_n = M + c'_n = 0,084 + 0,042 = 0,126$  тыс. руб.;
- для длины вала 500 мм:  $c_n = M + c'_n = 0,096 + 0,037 = 0,133$  тыс. руб.;
- для длины вала 630 мм:  $c_n = M + c'_n = 0,113 + 0,094 = 0,207$  тыс. руб.

Себестоимость годовой программы:

- для длины вала 400 мм:  $C_n = c_n \times B_n = 0,126 \times 10000 = 1260$  тыс. руб.;
- для длины вала 500 мм:  $C_n = c_n \times B_n = 0,133 \times 19000 = 2527$  тыс. руб.;
- для длины вала 630 мм:  $C_n = c_n \times B_n = 0,208 \times 13600 = 2829$  тыс. руб.

Общая себестоимость  $\Sigma C_n = 1260 + 2527 + 2829 = 6616$  тыс. руб.

Результаты расчетов заносим в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Результаты расчетов по ряду Ra10

| Длина вала, мм                                                  |           | 400   | 500   | 630   |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| Годовая программа выпуска валов $B_n$ , тыс. шт.                |           | 10,0  | 19,0  | 13,6  |
| Затраты на материалы $M$ , тыс. руб.                            |           | 0,084 | 0,099 | 0,113 |
| Коэффициент изменения                                           | $K_{И.П}$ | 1,00  | 6,33  | 3,78  |
|                                                                 | $K_{И.З}$ | 1,00  | 0,69  | 0,76  |
| Прочие затраты $c'_n$ , тыс. руб.                               |           | 0,042 | 0,037 | 0,095 |
| Себестоимость изделия $c_n$ , тыс. руб.                         |           | 0,126 | 0,133 | 0,208 |
| Себестоимость годовой программы выпуска валов $C_n$ , тыс. руб. |           | 1260  | 2527  | 2829  |
| Общая себестоимость $\Sigma C_n$ , тыс. руб.                    |           | 6616  |       |       |

При применении ряда Ra10 суммарная себестоимость  $\Sigma C_n = 6616$  тыс. руб. оказалась меньше, чем в предыдущем случае, 6950 тыс. руб.

Следовательно, применение ряда Ra10 в технологическом отношении экономически более выгодно, чем ряда Ra20.

## Задания для самостоятельной работы

**Задание.** Рассчитать себестоимость годового выпуска валов, длины которых назначены по Ra20. Установить экономическую целесообразность изготовления валов с длинами по ряду Ra10. Затраты по эксплуатации валов считать неизменными и при расчетах не учитывать;  $z=0,2$ . Исходные данные для приведены в таблице 7.5. Остальные данные взять из примера.

Таблица 7.5 – Исходные данные

| Длина вала, мм | Годовая программа<br>В, тыс. шт. |            |            |            |            |            |            |            |
|----------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                | Вариант 1                        | Вариант 2  | Вариант 3  | Вариант 4  | Вариант 5  | Вариант 6  | Вариант 7  | Вариант 8  |
| 400            | 8,0                              | 9,0        | 7,0        | 5,0        | 6,0        | 7,0        | 8,0        | 4,0        |
| 450            | 9,0                              | 4,0        | 8,0        | 5,0        | 3,0        | 7,0        | 6,0        | 9,0        |
| 500            | 5,0                              | 6,0        | 7,0        | 4,0        | 8,0        | 9,0        | 5,0        | 6,0        |
| 560            | 6,0                              | 7,0        | 5,0        | 6,0        | 4,0        | 4,0        | 5,0        | 5,0        |
| 630            | 7,0                              | 2,0        | 3,0        | 5,0        | 2,0        | 4,0        | 7,0        | 8,0        |
| Длина вала, мм | Вариант 9                        | Вариант 10 | Вариант 11 | Вариант 12 | Вариант 13 | Вариант 14 | Вариант 15 | Вариант 16 |
| 400            | 5,0                              | 9,0        | 3,0        | 5,0        | 5,0        | 7,0        | 8,0        | 4,0        |
| 450            | 6,0                              | 4,0        | 8,0        | 9,0        | 2,0        | 6,0        | 6,0        | 8,0        |
| 500            | 9,0                              | 7,0        | 5,0        | 5,0        | 7,0        | 9,0        | 5,0        | 6,0        |
| 560            | 4,0                              | 8,0        | 5,0        | 7,0        | 8,0        | 9,0        | 6,0        | 5,0        |
| 630            | 8,0                              | 4,0        | 6,0        | 8,0        | 6,0        | 7,0        | 8,0        | 8,0        |
| Длина вала, мм | Вариант 17                       | Вариант 18 | Вариант 19 | Вариант 20 | Вариант 21 | Вариант 22 | Вариант 23 | Вариант 24 |
| 400            | 6,0                              | 9,0        | 4,0        | 5,0        | 5,0        | 7,0        | 8,0        | 4,0        |
| 450            | 6,0                              | 4,0        | 8,0        | 8,0        | 3,0        | 6,0        | 6,0        | 5,0        |
| 500            | 7,0                              | 9,0        | 6,0        | 5,0        | 7,0        | 8,0        | 8,0        | 6,0        |
| 560            | 8,0                              | 8,0        | 5,0        | 6,0        | 8,0        | 6,0        | 6,0        | 7,0        |
| 630            | 5,0                              | 5,0        | 7,0        | 8,0        | 4,0        | 7,0        | 4,0        | 8,0        |

## Контрольные вопросы

1. На чем основан принцип построения рядов предпочтительных чисел?
2. Какие существуют способы экономического обоснования параметрических и размерных рядов?
3. От каких параметров зависит себестоимость однотипных изделий, образующих размерный ряд?

## Практическая работа №8

### Тема: Расчет характеристик посадок для гладких цилиндрических соединений

#### Цель работы:

- закрепить знания, полученные при изучении системы допусков и посадок;
- научиться определять основные характеристики посадок для гладких цилиндрических соединений.

#### Краткие теоретические сведения

При выполнении практической работы применены следующие термины с соответствующими определениями в соответствии с ГОСТ 25346-89, а именно:

**действительный размер:** Размер элемента, установленный измерением.

**предельные размеры:** Два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер.

**номинальный размер:** Размер, относительно которого определяются отклонения (Рисунки 8.1 и 8.2).

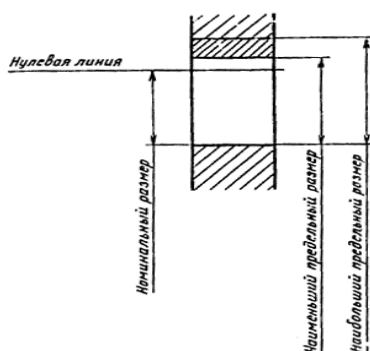


Рис. 8.1 Расположение номинального размера

**верхнее отклонение  $ES$ ,  $es$ :** Алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами (Рисунок 8.2).

**нижнее отклонение  $EI$ ,  $ei$ :** Алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами (Рисунок 8.2).

**основное отклонение:** Одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии.



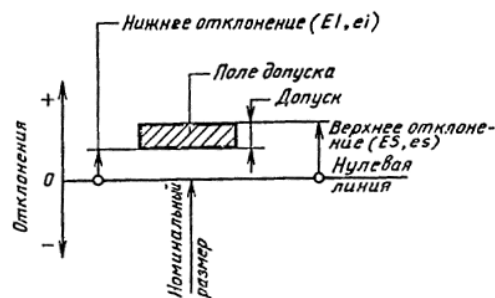


Рис. 8.2 Расположение поля допуска

$ES$  - верхнее отклонение отверстия;  $es$  - верхнее отклонение вала;  
 $EI$  - нижнее отклонение отверстия;  $ei$  - нижнее отклонение вала.

**допуск  $T$ :** Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями (Рисунок 8.2).

**поле допуска:** Поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера.

**кавалитет (степень точности):** Совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров.

**вал:** Термин, условно применяемый для обозначений наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

**отверстие:** Термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

**основной вал:** Вал, верхнее отклонение которого равно нулю.

**основное отверстие:** Отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю.

**зазор:** Разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала (Рисунок 8.3).

**натяг:** Разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (Рисунок 8.4).

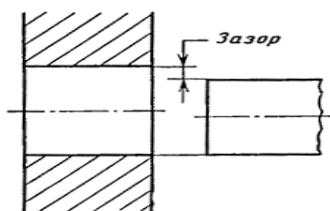


Рис. 8.3. Зазор

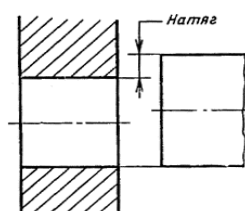


Рис. 8.4. Натяг

**посадки в системе отверстия:** Посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (Рисунок 8.5).

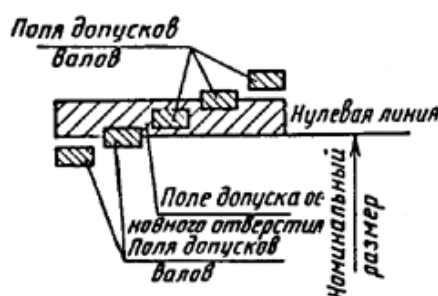


Рис. 8.5.Посадки в системе отверстия

**посадки в системе вала:** Посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала (Рисунок 8.6).

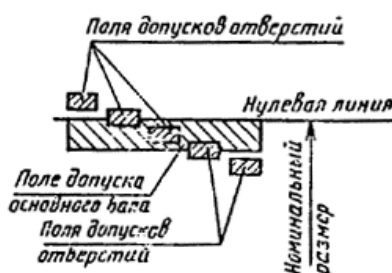


Рис. 8.6.Посадки в системе вала

### Порядок выполнения работы

1. Повторите основные термины и определения, связанные с системой допусков и посадок.
2. Рассмотрите примеры расчета основных характеристик посадок для гладких цилиндрических соединений.

3. Выполните задание по определению характеристик посадок с зазором, переходной и с натягом.

4. Составьте отчёт о проделанной работе.

### Содержание отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- определение основных характеристик посадок для гладких цилиндрических соединений;
- выводы.

### Примеры решения заданий

#### 1 Расчет посадки с зазором

**Задание:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные зазоры, допуск посадки. Дана посадка с зазором в системе отверстия:  $\varnothing 80 \frac{H7}{g6}$ .

#### Решение:

1. По стандарту ГОСТ 25347-82 определяем отклонения:

- для отверстия  $\varnothing 80H7$

$$ES = +0,030 \text{ мм}, EI = 0 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 80g6$

$$es = -0,010 \text{ мм}, ei = -0,029 \text{ мм};$$

2. Определяем предельные размеры:

- для отверстия  $\varnothing 80H7$

$$D_{\max} = D + ES = 80 + 0,030 = 80,030 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 80 + 0 = 80,000 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 80g6$

$$d_{\max} = d + es = 80 + (-0,010) = 79,990 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 80 + (-0,029) = 79,971 \text{ мм};$$

3. Определяем допуски:

- для отверстия  $\varnothing 80H7$

$$TD = ES - EI = 0,030 - 0 = 0,030 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 80g6$

$$Td = es - ei = -0,010 - (-0,029) = 0,019 \text{ мм};$$

4. Основное отклонение отверстия равно нулю, основное отклонение вала равно  $-0,010$  мм;

5. Определяем предельные зазоры:

- наибольший зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 80,030 - 79,971 = 0,059 \text{ мм};$$

- наименьший зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 80,000 - 79,990 = 0,010 \text{ мм};$$

6. Допуск зазора:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,059 - 0,010 = 0,049 \text{ мм}.$$

7. Графическое расположение полей допусков для сопряжения  $\varnothing 80 \frac{H7}{g6}$

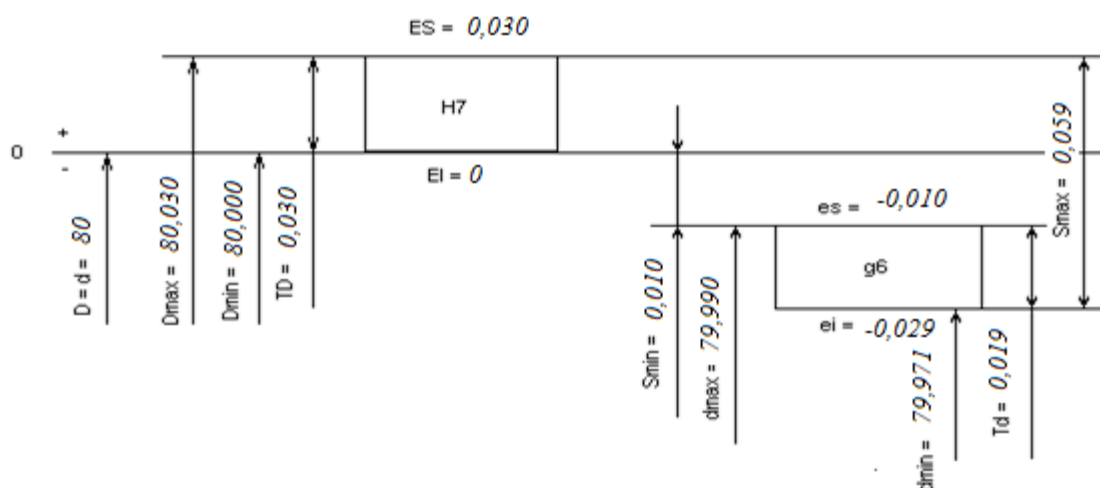


Рис.8.7. Схема расположения полей допусков для сопряжения  $\varnothing 80 \frac{H7}{g6}$

## 2 Расчет переходной посадки

**Задание:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные зазор и натяг, допуск посадки. Дана переходная посадка в системе отверстия:  $\varnothing 30 \frac{H7}{k6}$ .

