

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра ракетных двигателей

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсовой работы

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов
специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения

Часть 2

Воронеж 2021

УДК 389:006:005.32(07)
ББК 30.10Я7

Составители:

К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения: методические указания / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост.: К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 40 с. – Ч. 2.

Методические указания составлены в соответствии с учебным планом специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

В методических указаниях приводится порядок выполнения курсовой работы, содержатся рекомендации по её выполнению, указана рекомендуемая литература.

Издание предназначено для студентов очной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ МСиИ КР Ч2.pdf

Ил. 8. Библиогр: 15 назв.

УДК 389:006:005.32(07)
ББК 30.10Я7

Рецензент – А. В. Кретинин, д-р техн. наук, проф. кафедры нефтегазового оборудования и транспортировки

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Освоение дисциплин, в которых изучаются вопросы нормирования точности, стандартизации и взаимозаменяемости является частью профессиональной подготовки инженеров. Знания, полученные студентами при изучении данных дисциплин, закрепляются, получают новое и более полное развитие при выполнении курсовых и дипломных проектов. Закрепление теоретических положений курса, развитие навыков использования справочного материала и умения проводить инженерные расчеты при решении типовых конструкторских и технологических задач является основной целью настоящего методического указания.

В методических указаниях изложены теоретические сведения по вопросам стандартизации и взаимозаменяемости деталей агрегатов ЖРД, выбору посадок, расчёту подшипников скольжения, определению параметров элементов соединений, осуществляемых селективной сборкой, принципы построения размерных цепей. Приведены примеры выполнения сборочных чертежей и типовых деталей, расчета и выбора допусков расположения, формы и шероховатости поверхности, а также задания на курсовую работу и примеры их выполнения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Основная цель курсовой работы – приобретение студентами навыков проведения расчетов при решении типовых инженерных задач с использованием государственных стандартов, учебной и справочной литературы.

Задача курсовой работы - освоение правил выполнения чертежей деталей машин, приёмов нормирования точности типовых деталей, методов выбора и расчёта допусков расположения формы и шероховатости поверхности, методов построения и расчёта размерных цепей.

Выполняемая курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части, которые оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД.

Тематика курсовой работы ограничивается различными типами сборочных единиц агрегатов автоматики и управления ЖРД, включающих: соединения с зазором и натягом, резьбовые и сварные соединения, подшипники скольжения, элементы селективной сборки и др.

Содержание курсовой работы. Курсовая работа охватывает важнейшие разделы дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» и включает 6 заданий: Задание 1 - 2. (представлено в [1]); Задание 3. Расчет и выбор посадки с натягом; Задание 4. Расчет подшипника скольжения; Задание 5. Определение параметров элементов соединений, осуществляемых селективной сборкой; Задание 6. Расчет размерных цепей.

Общие указания по выполнению курсовой работы. Курсовая работа должна быть оформлена в виде расчетно-пояснительной записки, оформленной в соответствие со стандартом СТП ВГТУ 62-2007 (прил. 3) [2].

Расчетно-пояснительная записка объемом от 20 до 30 страниц содержит: титульный лист (прил. 1); задание на курсовую работу (прил. 2); содержание; введение; основную часть (конструкторскую, технологическую, расчетную, исследовательскую); заключение; список литературы; приложения (при необходимости).

Текст выполняется с использованием компьютера и принтера – в редакторе Microsoft Word: шрифт Times New Roman, размер – 14, цвет шрифта – черный, междустрочный интервал – полуторный, отступ первой строки (абзацный отступ) 1,25 см, выравнивание текста – по ширине, расстановка переносов по тексту – автоматическая, в режиме качественной печати.

Выбор варианта задания. Исходные данные для выполнения курсовой работы приведены в табл. 1-4 и Прил. 1 [1]. Каждая таблица содержит десять вариантов заданий. Варианты заданий выбираются по последней цифре зачётной книжки.

Последняя цифра шифра – номер рисунка, на котором представлен чертёж изделия (Прил. 1 [1]), и номер варианта задания в соответствующей таблице заданий – табл. 1-4.

Таблица 1

Варианты к заданию к №3

№ варианта	Задание № 3					
	$D,$ м	$d_1,$ м	$d_2,$ м	$l,$ м	$P \cdot 10^3, H$	$Rz_1 = Rz_2, мкм$
1	0,03	0,01	0,06	0,04	12,0	4
2	0,04	0,01	0,08	0,05	22,0	4
3	0,05	0,02	0,09	0,06	35,0	5
4	0,06	0,02	0,11	0,07	50,0	5
5	0,07	0,03	0,12	0,08	68,0	6
6	0,08	0,03	0,13	0,09	105,0	6
7	0,09	0,04	0,15	0,10	115,0	7
8	0,10	0,04	0,16	0,11	140,0	7
9	0,11	0,05	0,17	0,12	170,0	8
0	0,12	0,06	0,18	0,13	202,0	8

Значения параметров, одинаковых для всех вариантов:

- 1) Материал деталей - сталь 40;
- 2) $E_1 = E_2 = 206 ГПа$ - модули упругости материала втулки и вала;
- 3) $\sigma_T = 313 МПа$ - пределы текучести материала деталей при растяжении;
- 4) $f_1 = 0,14$ - коэффициент трения при продольном смещении деталей

Таблица 2

Варианты к заданию № 4

№ варианта	Задание №4					
	$D,$ м	$l,$ м	$p \cdot 10^6,$ $H / м^2$	$\omega,$ $рад / с$	$t,$ $^{\circ}C$	$\mu \cdot 10^{-3},$ $H \cdot с / м^2$
1	0,03	0,03	1,1	157	50	1,9
2	0,04	0,04	1,2	157	50	1,9
3	0,05	0,05	1,3	157	50	1,9
4	0,06	0,06	1,4	157	50	1,9

Окончание табл. 2

5	0,07	0,07	1,5	157	50	1,9
6	0,08	0,08	1,6	157	50	2,2
7	0,09	0,09	1,7	157	50	2,2
8	0,10	0,10	1,8	157	50	2,2
9	0,11	0,11	1,9	157	50	2,2
0	0,12	0,12	2,0	157	50	2,2

Таблица 3

Варианты к заданию № 5

№ варианта	Задание № 5	
	Посадка соединения	Количество селективных групп
1	$\varnothing 30 \frac{H6}{g5}$	4
2	$\varnothing 35 \frac{H7}{g6}$	4
3	$\varnothing 40 \frac{H7}{f7}$	4
4	$\varnothing 45 \frac{H7}{e8}$	4
5	$\varnothing 50 \frac{H8}{f7}$	4
6	$\varnothing 50 \frac{H8}{e8}$	4
7	$\varnothing 55 \frac{H8}{d9}$	4
8	$\varnothing 70 \frac{H8}{f7}$	4
9	$\varnothing 70 \frac{H9}{f8}$	4
0	$\varnothing 90 \frac{H9}{d9}$	4

Варианты к заданию №6

№ варианта	Задание № 6					
	A_1 , мм	A_2 , мм	A_3 , мм	A_4 , мм	A_5 , мм	A_Δ , мкм
1	101H8	50H8	5h9	140h9	5h9	?
2	111H8	60H8	5h9	160h9	5h9	?
3	121H8	70H8	5h9	180h9	5h9	?
4	131H8	80H8	5h9	200h9	5h9	?
5	141H8	90H8	5h9	220h9	5h9	?
6	152H10	50H10	10h9	180h9	10h9	?
7	162H10	60H10	10h9	200h9	10h9	?
8	172H10	70H10	10h9	220h9	10h9	?
9	182H10	80H10	10h9	240h9	10h9	?
0	192H10	90H10	10h9	260h9	10h9	?

