

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФГБОУ ВО  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

---

## **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

**Задания к контрольным работам**

**Для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
15.03.02 - «Технологические машины и оборудование»,  
заочной формы обучения**

**ВОРОНЕЖ  
2016**

УДК 389

**Метрология, стандартизация и сертификация**  
[Электронный ресурс] : задания к контрольной работе / Воронеж.  
гос. универ. инж. технол.; сост. Н. Л. Клейменова, Л. И.  
Назина. - Воронеж : ВГУТ, 2016. - 26 с. - [ЭИ]

Задания разработаны в соответствии с требованиями ООП подготовки инженеров по направлению подготовки 15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения. Они предназначены для закрепления теоретических знаний дисциплин базовой части.

Составители: доцент Н.Л. КЛЕЙМЕНОВА,  
доцент Л.И. НАЗИНА

Научный редактор профессор О. П. ДВОРЯНИНОВА

Рекомендуется к размещению в ЭОС и ЭБ ВГУИТ

© Клейменова Н. Л.,  
Назина Л. И., 2016

© ФГБОУ ВО «Воронеж. гос.  
ун-т инж. технол.», 2016

## Методические указания

Контрольная работа состоит из теоретических вопросов и трех задач. Вариант контрольной работы выбирается по последним цифрам шифра зачетной книжки.

### Задания к контрольной работе

#### Задание 1.

1. Метрология и ее место среди других наук. Основные понятия и термины. Структура метрологии. Сущность стандартизации. Исторические основы развития стандартизации. Правила и порядок проведения сертификации.

2. Физические величины. Классификация физических величин. Цели стандартизации. Органы по сертификации и испытательные лаборатории.

3. Эталоны единиц системы СИ. Категории стандартов. История развития сертификации в РФ и за рубежом.

4. Метрологические характеристики средств измерений. Функции стандартизации. Схемы сертификации продукции.

5. Понятие о единице физической величины и измерении. Международная система единиц (система СИ). Нормативные документы по стандартизации. Основные этапы сертификации продукции.

6. Поверочные схемы. Стандартные образцы. Принципы стандартизации. Основные правила проведения сертификации.

7. Показатели качества СИ. Основные положения стандартизации в Законе РФ "О техническом регулировании". Структура органа по сертификации и организация его работы.

8. Классы точности средств измерений. Задачи международного сотрудничества в области стандартизации. Структура и организация деятельности испытательных лабораторий.

9. Виды измерений. Стандартизация в рамках Европейского союза. Требования к испытательным лабораториям и порядок их аккредитации.

10. Передача размера единиц от эталона к рабочим эталонам и рабочим средствам измерения. Международная организация по

стандартизации (ИСО), ее структура и задачи. Инспекционный контроль за деятельностью испытательных лабораторий.

11. Причины возникновения погрешностей. Случайные, систематические погрешности. Научная база стандартизации. Основные этапы сертификации услуг.

12. Калибровка средств измерений. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований технических регламентов. Требования к содержанию сертификата соответствия на услуги.

13. Обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Общая характеристика системы стандартизации. Предварительная оценка документации систем качества.

14. Понятие метрологического обеспечения. Органы и службы стандартизации в Российской Федерации. Составление экспертизы элементов систем качества и акта проверки, решение о сертификации.

15. Организационные, научные и методические основы метрологического обеспечения. Принципы управления качеством. Порядок сертификации пищевого продукта.

16. Государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений. Упорядочение объектов стандартизации. Участники и объекты сертификации.

17. Государственная система обеспечения единства измерений. Параметрическая стандартизация. Сертификация производства.

18. Нормативно-правовые документы регламентации метрологической деятельности. Международная организация законодательной метрологии. Комплексная стандартизация. Формы подтверждения соответствия.

19. Структура и функции метрологической службы предприятия, организации, учреждения, являющихся юридическими лицами. Опережающая стандартизация. Функции Росстандарта по сертификации.

20. Способы поверки средств измерений. Виды поверок. Унификация. Структура регистра систем качества.

21. Организация поверки (калибровки) средств измерений. Поверочные схемы и поверочное оборудование. Агрегатирование. Декларирование соответствия.

22. Метрологическая служба Российской Федерации. Виды стандартов. Функции и обязанности органа сертификации.

23. Прямые, косвенные и совокупные измерения. Стандартизация в рамках Европейского союза. Основные положения закона «О защите прав потребителей» и сертификация.

24. Выбор средств измерений. Нормативные документы по стандартизации. Основные понятия по подтверждению соответствия в законе «О техническом регулировании».

25. Классификация шкал измерений. Категории стандартов. Цели и принципы подтверждения соответствия.

В таблице 1 указаны номера вариантов, выполняемых студентами в соответствии с шифром зачетной книжки.

*Таблица 1*

| Последние цифры шифра | Номер варианта |
|-----------------------|----------------|
| 1                     | 2              |
| 00, 25, 50, 75        | 1              |
| 01, 26, 51, 76        | 2              |
| 02, 27, 52, 77        | 3              |
| 03, 28, 53, 78        | 4              |
| 03, 28, 53, 78        | 4              |
| 04, 29, 54, 79        | 5              |
| 05, 30, 55, 80        | 6              |
| 06, 31, 56, 81        | 7              |
| 07, 32, 57, 82        | 8              |
| 08, 33, 58, 83        | 9              |
| 09, 34, 59, 84        | 10             |
| 10, 35, 60, 85        | 11             |
| 11, 36, 61, 86        | 12             |