### Решение:

1. По стандарту ГОСТ 25347-82 определяем отклонения:

- для отверстия  $\varnothing 30H7$

$$ES = +0,021 \text{ мм}, EI = 0 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 30k6$

$$es = +0,015 \text{ мм}, ei = +0,002 \text{ мм};$$

2. Определяем предельные размеры:

- для отверстия  $\varnothing 30H7$

$$D_{\max} = D + ES = 30 + 0,021 = 30,021 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 30 + 0 = 30,000 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 30k6$

$$d_{\max} = d + es = 30 + 0,015 = 30,015 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 30 + 0,002 = 30,002 \text{ мм};$$

3. Определяем допуски:

- для отверстия  $\varnothing 30H7$

$$TD = ES - EI = 0,021 - 0 = 0,021 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 30k6$

$$Td = es - ei = 0,015 - 0,002 = 0,013 \text{ мм};$$

4. Основное отклонение отверстия равно нулю, основное отклонение вала равно  $+0,002$  мм;

5. Предельные зазоры и натяги для данного сопряжения:

- наибольший зазор

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 30,021 - 30,002 = 0,019 \text{ мм};$$

- наибольший натяг

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 30,015 - 30,000 = 0,015 \text{ мм};$$

6. Допуск посадки

$$TS(TN) = S_{\max} + N_{\max} = 0,019 + 0,015 = 0,034 \text{ мм}.$$

7. Графическое расположение полей допусков для сопряжения  $\varnothing 30 \frac{H7}{k6}$

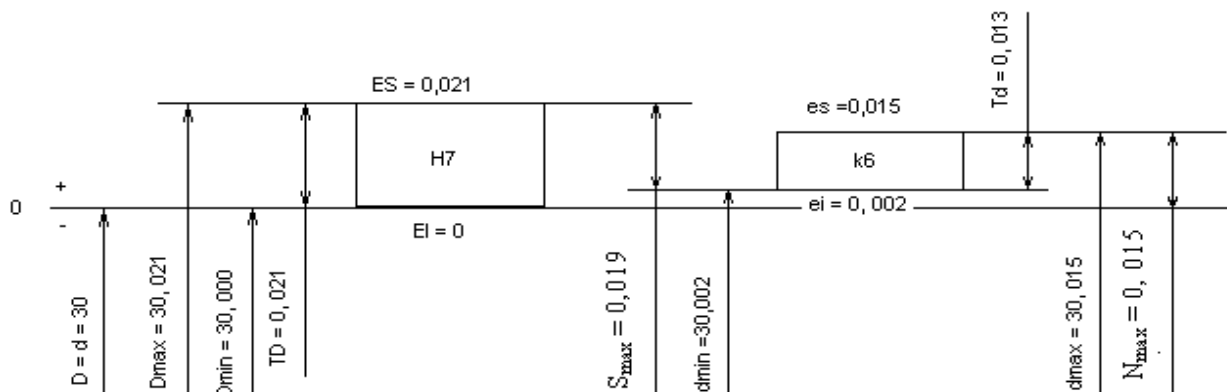


Рис. 8.8. Схема расположения полей допусков для сопряжения  $\varnothing 30 \frac{H7}{k6}$

### 3 Расчет посадки с натягом

**Задание:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные натяги, допуск посадки. Дана посадка с натягом в системе отверстия:  $\varnothing 120 \frac{H7}{p6}$ .

**Решение:**

1. По стандарту ГОСТ 25347-82 определяем отклонения:

- для отверстия  $\varnothing 120H7$

$$ES = +0,035 \text{ мм}, EI = 0 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 120p6$

$$es = + 0,059 \text{ мм}, ei = + 0,037 \text{ мм};$$

2. Предельные размеры:

- для отверстия  $\varnothing 120H7$

$$D_{\max} = D + ES = 120 + 0,035 = 120,035 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = 120 + 0 = 120,000 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 120p6$

$$d_{\max} = d + es = 120 + 0,059 = 120,059 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 120 + 0,037 = 120,037 \text{ мм};$$

3. Допуски:

- для отверстия  $\varnothing 120H7$

$$TD = ES - EI = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ мм};$$

- для вала  $\varnothing 120p6$

$$Td = es - ei = 0,059 - 0,037 = 0,022 \text{ мм};$$

4. Основное отклонение отверстия равно нулю, основное отклонение вала равно  $-0,037$  мм;

5. Определяем наибольший и наименьший натяги:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 120,059 - 120 = 0,059 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 120,037 - 120,035 = 0,002 \text{ мм};$$

6. Определяем допуск посадки

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,059 - 0,002 = 0,057 \text{ мм};$$

7. Графическое изображение полей допусков для сопряжения:  $\varnothing 120 \frac{H7}{p6}$

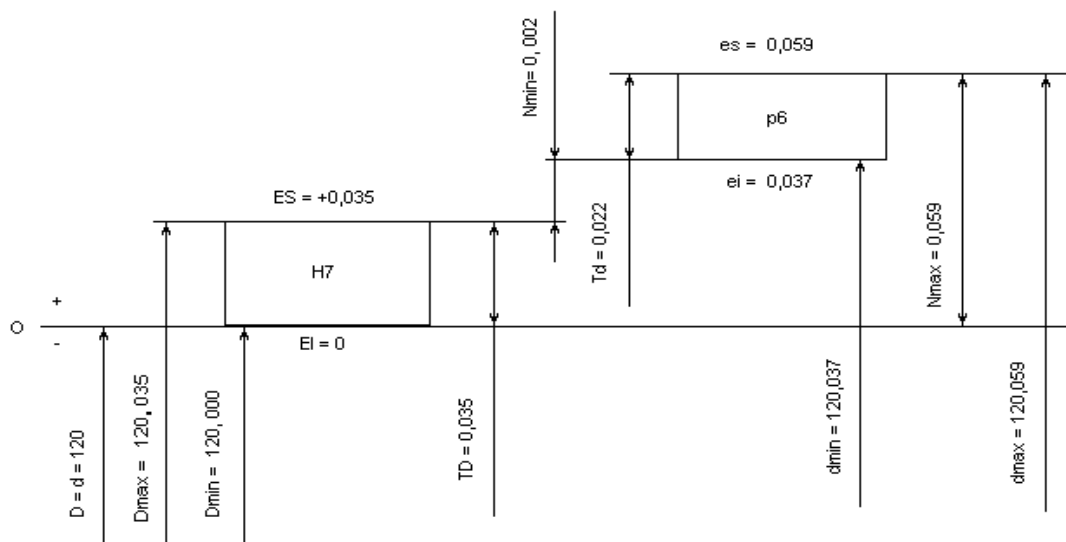


Рис.8.9. Схема расположения полей допусков для сопряжения  $\varnothing 120 \frac{H7}{p6}$

## Задания для самостоятельной работы

**Задание 1:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные зазоры, допуск посадки. Исходные данные для расчета посадки с зазором приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Исходные данные для расчета посадки с зазором

| Вариант | Обозначение посадки | Вариант | Обозначение посадки |
|---------|---------------------|---------|---------------------|
| 1       | Ø12H6/g5            | 14      | Ø30H6/g5            |
| 2       | Ø12H7/d8            | 15      | Ø30H7/d8            |
| 3       | Ø12H7/e8            | 16      | Ø30H7/e8            |
| 4       | Ø12H7/f7            | 17      | Ø30H7/f7            |
| 5       | Ø12H7/g6            | 18      | Ø30H7/g6            |
| 6       | Ø22H7/e8            | 19      | Ø30H8/d9            |
| 7       | Ø22H8/d9            | 20      | Ø35H8/f7            |
| 8       | Ø22H8/f7            | 21      | Ø35H8/e8            |
| 9       | Ø22H9/f8            | 22      | Ø35H9/f8            |
| 10      | Ø22H9/d9            | 23      | Ø35H9/d9            |
| 11      | Ø10H9/f9            | 24      | Ø35H9/f9            |
| 12      | Ø10H11/a11          | 25      | Ø40H11/a11          |
| 13      | Ø10H11/d11          | 26      | Ø40H11/d11          |

**Задание 2:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные зазор и натяг, допуск посадки. Исходные данные для расчета переходной посадки приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Исходные данные для расчета переходной посадки

| Вариант | Обозначение посадки | Вариант | Обозначение посадки |
|---------|---------------------|---------|---------------------|
| 1       | Ø10H5/js4           | 14      | Ø30H5/js4           |
| 2       | Ø10H5/m4            | 15      | Ø30H5/m4            |
| 3       | Ø10H6/m5            | 16      | Ø40H6/m5            |
| 4       | Ø10H6/js5           | 17      | Ø40H6/js5           |
| 5       | Ø10H6/n5            | 18      | Ø40H6/n5            |
| 6       | Ø18H7/js6           | 19      | Ø40H7/js6           |
| 7       | Ø18H7/k6            | 20      | Ø40H7/k6            |
| 8       | Ø18H7/n6            | 21      | Ø50H7/n6            |
| 9       | Ø18H8/js7           | 22      | Ø50H8/js7           |
| 10      | Ø18H8/n7            | 23      | Ø50H8/n7            |
| 11      | Ø30H5/k4            | 24      | Ø50H5/k4            |
| 12      | Ø30H8/k7            | 25      | Ø50H8/k7            |
| 13      | Ø30H8/m7            | 26      | Ø50H8/m7            |



**Задание 3:** Определить предельные отклонения, предельные размеры, допуски для отверстия и вала, предельные натяги, допуск посадки. Исходные данные для расчета посадки с натягом приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Исходные данные для расчета посадки с натягом

| Вариант | Обозначение посадки | Вариант | Обозначение посадки |
|---------|---------------------|---------|---------------------|
| 1       | Ø70H5/n4            | 14      | Ø150H7/p6           |
| 2       | Ø70H6/p5            | 15      | Ø150H7/r6           |
| 3       | Ø70H6/s5            | 16      | Ø150H7/s6           |
| 4       | Ø70H7/p6            | 17      | Ø150H7/u7           |
| 5       | Ø70H7/r6            | 18      | Ø150H8/s7           |
| 6       | Ø70H7/s6            | 19      | Ø150H8/u8           |
| 7       | Ø70H7/u7            | 20      | Ø150H8/x8           |
| 8       | Ø70H8/s7            | 21      | Ø250H5/n4           |
| 9       | Ø70H8/u8            | 22      | Ø250H6/p5           |
| 10      | Ø 70H8/x8           | 23      | Ø250H6/s5           |
| 11      | Ø150H5/n4           | 24      | Ø250H7/p6           |
| 12      | Ø150H6/p5           | 25      | Ø250H5/n4           |
| 13      | Ø150H6/s5           | 26      | Ø250H5/n4           |

### Контрольные вопросы:

1. Чем отличается действительный размер от предельного размера?
2. Что такое основное отклонение?
3. Как определяется допуск?
4. Что представляет собой поле допуска?
5. Как расшифровывается условное обозначение поля допуска?
6. Что такое квалитет?
7. Чем отличается система отверстия от системы вала?

## **Практическая работа №9**

### **Выбор посадок подшипников качения**

#### **Цель работы:**

- закрепить знания о назначении, классах точности, видах нагружения колец и посадках подшипников;
- научиться определять посадки для соединений подшипника с корпусом и валом.

#### **Краткие теоретические сведения**

Подшипники, являясь опорами для подвижных частей, определяют их положение в механизме и несут значительные нагрузки.

Долговечность подшипников качения определяется величиной и характером нагрузки, точностью изготовления, правильной посадкой на вал и в отверстие корпуса, качеством монтажа.

В зависимости от точности изготовления и сборки для различных типов подшипников установлены следующие классы точности: 0, 6, 5, 4, 2, Т. Самый точный класс — Т, грубый — 0.

Поля допусков для внутреннего и наружного колец подшипника качения расположены одинаково относительно нулевой линии, верхнее отклонение равно 0, нижнее — отрицательное, смотри рисунок 9.1.

Обозначаются поля допусков, например, у подшипников нулевого класса — 10 для наружного кольца и L0 — для отверстия внутреннего кольца.

Вид нагружения кольца подшипника качения существенно влияет на выбор его посадки. Существуют следующие типовые схемы механизмов и особенности работы подшипников в них.

*Первая типовая схема.* Внутренние кольца подшипников вращаются вместе с валом, наружные кольца, установленные в корпусе, неподвижны. Радиальная нагрузка Р постоянна по величине и не меняет своего положения относительно корпуса. Такой вид нагружения кольца называется *циркуляционным*. Наружное кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным

участком окружности дорожки качения, такой характер нагружения кольца называется *местным*.

Дорожки качения внутренних колец подшипников изнашиваются равномерно, а наружных — только на ограниченном участке.

При назначении посадок подшипников качения существует правило: кольца, имеющие местное нагружение, устанавливаются с возможностью их проворота с целью более равномерного износа дорожек качения; при циркуляционном нагружении, напротив, кольца сажают по более плотным посадкам.