2. ЗАДАНИЕ № 3. РАСЧЕТ ПОСАДОК С НАТЯГОМ**Цель задания:**

- Научиться определять допуски деталей в посадках с натягом;
- Научиться правильно нормировать и обозначать на чертежах погрешности формы и шероховатости поверхностей деталей, образующих посадку с натягом;
- Выполнять расчет посадки с натягом.

2.1. Теоретические сведения

У посадок с натягом неподвижность сопрягаемых деталей под действием нагрузок обеспечивается силами трения, возникающими при упругой деформации деталей, создаваемой натягом. Минимальный допускаемый натяг определяется исходя из возможных наибольших сил, действующих на сопряжение, а максимальный натяг рассчитывается из условий прочности деталей.

Разность между диаметром вала и внутренним диаметром втулки до сборки называется натягом N (2.1). При запрессовке деталей происходит растяжение втулки на величину N_D (рис. 2.1) и одновременно сжатие вала на величину N_d :

$$N = N_D + N_d, \quad (2.1)$$

Известны зависимости (2.2):

$$\frac{N_D}{D} = p \frac{C_1}{E_1}; \quad \frac{N_d}{D} = p \frac{C_2}{E_2} \quad (2.2)$$

где p – давление на поверхности контакта сопрягаемых деталей, Н/м²; D – номинальный диаметр, м; E_1, E_2 – модули упругости материала втулки и вала, Н/м².

Коэффициенты C_1, C_2 определяются по формулам (2.3), (2.4):

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2}\right)^2} + \mu_1, \quad (2.3)$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{D}\right)^2} - \mu_1. \quad (2.4)$$

где d_1, d_2 – диаметры, м (см. рис. 5.1); μ_1, μ_2 – коэффициенты Пуассона (для стали $\mu \approx 0,3$, для чугуна $\mu \approx 0,5$).

Подставив в выражение (2.2) зависимости (2.1), получим (2.5):

$$N = pD \left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right], \quad (2.5)$$

Наименьший натяг рассчитывается следующим образом (2.6):

$$N_{\min} = p_{\min} D \left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right], \quad (2.6)$$

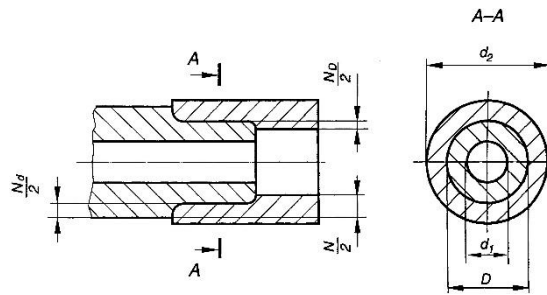


Рис. 2.1. Посадка с натягом

Минимальное давление на поверхность контакта p_{\min} определяется из условия обеспечения неподвижности сопряжения при действии на него:

а) максимальной осевой силы P (2.7):

$$p_{\min} \geq \frac{P}{\pi D l f_1}, \quad (2.7)$$

где f_1 – коэффициент трения при продольном смещении деталей; l – длина сопряжения;

б) максимального крутящего момента $M_{кр}$ (2.8):

$$p_{\min} \geq \frac{2M_{кр}}{\pi D^2 l f_2}. \quad (2.8)$$

где f_2 – коэффициент трения при относительном вращении деталей;

в) крутящего момента $M_{кр}$ и осевой силы P (2.9):

$$p_{\min} \geq \frac{\sqrt{\left(\frac{2M_{кр}}{D}\right)^2 + P^2}}{\pi D l f}. \quad (2.9)$$

Наибольший натяг:

$$N_{\max} = p_{\max} D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right).$$

Максимальное давление p_{\max} определяется из условия прочности сопрягаемых деталей. В качестве p_{\max} берется меньшее из допустимых значений давлений – $p_{\text{дон}}$, которые рассчитываются по следующим формулам:

для втулки

$$p_{\text{доп.}} \leq 0,58 \cdot \sigma_T^D \left[1 - \left(\frac{D}{d} \right)^2 \right],$$

для вала

$$p_{\text{доп.}} \leq 0,58 \cdot \sigma_T^d \left[1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2 \right],$$

где σ_T^D , σ_T^d – пределы текучести материала деталей при растяжении, Н/м².

2.2. Пример выполнения задания № 3

Задание: Подобрать посадку с натягом схема полей допусков для соединения при следующих данных: $D = 0,185\text{ м}$, $d_1 = 0,110\text{ м}$, $d_2 = 0,265\text{ м}$, $l = 0,17\text{ м}$.

Соединение нагружено осевой силой $P = 392 \cdot 10^3\text{ Н}$. Детали изготовлены из стали 40, $E_1 = E_2 = 206\text{ ГПа}$, $\sigma_T = 313\text{ МПа}$, $f_1 = 0,14$, $R_{z_1} = R_{z_2} = 8\text{ мкм}$.

Решение:

1) Определение коэффициентов C_1, C_2

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{D}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{D}{d_2} \right)^2} + \mu_1; \quad C_1 = \frac{1 + \left(\frac{0,185}{0,265} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,185}{0,265} \right)^2} + 0,3 \approx 3,2;$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{D} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{1 + \left(\frac{0,110}{0,185} \right)^2}{1 - \left(\frac{0,110}{0,185} \right)^2} - 0,3 \approx 1,8.$$

2) Расчет наименьшего натяга

$$N_{\text{min}} = \frac{P}{\pi f_1} \left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right];$$

$$N_{\text{min}} = \frac{392 \cdot 10^3}{\pi \cdot 0,17 \cdot 0,14} \left[\frac{3,2}{2,06 \cdot 10^{11}} + \frac{1,8}{2,06 \cdot 10^{11}} \right] = 127 \cdot 10^{-6}\text{ м} = 127\text{ мкм}.$$

В процессе запрессовки неровности на поверхностях детали сминаются, и

в соединении создается меньший натяг, поэтому следует расчетный N_{\min} увеличить на значение поправки:

$$u = 0,8(R_{z_1} + R_{z_2}),$$

$$u = 0,8(8 + 8) = 12,8 \text{ мкм}.$$

Наименьший натяг:

$$N_{\min}^P = 127 + 12,8 \approx 140 \text{ мкм}.$$

3) Определение допустимых значений давления:
для втулки

$$p_{\text{доп.}} = 0,58 \cdot \sigma_T \left[1 - \left(\frac{D}{d} \right)^2 \right],$$

$$p_{\text{доп.}} = 0,58 \cdot 313 \cdot 10^6 \left[1 - \left(\frac{0,185}{0,265} \right)^2 \right] = 93,1 \text{ МПа};$$

для вала

$$p_{\text{доп.}} \leq 0,58 \cdot \sigma_T \left[1 - \left(\frac{d_1}{D} \right)^2 \right],$$

$$p_{\text{доп.}} = 0,58 \cdot 313 \cdot 10^6 \left[1 - \left(\frac{0,110}{0,185} \right)^2 \right] = 117,4 \text{ МПа}.$$

4) Определение максимально допустимого натяга для данного сопряжения

$$N_{\max}^P = p_{\text{доп.}} \cdot D \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right),$$

$$N_{\max}^P = 93,1 \cdot 10^6 \cdot 0,185 \left(\frac{3,2}{2,06 \cdot 10^{11}} + \frac{1,8}{2,06 \cdot 10^{11}} \right) = 418 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 418 \text{ мкм}.$$

5) Расчётные данные для выбора посадки: Минимальный натяг соединения - $N_{\min} = 140 \text{ мкм}$; Максимальный натяг соединения - $N_{\max} = 418 \text{ мкм}$.