Окончание табл.1

| 1              | 2  |
|----------------|----|
| 12, 37, 62, 87 | 13 |
| 13, 38, 63, 88 | 14 |
| 14, 39, 64, 89 | 15 |
| 15, 40, 65, 90 | 16 |
| 16, 41, 66, 91 | 17 |
| 17, 42, 67, 92 | 18 |
| 18, 43, 68, 93 | 19 |
| 19, 44, 69, 94 | 20 |
| 20, 45, 70, 95 | 21 |
| 21, 46, 71, 96 | 22 |
| 22, 47, 72, 97 | 23 |
| 23, 48, 73, 98 | 24 |
| 24, 49, 74, 99 | 25 |

Задание 2. Даны результаты прямых измерений некоторых физических величин и уравнение их связи с другой физической величиной (табл. 2). Найти значение этой величины и оценить его погрешность. Погрешность косвенных измерений определить двумя способами: 1) с помощью вычисления частных производных измеряемой величины по ее аргументам; 2) с помощью вычисления конечных приращений.

Таблица 2

| Вариант 1   | Вариант 2  | Вариант 3   | Вариант 4   | Вариант 5  |
|---|--|---|---|--|
| $a = (2,3 \pm 0,2) \text{ м/с}^2$<br>$t = (2,31 \pm 0,05) \text{ с}$<br>$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$                                 | $I_0 = (120 \pm 10) \text{ Вт/м}^2$<br>$\varphi = (25 \pm 1)^\circ$<br>$I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$  | $R_1 = (23 \pm 5) \text{ Ом}$<br>$R_2 = (12 \pm 3) \text{ Ом}$<br>$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$                           | $L = (10 \pm 1) \text{ мГ}$<br>$C = (100 \pm 20) \text{ пФ}$<br>$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$   | $m = (12 \pm 3) \text{ кг}$<br>$v = (52,31 \pm 0,05) \text{ Гц}$<br>$R = (201 \pm 5) \text{ мм}$<br>$F = m \cdot (2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \cdot R$  |
| Вариант 6   | Вариант 7  | Вариант 8   | Вариант 9   | Вариант 10   |
| $F = (12 \pm 3) \text{ кН}$<br>$\nu = (2,31 \pm 0,05) \text{ м/с}$<br>$R = (201 \pm 5) \text{ мм}$<br>$m = \frac{F \cdot R}{\nu^2}$ | $R = 8,3144 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$<br>$T = (301 \pm 5) \text{ К}$<br>$V_1 = (50 \pm 1) \text{ л}$<br>$V_2 = (10 \pm 1) \text{ л}$<br>$A = R \cdot T \cdot \ln(V_1 / V_2)$ | $L = (10 \pm 1) \text{ мГ}$<br>$C = (100 \pm 20) \text{ пФ}$<br>$U = (1,2 \pm 0,5) \text{ В}$<br>$I = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$ | $m = (34 \pm 8) \text{ кг}$<br>$\nu = (32,31 \pm 0,05) \text{ Гц}$<br>$R = (0,201 \pm 0,005) \text{ мм}$<br>$F = m \cdot (2 \cdot \pi \cdot \nu)^2 \cdot R$ | $\mu = (12 \pm 3) \text{ кг/моль}$<br>$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$<br>$p = (41,2 \pm 0,5) \text{ МПа}$<br>$V = (10,0 \pm 0,1) \text{ л}$<br>$T = (300 \pm 20) \text{ К}$<br>$m = \frac{\mu \cdot p \cdot V}{R \cdot T}$ |

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
| <p>риант 11</p> $R = 8,3144 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$ $\mu = 0,018 \text{ кг/моль}$ $T = (295 \pm 5) \text{ К}$ $h = (2010 \pm 50) \text{ м}$ $p = \exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right)$             | <p>Вариант 12</p> $p_2 = (23 \pm 5) \text{ Ом}$ $V_1 = (8,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $V_2 = (9,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ $\gamma = 1,4 \pm 0,2$ $p_1 = p_2 \cdot (V_1/V_2)^\gamma$                          | <p>Вариант 13</p> $L = (110 \pm 10) \text{ мГ}$ $C = (10 \pm 2) \text{ пФ}$ $U = (12,3 \pm 0,5) \text{ В}$ $I = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$  | <p>Вариант 14</p> $\mu_0 = 0,074 \text{ кг/моль}$ $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ $p = (3,56 \pm 0,002) \text{ МПа}$ $\rho = (714 \pm 2) \text{ кг/м}^3$ $T = (467 \pm 8) \text{ К}$ $m = \frac{8 \cdot \mu_0 \cdot p}{3 \cdot \rho \cdot R \cdot T}$ | <p>Вариант 15</p> $R_1 = (2,3 \pm 0,2) \text{ МОм}$ $R_2 = (1,2 \pm 0,3) \text{ МОм}$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 + R_2)}$  |
| <p>Вариант 16</p> $\mu_0 = 0,032 \text{ кг/моль}$ $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ $p = (41,2 \pm 0,05) \text{ МПа}$ $V = (10,0 \pm 0,1) \text{ л}$ $T = (300 \pm 20) \text{ К}$ $m = \frac{\mu \cdot V \cdot p}{R \cdot T}$ | <p>Вариант 17</p> $R_1 = (10 \pm 1) \text{ МОм}$ $R_2 = (50 \pm 10) \text{ МОм}$ $t = (0,010 \pm 0,005) \text{ с}$ $L = (0,34 \pm 0,02) \text{ Г}$ $I_1 = (1,2 \pm 0,2) \text{ А}$ $I = I_1 \cdot e^{\frac{(R_1+R_2) \cdot t}{L}}$ | <p>Вариант 18</p> $L = (1,2 \pm 0,3) \text{ мГ}$ $R = (0,12 \pm 0,05) \text{ кОм}$ $E = (1,2 \pm 0,5) \text{ В}$ $\omega = (1,3 \pm 0,4) \cdot 10^5 \text{ рад/с}$ $I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}}$ | <p>Вариант 19</p> $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Г/м}$ $B = (4,2 \pm 0,1) \text{ мТ}$ $a = (1,00 \pm 0,01) \text{ м}$ $b = (3,2 \pm 0,1) \text{ мм}$ $J = \frac{B}{\mu_0} \cdot \frac{a+b}{a}$   | <p>Вариант 20</p> $C = (12 \pm 1,2) \text{ нФ}$ $R = (0,12 \pm 0,02) \text{ кОм}$ $E = (1,2 \pm 0,5) \text{ В}$ $\omega = (1,31 \pm 0,04) \cdot 10^5 \text{ рад/с}$ $I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}}$ |