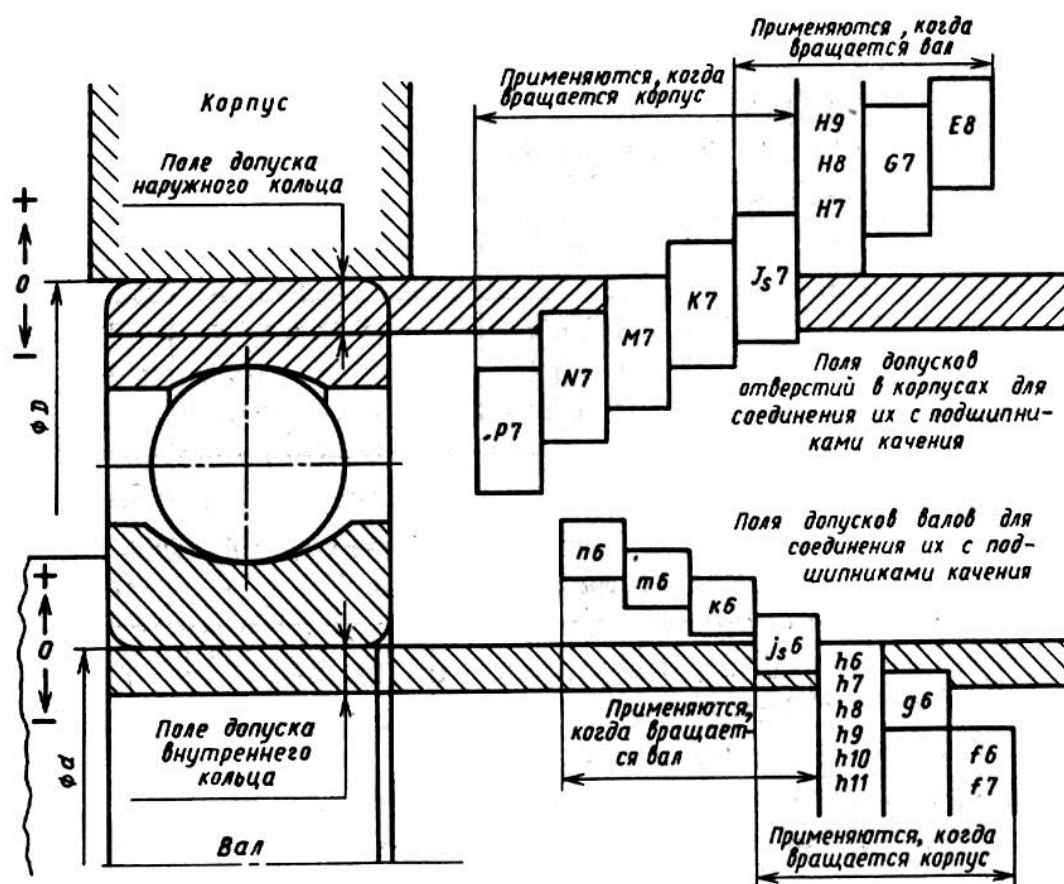


Рис. 9.1. Схема расположения полей допусков подшипника

Рекомендуемые посадки для подшипников классов точности 0 и 6 приведены в таблице 4.39 и 4.94, стр. 289-296(6).

*Вторая типовая схема.* Наружные кольца подшипников вращаются вместе с зубчатым колесом. Внутренние кольца подшипников, посаженные на ось,

остаются неподвижными относительно корпуса. Радиальная нагрузка  $P$  постоянна по величине и не меняет своего положения относительно корпуса.

В этом случае наружное кольцо воспринимает радиальную нагрузку  $P$  последовательно всей окружностью дорожки качения, то есть имеет циркуляционное нагружение. Внутреннее кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку лишь ограниченным участком окружности дорожки качения, т. е. имеет местное нагружение. Рекомендуемые посадки для подшипников 0 и 6 классов точности приведены в таблице 4.39 и 4.94, стр. 289-296.

*Третья типовая схема.* Внутренние кольца подшипников вращаются вместе с валом, наружные кольца, установленные в корпусе, неподвижны. На кольца действуют две радиальные нагрузки, одна постоянна по величине и по направлению  $P$ , другая, центробежная  $P_{ц}$ , вращающаяся вместе с валом.

Нагружение наружного кольца подшипника на ограниченном участке дорожки качения способствует ее смещению справа налево и изменению по величине, такой режим нагружения кольца называется *колебательным*. Внутреннее кольцо воспринимает суммарную радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения, то есть имеет циркуляционное нагружение. Рекомендуемые посадки приведены в таблице 4.39 и 4.94, стр. 289-296(6).

### **Порядок выполнения работы**

1. Повторите условное обозначение посадок подшипников, виды нагружения колец и особенности выбора посадок для подшипника.
2. Рассмотрите пример выбора посадок для соединений с подшипником.
3. Выполните задание по определению посадок для соединений с подшипником.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

### **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- определение посадок для соединений с подшипником;
- выводы.

### **Пример решения задания**

**Задание:** определить основные размеры подшипника, интенсивность нагрузки, выбрать поля допусков для сопрягаемых поверхностей с подшипником, построить схему расположения полей допуска для подшипника, выполнить проверку правильности выбора посадок. Исходные данные:  $D=62$  мм;  $d=25$  мм;  $B=17$  мм;  $r=2,0$  мм;  $R=3000$  Н.

### **Решение:**

1. Определяем основные размеры и параметры подшипника, имеющего:  $D=62$  мм;  $d=25$  мм;  $B=17$  мм;  $r=2,0$  мм;  $R=3000$  Н.

2. Определяем вид нагружения наружного и внутреннего колец подшипника. Так как вращается вал, а внутреннее кольцо воспринимает радиальную нагрузку последовательно всей окружностью дорожки качения и передает ее последовательно всей посадочной поверхности вала, то внутреннее кольцо имеет циркуляционный вид нагружения.

Наружное кольцо имеет местный вид нагружения, так как оно (кольцо) воспринимает радиальную нагрузку, постоянную по направлению, лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передает ее соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности корпуса.

3. Определяем поле допуска для вала, находящегося в соединении с внутренним кольцом. Для этого определяем интенсивность нагрузки по формуле:

$$P_R = R \times k_n \times F \times F_A / b, \quad (9.1)$$

где  $R$  - радиальная реакция опоры на подшипник, кН;

$b$  - рабочая ширина посадочного места, м;

$b$  - ширина подшипника ( $b = B - 2r$ ,  $B$  — ширина подшипника;  $r$  — радиус закругления или ширина фаски кольца подшипника);

$k_d$  - динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при перегрузке до 150%, умеренных толчках и вибрации  $k_d = 1.8$ );

$F$  - коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе (при сплошном вале  $F = 1$ );

$F_A$  - коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки  $R$  между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки  $A$  на опору. Для радиальных и радиально-упорных подшипников с одним наружным или внутренним кольцом  $F_A = 1$ .

$$P_R = \frac{R \times k_d \times F \times F_A}{b} = \frac{3 \times 1,8 \times 1 \times 1}{13 \times 10^{-3}} = 415 \text{ кН/м}$$

4. Определяем поле допуска вала по таблице 4.92, стр.287[5]:  $k6$ . Поле допуска отверстия в корпусе принимаем  $H7$  по таблице 4.89 стр.285[5].

5. Определяем посадку внутреннего кольца с валом по минимальному натягу, который приближенно рассчитывается по формуле:

$$N'_{\min} = \frac{13 \cdot R \cdot k}{b} = \frac{13 \cdot 3 \cdot 2,3}{13 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6} = 8,4 \text{ мкм}$$

где  $N'_{\min}$  — наименьший расчетный натяг, обеспечивающий необходимую прочность соединения циркуляционно нагруженного кольца подшипника с валом, мм;

$R$  — наибольшая радиальная нагрузка на подшипник, кН;

$k$  — коэффициент, принимаемый приближенно для подшипников легкой серии — 2,8; средней серии — 2,3; тяжелой — 2;  $b$  — рабочая ширина кольца подшипника (за вычетом фасок), м.

6. Определяем предельные отклонения на посадочные диаметры наружного и внутреннего колец, принимая 0 класс точности:

$$ES=0$$

$$es=15 \text{ мкм};$$

$$EI = -10 \text{ мкм}$$

$$ei = +2 \text{ мкм}$$

7. Выполняем графическую схему расположения полей допуска для подшипника.

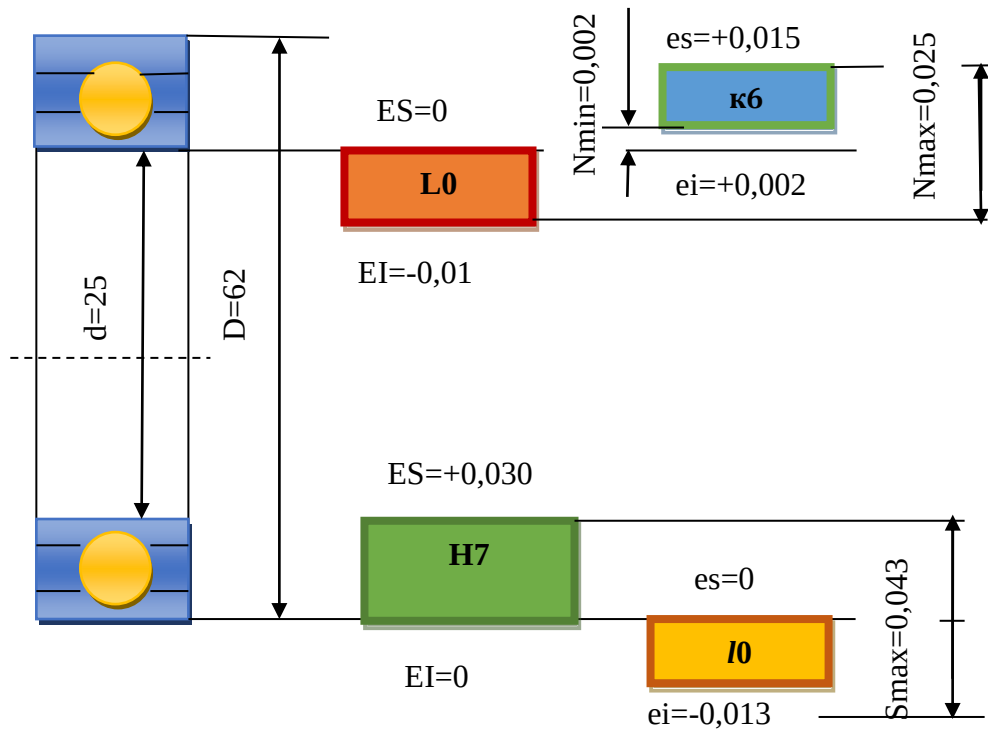


Рис. 9.2. Схема расположения полей допусков для соединений с подшипником качения

8. Определяем средний натяг

$$N_{cp} = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} = \frac{25 + 2}{2} = 13,5 \text{ мкм}$$

Так как  $N_{cp} > N_{min}$

$$13,5 \text{ мкм} > 8,4 \text{ мкм},$$

то поле допуска для вала под подшипник выбрано правильно. Проверка показала правильность выбора посадки.

### Задания для самостоятельной работы

**Задание:** определить основные размеры подшипника, интенсивность нагрузки, выбрать поля допусков для сопрягаемых поверхностей с подшипником, построить схему расположения полей допуска для подшипника выполнить проверку правильности выбора посадок. Исходные данные приведены в таблице

9.1. Принять, что вал вращается вместе с внутренним кольцом, а корпус неподвижен по отношению к наружному кольцу подшипника.

Таблице 9.1 – Исходные данные

| Вариант | Наружный диаметр, D, мм | Внутренний диаметр, d, мм | Ширина кольца, B, мм | Фаска, r, мм | Нагрузка, R, кН |
|---------|-------------------------|---------------------------|----------------------|--------------|-----------------|
| 1       | 42                      | 20                        | 12                   | 1,0          | 2,0             |
| 2       | 55                      | 30                        | 13                   | 1,5          | 2,5             |
| 3       | 62                      | 35                        | 14                   | 1,5          | 1,2             |
| 4       | 68                      | 40                        | 15                   | 1,5          | 2,4             |
| 5       | 80                      | 50                        | 16                   | 1,5          | 2,6             |
| 6       | 90                      | 55                        | 18                   | 2,0          | 3,2             |
| 7       | 47                      | 25                        | 12                   | 1,0          | 2,1             |
| 8       | 75                      | 45                        | 16                   | 1,5          | 2,5             |
| 9       | 95                      | 65                        | 18                   | 2,0          | 5,0             |
| 10      | 100                     | 65                        | 18                   | 2,0          | 4,0             |
| 11      | 110                     | 70                        | 20                   | 2,0          | 4,2             |
| 12      | 40                      | 17                        | 12                   | 1,0          | 3,2             |
| 13      | 47                      | 20                        | 14                   | 1,5          | 1,5             |
| 14      | 52                      | 25                        | 15                   | 1,5          | 1,6             |
| 15      | 62                      | 30                        | 16                   | 1,5          | 1,8             |
| 16      | 72                      | 35                        | 17                   | 2,0          | 2,5             |
| 17      | 80                      | 40                        | 18                   | 2,0          | 2,4             |
| 18      | 85                      | 45                        | 19                   | 2,0          | 2,9             |
| 19      | 90                      | 50                        | 20                   | 2,0          | 3,2             |
| 20      | 100                     | 55                        | 21                   | 2,5          | 2,4             |
| 21      | 110                     | 60                        | 22                   | 2,5          | 3,4             |
| 22      | 120                     | 65                        | 23                   | 2,5          | 3,3             |
| 23      | 125                     | 70                        | 24                   | 2,5          | 3,2             |
| 24      | 130                     | 75                        | 25                   | 2,5          | 3,6             |
| 25      | 140                     | 80                        | 26                   | 3,0          | 4,0             |

### Контрольные вопросы

1. Какие Вам известны классы точности подшипников?
2. Для чего предназначены подшипники?
3. Какие существуют две группы подшипников?
4. Чем отличаются радиальные подшипники от радиально-упорных?
5. Какие Вам известные виды нагружения колец подшипников?
6. Как обозначаются поля допусков подшипников? Приведите примеры.
7. Из чего состоит обозначение посадок сопрягаемых соединений подшипников? Приведите примеры.