По ГОСТ 25347-82 [3] выбираем посадку с натягом:

$$\varnothing 185 \frac{H8^{(+0,072)}}{u8^{(+0,308 / +0,236)}};$$

Проверочный расчёт:

$$N_{\max} = es - EI = +0,308 - 0 = 308 \text{ мкм} < N_{\max}^P = 418 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = ei - ES = +0,236 - (+0,072) = 164 \text{ мкм} > N_{\min}^P = 140 \text{ мкм}.$$

6. Схема полей допусков расчётной посадки с натягом $\varnothing 185 \frac{H8^{(+0,072)}}{u8^{(+0,308 / +0,236)}}$ представлена на рис. 2.2.

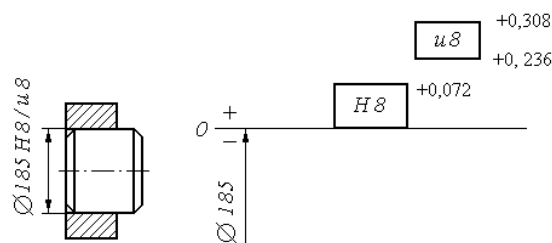


Рис. 2.2. Схема полей допусков посадки с натягом $\varnothing 185H8/u8$

2.3. Контрольные вопросы

1. Для чего используются посадки с натягом?
2. За счет чего обеспечивается неподвижность соединения?
3. Области применения рекомендуемых посадок с натягом «легкопрессовые», «прессовые средние», «прессовые тяжелые»?
4. Что называется натягом?

3. ЗАДАНИЕ № 4. РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель задания: Изучение методики расчета гидродинамических подшипников; научиться определять посадку для подшипников скольжения, работающих в условиях жидкостного трения; рассчитать гидродинамический подшипник скольжения.

3.1. Теоретические сведения

Рассмотрим упрощенный метод расчета зазоров и выбора посадок

подшипников скольжения с гидродинамическим режимом работы. У гидродинамических подшипников смазочное масло увлекается вращающейся цапфой в постепенно сужающийся клиновидный зазор между цапфой и вкладышем подшипника, в результате чего возникает гидродинамическое давление, превышающее нагрузку на опору. Цапфа всплывает (рис. 3.1). В месте наибольшего сближения цапфы и вкладыша образуется масляный слой толщиной h .

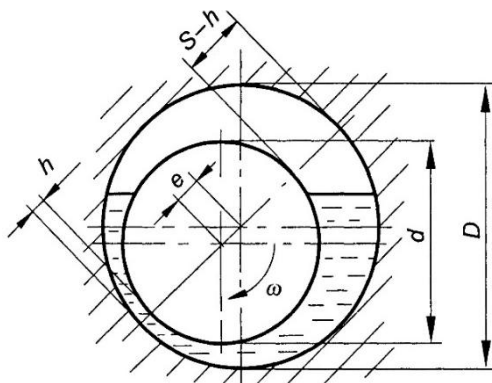


Рис. 3.1. Гидродинамический подшипник

Качество, надежность и долговечность работы подшипника зависят от толщины масляного слоя h , на которую, при прочих равных условиях работы подшипника, будет влиять зазор S (разность между диаметром цапфы и диаметром отверстия вкладыша). Допустим, что зазор S будет небольшим, в этом случае величина h также будет маленькой, по ряду причин работа подшипника в таких условиях будет неустойчивой. Если зазор S будет достаточно большим, и в этом случае значение h будет маленьким из-за малой подъемной силы гидродинамического клина. Отсюда можно сделать вывод, что для определенных условий работы имеется некоторый интервал, внутри которого будет существовать надежное всплытие.

Сущность расчета посадки заключается в том, чтобы определить интервал зазоров $[S_{\min}] \dots [S_{\max}]$ (рис. 3.2), при котором величина всплытия будет не меньше предварительно выбранной допустимо минимальной толщины масляного слоя $[h_{\min}]$. Исходя из сказанного установим зависимость между h и S и найдем величину h_{\min} .

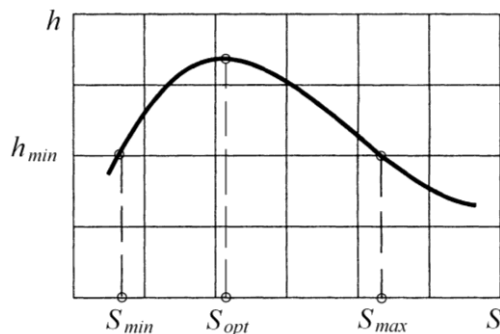


Рис. 3.2. Зависимость толщины масляного слоя h от величины зазора S

Для обеспечения жидкостного трения необходимо, чтобы микронеровности цапфы и вкладыша не касались при работе подшипника. Это возможно при условии (3.1):

$$[h_{\min}] \geq k(R_{z1} + R_{z2} + \Delta_D), \quad (3.1)$$

где R_{z1} , R_{z2} – высота неровностей поверхностей вкладыша подшипника и цапфы вала; Δ_D – добавка, учитывающая разного рода отклонения от принятого режима работы; k – коэффициент запаса надежности по толщине масляного слоя ($k > 2$).

Известна зависимость для среднего удельного давления у гидродинамического подшипника (3.2):

$$p = \frac{\mu \cdot \omega \cdot D^2}{S^2} C_R, \quad (3.2)$$

где μ – динамическая вязкость масла при рабочей температуре подшипника, $H \cdot c / m^2$; ω – угловая скорость цапфы, рад/с; S – диаметральный зазор, м; D – номинальный диаметр сопряжения, м; C_R – безразмерный коэффициент нагруженности подшипника, зависящий от l/D и χ ; l – длина подшипника, м; χ – относительный эксцентриситет, который связан зависимостью с h (3.3):

$$h = 0,5S - e = 0,5S(1 - \chi) \quad (3.3)$$

Определим из формулы (3.3) значение S (3.4):

$$S = D \sqrt{\frac{\mu \omega}{\rho}} \sqrt{C_R} \quad (3.4)$$

С учетом формулы (3.4) найдем выражение для h (3.5):

$$h = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{\mu \omega}{\rho}} \sqrt{C_R} (1 - \chi). \quad (3.5)$$

Обозначим $\sqrt{C_R}(1 - \chi) = A$. Значения A в зависимости от χ и l/D приведены в таблице 4.1.

Таким образом, определив минимально допустимую величину всплытия – h_{\min} по формуле (4.1), мы сможем определить величину A :

$$A = \frac{2[h_{\min}]}{D \sqrt{\frac{\mu \omega}{\rho}}}$$

а по табл. 5 – значения χ_{\min} и χ_{\max} . По найденным значениям χ_{\min} и χ_{\max} определим по (3.5) соответственно $[S_{\min}]$ и $[S_{\max}]$.