Окончание табл. 2

| Вариант 21   | Вариант 22  | Вариант 23   | Вариант 24  | Вариант 25   |
|--|---|--|---|--|
| $R = 8,3144 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$<br>$g = 9,80665 \text{ м/с}^2$<br>$\mu = 0,02 \text{ кг/моль}$<br>$T = (295 \pm 10) \text{ К}$<br>$h = (2100 \pm 30) \text{ м}$<br>$p = \exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right)$ | $p_2 = (35 \pm 5) \text{ Ом}$<br>$V_1 = (8,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$<br>$V_2 = (7,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$<br>$\gamma = 1,4 \pm 0,4$<br>$p_1 = p_2 \cdot (V_1 / V_2)^\gamma$ | $L = (100 \pm 10) \text{ мГ}$<br>$C = (20 \pm 2) \text{ пФ}$<br>$U = (12,3 \pm 0,5) \text{ В}$<br>$I = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$ | $a = (2,3 \pm 0,4) \text{ м/с}^2$<br>$t = (2,31 \pm 0,05) \text{ с}$<br>$S = \frac{a \cdot t^2}{2}$ | $I_0 = (150 \pm 5) \text{ Вт/м}^2$<br>$\varphi = (25 \pm 1)^\circ$<br>$I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$ |

Задание 3. Рассчитать и выбрать из числа предпочтительных посадок системы отверстия посадку для подшипника скольжения по исходным данным табл. 3 и 4. Для выбранной посадки построить схемы полей допусков, определить наибольшие и наименьшие предельные размеры отверстия и вала, наибольший и наименьший зазор. Выполнить эскизы деталей и эскиз сборочного чертежа соединения.

Таблица 3

| Исходные данные                                   | Номер варианта |      |          |      |                   |      |          |     |                   |     |
|---|----------------|------|----------|------|-------------------|------|----------|-----|-------------------|-----|
|   | 1              | 2    | 3        | 4    | 5                 | 6    | 7        | 8   | 9                 | 10  |
| Диаметр сопряжения $d$ , мм                       | 60             | 90   | 80       | 50   | 40                | 90   | 60       | 40  | 80                | 65  |
| Длина сопряжения $l$ , мм                         | 90             | 130  | 90       | 45   | 55                | 150  | 120      | 60  | 120               | 85  |
| Частота вращения вала $n$ , об/мин                | 1500           | 1000 | 800      | 1000 | 400               | 1200 | 1500     | 900 | 900               | 750 |
| Нагрузка на опору $R$ , кН                        | 7              | 11   | 8        | 8    | 2                 | 10   | 12       | 4   | 25                | 9   |
| Шероховатость поверхности $Rz_d$ вала, мкм        | 1,6            | 1,6  | 1,6      | 0,8  | 0,8               | 1,6  | 1,6      | 0,8 | 1,6               | 1,6 |
| Шероховатость поверхности $Rz_D$ втулки, мкм      | 3,2            | 3,2  | 3,2      | 1,6  | 1,6               | 3,2  | 3,2      | 1,6 | 3,2               | 3,2 |
| Материал вала                                     | Сталь 35       |      | Сталь 40 |      | Сталь 45          |      | Сталь 30 |     | Сталь 50          |     |
| Материал втулки                                   | Чугун          |      | Силумин  |      | Бронза<br>БрАЖ9-4 |      | Силумин  |     | Бронза<br>БрАЖ9-4 |     |
| Марка смазочного материала – масло индустриальное | 12             | 20   | 30       | 40   | 50                | 12   | 20       | 30  | 40                | 50  |