## Практическая работа №10

### Оформление технологической документации

#### Цель работы:

- ознакомиться с правилами оформления технологической документации согласно стандартам ЕСКД;
- научиться оформлять операционную карту и другую техническую документацию по своей специальности.

#### Краткие теоретические сведения

Стандарт ГОСТ 3.1407-86 устанавливает формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки.

| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 01 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 02 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 03 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 04 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 05 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 06 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 07 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 08 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 09 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 12 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 13 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 14 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| 15 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |

Рис. 10.1. Операционная карта по Форме 1 ГОСТ 3.1407-86

Примеры оформления операционной карты по форме 1 ГОСТ 3.1407-86 на пайку и сборку представлены на рисунках 10.2 и 10.3

| ГОСТ 3.1407-86                                                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Форма 1               |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--|
| Разраб. Иванов                                                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 06.05.86              |  |
| НПО "РИТМ"                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| Н. контр. Сидоров                                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 06.05.86              |  |
| К 01188.01445                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 1                   |  |
| К. 6018142.0012                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| Стакан                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 06 02 — 010           |  |
| Код, наименование операции                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Обозначение документа |  |
| 01 В142 Пайка в печи                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ИОТ № 1875-81         |  |
| КДП КДА                                                                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Тв, мин               |  |
| 20 20                                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4,0                   |  |
| 344231. Печь вакуумная ИО59.010                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 155,0                 |  |
| К/М Наименование детали, сб. единицы или материала                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Код, обозначение      |  |
| РП 2 ПС q <sub>г</sub> Тн, мин Ток, мин v <sub>к</sub> Vн,°C/мин Т-ра н,°C Т-ра л,°C Тн, мин Тв, мин F, д.г. ЕР Т-ра р,°C Ро, Па |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| К 03 1. Втулка                                                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| 04 2. Цилиндр                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| М 05 Припой ПСр 72Ф0,5 ГОСТ 19738-74                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 143 166 1 — 0,005     |  |
| 06 Спирт ректификат ГОСТ 18300-87                                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 143 120 1 — 0,001     |  |
| 07 Салфетка 361 ГОСТ 14627-93                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 143 ХХХ 10 — 1        |  |
| 08                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| О 09 1. Обезжирить детали                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,5                   |  |
| 10 2. Собрать детали                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,0                   |  |
| Т 11 АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ, приспособление                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| О 12 3. Положить кольца припоя                                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,5                   |  |
| 13 4. Установить детали с приспособлением в печь                                                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,0                   |  |
| 14 Паять детали 1 и 2. По всему периметру паяного шва галтель не более 2 мм                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 155,0                 |  |
| Р 15 ПН-5 — 20 30 — 40 800 820 5 03 100 вак — 1,33·10 <sup>-3</sup>                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| ОК                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |

Рис. 10.2. Пример оформления операционной карты на пайку

| ГОСТ 3.1407-86                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Форма 1               |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|--|
| Дубл. Взам. Повл.                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| Разраб. Захаров                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 04.04.86              |  |
| НПО "РИТМ"                                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| Н. контр. Моисеев                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 09.04.86              |  |
| К 01188.01445                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 1                   |  |
| К. 60105.00246                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| Крышка ротора                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 15 02 40 025          |  |
| Код, наименование операции                                                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Обозначение документа |  |
| 01 Сборка                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ИОТ № 1875-82         |  |
| Код, наименование оборудования                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Тв, мин               |  |
| 02 Верстак специальный                                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,12 0,56             |  |
| К/М Наименование детали, сб. единицы или материала                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Код, обозначение      |  |
| Р Крышка ротора                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| К 03 Прокладка уплотнительная                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| 04 Стержень                                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |  |
| М 06 Бензин "Калоша"                                                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ХХХХХХ.ХХХ            |  |
| О 07 1. Проверить наличие клеев на деталях и состояние сопроводительной документации |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,12                  |  |
| 08 2. Промыть детали в бензине "Калоша"                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,10                  |  |
| Т 09 АБВГ.ХХХ ХХХ ХХХ ванна; АБВГ.ХХХ ХХХ ХХХ щетка                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| О 10 3. Обдуть детали сухим сжатым воздухом                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,13                  |  |
| Т 11 АБВГ.ХХХ ХХХ ХХХ приспособление специальное                                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| О 12 4. Закрепить стержень в крышке                                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,20                  |  |
| Т 13 АБВГ.ХХХ ХХХ ХХХ ключ специальный                                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |
| О 14 5. Установить прокладку                                                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,09                  |  |
| 15 6. Контроль исполнителем                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,04                  |  |
| ОК                                                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |  |

Рис. 10.3. Пример оформления операционной карты на сборку

| ГОСТ 3.1118-82 |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  | Форма 2               |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
|----------------|-------|------------------------------|-----|----------|-------|------------------------------------------------|-----------|-----------------|--|-----------------------|---------------|----------------|----|----------|------|----|----|-----------------|-------|-------|--|----------|--|--|--|---------------------|--|--|--|
| Добл.          | Взам. | Подл.                        |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
|                |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  | К.01188.01445         |               | 1              | 1  |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| Разраб.        |       | Иванов                       |     | 06.05.86 |       | НПО "РИТМ"                                     |           | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ |  | —                     |               | К. 60188.00326 |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| Н. контр.      |       | Сидоров                      |     | 06.05.86 |       | Скоба                                          |           | —               |  | —                     |               | —              |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| А              |       | Цех                          | Уч. | РМ       | Опер. | Код, наименование операции                     |           |                 |  | Обозначение документа |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| Б              |       |                              |     |          |       | Код, наименование оборудования                 |           |                 |  | СМ                    | Проф.         | Р              | УТ | КР       | КОИД | ЕН | ОП | К шт.           | Т п.э | Т шт. |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| К/М            |       |                              |     |          |       | Наименование детали, сб. единицы или материала |           |                 |  | Обозначение код       |               |                |    | ОПП      | ЕВ   | ЕН | КИ | Н. расх.        |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| А 01           |       | 15                           | 03  | —        | 0 10  | 0108                                           | Слесарная |                 |  |                       | ИОТ № 1824-85 |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| Б 02           |       | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ              |     |          |       | Верстак                                        |           |                 |  | —                     |               |                |    | —        |      |    |    | 0,78            |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| М 03           |       | Полоса                       |     |          |       | 50 x 120 x 1,0;                                |           |                 |  | Сталь 5-III-Г-20      |               |                |    | —        |      |    |    | 1               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 04             |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| О 05           |       | 1. Установить и закрепить    |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    | 0,05            |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| Т 06           |       | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ              |     |          |       | тиски;                                         |           |                 |  | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ       |               |                |    | оправка; |      |    |    | АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ |       |       |  | молоток; |  |  |  | ШЦ 11-250-0,05(2.3) |  |  |  |
| 07             |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| О 08           |       | 2. Гнуть полку,              |     |          |       | выдерживая размеры ① и ②                       |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    | 0,15            |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 09             |       | 3. Переустановить заготовку, |     |          |       | закрепить                                      |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    | 0,22            |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 10             |       | 4. Гнуть полку,              |     |          |       | выдерживая размеры ③ и ④                       |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    | 0,36            |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 11             |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 12             |       | Т                            |     |          |       | Т                                              |           |                 |  | Т                     |               |                |    | Т        |      |    |    | Т               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 13             |       | Т                            |     |          |       | Т                                              |           |                 |  | Т                     |               |                |    | Т        |      |    |    | Т               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 14             |       | Т                            |     |          |       | Т                                              |           |                 |  | Т                     |               |                |    | Т        |      |    |    | Т               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 15             |       | Т                            |     |          |       | Т                                              |           |                 |  | Т                     |               |                |    | Т        |      |    |    | Т               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| 16             |       | Т                            |     |          |       | Т                                              |           |                 |  | Т                     |               |                |    | Т        |      |    |    | Т               |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |
| МК/ОК          |       |                              |     |          |       |                                                |           |                 |  |                       |               |                |    |          |      |    |    |                 |       |       |  |          |  |  |  |                     |  |  |  |

Рис. 10.4. Пример оформления операционной карты на слесарную операцию

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с правилами оформления технологической документации согласно стандарту ГОСТ 3.1407-86.
2. Оформите операционную карту на технологический процесс пайки медных трубопроводов холодильной системы.
3. Выполните задание по оформлению технологической карты и другой технической документации.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

### Содержание отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;

- оформление операционной карты, технологической карты и другой технической документации;
- выводы.

### **Задания для самостоятельной работы**

1. Оформите операционную карту на технологический процесс пайки медных трубопроводов холодильной системы по Форме 1 ГОСТ 3.1407-86.
2. Оформите технологическую карту выполнения монтажных операций по форме, представленной ниже в Приложении 10.1.
3. Оформите протокол о приемке оборудования после проведения пусконаладочных работ по форме, представленной ниже в Приложении 10.2.
4. Оформите протокол тестового запуска по форме, представленной ниже в Приложении 10.3.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие Вам известны технологические документы согласно ГОСТ 3.1407-86?
2. Каковы особенности заполнения операционной карты по Форме 1 и Форме 2 согласно ГОСТ 3.1407-86?
3. Какие виды другой технической документации известны Вам?

## Приложение 10.1

### Форма технологической карты выполнения монтажных операций

|                 |                  |                 |    |
|-----------------|------------------|-----------------|----|
| Номер документа | Дата составления | Отчетный период |    |
|                 |                  | с               | по |

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ПРОВЕДЕНИЯ МОНТАЖНЫХ ОПЕРАЦИЙ

| Номер      |                  | Наименование работ | Номер единичной расценки | Единица измерения | Выполнение работ |                       |                 |
|------------|------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| по порядку | Позиции по смете |                    |                          |                   | Количество       | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
|            |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |
| Итого:     |                  |                    |                          |                   |                  |                       |                 |

|                  |         |                     |
|------------------|---------|---------------------|
| Составили: _____ | _____   | _____               |
| должность        | подпись | расшифровка подписи |
| _____            | _____   | _____               |
| должность        | подпись | расшифровка подписи |

## Приложение 10.2

**Форма протокола о приемке оборудования после проведения  
пусконаладочных работ**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Для проведения пусконаладочных работ предъявлено следующее  
оборудование: \_\_\_\_\_

смонтированное по адресу: \_\_\_\_\_.

**Установлено, что:**

1. Проект разработан \_\_\_\_\_  
(наименование проектной организации, номер чертежей и даты)

2. Монтажные работы выполнены \_\_\_\_\_  
(наименование монтажной организации)

Примечание: Паяные соединения медных труб

\_\_\_\_\_

(место пайки)

\_\_\_\_\_

(число паяк)

3. Дата начала монтажных работ \_\_\_\_\_  
(время, число, месяц, год)

4. Дата окончания монтажных работ \_\_\_\_\_  
(время, число, месяц, год)

Установлено, что бытовая система кондиционирования готова (не готова) к  
тестовому запуску.

Ответственный \_\_\_\_\_  
..... (подпись)

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. монтажника)

## Приложение 10.3

### Форма протокола тестового запуска

Тестовый запуск бытовой системы кондиционирования выполнен «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Во время тестового запуска определены основные параметры работы бытовой системы кондиционирования, представленной в таблице 10.3.1.

Таблица 10.3.1 – Параметры бытовой системы кондиционирования при тестовом запуске

| № | Контролируемый параметр                                                                      | Требуется                           | Фактическое значение |  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--|
| 1 | Рабочее напряжение, В                                                                        | От 200 до 300                       |                      |  |
| 2 | Рабочий ток, А                                                                               | Менее 110% от номинального значения | Охлаждение           |  |
|   |                                                                                              |                                     | Нагрев               |  |
| 3 | Перепад температуры воздуха на теплообменном аппарате испарительного блока, °С               | Не менее 8                          | Охлаждение           |  |
|   |                                                                                              |                                     | Нагрев               |  |
| 4 | Перепад температуры воздуха на теплообменном аппарате компрессорно-конденсаторного блока, °С | От 5 до 12                          | Охлаждение           |  |
|   |                                                                                              |                                     | Нагрев               |  |

Фактические значения параметров бытовой системы кондиционирования соответствуют (не соответствуют) требуемым значениям.

Во время тестового запуска бытовая система кондиционирования проверена на всех режимах, предусмотренных заводом-изготовителем, и признана исправной. Устройства защиты срабатывают своевременно.

Пусконаладочные работы окончены

\_\_\_\_\_  
....(подпись) (Ф.И.О. монтажника)

Работы принял. Претензий не имею.