Таблица 5

Зависимость относительного эксцентриситета χ от A

χ	Значение $A = \sqrt{C_R}(1 - \chi)$ для значений l/D								
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0
0.30	0.299	0.339	0.375	0.408	0.438	0.464	0.488	0.610	0.763
0.40	0.319	0.360	0.397	0.431	0.461	0.487	0.510	0.891	1.091
0.50	0.327	0.367	0.402	0.434	0.462	0.487	0.508	1.248	1.483
0.60	0.324	0.361	0.394	0.423	0.448	0.469	0.488	1.763	2.070
0.65	0.317	0.352	0.283	0.410	0.433	0.452	0.469	2.099	2.446
0.70	0.310	0.344	0.372	0.369	0.417	0.434	0.450	2.600	2.981
0.75	0.298	0.328	0.351	0.375	0.393	0.408	0.421	3.242	3.671
0.80	0.283	0.310	0.332	0.350	0.367	0.378	0.389	4.266	4.778
0.85	0.261	0.284	0.302	0.317	0.329	0.339	0.341	5.947	6.545
0.90	0.228	0.246	0.245	0.210	0.279	0.286	0.292	9.304	10.09
0.95	0.178	0.188	0.196	0.202	0.207	0.211	0.215	19.68	20.97
0.99	0.091	0.095	0.096	0.098	0.100	0.101	0.101	106.8	110.8

3.2. Пример выполнения задания № 4

Дано: Подобрать посадку для подшипника скольжения, работающего в условиях жидкостного трения при следующих данных: $D=0,075\text{ м}$, $l=0,075\text{ м}$, $p=1,47 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$, $\omega=157 \text{ рад/с}$, масло с динамической вязкостью при $t = 50^\circ\text{С}$, $\mu=19 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$.

Решение

1) Определение минимально допустимой величины масляного слоя.

$$[h_{\min}] = k(R_{z1} + R_{z2} + \Delta_D),$$

где $[h_{\min}]$ - минимально допустимая величина масляного слоя; $R_{z1} = R_{z2} = 3,2 \text{ мкм}$ - высоты неровностей трущихся поверхностей, выбираются в

соответствии с рекомендациями; Δ_D — принимается равной 2...3 мкм; $k = 2$:

$$[h_{\min}] = 2(3,2 \cdot 10^{-6} + 3,2 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6}) = 18,8 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

2) Расчет значения A .

$$A = \frac{2[h_{\min}]}{D \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega}{\rho}}} = \frac{2 \cdot 18,8 \cdot 10^{-6}}{75 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{19 \cdot 10^{-3} \cdot 157}{1,47 \cdot 10^6}}} = 0,352.$$

3) Определение значений χ_{\min} и χ_{\max} .

По табл. 5 для $l/D = \frac{0,075}{0,075} = 1$ строим график зависимости $A = f(\chi)$, приведённый на рис. 3.3.

В табл. 5 приведены значения только для A при $\chi_{\min} \geq 3$.

На рис. 3.3 заштрихованная зона - зона надежной работы подшипника, т.е. зона при $\chi_{\min} \geq 3$. Следовательно χ_{\min} - минимум для расчётного значения $A = 0,352$ отсутствует. Поэтому в нашем случае мы должны принять χ_{\min} не менее 0.3.

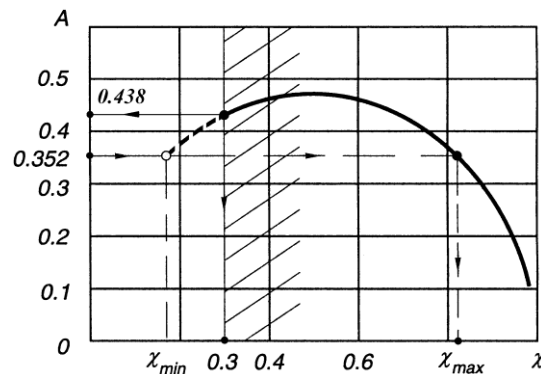


Рис. 3.3. График $A = f(\chi)$ при $l/D = 1$

Принимаем минимальное значение $\chi_{\min} = 0,3$, а соответствующее ему значение - $A_{\chi_{\min}} = 0,438$.

Максимальное значение $\chi_{\max} = 0,83$ определяем по графику, а соответствующее ему значение - $A_{\chi_{\max}} = 0,352$.

4) Определение $[S_{\min}]$ и $[S_{\max}]$.

Формулу (3.4) преобразуем для определения зазора:

$$S = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi}.$$

$$\text{Максимальный зазор} \quad [S_{\max}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\max}}, \quad [S_{\max}] = \frac{2 \cdot 18,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,83} \approx 221 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

$$\text{Минимальный зазор} \quad [S_{\min}] = \frac{2[h_{\min}]}{1 - \chi_{\min}} \cdot \frac{A_{\chi_{\min}}}{A_{\chi_{\max}}}.$$

Так как был принят больший относительный эксцентриситет $\chi > 0,3$, то значение h в данном случае не равно $[h_{\min}]$.

$$[S_{\min}] = \frac{2 \cdot 18,8 \cdot 10^{-6}}{1 - 0,3} \cdot \frac{0,436}{0,352} \approx 67 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

5) Выбор посадки.

По $[S_{\min}] = 67$ мкм находим, что наиболее близкий вид посадки в системе отверстия H/e с минимальным зазором: $[S_{\min}] = 60$ мкм.

Допуск посадки с учетом коэффициента запаса точности на износ подшипника скольжения $K_3 = 2$:

$$TS = \frac{[S_{\max}] - S_{\min}}{K_3};$$

$$TS = \frac{221 - 60}{2} = 80,5 \text{ мкм.}$$

6) Определение качества.

Известно, что допуск посадки $TS = T_D + T_d$. Подберем качества так, чтобы сумма допусков была близка к 80 мкм. Наиболее близко этим условиям соответствует предпочтительная посадка подшипника скольжения:

$$\frac{H7\left(\begin{smallmatrix} +0,030 \\ -0,060 \end{smallmatrix}\right)}{e8\left(\begin{smallmatrix} -0,106 \\ -0,106 \end{smallmatrix}\right)},$$

$$\text{т.к. } TS = T_D + T_d = 0,03 + 0,046 = 0,076 \text{ мм} = 76 \text{ мкм} \approx 80 \text{ мкм.}$$

3.3. Контрольные вопросы к заданию № 4

1. Объяснить принцип работы подшипника скольжения.
2. От чего зависит качество, надежность и долговечность работы подшипника скольжения?
3. Какого должно быть соотношение величины всплытия и толщины масляного слоя $[h_{\min}]$?

4. ЗАДАНИЕ № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СОЕДИНЕНИЙ, ПОДВЕРГАЕМЫХ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ

Цель работы: Усвоить сущность метода селективной сборки соединений; научиться определять предельные размеры деталей, входящих в каждую размерную группу, групповые зазоры, натяги и допуски деталей.

4.1. Теоретические сведения о селективной сборке

Сущность метода *групповой взаимозаменяемости* заключается в изготовлении деталей со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками, сортировке деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборке их (после комплектования) по одноименным группам. Такую сборку называют *селективной*.

При селективной сборке (в посадках с зазором и натягом) наибольшие зазоры и натяги уменьшаются, а наименьшие увеличиваются, приближаясь с увеличением числа групп сортировки к среднему значению зазора или натяга для данной посадки, что делает соединения более стабильными, и долговечными. В переходных посадках наибольшие натяги и зазоры уменьшаются, приближаясь с увеличением числа групп сортировки к значению натяга или зазора, которое соответствует серединам полей допусков деталей.

Для установления числа групп n сортировки деталей необходимо знать требуемые предельные значения групповых зазоров или натягов, которые находят из условия обеспечения наибольшей долговечности соединения, либо допускаемое значение группового допуска отверстия $TD^{Гр}$ или вала - $Td^{Гр}$, определяемое экономической точностью сборки и сортировки деталей, а также возможной погрешностью их формы. Отклонения формы не должны превышать группового допуска, иначе одна и та же деталь может попасть в разные (ближайшие) группы в зависимости от того, в каком сечении она измерена при сортировке.