Таблица 4

| Исходные данные                              | Номер варианта |      |          |      |                |      |          |      |                |     |          |      |          |      |                |      |          |
|--|----------------|------|----------|------|----------------|------|----------|------|----------------|-----|----------|------|----------|------|----------------|------|----------|
|  | 11             | 12   | 13       | 14   | 15             | 16   | 17       | 18   | 19             | 20  | 21       | 22   | 23       | 24   | 25             | 26   | 27       |
| Диаметр сопряжения $d$ , мм                  | 80             | 70   | 40       | 70   | 130            | 90   | 125      | 30   | 80             | 100 | 40       | 40   | 70       | 40   | 130            | 80   | 100      |
| Длина сопряжения $l$ , мм                    | 100            | 100  | 60       | 140  | 190            | 180  | 180      | 45   | 120            | 120 | 55       | 60   | 100      | 60   | 190            | 120  | 120      |
| Частота вращения вала $n$ , об/мин           | 1000           | 1200 | 2800     | 1400 | 1000           | 1200 | 900      | 1500 | 750            | 750 | 2800     | 2000 | 1200     | 2400 | 900            | 1000 | 750      |
| Нагрузка на опору $R$ , кН                   | 3              | 15   | 0,5      | 15   | 20             | 0,9  | 0,3      | 2    | 0,6            | 9   | 0,5      | 3    | 14       | 3    | 18             | 8    | 9        |
| Шероховатость поверхности $Rz_d$ вала, мкм   | 1,6            | 1,6  | 1,6      | 0,8  | 0,8            | 1,6  | 1,6      | 0,8  | 1,6            | 1,6 | 1,6      | 1,6  | 1,6      | 1,6  | 1,6            | 1,6  | 1,6      |
| Шероховатость поверхности $Rz_D$ втулки, мкм | 3,2            | 3,2  | 3,2      | 1,6  | 1,6            | 3,2  | 3,2      | 1,6  | 3,2            | 3,2 | 3,2      | 3,2  | 3,2      | 3,2  | 3,2            | 3,2  | 3,2      |
| Материал вала                                | Сталь 35       |      | Сталь 40 |      | Сталь 45       |      | Сталь 30 |      | Сталь 50       |     | Сталь 35 |      | Сталь 40 |      | Сталь 45       |      | Сталь 30 |
| Материал втулки                              | Чугун          |      | Силумин  |      | Бронза БрАЖ9-4 |      | Силумин  |      | Бронза БрАЖ9-4 |     | Чугун    |      | Силумин  |      | Бронза БрАЖ9-4 |      | Силумин  |
| Марка смазочного материала – масло турбинное | 22             | 30   | 46       | 57   | 22             | 30   | 46       | 57   | 22             | 46  | 22       | 30   | 46       | 57   | 22             | 22   | 30       |

Задание 4. Рассчитать и выбрать из системы отверстия посадку с натягом, желательного предпочтительного применения по исходным данным в табл. 5 и 6 (осевое усилие  $P = 0$ ). Для выбранной посадки определить предельные размеры отверстия и вала, наибольший и наименьший натяги, построить схему полей допусков. Выполнить эскизы вала и втулки, эскиз сборочного чертежа соединения.

Таблица 5

| Исходные данные                               | Номер варианта |      |          |     |          |     |          |     |          |     |
|---|----------------|------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
|   | 1              | 2    | 3        | 4   | 5        | 6   | 7        | 8   | 9        | 10  |
| Диаметр сопряжения $d$ , мм                   | 100            | 120  | 140      | 100 | 80       | 120 | 130      | 200 | 90       | 160 |
| Длина сопряжения $l$ , мм                     | 80             | 85   | 90       | 150 | 100      | 160 | 200      | 125 | 150      | 100 |
| Наружный диаметр втулки $d_2$ , мм            | 250            | 240  | 240      | 180 | 120      | 190 | 220      | 300 | 160      | 200 |
| Передаваемый крутящий момент $M_{кр}$ , кН·м  | 10             | 12,5 | 15       | 4   | 5        | 4,5 | 4,8      | 6   | 5,5      | 20  |
| Шероховатость поверхности вала $Rz_d$ , мкм   | 1,6            | 1,6  | 1,6      | 3,2 | 3,2      | 1,6 | 1,6      | 3,2 | 1,6      | 1,6 |
| Шероховатость поверхности втулки $Rz_D$ , мкм | 3,2            | 3,2  | 3,2      | 6,3 | 6,3      | 3,2 | 3,2      | 6,3 | 3,2      | 3,2 |
| Материал вала                                 | Сталь 50       |      | Сталь 35 |     | Сталь 40 |     | Сталь 45 |     | Сталь 30 |     |

Таблица 6

| Исходные данные                               | Номер варианта |      |          |      |          |      |          |      |          |     |          |      |          |       |          |
|---|----------------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|-----|----------|------|----------|-------|----------|
|   | 11             | 12   | 13       | 14   | 15       | 16   | 17       | 18   | 19       | 20  | 21       | 22   | 23       | 24    | 25       |
| Диаметр сопряжения $d$ , мм                   | 100            | 20   | 120      | 140  | 120      | 40   | 75       | 100  | 25       | 35  | 22       | 140  | 35       | 140   | 100      |
| Длина сопряжения $l$ , мм                     | 150            | 40   | 100      | 160  | 150      | 25   | 85       | 55   | 75       | 10  | 22       | 150  | 20       | 85    | 140      |
| Наружный диаметр втулки $d_2$ , мм            | 180            | 30   | 240      | 240  | 240      | 90   | 140      | 240  | 50       | 80  | 40       | 240  | 80       | 240   | 160      |
| Передаваемый крутящий момент $M_{кр}$ , Н·м   | 4000           | 1000 | 20000    | 4500 | 5500     | 2000 | 12500    | 5500 | 1000     | 10  | 4        | 4000 | 45       | 12500 | 6        |
| Шероховатость поверхности вала $Rz_d$ , мкм   | 10             | 3,2  | 3,2      | 3,2  | 3,2      | 3,2  | 3,2      | 1,25 | 3,2      | 3,2 | 1,25     | 3,2  | 3,2      | 3,2   | 3,2      |
| Шероховатость поверхности втулки $Rz_D$ , мкм | 20             | 6,3  | 6,3      | 6,3  | 6,3      | 6,3  | 6,3      | 1,6  | 6,3      | 6,3 | 1,25     | 6,3  | 6,3      | 6,3   | 6,3      |
| Материал вала                                 | Сталь 30       |      | Сталь 35 |      | Сталь 40 |      | Сталь 45 |      | Сталь 30 |     | Сталь 35 |      | Сталь 45 |       | Сталь 40 |

## Примеры выполнения заданий

1. Прямыми измерениями найдены значения массы  $m$ , радиуса  $R$  и линейной скорости  $v$  равномерного вращения по окружности материальной точки. Необходимо оценить значение центробежной силы  $F$ , действующей на материальную точку.

$$m = (310 \pm 6) \text{ г}, R = (104 \pm 5) \text{ мм}, v = (30 \pm 1) \text{ м/с}, F = \frac{m \cdot v^2}{R}.$$

Решение

Рассмотрим два способа расчета погрешности косвенных измерений.