\_\_\_\_\_  
....(подпись) (Ф.И.О. монтажника)

## Практическая работа №11

### Применение экспертного метода оценки качества продукции

#### Цель работы:

- ознакомиться с сущностью экспертных методов оценки качества продукции;
- научиться применять один из экспертных методов оценки качества.

#### Краткие теоретические сведения

Суть одного из экспертных методов сводится к тому, что исследователям, принадлежащим к различным школам, предлагается расположить факторы, действующие на объект, в порядке убывания величины вносимого ими вклада, т.е. необходимо проранжировать **K** потенциально возможных факторов, приписав им порядковые номера (ранги) 1, 2, 3,..., **K**. Процедура осуществляется следующим образом. Каждому специалисту при опросе предлагается заполнить анкету, в которой указаны факторы, их размерность, точность и предполагаемые интервалы варьирования факторов.

Специалист должен назначить место каждого фактора, а также дополнить анкету другими, не включенными в рассмотрение факторами или высказать мнение об изменении интервалов варьирования.

Число опрашиваемых специалистов должно быть, возможно максимальным - это позволит объективнее оценить долю факторов. По результатам опроса вычисляется коэффициент конкордации **W** (согласования), определяющий степень согласованности мнений специалистов, по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (k^3 - k)} \quad (11.1)$$

где **S** - сумма квадратов отклонений;

**m** - число опрашиваемых специалистов;

**k** - число факторов.

Сумма квадратов отклонений вычисляется по формуле



$$S = \sum_{i=1}^k \left( \sum_{j=1}^m a_{ij} - L \right)^2 \quad (11.2)$$

где  $a_{ij}$  - ранг (порядковый номер при опросе)  $i$ -го фактора у  $j$ -го специалиста;

$L$  - среднее значение сумм рангов по каждому фактору

$$L = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}}{k} \quad (11.3)$$

Если специалист затрудняется провести четкую грань между двумя факторами, то вводятся «связанные» ранги, т.е. двум или более факторам приписывается одно и то же место (номер).

Если имеют место «связанные» ранги, то коэффициент конкордации  $W$  определяется по формуле

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (k^3 - k) - m \sum_{j=1}^m T_j} \quad (11.4)$$

где

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j) \quad (11.5)$$

Здесь  $t_j$ -е- число одинаковых рангов в  $j$ -м ранжировании.

Например, если какой-либо специалист назначил ранги:

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Факторы | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ | $A_7$ | $A_8$ | $A_9$ | $A_{10}$ |
| Ранги   | 5     | 1     | 2     | 2     | 2     | 10    | 6     | 10    | 8     | 7        |

то для этого случая

$$T_j = \frac{1}{12} [(3^3 - 3) + (2^3 - 2)] = 2,5$$

Если у некоторых специалистов не оказалось «связанных» рангов, то для них  $T_j$  будет равно нулю.

Значение коэффициента конкордации изменяется в интервале от 0 до 1, и чем больше его значение, тем больше согласованность мнений у специалистов.

После вычисления коэффициента конкордации определяют его значимость по критерию Пирсона  $\chi^2$  для числа степеней свободы  $f=k-1$ .

Расчетное значение  $\chi^2$ -распределения при отсутствии «связанных» рангов определяется по формуле

$$\chi^2 = m \times (k-1) \times W = \frac{12 \times S}{m \times k \times (k+1)} \quad (11.6)$$

а при наличии «связанных» рангов - по формуле

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mk(k+1) - \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^m T_j} \quad (11.7)$$

Если вычисленное значение  $\chi^2$ -распределения больше табличного при соответствующем числе степеней свободы, то коэффициент конкордации значимо отличается от нуля и можно утверждать, что согласованность исследователей не является случайной.

После этого строят диаграмму рангов факторов, отражающую коллективное мнение специалистов. Для этого по оси абсцисс наносят факторы в порядке убывания их ранга, а по оси ординат — суммы рангов для соответствующего фактора.

С помощью полученной диаграммы производится оценка значимости факторов. В случае неравномерного убывания диаграммы (типа экспоненциального распределения) для дальнейшего рассмотрения отбирают лишь небольшую часть «главных» факторов, а остальные исключают. Если получится диаграмма с монотонным убыванием (неуверенное различие между факторами), то в дальнейшее рассмотрение следует включить как можно большее число первых факторов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с сущностью экспертного метода.
2. Ознакомьтесь с примерами решения заданий.
3. Выполните задание по применению экспертного метода.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

## Содержание отчёта

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- выполнение задания с применением экспертного метода;
- выводы.

### Примеры решения заданий

#### Случай 1. Отсутствие «связанных» рангов

**Задание 1.** На основании мнений нескольких специалистов (экспертов) необходимо выявить существенные факторы, влияющие на шероховатость поверхности при токарной обработке. Специалистами были выделены факторы, представленные в таблице 11.1.

Таблица 11.1 - Факторы и их уровни варьирования

| Обозначение фактора | Наименование фактора              | Уровень варьирования |         |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------|---------|
|                     |                                   | нижний               | верхний |
| n                   | Частота вращения шпинделя, об/мин | 63                   | 1000    |
| S                   | Подача резца, мм/об               | 0,1                  | 2       |
| φ                   | Главный угол в плане, град        | 25                   | 45      |
| γ                   | Передний угол, град               | -7                   | -3      |
| r                   | Радиус при вершине, мм            | 0,5                  | 1,5     |
| t                   | Глубина резания, мм               | 0,05                 | 2,5     |

#### Решение:

Результаты опроса и порядок расчета удобно представить в виде таблицы – матрицы рангов (см. табл.11.2).

Определяем среднее значение сумм рангов по каждому фактору по формуле (11.3):

$$L = \frac{13+12+11+25+32+15+32}{7} = 20$$

Определяем коэффициент конкордации по формуле (11.1):

$$W = \frac{12 \cdot (49 + 64 + 81 + 25 + 144 + 25 + 144)}{5^2 \cdot (7^3 - 7)} = 0,76$$

Таблица 11.2 – Матрица рангов

| Эксперт               | Факторы |    |    |    |     |    |     |
|-----------------------|---------|----|----|----|-----|----|-----|
|                       | n       | S  | φ  | γ  | r   | t  | A   |
| 1                     | 1       | 2  | 3  | 5  | 6   | 4  | 7   |
| 2                     | 3       | 2  | 1  | 4  | 7   | 5  | 6   |
| 3                     | 3       | 1  | 4  | 5  | 7   | 2  | 6   |
| 4                     | 4       | 3  | 2  | 6  | 5   | 1  | 7   |
| 5                     | 2       | 4  | 1  | 5  | 7   | 3  | 6   |
| $\sum a_{ij}$         | 13      | 12 | 11 | 25 | 32  | 15 | 32  |
| $\sum a_{ij} - L$     | -7      | -8 | -9 | 5  | 12  | -5 | 12  |
| $(\sum a_{ij} - L)^2$ | 49      | 64 | 81 | 25 | 144 | 25 | 144 |

Значимость коэффициента конкордации определяем по критерию Пирсона по выражению:

$$\chi^2_{расч} = 5 \cdot (7 - 1) \cdot 0,76 = 22,8$$

Табличное значение критерия Пирсона для числа степеней свободы

$$f = k - 1 = 7 - 1 = 6 \text{ равно } \chi^2_{табл} = 12,592 < \chi^2_{расч} = 22,8.$$

Так как табличное значение  $\chi^2_{табл} = 12,592$  меньше расчетного, следовательно, можно с 95%-ной вероятностью утверждать, что мнения специалистов относительно степени влияния факторов оцениваются коэффициентом конкордации  $W=0,76$  и согласованность исследователей не является случайной.

Для наглядности представления результатов психологического эксперимента по данным таблицы 11.2 строим среднюю априорную диаграмму рангов распределения факторов, влияющих на шероховатость поверхности. Существенными факторами являются частота вращения, подача резца, глубина резания, главный угол в плане.

## Случай 2. Наличие «связанных» рангов

**Задание 2.** При проведении априорного ранжирования факторов, влияющих на усталостную прочность швов сварных конструкций, среди семи экспертов была получена информация:

Таблица 11.3 – Мнения экспертов

| Эксперт | Ранги факторов |   |   |   |   |   |   |
|---------|----------------|---|---|---|---|---|---|
|         | I              | D | B | T | t | A | Б |
| 1       | 3              | 4 | 1 | 1 | 5 | 6 | 7 |
| 2       | 4              | 3 | 1 | 2 | 7 | 6 | 5 |
| 3       | 3              | 3 | 1 | 2 | 7 | 5 | 5 |
| 4       | 6              | 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 5 |
| 5       | 1              | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6       | 4              | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 6 |
| 7       | 4              | 2 | 2 | 1 | 7 | 5 | 5 |

I – сила сварочного тока, А;

D – диаметр электрода, мм;

B – толщина металла в месте сварки, мм;

T – напряжения в металле шва, Па;

T – температура окружающей среды, °С;

A – материал конструкции;

Б – состав сварочной проволоки.

### **Решение:**

Составляем матрицу рангов с результатами расчетов в виде таблицы 11.4.

$$T_1 = \frac{2^3 - 2}{12} = 0,5;$$

$$T_2 = 0;$$

$$T_3 = \frac{(2^3 - 2) + (2^3 - 2)}{12} = 1;$$

$$T_4 = 0;$$

$$T_5 = \frac{2^3 - 2}{12} = 0,5;$$

$$T_6 = \frac{2^3 - 2}{12} = 0,5;$$

$$\sum T_j = 0,5 + 0 + 1 + 0 + 0,5 + 0,5 = 2,5$$

Таблица 11.4 – Матрица рангов

| Эксперт         | Ранги факторов |    |     |     |     |     |     |                |
|-----------------|----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|                 | I              | D  | B   | T   | t   | A   | Б   | T <sub>j</sub> |
| 1               | 3              | 4  | 1   | 1   | 5   | 6   | 7   | 0,5            |
| 2               | 4              | 3  | 1   | 2   | 7   | 6   | 5   | 0              |
| 3               | 3              | 3  | 1   | 2   | 7   | 5   | 5   | 1              |
| 4               | 6              | 1  | 2   | 3   | 4   | 7   | 5   | 0              |
| 5               | 5              | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 0              |
| 6               | 4              | 3  | 2   | 1   | 6   | 5   | 6   | 0,5            |
| $\sum a_{ij}$   | 25             | 16 | 10  | 13  | 34  | 35  | 35  | -              |
| $\Delta_{ij}$   | -1             | -8 | -14 | -11 | 10  | 11  | 11  | -              |
| $\Delta_{ij}^2$ | 1              | 64 | 196 | 121 | 100 | 121 | 121 | -              |

Определяем среднее значение сумм рангов по каждому фактору по формуле (3):

$$L = \frac{25 + 16 + 10 + 13 + 34 + 35 + 35}{7} = 24$$

Определяем разности  $\Delta_i = \sum a_{ij} - L$  и их квадраты  $\Delta_i^2$ , результаты заносим в матрицу рангов (таблица 11.4).

Определяем сумму квадратов отклонений по формуле (11.2):

$$S = 1 + 64 + 196 + 121 + 100 + 121 + 121 = 724$$

Находим коэффициент конкордации по выражению (11.4):

$$W = \frac{724}{\frac{1}{12} \cdot 6^2 (7^3 - 7) - 6 \cdot 2,5} = 0,73$$

Определяем значимость коэффициента конкордации с помощью критерия Пирсона, используя выражение (11.7) для определения расчетного значения критерия  $\chi^2_{\text{расч.}}$ :

$$\chi^2_{\text{расч.}} = \frac{724}{\frac{1}{12} \cdot 6 \cdot 7 \cdot (7+1) - \frac{1}{7-1} 2,5} = 26,25$$

Учитывая число степеней свободы  $f=k-1=7-1=6$ , находим табличное значение критерия:  $\chi^2_{\text{табл.}} = 12,592$ .

Так как табличное значение критерия  $\chi^2$ - критерия меньше расчётного значения  $\chi^2_{\text{табл.}} = 12,592 < \chi^2_{\text{расч.}} = 26,25$ , следовательно, можно с 95%- ной вероятностью утверждать, что мнение экспертов о степени влияния факторов и их согласованность не является случайной.

Строим априорную диаграмму рангов. На основании результатов обработки априорной информации рекомендуется отобрать четыре наиболее важных фактора, а именно: сила сварочного тока, диаметр электрода, толщина металла в месте сварки, напряжения в металле шва.

### **Задание для самостоятельной работы**

**Задание:** проранжировать факторы, влияющие на качество эксплуатации компрессоров, например, холодопроизводительность, режим работы, условия эксплуатации и другие параметры, характеризующие работу компрессора. Применив экспертный метод, оценить наиболее существенные факторы, определяющие качество эксплуатации компрессора.

Студентам при выполнении задания образовать малые подгруппы по 4-5 человек.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность применяемого экспертного метода?
2. Что такое коэффициент конкордации и для чего он необходим?

3. В чем отличительные особенности случая отсутствия «связанных» рангов от случая при наличии таковых?
4. Зачем применяется критерий Пирсона?



## Практическая работа №12

### Проведение квалиметрической оценки качества продукции

#### Цель работы:

- ознакомиться с квалиметрическими методами оценки качества продукции;
- научиться проводить оценку качества продукции с применением квалиметрических методов.