4.2. Пример расчета задания № 5

Дано: - номинальный размер соединения $\varnothing 75$ мм; обозначение посадки $\varnothing 75 \frac{H10}{d10} \left(\begin{array}{c} +0,120 \\ -0,100 \\ -0,220 \end{array} \right)$; количество групп сортировки $n = 4$.

Необходимо:

- 1) Найти значение основных параметров полей деталей и исходной посадки.
- 2) Разделить поля допусков исходной посадки на заданное число групп.
- 3) Составить карту сортировщика для проведения селективной

сортировки.

4) Вычертить схему полей допусков с указанием параметров исходной и групповых посадок.

Последовательность выполнения задания № 5

1. **Определяем величину допусков** отверстия и вала, величину и знаки основных и предельных отклонений размеров посадки $\varnothing 75 \frac{H10}{d10} \left(\begin{array}{c} +0,120 \\ -0,100 \\ -0,220 \end{array} \right)$ вала и отверстия по [3] и сводим их в табл. 6.

Таблица 6

Сводная таблица параметров отверстия и вала для посадки $\varnothing 75H10/d10$

Параметры посадки	Отверстие $\varnothing 75H10$	Вал $\varnothing 75d10$
Номинальный размер, мм	$D = 75$	$d = 75$
Нижнее отклонение, мкм	$EI = 0$	$ei = -220$
Верхнее отклонение, мкм	$ES = +120$	$es = -100$
Основное отклонение, мкм	$EI = 0$	$es = -100$
Допуск, мкм	$TD = 120$	$Td = 120$

2. Определяем предельные размеры и допуски отверстия и вала

$$D_{\max} = D + ES = 75 + 0,120 = 75,120 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = D - EI = 75 + 0 = 75,000 \text{ мм}$$

$$d_{\max} = d + es = 75 - 0,100 = 74,900 \text{ мм}$$

$$d_{\min} = d + ei = 75 - 0,220 = 74,780 \text{ мм}$$

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = 75,120 - 75,0 = 0,120 \text{ мм}$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 74,900 - 74,780 = 0,120 \text{ мм}$$

3. Величины предельных зазоров:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 75,120 - 74,780 = 0,340 \text{ мм}$$

$$S_{\max} = ES - ei = +120 - (-0,220) = 0,340 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 75,000 - 74,900 = 0,100 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,100) = 0,100 \text{ мм}$$

4. Групповые допуски отверстия и вала:

$$TD^{Гр} = \frac{TD}{n} = \frac{120}{4} = 30 \text{ мкм} = 0,030 \text{ мм}$$

$$Td^{Гр} = \frac{Td}{n} = \frac{120}{4} = 30 \text{ мкм} = 0,030 \text{ мм}$$

5. Вычислив групповые допуски строим схему полей допусков исходной и групповых посадок (рис. 4.1).

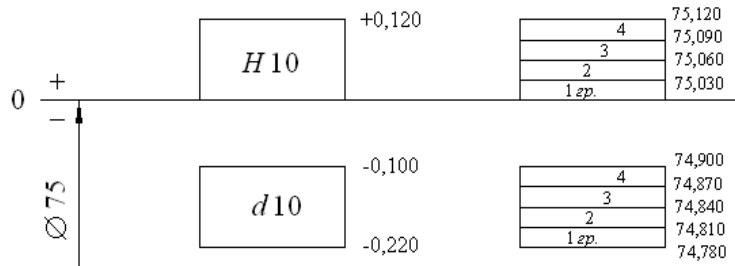


Рис. 4.1. Схемы полей допусков исходной и групповых посадок для селективной сборки

6. По схеме полей допусков определяем предельные групповые размеры деталей и заполняем карту сортировщика (таблица 7).

Таблица 7

Карта сортировщика

№ размерной группы	Размеры деталей, мм	
	отверстие, D	вал, d
1	От	75,000
	До	75,030
2	Свыше	75,030
	До	75,060
3	Свыше	75,060
	До	75,090
4	Свыше	75,090
	До	75,120

7. Групповые зазоры для 1-ой группы:

$$S_{\max}^{Гр} = D_{\max}^{Гр} - d_{\min}^{Гр} = 75,030 - 74,780 = 0,250\text{мм}$$

$$S_{\min}^{Гр} = D_{\min}^{Гр} - d_{\max}^{Гр} = 75,0 - 74,810 = 0,190\text{мм}$$

Для остальных групп зазоры будут иметь такую же величину, например, для группы № 3:

$$S_{\max}^{Гр3} = D_{\max}^{Гр3} - d_{\min}^{Гр3} = 75,090 - 74,840 = 0,250\text{мм}$$

$$S_{\min}^{Гр3} = D_{\min}^{Гр3} - d_{\max}^{Гр3} = 75,060 - 74,870 = 0,190\text{мм}$$

4.3. Контрольные вопросы к заданию № 5

1. Каковы преимущества и недостатки селективной сборки? Какова область ее применения?
2. Каковы групповые зазоры, натяги, допуски, предельные размеры и основные отклонения для каждой группы?
3. Годен ли действительный размер по группам?
4. Чем ограничивается количество групп?
5. В чем состоит принцип определения группового допуска?
6. Как пользоваться картой сортировщика?

5. ЗАДАНИЕ № 6. РАСЧЁТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Цель работы: Научиться определять предельные размеры замыкающего звена при известных допусках составляющих звеньев методами решения на $\max - \min$ и – вероятностным методом. Научиться определять допуски размеров составляющих звеньев при известном допуске замыкающего звена методом допусков одного качества.

5.1. Теоретические сведения о размерных цепях

При конструировании механизмов возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяются допустимые ошибки (допуски). Подобные геометрические расчеты выполняются с использованием теории размерных цепей.

Рассмотрим фрагменты конструкций механизмов (рисунок 5.1 а, б).

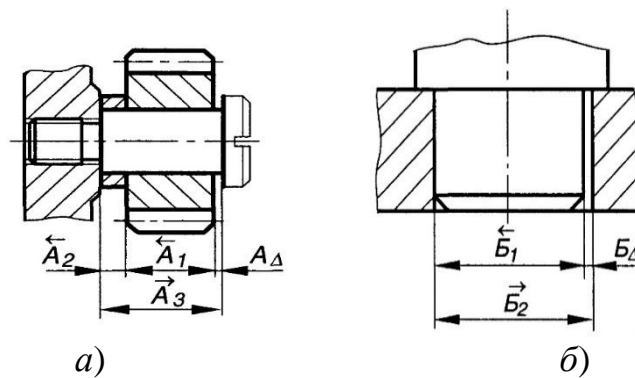


Рис. 5.1. Фрагменты конструкций механизмов:

Для свободного вращения зубчатого колеса на оси (рис. 5.1, а) необходим зазор A_{Δ} . Величина A_{Δ} получается автоматически при сопряжении деталей, контуры которых выделены. Если их размеры выполнены неверно, то зазора не будет вовсе, либо он будет слишком большой, что сделает невозможным нормальное функционирование узла. Обозначив размеры деталей, которые влияют на зазор $A_{\Delta} = \bar{A}_3 - \bar{A}_1 - \bar{A}_2$, мы тем самым построим размерную цепь.

Размерной цепью называется совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур (РД 50-635-87 [4]).

По виду задач, в решении которых участвуют цепи, они делятся на конструкторские, технологические и измерительные (табл. 5.1).

Конструкторские размерные цепи решают задачу по обеспечению точности при конструировании. Они устанавливают связь размеров детали в изделии. На рис. 5.1, б приведена элементарная сборочная размерная цепь, решающая задачу обеспечения точности сопряжения двух деталей $B_{\Delta} = \bar{B}_2 - \bar{B}_1$.