1. Алгоритм, использующий вычисление производных измеряемой величины по ее аргументам.

Вычисляем среднее значение силы

$$\langle F \rangle = \frac{\langle m \rangle \cdot \langle v \rangle^2}{\langle R \rangle} = \frac{0,31 \cdot 30^2}{0,104} = 2683 \approx 2,68 \text{ кН}.$$

Находим частные производные и вычисляем их значения при средних значениях аргументов:

$$\frac{\partial F}{\partial m} = \frac{\langle v \rangle^2}{\langle R \rangle} = \frac{30^2}{104} = 8,65 \text{ Н/г};$$

$$\frac{\partial F}{\partial R} = \frac{\langle m \rangle \cdot \langle v \rangle^2}{\langle R \rangle^2} = \frac{310 \cdot 30^2}{104^2} = -25,8 \text{ Н/мм};$$

$$\frac{\partial F}{\partial v} = \frac{2 \cdot \langle m \rangle \cdot \langle v \rangle}{\langle R \rangle} = \frac{2 \cdot 310 \cdot 30}{104} = 179 \text{ Н} \cdot \text{с/м}.$$

Вычисляем составляющие погрешности от каждого аргумента:

$$\Delta F_m = \left| \frac{\partial F}{\partial m} \right| \cdot \Delta m = 8,65 \cdot 6 = 51,9 \text{ Н};$$

$$\Delta F_R = \left| \frac{\partial F}{\partial R} \right| \cdot \Delta R = 25,8 \cdot 5 = 129 \text{ Н};$$

$$\Delta F_v = \left| \frac{\partial F}{\partial v} \right| \cdot \Delta v = 179 \cdot 1 = 179 \text{ Н}.$$

Вычисляем полную погрешность:  
абсолютную

$$\Delta F = \sqrt{\Delta F_m^2 + \Delta F_R^2 + \Delta F_v^2} = \sqrt{51,9^2 + 129^2 + 179^2} = 227 \text{ Н} \approx 0,2 \text{ кН};$$

относительную

$$\delta F = \frac{\Delta F}{\langle F \rangle} = \frac{0,2}{2,7} = 7 \%.$$

После округления записываем результат косвенных измерений

$$F = (2,7 \pm 0,2) \text{ кН } \delta F = 7 \%.$$

2. Алгоритм, использующий вычисление приращений измеряемой величины по ее аргументам.

Вычисляем среднее значение силы

$$\langle F \rangle = \frac{\langle m \rangle \cdot \langle v \rangle^2}{\langle R \rangle} = \frac{0,31 \cdot 30^2}{0,104} = 2683 \text{ Н} \approx 2,68 \text{ кН}.$$

Вычисляем приращения функции по ее аргументам:

$$\Delta F_m = |F(m + \Delta m, R, v) - F(m, R, v)| = \left| \frac{(0,31 + 0,006) \cdot 30^2}{0,104} - 2683 \right| = 51,6 \text{ Н}$$

$$\Delta F_R = |F(m, R + \Delta R, v) - F(m, R, v)| = \left| \frac{0,31 \cdot 30^2}{0,104 + 0,005} - 2683 \right| = 123 \text{ Н}$$

$$\Delta F_v = |F(m, R, v + \Delta v) - F(m, R, v)| = \left| \frac{0,31 \cdot (30 + 1)^2}{0,104} - 2683 \right| = 182 \text{ Н}.$$

Вычисляем полную погрешность:  
абсолютную

$$\Delta F = \sqrt{\Delta F_m^2 + \Delta F_R^2 + \Delta F_v^2} = \sqrt{51,6^2 + 123^2 + 182^2} = 226 \text{ Н} \approx 0,2 \text{ кН};$$

относительную

$$\delta F = \frac{\Delta F}{\langle F \rangle} = \frac{0,2}{2,7} = 7\% .$$

После округления записываем результат косвенных измерений

$$F = (2,7 \pm 0,2) \text{ кН } \delta F = 7\% .$$

3. Рассчитать и выбрать из числа предпочтительных посадок системы отверстия посадку для подшипника скольжения по следующим исходным данным:

- номинальный диаметр сопряжения  $d = 90$  мм;
- длина сопряжения  $l = 60$  мм;
- частота вращения вала  $n = 1000$  мин<sup>-1</sup>;
- нагрузка на опору,  $R = 8,5$  кН;
- марка смазочного материала – масло индустриальное 40;
- шероховатость поверхности втулки  $Rz_D = 3,2$  мкм;
- шероховатость поверхности вала  $Rz_d = 1,6$  мкм;
- материал втулки – чугун; вала – сталь 35.

Для выбранной посадки построить схемы полей допусков, определить наибольшие и наименьшие предельные размеры отверстия и вала, наибольший и наименьший зазор. Выполнить эскизы деталей и эскиз сборочного чертежа соединения.