#### Теоретические сведения

Оценка производится путем сопоставления параметров анализируемой продукции с параметрами базы сравнения. Сравнение проводится по группам технических и экономических параметров. Конкурентоспособной считается наиболее качественная продукция. При оценке используются дифференциальный и комплексный методы оценки.

*Дифференциальный метод оценки конкурентоспособности*, основан на использовании единичных параметров анализируемой продукции и базы сравнения и их сопоставлении.

#### Результат оценки:

- достигнут ли уровень в целом;
- по каким параметрам он не достигнут;
- какие из параметров наиболее сильно отличаются от базовых.

1) Если за базу оценки принимается потребность, расчет единичного показателя конкурентоспособности производится по формуле:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{io}} \times 100\%, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (12.1)$$

где  $q_i$  - единичный параметрический показатель конкурентоспособности по  $i$ -му параметру;

$P_i$  - величина  $i$ -го параметра для анализируемой продукции;

$P_{io}$  - величина  $i$ -го параметра, при котором потребность удовлетворяется полностью;

n - количество параметров.

*Анализ результатов оценки:*

-при оценке по нормативным параметрам единичный показатель может принимать только два значения - 1 или 0. Если анализируемая продукция соответствует обязательным нормам и стандартам, показатель равен 1, если параметр продукции в нормы и стандарты не укладывается, то показатель равен 0;

-при оценке по техническим и экономическим параметрам единичный показатель может быть больше или равен единице, если базовые значения параметров установлены нормативно-технической документацией, специальными условиями, заказами, договорами;

-если анализируемая продукция имеет параметр, значение которого превышает потребности покупателя, обусловленные характером использования (эксплуатации) этой продукции, социальными условиями, традициями, физиологическими особенностями, то указанное повышение не будет оцениваться потребителем как преимущество и единичный показатель по данному параметру не может иметь значения больше 100% и при расчетах должна использоваться минимальная из двух величин - 100% или фактически значение этого показателя.

2) Если за базу оценки принимается образец, расчет единичного показателя конкурентоспособности проводится по формуле:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{io}} \times 100\%, (i = 1, 2, 3, \dots, n), \quad (12.2)$$

$$q'_i = \frac{P_{io}}{P_i} \times 100\%, \quad (12.3)$$

где  $q'_i$ ,  $q_i$  - единичный показатель конкурентоспособности по  $i$ -му техническому параметру;

$P_i$  - величина  $i$ -го параметра для анализируемой продукции;

$P_{i0}$  - величина  $i$ -го параметра для изделия, принятого за образец.

*Анализ результатов оценки:*

- из формул (12.2) и (12.3) выбирают ту, в которой росту единичного показателя соответствуют повышение конкурентоспособности (например, для оценки производительности - формула (12.2), а для удельного расхода топлива - формула (12.3);

- если технические параметры продукции не имеют физической меры (например, комфортность, внешний вид, соответствие моде), для придания этим параметрам количественных характеристик необходимо использовать экспертные методы оценки в баллах.

Дифференциальный метод позволяет лишь констатировать факт конкурентоспособности анализируемой продукции или наличия у нее недостатков по сравнению с товаром - аналогом. Он может использоваться на всех этапах жизненного цикла продукции, особенно при ее сравнении с гипотетическим образцом. Он не учитывает влияние на предпочтение потребителя при выборе товара весомости каждого параметра.

*Комплексный метод оценки конкурентоспособности* основывается на применении комплексных (групповых, обобщенных и интегральных) показателей или сопоставлении удельных полезных эффектов анализируемой продукции и образца.

Расчет группового показателя по нормативным параметрам производится по формуле:

$$I_{\text{гп}} = \prod_{i=1}^n q_{\text{нi}}, \quad (12.4)$$

где  $I_{\text{гп}}$  - групповой показатель конкурентоспособности по нормативным параметрам;

$q_{\text{нi}}$  - единичный показатель конкурентоспособности по  $i$ -му нормативному параметру, рассчитывается по формуле (11.1);

$n$  - число нормативных параметров, подлежащих оценке.

*Анализ результатов:*

если хотя бы один из единичных показателей равен 0 (то есть продукция по какому-либо параметру не соответствует обязательной норме), то групповой показатель также равен 0, что говорит о неконкурентоспособности данного товара на рассматриваемом рынке.

Расчет группового показателя по техническим параметрам (кроме нормативных) производится по формуле:

$$I_{гп} = \sum_{i=1}^n q_i \times a_i, \quad (12.5)$$

где  $I_{гп}$  - групповой показатель конкурентоспособности по техническим параметрам;

$q_i$  - единичный показатель конкурентоспособности по  $i$ -му техническому параметру, рассчитывается по формулам (12.1), (12.2), (12.3);

$a_i$  - весомость  $i$ -го параметра в общем наборе из  $n$  технических параметров, характеризующих потребность;

$n$  - число параметров, участвующих в оценке.

*Анализ результатов:*

а) полученный групповой показатель  $I_{гп}$  характеризует степень соответствия данного товара существующей потребности по всему набору технических параметров, чем он выше, тем в целом полнее удовлетворяются запросы потребителей;

б) основой для определения весомости каждого технического параметра в общем наборе являются экспертные оценки, основанные на результатах рыночных исследований, спросов потребителей, семинаров, выставок образцов;

в) в случае трудностей, возникающих при проведении рыночных исследований, а также в целях упрощения расчетов и проведения ориентировочных оценок из технических параметров может быть выбрана наиболее весомая группа или применен комплексный параметр - полезный эффект, который в дальнейшем участвует в сравнении (для повышения точности

оценки необходимо учесть влияние на его величину эргономических, эстетических и экологических параметров).

Расчет группового показателя по экономическим параметрам производится на основе определения полных затрат потребителя на приобретение и потребление (эксплуатацию) продукции.

Полные затраты потребителя определяются по формуле:

$$З = З_с + \sum_{i=1}^T C_i, \quad (12.6)$$

где  $З$  - полные затраты потребителя на приобретение и потребление (эксплуатацию) продукции;

$З_с$  - единовременные затраты на приобретение продукции;

$C_i$  - средние суммарные затраты на эксплуатацию продукции, относящиеся к  $i$ -му году ее службы;

$T$  - срок службы;

$i$  - год по порядку.

При этом

$$C_i = \sum_{j=1}^n C_j, \quad (12.7)$$

где  $C_j$  - эксплуатационные затраты по  $j$ -ой статье;

$n$  - количество статей эксплуатационных затрат.

В том случае, если продукция может быть продана после эксплуатации, полные затраты должны быть уменьшены на величину выручки за нее (соответственно показатель для данной статьи вводится в формулу со знаком минус).

Расчет группового показателя по экономическим параметрам производится по формуле:

$$I_{эл} = \frac{З}{З_о}, \quad (12.8)$$

где  $I_{эл}$  - групповой показатель по экономическим параметрам;

$З, З_0$  - полные затраты потребителя соответственно по оцениваемой продукции и образцу.

Формулы (12.6) и (12.8) не учитывают коэффициента приведения эксплуатационных затрат к расчетному году, так как отношения полных затрат в определенной степени компенсирует влияние коэффициента приведения на величину  $I_{\text{эп}}$ .

В случае необходимости учета коэффициента приведения эксплуатационных затрат формулы (12.6) и (12.8) принимают вид:

$$З = З_c + \sum_{i=1}^T C_i \times \alpha_i \quad (12.9)$$

Соответственно подсчет группового показателя по экономическим параметрам проводится по формуле:

$$I_{\text{эп}} = \frac{З_c + \sum C_i \times \alpha_i}{З_0 + \sum C_{oi} \times \alpha_i}, \quad (12.10)$$

где  $I_{\text{эп}}$  - групповой показатель по экономическим параметрам;

$З_c, З_0$  - единовременные затраты на приобретение соответственно анализируемой продукции и образца;

$C_i, C_{oi}$  - суммарные затраты на эксплуатацию или потребление соответственно анализируемой продукции и образца в  $i$ -ом году;

$T$  - срок службы товара;

$\alpha_i$  - коэффициент приведения эксплуатационных затрат к расчетному году.

Расчет интегрального показателя конкурентоспособности производится по формуле:

$$K = I_{\text{нп}} \times \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} \quad (12.11)$$

где  $K$  - интегральный показатель конкурентоспособности анализируемой продукции по отношению к изделию-образцу;

*Анализ результатов.* По смыслу показатель  $K$  отражает различие между сравниваемой продукцией в потребительском эффекте, приходящемся на единицу затрат покупателя по приобретению и потреблению изделия.

Если  $K < 1$ , то рассматриваемый товар уступает образцу по конкурентоспособности, а если  $K > 1$ , то превосходит, при равной конкурентоспособности  $K = 1$ .

Если анализ проводится по нескольким образцам, интегральный показатель конкурентоспособности продукции по выбранной группе аналогов может быть рассчитан как сумма средневзвешенных показателей по каждому отдельному образцу:

$$K_{cp} = \sum_{i=1}^N K_i \times R_i \quad (12.12)$$

где  $K_{cp}$  - интегральный показатель конкурентоспособности продукции относительно группы образцов;

$K_i$  - показатель конкурентоспособности относительно  $i$ -го образца;

$R_i$  - весомость  $i$ -го образца в группе аналогов;

$N$  - количество аналогов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь с сущностью квалиметрического метода оценки качества.
2. Ознакомьтесь с примером решения задания.
3. Выполните задание по применению квалиметрического метода.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

### **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- выполнение задания с применением квалиметрического метода;
- выводы.

### Пример решения задания

**Задание.** Провести оценку конкурентоспособности конкретного ассортимента изделий. Бытовые вентиляторы прошли полные испытания в независимой лаборатории общества потребителей. Оценки в баллах по качеству обслуживания в пределах от 1 до 5 установлены экспертами на основании технических параметров изделия. За образец принята та модель бытового вентилятора, которая имеет наилучшие показатели. Экспертная комиссия установила приоритетность технических параметров и соответствующие им коэффициенты весомости, представленные в таблице 12.1.

Таблица 12.1– Результаты оценки экспертной комиссии

| Фирма/модель                               | Bimatek<br>F-1140<br>STR | Elenberg<br>FS-<br>4040RC | Delonghi<br>VLP400R | Cameron<br>FCS-<br>4015 | Hansa<br>HFS-<br>16M | VES<br>Electric<br>VS 415 | Polaris<br>PSF 40<br>RC<br>Metal | Scarlett<br>SC-175 |
|--------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>Конструкция<br/>вентилятора<br/>20%</b> | <b>2,1</b>               | <b>5,0</b>                | <b>3,0</b>          | <b>4,2</b>              | <b>4,1</b>           | <b>3,1</b>                | <b>1,6</b>                       | <b>2,3</b>         |
| <i>Устойчивость<br/>60%</i>                | 2,2                      | 5,0                       | 3,0                 | 5,0                     | 4,7                  | 2,2                       | 1,0                              | 3,2                |
| <i>Внешний вид<br/>(дизайн) 40%</i>        | 2,0                      | 5,0                       | 3,0                 | 3,1                     | 3,3                  | 4,5                       | 2,5                              | 1,0                |
| <b>Удобство<br/>пользования<br/>18%</b>    | <b>2,4</b>               | <b>3,4</b>                | <b>2,8</b>          | <b>3,7</b>              | <b>3,7</b>           | <b>2,6</b>                | <b>2,8</b>                       | <b>0,8</b>         |
| <i>Сетка 25%</i>                           | 5,0                      | 1,0                       | 5,0                 | 3,1                     | 3,1                  | 1,0                       | 3,0                              | 0,5                |
| <i>Конструкция<br/>опоры 35%</i>           | 2,0                      | 4,5                       | 1,0                 | 5,0                     | 5,0                  | 1,0                       | 3,0                              | 0,5                |
| <i>Управление<br/>40%</i>                  | 1,0                      | 4,0                       | 3,0                 | 3,0                     | 3,0                  | 5,0                       | 1,3                              | 1,0                |
| <b>Уровень шума<br/>30%</b>                | <b>4,3</b>               | <b>4,7</b>                | <b>4,5</b>          | <b>1,2</b>              | <b>1,0</b>           | <b>5,0</b>                | <b>2,7</b>                       | <b>3,0</b>         |
| <b>Качество<br/>обдува 30%</b>             | <b>5,0</b>               | <b>1,4</b>                | <b>3,0</b>          | <b>5,0</b>              | <b>5,0</b>           | <b>1,0</b>                | <b>2,0</b>                       | <b>1,0</b>         |
| <b>Инструкция<br/>2%</b>                   | <b>5,0</b>               | <b>3,0</b>                | <b>5,0</b>          | <b>2,0</b>              | <b>2,0</b>           | <b>5,0</b>                | <b>5,0</b>                       | <b>3,0</b>         |



### Решение:

Групповой показатель рассчитывается по формуле (12.5):

$$I_{\text{гп}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_i$$

Для конкретной модели:

$$I_{\text{гп}} = q_1 \cdot a_1 + q_2 \cdot a_2 + q_3 \cdot a_3 + q_4 \cdot a_4 + q_5 \cdot a_5$$

Показатели по техническим параметрам:

для модели Bimatek F-1140 STR:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 2,1 \cdot 20\% + 2,4 \cdot 18\% + 4,3 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 2\% = \\ &= 2,1 \cdot 0,2 + 2,4 \cdot 0,18 + 4,3 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,02 = 3,742 \end{aligned}$$