Технологические размерные цепи решают задачу по обеспечению точности при изготовлении машин. Они устанавливают связь размеров деталей на разных этапах технологического процесса. Классификация размерных цепей приведена в табл. 7.

Замыкающее звено (A_{Δ} , B_{Δ} и т.д.) - звено, которое непосредственно не выдерживается, а получается в результате выполнения размеров составляющих звеньев.

Составляющие звенья делятся на увеличивающие и уменьшающие. **Увеличивающие звенья** (\bar{A}_j , \bar{B}_j) - те, с увеличением которых замыкающее звено увеличивается, а **уменьшающие** (\bar{A}_j , \bar{B}_j) - те, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается.

При правильном определении увеличивающих и уменьшающих звеньев стрелки над буквами должны указывать движение в одном направлении по замкнутому контуру размерной цепи.

Классификация размерных цепей

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу

Методы взаимозаменяемости. В размерном анализе и синтезе конструкций машин выбирают методы достижения точности замыкающего звена, обусловленные способами решения размерных цепей. Методы и способы автономны и к ним относятся следующие.

Метод полной взаимозаменяемости – метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях ее реализации путем включения составляющих звеньев без подбора или изменения их значений. Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, размерные цепи рассчитывают при помощи системы допусков способом на максимум-минимум (max–min), учитывающим только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания. При таких допусках влияние их на издержки производства значительное. Обеспечение заданных предельных отклонений при этом приводит к резкому повышению стоимости.

Метод неполной взаимозаменяемости применяется, когда требуемая точность замыкающего звена достигается с некоторым риском, опираясь на теоретико-вероятностный метод расчета. В этом случае сборка может проходить с помощью методов групповой взаимозаменяемости, регулирования, пригонки и т.д. Теоретико-вероятностный метод ограничивает выпуск бракованной продукции до небольшого допустимого предела с применением системы перекрывающихся допусков на основе случайного отбора деталей.

К задачам расчета размерных цепей относят следующие:

Задача синтеза (прямая) – задача, при которой заданы параметры замыкающего звена (номинальное значение, допустимые отклонения и допуски) и требуется определить параметры составляющих звеньев.

Задача анализа (обратная) – задача, в которой известны параметры

составляющих звеньев и требуется определить параметры замыкающего звена.

Основные расчётные соотношения размерных цепей.

Метод полной взаимозаменяемости. Размерная цепь всегда замкнута. На основании этого свойства существует зависимость, которая связывает номинальные размеры звеньев. Для плоских размерных цепей:

- размер замыкающего звена (5.1):

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \bar{A}_j - \sum_{j=1}^p \bar{A}_j ; \quad (5.1)$$

- предельные размеры:

$$A_{\Delta}^{\max} = \sum_{j=1}^n \bar{A}_j^{\max} - \sum_{j=1}^p \bar{A}_j^{\min}$$

$$A_{\Delta}^{\min} = \sum_{j=1}^n \bar{A}_j^{\min} - \sum_{j=1}^p \bar{A}_j^{\max}$$

- предельные верхнее $Es(A_{\Delta})$ и нижнее $Ei(A_{\Delta})$ отклонения замыкающего звена:

$$Es(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n Es(A_1) - \sum_{j=1}^p Ei(A_2) ;$$

$$Ei(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n Ei(A_1) - \sum_{j=1}^p Es(A_2) ;$$

- допуск замыкающего звена равен арифметической сумме допусков составляющих звеньев (5.2):

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j , \quad (5.2)$$

где n - количество увеличивающих звеньев; p - количество уменьшающих звеньев; m - общее количество звеньев, включая замыкающее; Es - верхнее отклонение звена; Ei - нижнее отклонение звена.

Координата середины поля допуска замыкающего звена рассчитывается следующим образом (5.3):

$$Ec(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n Ec(A_j) - \sum_{j=1}^p Ec(A_j) , \quad (5.3)$$

где

$$\sum_{j=1}^n Ec(A_j) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n TA_j = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (ES - EI)_j ;$$

$$\sum_{j=1}^p Ec(A_j) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p TA_j = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (es - ei)_j .$$

Из формулы (5.2) следует, что величина допуска замыкающего звена равна сумме допусков составляющих звеньев. Поэтому, чтобы обеспечить наибольшую точность замыкающего звена, размерная цепь должна состоять из возможно меньшего числа звеньев, т.е. необходимо при конструировании машин и проектировании технологических процессов соблюдать **принцип наикратчайшей размерной цепи**.

5.2. Пример выполнения задания № 6

Дано: На рис. 5.2 изображён фрагмент конструкции, у которой необходимо обеспечить при сборке осевой зазор A_{Δ} между торцом крышки и наружным кольцом зубчатого колеса. Осевой зазор необходим для компенсации тепловых деформаций деталей, возникающих во время работы.

В табл. 8 даны размеры составляющих звеньев конструкторской размерной цепи зубчатого механизма - A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 , тип посадки и качество. Допуск увеличивающих размеров деталей $H10$, уменьшающих - $h9$.

Необходимо:

1. Определить параметры замыкающего звена, т.е. номинальное, предельные значения и допуск замыкающего размера A_{Δ} (рис. 5.2, а).
2. Построить поле допуска замыкающего звена.

Таблица 8

Данные для расчёта размерной цепи

Параметры	Составляющие звенья цепи					Результаты расчёта
	\vec{A}_1	\vec{A}_2	\vec{A}_3	\vec{A}_4	\vec{A}_5	A_{Δ}
Размер звена, мм	101H10	50H10	5h9	140h9	5h9	1
Нижнее отклонение, мкм	0	0	-30	-100	-30	0
Верхнее отклонение, мкм	+140	+100	0	0	0	400

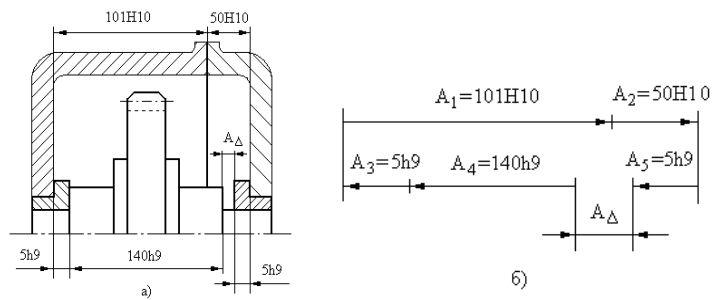


Рис. 5.2. Построение размерной цепи:
а – чертеж механизма; б – размерная цепь

Решение (обратная задача):

1. Номинальную величину замыкающего звена A_{Δ} находим по формуле (5.1):

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \bar{A}_j - \sum_{j=1}^p \bar{A}_j = (A_1 + A_2) - (A_3 + A_4 + A_5):$$

$$A_{\Delta} = (101 + 50) - (5 + 140 + 5) = 1 \text{ мм}.$$

2. Отклонения составляющих размеров находим по [3] и заносим в табл. 8.

$$A_1 = 100^{+0,140}; \quad A_2 = 50^{+0,100}; \quad A_3 = A_5 = 5_{-0,030}; \quad A_4 = 140_{-0,100}.$$

3. Допуск замыкающего размера вычисляем по формуле (6.2)

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j.$$

$$TA_{\Delta} = 140 + 100 + 30 + 100 + 30 = 400 \text{ мкм}.$$

4. Координату середины поля E_c допуска замыкающего размера определяем из (5.3)

$$E_c(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n E_c(A_j) - \sum_{j=1}^p E_c(A_j):$$

$$\begin{aligned} E_c(A_{\Delta}) &= E_c(A_1) + E_c(A_2) - [E_c(A_3) + E_c(A_4) + E_c(A_5)] = \\ &= (70 + 50) - [-15 + (-50) + (-15)] = 200 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

5. Вычисляем верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего

звена

$$ES(A_{\Delta}) = Ec(A_{\Delta}) + TA_{\Delta}/2 = 200 + 400/2 = 400 \text{ мкм};$$

$$EI(A_{\Delta}) = Ec(A_{\Delta}) - TA_{\Delta}/2 = 200 - 400/2 = 0.$$

Определяем номинальный размер и предельные отклонения замыкающего звена - $A_{\Delta} = 1^{+0,400}_{\text{мм}}$.