### Решение

Рассчитываем угловую скорость вращения вала

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 107,7 \text{ рад/с.}$$

Определяем среднее удельное давление

$$P = \frac{R}{ld} = \frac{8500}{90 \cdot 10^{-3} \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Устанавливаем допустимую минимальную толщину масляного слоя

$$h = 2(Rz_D + Rz_d + 3 \cdot 10^{-6}) = 2(3,2 \cdot 10^{-6} + 1,6 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6}) = 15,6 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$



Определяем динамическую вязкость масла

$$\mu_t = \mu \left( \frac{50}{t_n} \right)^{2,8} = 0,045 \left( \frac{50}{60} \right)^{2,8} = 0,027 \text{ Па}\cdot\text{с},$$

где  $\mu$  – табличная динамическая вязкость масла при температуре  $t = 50$  °С, для масла индустриального 40  $\mu = 0,045$  Па·с;  $t_n$  – температура нагрева подшипника в масле, принимаем  $t_n = 60$  °С.

Определяем функциональный комплекс

$$A_h = \frac{2h}{d \sqrt{\frac{\mu_t \omega}{P}}} = \frac{2 \cdot 15,6 \cdot 10^{-6}}{90 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{0,027 \cdot 107,7}{1,6 \cdot 10^6}}} = 0,265.$$

По графику [2] по величине функционального комплекса  $A_h = 0,265$  и отношению  $l / d = 60 / 90 = 0,67$  определяем относительные эксцентриситеты  $\chi_1$  и  $\chi_2$ . Получаем  $\chi_1 < 0,3$ ;  $\chi_2 = 0,87$ . Поскольку  $\chi_1 < 0,3$ , то определяем функциональный комплекс для  $\chi_1 = 0,3$   $A_{\chi=0,3} = 0,34$ .

Рассчитываем минимальный допустимый зазор

$$[S_{\min}] = 2,857 \cdot h \frac{A_{\chi=0,3}}{A_h} = 2,857 \cdot 15,6 \cdot 10^{-6} \frac{0,34}{0,265} =$$

$$= 57,18 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 57,18 \text{ мкм}.$$

Определяем температурное изменение зазора

$$\delta = d(\alpha_1 - \alpha_2)(t_n - 20) = 90 \cdot 10^{-3} (11,0 \cdot 10^{-6} - 11,1 \cdot 10^{-6}) \times$$

$$\times (60 - 20) = -0,36 \cdot 10^{-6} \text{ м},$$

где  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – температурные коэффициенты линейного расширения материалов втулки и вала соответственно, по [2] определяем для чугуна  $\alpha_1 = 11,0 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>; для стали 35  $\alpha_2 = 11,1 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>.

Рассчитываем минимальный действующий зазор

$$S_{\min} = [S_{\min}] - \delta = 57,18 \cdot 10^{-6} + 0,36 \cdot 10^{-6} = 57,54 \cdot 10^{-6} \text{ м} =$$

$$= 57,54 \text{ мкм}.$$

Рассчитываем максимальный допустимый зазор

$$[S_{\max}] = \frac{2h}{1 - \chi_2} = \frac{2 \cdot 15,6 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,87} = 240 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 240 \text{ мкм}.$$

Вычисляем максимальный действующий зазор

$$S_{\max} = [S_{\max}] - \delta - 2(Rz_D + Rz_d) = 240 \cdot 10^{-6} + 0,36 \cdot 10^{-6} - 2(3,2 \cdot 10^{-6} + 1,6 \cdot 10^{-6}) = 230,76 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 230,76 \text{ мкм.}$$

Выбираем по таблицам стандарта ГОСТ 25347 [1] предельные зазоры  $S_{\min \text{ табл}}$  и  $S_{\max \text{ табл}}$ , соблюдая условия

$$S_{\min \text{ табл}} \geq S_{\min} \text{ и } S_{\max \text{ табл}} < S_{\max}.$$

Получаем  $S_{\min} = 72 \text{ мкм}$  и  $S_{\max} = 171 \text{ мкм}$  для посадки

$$\varnothing 90 \frac{H7}{e8} \text{ мм [3, 4].}$$

Определяем предельные размеры втулки и вала:  
наибольший предельный размер отверстия во втулке

$$D_{\max} = D + ES = 90 + 0,035 = 90,035 \text{ мм;}$$

наименьший предельный размер отверстия во втулке

$$D_{\min} = D + EI = 90 + 0 = 90,000 \text{ мм;}$$

наибольший предельный размер вала  $d_{\max} = d + es = 90 - 0,072 = 89,928 \text{ мм;}$

наименьший предельный размер вала  $d_{\min} = d + ei = 90 - 0,136 = 89,864 \text{ мм.}$

Строим схему расположения полей допусков выбранной посадки (рис. 1).

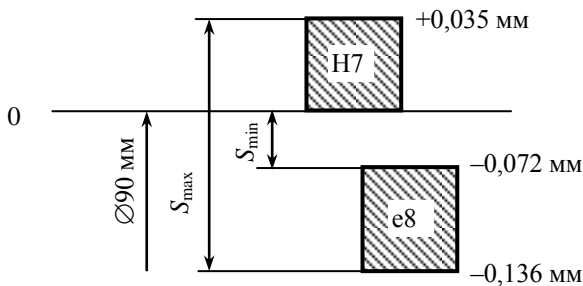


Рис. 1. Схема расположения полей допусков посадки  $\varnothing 90 \frac{H7}{e8} \text{ мм}$

Выполняем эскизы втулки, вала и сборочного чертежа соединения (рис. 2).