для модели Elenberg FS-4040RC:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 5,0 \cdot 20\% + 3,4 \cdot 18\% + 4,7 \cdot 30\% + 1,4 \cdot 30\% + 3,0 \cdot 2\% = \\ &= 5,0 \cdot 0,2 + 3,4 \cdot 0,18 + 4,7 \cdot 0,3 + 1,4 \cdot 0,3 + 3,0 \cdot 0,02 = 3,602 \end{aligned}$$

для модели Delonghi VLP400R:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 3,0 \cdot 20\% + 2,8 \cdot 18\% + 4,5 \cdot 30\% + 3,0 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 2\% = \\ &= 3,0 \cdot 0,2 + 2,8 \cdot 0,18 + 4,5 \cdot 0,3 + 3,0 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,02 = 3,454 \end{aligned}$$

для модели Cameron FCS-4015:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 4,2 \cdot 20\% + 3,7 \cdot 18\% + 1,2 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 30\% + 2,0 \cdot 2\% = \\ &= 4,2 \cdot 0,2 + 3,7 \cdot 0,18 + 1,2 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,3 + 2,0 \cdot 0,02 = 3,406 \end{aligned}$$

для модели Hansa HFS-16M:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 4,1 \cdot 20\% + 3,7 \cdot 18\% + 1,0 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 30\% + 2,0 \cdot 2\% = \\ &= 4,1 \cdot 0,2 + 3,7 \cdot 0,18 + 1,0 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,3 + 2,0 \cdot 0,02 = 3,326 \end{aligned}$$

для модели VES Electric VS 415:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 3,1 \cdot 20\% + 2,6 \cdot 18\% + 5,0 \cdot 30\% + 1,0 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 2\% = \\ &= 3,1 \cdot 0,2 + 2,6 \cdot 0,18 + 5,0 \cdot 0,3 + 1,0 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,02 = 2,988 \end{aligned}$$

для модели Polaris PSF 40 RC Metal:

$$\begin{aligned} I_{\text{гп}} &= 1,6 \cdot 20\% + 2,8 \cdot 18\% + 2,7 \cdot 30\% + 2,0 \cdot 30\% + 5,0 \cdot 2\% = \\ &= 1,6 \cdot 0,2 + 2,8 \cdot 0,18 + 2,7 \cdot 0,3 + 2,0 \cdot 0,3 + 5,0 \cdot 0,02 = 2,334 \end{aligned}$$

для модели Scarlett SC-175:

$$I_{\text{гп}} = 2,3 \cdot 20\% + 0,8 \cdot 18\% + 3,0 \cdot 30\% + 1,0 \cdot 30\% + 3,0 \cdot 2\% =$$

$$= 2,3 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,18 + 3,0 \cdot 0,3 + 1,0 \cdot 0,3 + 3,0 \cdot 0,02 = 1,864$$

Результаты расчётов занесём в таблицу 12.2.

Таблица 12.2 – Оценка бытовых вентиляторов по групповому показателю

| Фирма/модель                    | Bimatek<br>F-1140<br>STR | Elenberg<br>FS-<br>4040RC | Delonghi<br>VLP400R | Cameron<br>FCS-<br>4015 | Hansa<br>HFS-<br>16M | VES<br>Electric<br>VS 415 | Polaris<br>PSF 40<br>RC<br>Metal | Scarlett<br>SC-175 |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>Итоговая<br/>оценка 100%</b> | <b>3,7</b>               | <b>3,6</b>                | <b>3,5</b>          | <b>3,4</b>              | <b>3,3</b>           | <b>3,0</b>                | <b>2,3</b>                       | <b>1,9</b>         |

Шкала оценки товара:

0 – не рекомендуется

1,5 – с недостатками

2,5 – удовлетворительно

3,5 – хорошо

5 – отлично.

*Выводы:*

Модель Bimatek F-1140 STR получила наибольшую оценку 3,7, имея некоторые недостатки в конструкции, обеспечивает высокое качество обдува. Вентилятор Elenberg FS-4040RC имеет оценку 3,6, является тихим в работе, надёжным и устойчивым, но более низкое качество обдува. Модель Delonghi VLP400R имеет оценку 3,5, продемонстрировала средние показатели по всем статьям. Вентиляторы Cameron FCS-4015 и Hansa HFS-16M, имея оценки 3,4 и 3,3, создают сильный шум при работе. Вентилятор VES Electric VS 415, являясь бесшумным и очень удобным, имеет невысокое качество воздушного потока, поэтому оценка составила 2,3. Вентиляторы Polaris PSF 40 RC Metal и Scarlett SC-175 имеют много недостатков, поэтому не рекомендованы для покупателя, т.е. не являются конкурентоспособными.

Проведём расчет группового показателя по техническим параметрам, приняв модель Bimatek F-1140 STR за образец:

$$I_{\text{гп}} = \frac{3,7}{3,7} = 1$$

для модели Elenberg FS-4040RC:

$$I_{\text{гп}} = \frac{3,6}{3,7} = 0,97$$

для модели Delonghi VLP400R:

$$I_{\text{гп}} = \frac{3,5}{3,7} = 0,95$$

для модели Cameron FCS-4015:

$$I_{\text{эп}} = \frac{3,4}{3,7} = 0,92$$

для модели Hansa HFS-16M:

$$I_{\text{гп}} = \frac{3,3}{3,7} = 0,89$$

для модели VES Electric VS 415:

$$I_{\text{гп}} = \frac{3,0}{3,7} = 0,81$$

для модели Polaris PSF 40 RC Metal:

$$I_{\text{гп}} = \frac{2,3}{3,7} = 0,62$$

для модели Scarlett SC-175:

$$I_{\text{гп}} = \frac{1,9}{3,7} = 0,51$$

Проведём расчет группового показателя по экономическим параметрам по формуле (12.8), приняв за образец модель Bimatek F-1140 STR и учитывая данные таблицы 12.3.

Таблица 12.3 – Экономические параметры бытовых вентиляторов

| Фирма/модель | Bimatek<br>F-1140<br>STR | Elenberg<br>FS-<br>4040RC | Delonghi<br>VLP400R | Cameron<br>FCS-<br>4015 | Hansa<br>HFS-<br>16M | VES<br>Electric<br>VS 415 | Polaris<br>PSF 40<br>RC<br>Metal | Scarlett<br>SC-175 |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Цена, руб    | 1590                     | 999                       | 1399                | 1399                    | 1190                 | 950                       | 1490                             | 920                |

Для модели Elenberg FS-4040RC:

$$I_{\text{эп}} = \frac{999}{1590} = 0,63$$

для модели Delonghi VLP400R:

$$I_{\text{эп}} = \frac{1399}{1590} = 0,88$$

для модели CameronFCS-4015:

$$I_{\text{эп}} = \frac{1399}{1590} = 0,88$$

для модели Hansa HFS-16M:

$$I_{\text{эп}} = \frac{1190}{1590} = 0,75$$

для модели VES Electric VS 415:

$$I_{\text{эп}} = \frac{950}{1590} = 0,60$$

для модели Polaris PSF 40 RC Metal:

$$I_{\text{эп}} = \frac{1490}{1590} = 0,94$$

для модели Scarlett SC-175:

$$I_{\text{эп}} = \frac{920}{1590} = 0,58$$

Проведём расчет интегрального показателя конкурентоспособности по формуле (12.11).

Для модели Bimatek F-1140 STR

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{1}{1} = 1$$

для модели Elenberg FS-4040RC:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,97}{0,63} = 1,54$$

для модели Delonghi VLP400R:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,95}{0,88} = 1,08$$

для модели Cameron FCS-4015:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,92}{0,88} = 1,05$$

для модели Hansa HFS-16M:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,89}{0,75} = 1,19$$

для модели VES Electric VS 415:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,81}{0,6} = 1,35$$

для модели Polaris PSF 40 RC Metal:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,62}{0,94} = 0,65$$

для модели Scarlett SC-175:

$$K = \frac{I_{\text{тп}}}{I_{\text{эп}}} = \frac{0,51}{0,58} = 0,88$$

В таблице 12.4 бытовые вентиляторы расположены по степени снижения конкурентоспособности.

Таблица 12.4 – Результаты конкурентоспособности бытовых вентиляторов

| Фирма/модель               | Elenberg<br>FS-<br>4040RC | VES<br>Electric<br>VS 415 | Hansa<br>HFS-<br>16M | Delonghi<br>VLP400<br>R | Cameron<br>FCS-<br>4015 | Bimatek<br>F-1140<br>STR | Scarlett<br>SC-175 | Polaris<br>PSF 40<br>RC Metal |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Интегральный<br>показатель | 1,54                      | 1,35                      | 1,19                 | 1,08                    | 1,05                    | 1,00                     | 0,88               | 0,65                          |

Вывод: наиболее конкурентоспособным считается бытовой вентилятор Elenberg FS-4040RC.

### Задание для самостоятельной работы

**Задание:** Провести оценку конкурентоспособности вентиляторов по примеру, самостоятельно задав коэффициенты весомости для различных моделей вентиляторов. Студентам объединиться в малые подгруппы по 4-5 человек.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность дифференциального метода оценки конкурентоспособности продукции?
2. Как оценивается результат применения дифференциального метода оценки конкурентоспособности продукции?

3. Какие показатели рассчитываются при применении дифференциального метода оценки конкурентоспособности продукции?

4. Каковы особенности применения комплексного метода оценки конкурентоспособности продукции?

5. Как оценивается результат применения комплексного метода оценки конкурентоспособности продукции?

6. Какие показатели рассчитываются при применении комплексного метода оценки конкурентоспособности продукции?

## **Практическая работа №13**

### **Анализ применения документации систем качества**

#### **Цель работы:**

- ознакомиться с видами документов, разрабатываемых при внедрении системы менеджмента качества;
- научиться анализировать содержание документации систем качества и их роль в повышении качества выпускаемой продукции и оказываемых услуг при работе различных организаций.

#### **Краткие теоретические сведения**

Структура документации системы менеджмента качества, построенной по стандарту ИСО 9001:2008 (ИСО 9001:2000), представляет собой иерархическую систему взаимосвязанных документов. Часть этих документов в явном виде оговорена в стандарте, другая часть подразумевается. Поэтому структура системы качества имеет «постоянную» составляющую, определенную стандартом и «переменную» составляющую, зависящую от конкретной организации.

*«Постоянная» составляющая структуры документации СМК:*

- Политика в области качества;
- Цели в области качества;
- Руководство по качеству;
- Шесть обязательных процедур системы качества;
- Записи по качеству.

*«Переменная» составляющая структуры* в стандарте поименована в следующем виде – «документы, необходимые организации для обеспечения эффективного планирования, осуществления процессов и управления ими (п.п. 4.2.1. в ИСО 9001:2008)». Как правило, к этим документам относятся различные планы, карты или схемы процессов, рабочие инструкции, отчетные формы, договора, нормативные документы, накладные и пр. Т.е. можно считать, что под эту «переменную» составляющую подпадает практически вся документация организации.

Некоторые рекомендации по составлению структуры документации СМК и содержанию документов СМК дает стандарт ИСО 10013:2001 «Рекомендации по документированию систем менеджмента качества». Однако, при составлении структуры документации СМК лучше ориентироваться на существующую в организации систему документации, дополняя ее необходимыми уровнями и документами, требуемыми стандартом ИСО 9001:2008.

**Политика в области качества** это один из стратегических документов организации. В этом документе определяются основные принципы работы и развития ее системы управления в области качества. Как правило, политика в области качества представляет собой декларативный документ. Однако, каждая декларация, заявленная в политике, должна «раскладываться» на конкретные цели, планы и действия по реализации указанных деклараций. Отсюда появляется и прямая связь политики в области качества с целями в области качества.

**Цели в области качества** - это документ в котором организация устанавливает каких результатов в области качества она хочет достигнуть. Цели в области качества должны быть направлены на реализацию деклараций политики, но в отличие от политики, цели имеют конкретные показатели, которые можно измерить и достигнуть в ограниченные периоды времени.

Политику и цели в области качества обычно представляют отдельными документами. Либо можно цели в области качества включать в состав политики, но в этом случае политика в области качества будет иметь две части – открытую и закрытую. Открытая часть - это декларации, а закрытая часть – это конкретные и измеримые цели организации.

**Руководство по качеству** представляет собой документ, описывающий всю систему менеджмента качества организации, а точнее то, каким образом организована система качества, какую структуру она имеет, какова структура документации системы качества. Стандарт ИСО 9000:2005 (ИСО 9000:2000) дает определение Руководства по качеству в следующем виде: «Руководство по



качеству – документ, определяющий систему менеджмента качества организации». Это означает, что руководство по качеству должно содержать описание, каким образом организация реализует требования стандарта ИСО 9001:2008 (ИСО 9001:2000).

### **Шесть обязательных процедур**

В соответствии с требованиями стандарта ИСО 9001:2008 (ИСО 9001:2000) система качества организации должна быть документирована. Как правило, документирование системы качества осуществляется в процедурах системы качества. Минимальный состав процедур, который должен быть разработан в организации, в соответствии с требованиями стандарта, включает в себя руководство по качеству и шесть обязательных процедур.

Стандарт ИСО 9001:2008 (ИСО 9001:2000) требует от организации разработать и внедрить 6 обязательных процедур:

- управление документацией;
- управление записями о качестве;
- управление несоответствующей продукцией;
- проведение внутренних аудитов;
- проведение корректирующих мероприятий;
- проведение предупреждающих мероприятий.