б) Поверочный расчёт предельных размеров замыкающего звена:

$$A_{\Delta}^{\text{max}} = (101,14 + 50,10) - (4,97 + 139,9 + 4,97) = 1,4 \text{ мм},$$

$$A_{\Delta}^{\text{min}} = (101,0 + 50,0) - (5,0 + 140,0 + 5,0) = 1,0 \text{ мм},$$

что указывает на правильность построения конструкторской размерной цепи, т.к. выполняется условие $A_{\Delta}^{\text{min}} \leq A_{\Delta} \leq A_{\Delta}^{\text{max}}$.

8) Построение поля допуска замыкающего звена (рис. 5.3).

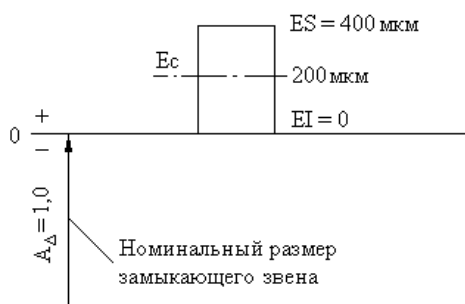


Рис.5.3. Поле допуска замыкающего звена

5.3 .Контрольные вопросы к заданию № 6

1. Что называется размерной цепью?
2. Для решения каких задач предназначены конструкторские, технологические и измерительные размерные цепи?
3. Какое звено называется замыкающим?
4. Увеличивающие и уменьшающие замыкающие звенья?
5. Три основных свойства размерных цепей?
6. Метод полной взаимозаменяемости. Расчет на максимум-минимум?
7. Метод неполной взаимозаменяемости. Вероятностный метод расчета?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандартизация, взаимозаменяемость, метрология, технические измерения и сертификация продукции, работ и услуг являются инструментами обеспечения качества изделий. На основе стандартизации сформированы принципы и нормативные акты взаимозаменяемости, метрологии, технических измерений, систем управления качеством и сертификации.

К основным задачам стандартизации, наряду с требованиями к качеству и точности изготовления, относится стандартизация метрологического обеспечения. Стандартизована вся измерительная техника, методы и средства измерений, а также методы и средства поверки последних, без чего единство измерений невозможно.

Освоение дисциплины, в которой изучаются вопросы нормирования точности, стандартизации и взаимозаменяемости является частью профессиональной подготовки инженеров. Знания, полученные студентами, закрепляются при выполнении курсовых и дипломных проектов.

В методических указаниях изложены теоретические сведения по вопросам стандартизации и взаимозаменяемости деталей агрегатов ЖРД, выбору посадок, расчёту подшипников скольжения, определению параметров элементов соединений, осуществляемых селективной сборкой, принципы построения размерных цепей. Приведены примеры выполнения сборочных чертежей и типовых деталей, расчета и выбора допусков расположения, формы и шероховатости поверхности, а также задания на курсовую работу и примеры их выполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кружаев, К. В. Методические указания. Часть 1 к выполнению курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / К. В. Кружаев, В. С. Левин, Г. И. Скоморохов. – ВГТУ, 2021. – 40 с.
2. СТП ВГТУ 62-2007. Текстовые документы (курсовые работы, проекты, рефераты, отчёты по лабораторным работам, контрольные работы). Правила оформления. - Воронеж: ВГТУ, 2007. – 53 с.
3. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки [Текст]. – Введ. 1983 – 07 – 01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004 – 66 с.
4. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей [Текст]. – Введ. 1988 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1987 – 45 с.
5. ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Текст]. – Введ. 2020 – 02 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2021 – 44 с.
6. ГОСТ 2.111-2013. Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль [Текст]. – Введ. 2014 – 06 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 12 с.
7. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы [Текст]. – Введ. 1971 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2007 – 5 с.
8. ГОСТ 2.321- 84. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные [Текст]. – Введ. 1985 – 01 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2007 – 2 с.
9. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]. – Введ. 2019 – 07 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 128 с.
10. ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования [Текст]. – Введ. 1997 – 07 – 01. – Минск, 1997 – 8 с.
11. ГОСТ Р 7.0.12-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила [Текст]. – Введ. 2012 – 09 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2020 – 21 с.
12. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин [Текст]. – Введ. 2003 – 09 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2019 – 31 с.

13. ГОСТ Р 15.011-96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [Текст]. – Введ. 1996 – 09 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2010 – 18 с.

14. ГОСТ 9327-60. Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы [Текст]. – Введ. 1968 – 01 – 01. – Москва: Издательство стандартов, 1990 – 5 с.

15. ГОСТ Р 7.0.100-2018. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Текст]. – Введ. 2019 – 07 – 01. – Москва: Стандартинформ, 2018 – 73 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
(рекомендуемое)

Образец титульного листа курсовой работы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

Факультет машиностроения и аэрокосмической техники
(факультет/институт)

Кафедра «Ракетные двигатели»

Направление подготовки 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
(код, наименование)

Профиль Проектирование жидкостных ракетных двигателей

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

Тема «Расчёт и стандартизация параметров деталей агрегатов автоматики
ЖРД - Отсечной клапан с пироприводом»

Разработал(а) _____
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Руководитель _____
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

Защищена _____ Оценка _____
(дата)

Воронеж 202__

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Образец листа задания курсовой работы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

Факультет машиностроения и аэрокосмической техники
(факультет/институт)

Кафедра «Ракетные двигатели»

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу

по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»

Тема проекта Расчёт и стандартизация параметров деталей агрегатов
автоматики ЖРД - Отсечной клапан с пироприводом

Студент группы _____
Фамилия, имя, отчество

Номер варианта _____

Содержание и объем работы (графические работы, расчеты и прочее)

Сроки выполнения этапов _____

Срок защиты курсовой работы _____

Руководитель _____
Подпись, дата Инициалы, фамилия

Задание принял студент _____
Подпись, дата Инициалы, фамилия

Стандарт предприятия СТП ВГТУ 62-2007 [2]
(приводится в сокращении)

Текстовые документы.
Правила оформления

Утвержден и введен в действие в качестве стандарта предприятия Приказом от 26.03.2007 № 261-01.19-2 с 01.04.2007 г.

1 Область применения

Настоящий стандарт предприятия (СТП) устанавливает общие требования к структуре и правилам оформления текстовых документов.

Настоящий стандарт распространяется на курсовые работы (проекты), рефераты, контрольные работы, отчеты о лабораторных работах, выполняемые студентами всех кафедр ВГТУ, а также естественно-технического колледжа. Требования настоящего стандарта являются обязательными при их оформлении.