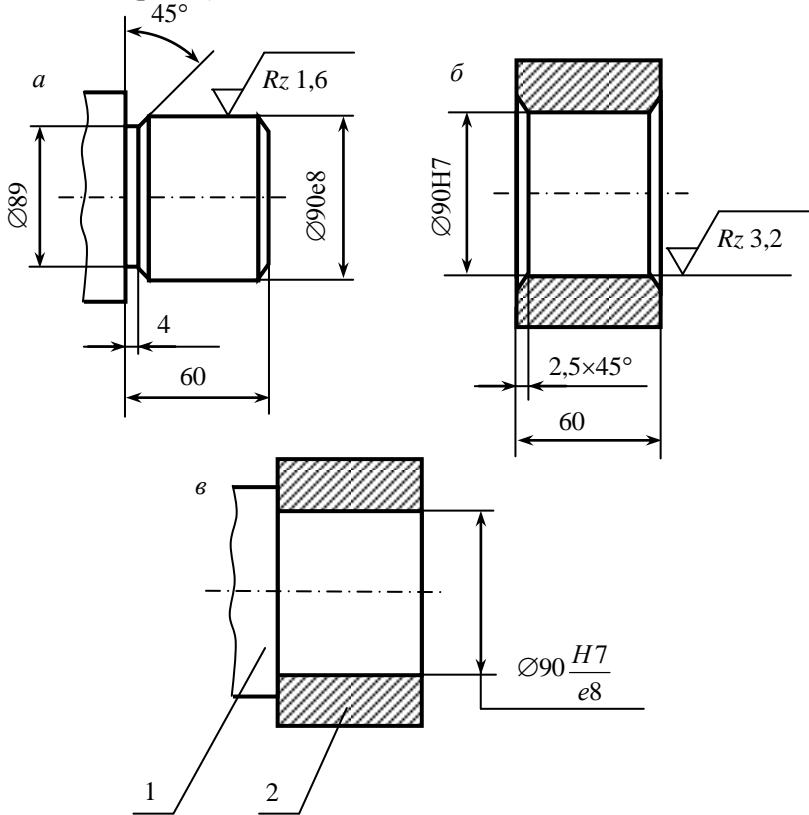


Рис. 2. Эскизы: *a* – вала; *б* – втулки; *в* – сборочного чертежа соединения:  
1 – вал; 2 – втулка

4. Рассчитать и выбрать из системы отверстия посадку с натягом, желательно предпочтительного применения по следующим исходным данным

- диаметр сопряжения  $d = 75$  мм;
- длина сопряжения  $l = 85$  мм;
- наружный диаметр втулки  $d_2 = 140$  мм;

- передаваемый крутящий момент  $M_{кр} = 11,0$  кН·м;
- осевое усилие  $P = 0$ ;
- шероховатость поверхности вала  $Rz_d = 3,2$  мкм;
- шероховатость поверхности втулки  $Rz_D = 6,3$  мкм;
- материал вала и втулки сталь 45.

Для выбранной посадки определить предельные размеры отверстия и вала, наибольший и наименьший натяги, построить схему полей допусков. Выполнить эскизы вала и втулки, эскиз сборочного чертежа соединения.

### Решение

Определяем величину удельного контактного эксплуатационного давления  $p_3$  между сопрягаемыми поверхностями вала и втулки, принимая коэффициент запаса прочности  $n = 1,5 - 2,0$

$$p_3 = \frac{\sqrt{\left(\frac{2M_{кр}}{d}\right)^2 + P^2}}{\pi d l f} = \frac{2 \cdot 11000}{3,14 \cdot 0,075 \cdot 0,085 \cdot 0,2} = 7,33 \cdot 10^7 \text{ Па,}$$

где  $f$  – коэффициент трения при запрессовке, принимаем  $f = 0,2$ .

Определяем характер деформирования отверстия и вала по графику деформаций [2] и величинам  $p_3 / \sigma_T$ ,  $d / d_2$ . Предел текучести для стали 45  $\sigma_T = 3,53 \cdot 10^8$  Па.

$$\text{Для } p_3 / \sigma_T = \frac{7,33 \cdot 10^7}{3,53 \cdot 10^8} = 0,21 \text{ и } d / d_2 = 0,075 / 0,140 = 0,54$$

получаем, что вал и втулка испытывают упругие деформации.

По графику деформаций определяем наибольшее допустимое значение  $p_{нб} / \sigma_T$  на границе допустимой зоны деформирования  $p_{нб} / \sigma_T = 0,41$ .

Рассчитываем соответствующее значение удельного контактного давления  $p_{нб} = 0,41 \cdot \sigma_T = 0,41 \cdot 3,53 \cdot 10^8 = 1,45 \cdot 10^8$  Па.

По графику [2] определяем коэффициент неравномерности распределения удельного давления  $\chi$  по отношению  $l / d = 0,085 / 0,075 = 1,13$ , получаем  $\chi = 0,91$ .

Рассчитываем наибольшее для этого коэффициента значение удельного давления

$$p_{\text{нб.доп}} = p_{\text{нб}} \chi = 1,45 \cdot 10^8 \cdot 0,91 = 1,32 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

Определяем коэффициенты формы отверстия

$$C_D = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \mu_D = \frac{1 + 0,54^2}{1 - 0,54^2} + 0,3 = 2,12$$

и вала

$$C_d = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu_d = \frac{1 + 0}{1 - 0} - 0,3 = 0,7,$$

где  $\mu_D$  и  $\mu_d$  – коэффициенты Пуассона для материалов втулки и вала соответственно,  $\mu_D = \mu_d = 0,3$ .

Рассчитываем величину максимального допустимого натяга

$$N_{\text{max}}^{\text{доп}} = p_{\text{нб.доп}} \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) d = 1,32 \cdot 10^8 \frac{2,12 + 0,7}{2 \cdot 10^{11}} 0,075 =$$

$$= 140 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 140 \text{ мкм},$$

где  $E_D$  и  $E_d$  – модуль упругости материалов втулки и вала соответственно,  $E_D = E_d = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ .

Определяем величину минимального допустимого натяга

$$N_{\text{min}}^{\text{доп}} = p_3 \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right) d = 7,33 \cdot 10^7 \frac{2,12 + 0,7}{2 \cdot 10^{11}} 0,075 =$$

$$= 0,076 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 76 \text{ мкм}.$$

Рассчитываем поправку на смятие микронеровностей сопрягаемых поверхностей

$$\Delta_{\text{ш}} = 2(K_1 R_{zD} + K_2 R_{zd}) = 2(0,5 \cdot 6,3 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6}) =$$

$$= 15,8 \cdot 10^{-6} = 15,8 \text{ мкм}.$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициент, учитывающий поправку на смятие микронеровностей поверхности втулки и вала соответственно,  $K_1 = K_2 = 0,5$ .

Определяем предельные расчетные натяги  
 максимальный

$$N_{\max}^p = N_{\max}^{\text{доп}} + \Delta_{\text{ш}} = 140 + 15,8 = 155,8 \text{ мкм}$$

и минимальный

$$N_{\min}^p = N_{\min}^{\text{доп}} + \Delta_{\text{ш}} = 76 + 15,8 = 91,8 \text{ мкм.}$$

Выбираем стандартную посадку, выполняя условия  $N_{\max}^p \geq N_{\max}^{\text{табл}}$  и  $N_{\min}^p < N_{\min}^{\text{табл}}$ , где  $N_{\max}^{\text{табл}}$  и  $N_{\min}^{\text{табл}}$  – максимальный и минимальный табличные натяги соответственно.

Выбираем посадку, наиболее близкую к указанным условиям  $\varnothing 75 \frac{H8}{x8} \begin{pmatrix} +0,046 \\ +0,192 \\ +0,146 \end{pmatrix}$  мм [1, 3, 4]. Табличные натяги равны:

$$\text{максимальный } N_{\max}^{\text{табл}} = es - EI = 0,192 - 0 = 0,192 \text{ мм;}$$

$$\text{минимальный } N_{\min}^{\text{табл}} = ei - ES = 0,146 - 0,046 = 0,100 \text{ мм.}$$

Строим схему расположения полей допусков выбранной посадки (рис. 3).

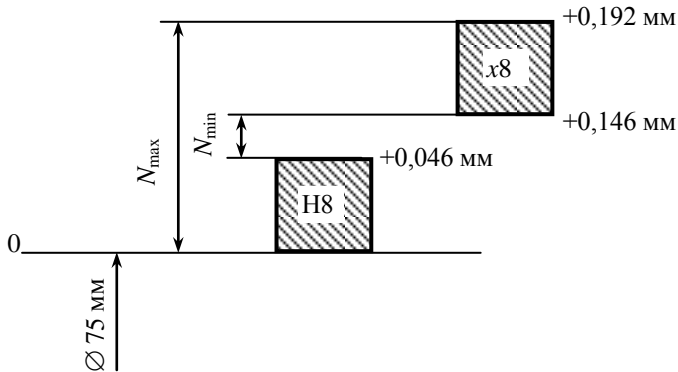


Рис. 3. Схема расположения полей допусков посадки  $\varnothing 75 \frac{H8}{x8}$  мм

Примечание. В контрольной работе выполнить эскизы втулки, вала и сборочного чертежа соединения аналогично эскизам, изображенным на рис. 2.

## Библиографический список

1. *Радкевич, Я. М.* Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учеб. для студ. вузов (гриф МО) / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Б. И. Лактионов. – 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательство Юрайт, 2013. - 761 с.

2. *Димов, Ю. В.* Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров и магистров / Ю. В. Димов. – СПб. : Питер, 2013. – 496 с.

3. *Мишин, В. М.* Основы стандартизации, метрологии и сертификации [Текст] : учеб. / В. М. Мишин. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 447 с. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/76386>.

4. *Крылова, Г. Д.* Основы стандартизации, сертификации и метрологии [Электронный ресурс] : учебник для студ. вузов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 671 с. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/149201>.

5. *Коротков, В. С.* Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие (гриф УМО) / В. С. Коротков, А. И. Афонасов. – Томск, 2015. – 187 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34681>.— ЭБС «IPRbooks».

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Базовые федеральные образовательные порталы. [http://www.edu.ru/db/portal/sites/portal\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/portal_page.htm).
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека. [www.gpntb.ru/](http://www.gpntb.ru/).
3. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Система федеральных образовательных порталов. <http://www.ict.edu.ru/>.
4. Национальная электронная библиотека. [www.nns.ru/](http://www.nns.ru/).
5. Поисковая система «Апорт». [www.aport.ru/](http://www.aport.ru/).
6. Поисковая система «Рамблер». [www.rambler.ru/](http://www.rambler.ru/).
7. Поисковая система «Yahoo». [www.yahoo.com/](http://www.yahoo.com/).
8. Поисковая система «Яндекс». [www.yandex.ru/](http://www.yandex.ru/).
9. Российская государственная библиотека. [www.rsl.ru/](http://www.rsl.ru/).
10. Российская национальная библиотека. [www.nlr.ru/](http://www.nlr.ru/).
11. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - научная электронная библиотека «E-library»
12. <http://www.eduhmao.ru/info/1/4382/> - информационно-просветительский портал «Электронные журналы»
13. [www.gumer.info](http://www.gumer.info) – библиотека Гумер
14. [www.koob.ru](http://www.koob.ru) – электронная библиотека Куб
15. [www.diss.rsl.ru](http://www.diss.rsl.ru) – электронная библиотека диссертаций



Электронное издание

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Задания к контрольной работе

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
15.03.02 - «Технологические машины и оборудование»  
заочной формы обучения

Составители КЛЕЙМЕНОВА Наталья Леонидовна,  
НАЗИНА Людмила Ивановна