**Процедура управления документацией** – предназначена для формализации документационного обеспечения организации. Данная процедура регламентирует вопросы создания, анализа и проверки документов до начала их официального использования в организации, актуализации и пересмотра документов уже используемых в организации, правила обозначения документов и идентификации каких-либо изменений в действующих документах. Кроме того, в процедуре управления документацией необходимо четко определить правила распространения документов в организации и правила изъятия, либо явной идентификации устаревшей документации. В процедуре обязательно необходимо

отразить и порядок идентификации и обращения с документами внешнего происхождения, например, нормативными документами, стандартами, договорами заказчиков и пр.

**Процедура управления записями о качестве** – это процедура, которая регламентирует порядок обращения с документальными свидетельствами работы системы качества. Процедура управления записями о качестве должна содержать правила идентификации записей и средства управления записями (например, делать записи можно на бумаге, можно в электронной системе), порядок хранения, защиты и восстановления записей о качестве в случае их повреждения. Кроме того, необходимо определить сроки хранения и порядок изъятия и уничтожения записей о качестве.

**Процедура управления несоответствующей продукцией** – это процедура, которая определяет, кто и как должен действовать, если в ходе работы организации возникли несоответствия. Под несоответствующей продукцией в стандарте понимается не только продукция, но и услуги, и другие результаты работы. Например, результатом работы договорного отдела является договор, тогда в процедуре управления несоответствующей продукцией необходимо определить какие несоответствия могут возникать в договоре, и как необходимо действовать при обнаружении несоответствий.

**Процедура проведения внутренних аудитов** – в данной процедуре необходимо определить порядок организации внутренних аудитов, требования к аудиторам, методы, критерии, частоту и область применения аудитов. Также, необходимо определить состав документации, которая разрабатывается при проведении аудита и порядок обработки результатов аудита.

**Процедура корректирующих действий** – эта процедура должна регламентировать порядок проведения работ по устранению несоответствий связанных с продуктами (услугами) организации, процессами и системой качества. Порядок проведения корректирующих действий должен предусматривать анализ выявленных несоответствий, установление причин их

возникновения, разработку действий по устранению несоответствий, запись результатов предпринятых действий и анализ результатов предпринятых действий.

**Процедура предупреждающих действий** – если процедура проведения корректирующих действий определяет, как должна действовать организация после возникновения несоответствий, то данная процедура должна определять действия для предотвращения возникновения несоответствий. В процедуре необходимо определить методы определения возможных несоответствий, порядок разработки действий по недопущению возникновения несоответствий, порядок ведения записей результатов предпринятых действий и анализ результатов выполнения предупреждающих действий.

**Карты процессов.** Карта процесса - это документ, определяющий назначение процесса, его основные результаты и характеристики, а также последовательность операций или действий процесса. Таким образом, карта процесса представляет технологию выполнения процесса. В зависимости от назначения она может представляться с различным уровнем детализации.

В картах процесса могут представляться процессы административного управления, процессы управления ресурсами, процессы контроля, мониторинга и измерений. Одной из разновидностей карты процесса является технологическая карта, представляющая технологические (производственные) процессы. Карты процессов могут оформляться в виде документированных процедур.

**Записи по качеству.** Стандарт ИСО 9000:2005 определяет *записи по качеству* как особый вид документации системы качества. Особенность этого вида документации заключается только в том, что эти документы подтверждают факт выполнения какого-либо действия и меняют свой статус в момент регистрации этого факта. Например, пустая форма, предназначенная для регистрации результатов контроля, является обычным документом системы качества. Как только в эту форму внесены результаты контроля (форма заполнена), эта форма становится записями по качеству.

В стандарте ИСО 9001:2008 (ИСО 9001:2000) определен минимальный состав записей по качеству, который должен существовать в организации. При необходимости этот состав записей по качеству может быть расширен самой организацией.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомьтесь со структурой документации системы качества.
2. Проанализируйте назначение и роль документов системы качества.
3. Выполните задание по анализу процедуры, предложенной преподавателем.
4. Составьте отчёт о проделанной работе.

### **Содержание отчёта**

Отчёт по практической работе должен содержать следующие элементы:

- тема практической работы;
- цель работы;
- индивидуальное задание;
- выполнение анализа процедуры, предложенной преподавателем;
- выводы.

### **Задание для самостоятельной работы**

**Задание:** провести анализ документа, охарактеризовать его структуру, содержание и роль в повышении качества.

Таблица 13.1 – Исходные данные

| Вариант | Наименование документа                                               |
|---------|----------------------------------------------------------------------|
| 1       | Процедура управления документацией                                   |
| 2       | Процедура управления записями о качестве                             |
| 3       | Процедура управления несоответствующей продукцией                    |
| 4       | Процедура проведения внутренних аудитов                              |
| 5       | Процедура проведения корректирующих мероприятий                      |
| 6       | Процедура проведения предупреждающих мероприятий                     |
| 7       | Карта процесса «Формирование плана закупок»                          |
| 8       | Протокол анализа Системы менеджмента качества со стороны руководства |
| 9       | Процедура управления персоналом                                      |
| 10      | Анализ видов записей по качеству                                     |
| 11      | Анализ концепции по развитию организации                             |
| 12      | Процедура управления документацией                                   |
| 13      | Процедура управления записями о качестве                             |
| 14      | Процедура управления несоответствующей продукцией                    |
| 15      | Процедура проведения внутренних аудитов                              |
| 16      | Процедура проведения корректирующих мероприятий                      |
| 17      | Процедура проведения предупреждающих мероприятий                     |
| 18      | Карта процесса «Формирование плана закупок»                          |
| 19      | Протокол анализа Системы менеджмента качества со стороны руководства |
| 20      | Процедура управления персоналом                                      |
| 21      | Анализ видов записей по качеству                                     |
| 22      | Анализ концепции по развитию организации                             |
| 23      | Руководство по качеству                                              |
| 24      | Политика в области качества                                          |
| 25      | Процедура проведения внутренних аудитов                              |

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте структуру документации системы качества?
2. Какие процедуры считаются обязательными? Приведите примеры.
3. Какими стандартами руководствуются при разработке документации системы качества?

## Перечень практических занятий

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Наименование разделов (тем)</b>                                                      | <b>Темы практических занятий</b>                                                                      | <b>Количество<br/>часов</b> |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1                | Раздел 1. Метрология<br>Тема 1.2 Основы техники измерений параметров технических систем | Оценивание погрешности измерений                                                                      | 4                           |
| 2                | Раздел 1. Метрология<br>Тема 1.2 Основы техники измерений параметров технических систем | Выбор средства измерений по точности                                                                  | 2                           |
| 3                | Раздел 1. Метрология<br>Тема 1.2 Основы техники измерений параметров технических систем | Выбор метрологических показателей средств измерений                                                   | 2                           |
| 4                | Раздел 1. Метрология<br>Тема 1.3 Обработка результатов измерений                        | Обработка однократных измерений                                                                       | 2                           |
| 5                | Раздел 1. Метрология<br>Тема 1.3 Обработка результатов измерений                        | Обработка результатов многократных измерений                                                          | 4                           |
| 6                | Раздел 2. Стандартизация<br>Тема 2.1 Общая характеристика стандартизации                | Определение экономического эффекта от стандартизации                                                  | 2                           |
| 7                | Раздел 2. Стандартизация<br>Тема 2.1 Общая характеристика стандартизации                | Определение экономической целесообразности изготовления деталей с учетом рядов предпочтительных чисел | 2                           |
| 8                | Раздел 2. Стандартизация<br>Тема 2.2 Нормативные документы в области стандартизации     | Расчет характеристик посадок для гладких цилиндрических соединений                                    | 2                           |
| 9                | Раздел 2. Стандартизация<br>Тема 2.2 Нормативные документы в области стандартизации     | Выбор посадок подшипников качения                                                                     | 2                           |
| 10               | Раздел 2. Стандартизация<br>Тема 2.2 Нормативные документы в области стандартизации     | Оформление технологической документации                                                               | 2                           |
| 11               | Раздел 3. Подтверждение соответствия<br>Тема 3.2 Управление качеством продукции         | Применение экспертного метода оценки качества продукции                                               | 2                           |

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Наименование разделов (тем)</b>                                                    | <b>Темы практических занятий</b>                        | <b>Количество<br/>часов</b> |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 12               | Раздел 3. Подтверждение<br>соответствия<br>Тема 3.2 Управление качеством<br>продукции | Проведение квалитетической<br>оценки качества продукции | 2                           |
| 13               | Раздел 3. Подтверждение<br>соответствия<br>Тема 3.2 Управление качеством<br>продукции | Анализ применения<br>документации систем качества       | 2                           |



## **Требования к результатам работы и оформлению**

Результатом выполнения практической работы является оформление отчета и её защита.

Отчет о выполнении практической работы оформляется на листах формата А4 в соответствии с нормативными требованиями к оформлению текстовых документов.

Все отчеты о выполнении практических работ должны иметь титульный лист по образцу, форма которого представлена в приложении 1.

Отчет о выполнении практической работы должен содержать номер и тему практической работы, цель работы, выполненное задание, результаты расчетов или анализа, ответы на контрольные вопросы, выводы по результатам работы.

При выполнении расчетов по формулам приводится сама формула с полной расшифровкой параметров, входящих в формулу. Результат расчета по формуле сопровождается указанием единицы определяемой величины. При наличии таблиц приводится слово «Таблица», её номер, наименование таблицы через тире после номера. При наличии рисунков приводится слово «Рисунок», его номер, наименование рисунка через тире после номера.

Защита практической работы выполняется устно или письменно на усмотрение преподавателя, ведущего практические занятия.

## **Критерии оценки и форма контроля**

Защита выполнения практической работы проходит либо в устной форме, либо в письменной форме на усмотрение преподавателя, ведущего практические занятия.

Критериями оценки выполнения практических работ считаются следующие:

- оценка «отлично» выставляется в том случае, если студент правильно выполнил требуемое задание и необходимые расчеты, полноценно и аккуратно оформил отчет, верно и содержательно ответил на заданные контрольные вопросы;

- оценка «хорошо» выставляется в том случае, если студент правильно выполнил требуемое задание и необходимые расчеты, полноценно и аккуратно оформил отчет, верно ответил на заданные контрольные вопросы, но с несущественными замечаниями, требующими дополнений;

- оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, если студент правильно выполнил требуемое задание и необходимые расчеты, полноценно и аккуратно оформил отчет, недостаточно точно ответил на заданные контрольные вопросы, но с существенными замечаниями, требующими исправлений;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется в том случае, если студент неправильно выполнил требуемое задание и необходимые расчеты, неполноценно и неаккуратно оформил отчет, неверно ответил на заданные контрольные вопросы.

В случае получения оценки «неудовлетворительно» студент обязан заново выполнить необходимое задание, провести необходимые расчеты, правильно оформить отчет и ответить на контрольные вопросы по теме практического занятия до получения положительной оценки за выполненную работу.

## **Заключение**

Руководствуясь методическими рекомендациями по выполнению практических работ по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия», студент приобретет умения и навыки по выбору и определению метрологических характеристик измерительных приборов; научиться производить обработку результатов измерений; обосновывать с экономической точки зрения применение принципов и методов стандартизации; применять требования нормативных документов к основным видам продукции, услуг и процессов; оформлять технологическую и техническую документацию в соответствии с действующей нормативной базой на основе использования основных положений метрологии, стандартизации и сертификации в производственной деятельности; применять документацию систем качества.

Внедрение методических рекомендаций по выполнению практических работ в учебную деятельность студента по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия» упрощает процесс адаптации студента при работе с нормативно-технической документацией, способствует формированию у него общих, профессиональных компетенций и всестороннему развитию его как будущего специалиста.

## Список рекомендуемой литературы

1. Шишмарев В.Ю. Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 320с.
2. Ильянков А.И. Метрология, стандартизация и сертификация в машиностроении: Практикум: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ А.И. Ильянков, Н.Ю. Марсов, Л.В. Гутюм. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 160 с.
3. Никифоров А.Д., Бакиев Т.А. Метрология, стандартизация и сертификация/ А.Д.Никифоров, Т.А. Бакиев. – М.: Высшая школа, 2003. – 422с.: ил.
4. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация – М.: Логос, 2012.
5. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч./ В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6- изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983.
6. ГОСТ 25346-89. ЕСДП. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений. – М.: Госстандарт, 1989. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gosthelp.ru>
7. ГОСТ 25347-82. ЕСДП. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – М.: Госстандарт, 1982. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gosthelp.ru>
8. ГОСТ 3.1407-86. ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки. – М.: Госстандарт, 1986. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gosthelp.ru>

9. ГОСТ Р 8.736-2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2013. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru>

10. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений – М.: Стандартинформ, 2004. [Электронный ресурс] URL: <http://www.gosthelp.ru>

**Форма титульного листа**

Областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Курский электромеханический техникум»

**Отчет**

о выполнении практических работ  
по учебной дисциплине

ОП.04 Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия  
для специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-  
компрессорных машин и установок (по отраслям)

Выполнил: студент группы МТЭХ-31

\_\_\_\_\_ (Фамилия И.О.)

Проверил: преподаватель

\_\_\_\_\_ (Фамилия И.О.)