2 Нормативные ссылки

В настоящем документе использованы ссылки на следующие стандарты:
ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам [5];
ГОСТ 2.111-2013 ЕСКД. Нормоконтроль [6];
ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы [7];
ГОСТ 2.321- 84 ЕСКД. Обозначения буквенные [8];
ГОСТ Р 7.0.100-2018 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [9];
ГОСТ 7.9-95 СИБИД. Реферат и аннотация. Общие требования [10];
ГОСТ Р 7.0.12-2011. Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила [11];
ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин [12];
ГОСТ Р 15.011-96 Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [13];
ГОСТ 9327-60 Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы [14].

3 Требования к оформлению текстовых документов

3.1 Курсовые работы (проекты)

3.1.1 Состав и объем курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) состоит из расчетно-пояснительной записки (РПЗ) с иллюстративным графическим материалом, размещенным по разделам работы (проекта), чертежей, схем.

Расчетно-пояснительная записка объемом от 30 до 50 страниц содержит: титульный лист; задание на курсовую работу; лист «Замечания руководителя»; содержание; введение; основную часть (конструкторскую, технологическую, расчетную, исследовательскую); заключение; список литературы; приложения (при необходимости).

3.1.2.3 Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список литературы, наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы пояснительной записки.

3.1.2.7 Список литературы должен содержать сведения об источниках в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 [15].

4 Правила оформления текстовых документов

4.1 Общие требования

4.1.1 Страницы текстовых документов и включенные в них иллюстрации, таблицы должны соответствовать формату А4 (297x211 мм) по ГОСТ 9327-60. Допускается представлять иллюстрации, таблицы, графики и схемы на листах формата А3 приложениями.

4.1.2 Текст выполняется с использованием компьютера и принтера – в редакторе Microsoft Word: шрифт Times New Roman, размер – 14, цвет шрифта – черный, междустрочный интервал – полуторный, отступ первой строки (абзацный отступ) 1,25 см, выравнивание текста – по ширине, расстановка переносов по тексту – автоматическая, в режиме качественной печати.

Допускается контрольные работы и отчеты по лабораторным работам выполнять размером шрифта – 12 с одинарным междустрочным интервалом.

4.1.3 Текст следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое – 20 мм, правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм.

4.1.6 Страницы должны быть заполнены текстом не менее чем на 1/3 часть.

4.1.8 В тексте документов не допускается (по ГОСТ 2.105-2019 [5]):

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в головках и боковиках таблиц и в расшифровках буквенных обозначений,

входящих в формулы и рисунки;

- применять без числовых значений математические знаки, например, > (больше), < (меньше), = (равно), ≥ (больше или равно), ≤ (меньше или равно), ≠ (не равно), а также знаки № (номер), % (процент);

4.1.13 Единица физической величины одного и того же параметра в пределах текста документа должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, например, 1,50; 1,75; 2,00 м.

4.1.15 Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют и не выносятся в содержание.

Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Между заголовком раздела и подраздела не должно быть пустых строк. Расстояние между заголовком раздела (подраздела) и текстом или пунктом должно быть равно 1 строке. Каждый раздел текстового документа следует начинать с нового листа.

4.1.16 Разделы должны иметь порядковые номера в пределах текстового документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или несколько пунктов.

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, то пункт не нумеруется.

Если текстовый документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов должна быть в пределах каждого раздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

1 Типы и основные размеры

1.1 } Нумерация подразделов

1.2 } первого раздела документа

4.1.17 Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или, при необходимости, ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а) _____

_____;
б) _____

_____;
1) _____

_____;
2) _____.

4.1.18 Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

4.1.19 Содержание включают в общее количество листов текстовых документов.

Слово "Содержание" записывают в виде заголовка (посередине первой строки листа симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

4.1.20 Введение и заключение не нумеруются как разделы.

4.2 Нумерация страниц

4.2.1 Страницы текстовых документов следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки, отступив одну строку от текста.

4.2.2 Титульный лист включают в общую нумерацию страниц текстовых документов. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

4.2.3 Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, содержание, введение, заключение, приложения включают в общую нумерацию страниц текстовых документов.

4.3 Иллюстрации

4.3.1 Количество иллюстраций (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. Иллюстрации могут быть выполнены от руки или на компьютере. Иллюстрации могут быть цветными. На все иллюстрации, называемые в тексте рисунками, должны быть даны ссылки.

4.3.3 Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, СПДС.

Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается "Рисунок 1".

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Например – Рисунок 1.1.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и

пояснительные данные (подрисуночный текст).

Расстояние от текста до рисунка, от рисунка до подрисуночной надписи и подписи под рисунком равно 1 строке.

Слово "Рисунок" и его наименование помещают после пояснительных данных и располагают посередине строки. При ссылках на иллюстрации следует писать:

- "... в соответствии с рисунком 2" при сквозной нумерации;
- "... в соответствии с рисунком 1.2" при нумерации в пределах раздела.

4.4 Таблицы

4.4.1 Наименование таблиц должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Таблица 12 – Свойства материалов

Наименование материала	Температура плавления, К (°С)
Латунь	1 131 – 1 173 (858 – 900)
Сталь	1 573 – 1 673 (1 300 – 1 400)
Чугун	1 373 – 1 478 (1 100 – 1 200)

Расстояние от текста до таблицы и от таблицы до последующего текста равно одной строке.

Между наименованием таблицы и самой таблицей не должно быть пустых строк.

4.4.2 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если в текстовые документы одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1".

4.4.3 На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте документа, при ссылке следует писать "таблица" с указанием ее номера, например: «... в таблице 1»..

В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки колонок указывают в единственном числе

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм. Допускается применять в таблице размер шрифта меньший, чем в тексте документа (кегель 12 или кегель 10) и одинарный междустрочный интервал.

4.5 Формулы и уравнения

4.5.1 В формулах и уравнениях в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами.

4.5.2 Формулы и уравнения выделяют из текста в отдельную строку.

Выше и ниже каждой формулы или уравнения должна быть оставлена 1 строка.

Пример – Плотность ρ , кг/м³ каждого образца, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1)$$

где m – масса образца, кг; V – объем образца, м³.

Значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова “где” без двоеточия с абзацного отступа.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

4.5.4 Формулы могут быть выполнены компьютерным (размер шрифта – 14 кегль) или рукописным способами (чертежным шрифтом высотой букв не менее 2,5 мм). Применение компьютерных и рукописных символов в одной формуле не допускается.

4.5.5 Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например, (3.1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... в формуле (1)».

4.9 Приложение

4.9.1 Приложения оформляют как продолжение текстового документа на последующих его листах. Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы, с указанием наверху посередине страницы слова «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначения, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовки, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Если в текстовом документе одно приложение, оно обозначается «ПРИЛОЖЕНИЕ А», а в тексте при ссылках на него пишут «... в соответствии с приложением А».

Иллюстрации, таблицы и формулы в приложениях нумеруют в пределах каждого приложения. Примеры: Рисунок А.3; Таблица А.1; Формула (В.1).

4.9.3 В тексте документа на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения в содержании располагают в порядке ссылок на них в тексте с указанием их обозначений, заголовков и номеров страниц.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	4
2 ЗАДАНИЕ № 3. РАСЧЕТ ПОСАДОК С НАТЯГОМ.....	7
3 ЗАДАНИЕ № 4. РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ	12
4 ЗАДАНИЕ № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СОЕДИНЕНИЙ, ПОДВЕРГАЕМЫХ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ	18
5 ЗАДАНИЕ № 6. РАСЧЁТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	33

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов
специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»
очной формы обучения

Часть 2

Составители:

Кружаев Константин Владимирович

Левин Василий Сергеевич

Скоморохов Геннадий Иванович

Компьютерный набор: А. В. Левина

В авторской редакции

Подписано к изданию 2021

Уч.-изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14