

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ  
ИЗМЕРЕНИЯ**

**Рабочая тетрадь  
по выполнению курсовой работы**

для студентов специальностей  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»,  
1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»,  
1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника»

ФИО студента \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Шифр \_\_\_\_\_

(№ зачетной книжки)

Витебск  
2022

УДК 621.753

Составители:

С. С. Клименков, А. Н. Голубев, Н. Н. Матвеева

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от 02.03.2022.

**Нормирование точности и технические измерения** : рабочая тетрадь по выполнению курсовой работы / сост. С. С. Клименков, А. Н. Голубев, Н. Н. Матвеева. – Витебск : УО «ВГТУ», 2022. – 45 с.

Рабочая тетрадь содержит материал по следующим разделам курсовой работы по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения»: система допусков на линейные размеры; расчет исполнительных размеров гладких калибров; нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений; нормирование точности метрической резьбы; нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач; расчет размерных цепей. Предназначена для студентов дневной и заочно-сокращенной формы обучения специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника».

УДК 621.753

УО «ВГТУ», 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СИСТЕМА ДОПУСКОВ НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ.....	6
1.1 Исходные данные .....	6
1.2 Содержание задания.....	6
1.3 Последовательность выполнения задания.....	6
2 РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ .....	12
2.1 Исходные данные .....	12
2.2 Содержание задания.....	12
2.3 Ход выполнения задания .....	12
3 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	18
3.1 Шпоночные соединения .....	18
3.1.1 Исходные данные .....	18
3.1.2 Содержание задания .....	18
3.1.3 Ход выполнения задания.....	18
3.2 Шлицевые соединения.....	20
3.2.1 Исходные данные .....	20
3.2.2 Содержание задания .....	20
3.2.3 Ход выполнения задания.....	23
4 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ .....	25
4.1 Исходные данные .....	25
4.2 Содержание задания.....	25
4.3 Ход выполнения задания .....	26
5 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ.....	32
5.1 Исходные данные .....	32

5.2	Содержание задания.....	32
5.3	Ход выполнения задания.....	32
6	РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ.....	35
6.1	Исходные данные.....	35
6.2	Содержание задания.....	35
6.3	Ход выполнения задания.....	35
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	43

Витебский государственный технологический университет

## ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» выполняется с использованием справочных данных [1] по методическим указаниям [2]. При выполнении работы рекомендуется также использовать стандарты [3–17].

Работа состоит из шести независимых друг от друга частей, каждая из которых имеет отдельный набор исходных данных. Выбирать исходные данные следует из методических указаний [2] по двум последним цифрам зачетной книжки (00 соответствует варианту № 100), либо по номеру варианта, назначенному руководителем курсовой работы. Для выполнения задания 6 преподаватель выдает чертеж сборочного узла, который **обязательно** прикладывается к рабочей тетради.

При выполнении курсовой работы студент должен аккуратным почерком, разборчиво, ручкой со стержнем синего, фиолетового или черного цвета вписать недостающие данные, используя примеры, рассмотренные в методических указаниях [2]. Округление полученных в ходе расчета величин осуществлять в соответствии с разобранными в [2] примерами. Рисунки выполняются на специально отведенных для них местах (аккуратно, карандашом). Не допускается при оформлении рисунков использовать вставку или вклейку ксерокопий и сканированных изображений.

# 1 СИСТЕМА ДОПУСКОВ НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ

Основные термины, определения и индивидуальное задание приведены в методических указаниях к выполнению курсовой работы [2].

## 1.1 Исходные данные

Номинальный диаметр соединения  $D = d =$  \_\_\_\_\_ мм.

Предельные отклонения отверстия  $ES =$  \_\_\_\_\_ мкм;  $EI =$  \_\_\_\_\_ мкм.

Предельные отклонения вала  $es =$  \_\_\_\_\_ мкм;  $ei =$  \_\_\_\_\_ мкм.

## 1.2 Содержание задания

1. Рассчитать предельные размеры и допуски отверстия и вала.
2. Определить качества отверстия и вала.
3. Подобрать буквенные обозначения основных отклонений и записать обозначение посадки.
4. Рассчитать предельные зазоры и (или) натяги в посадке и диапазон посадки, определить характер соединения в посадке (посадка с зазором, с натягом, переходная).
5. Изобразить схему расположения интервалов допусков, указать на ней размеры, допуски, предельные отклонения.
6. Назначить значение параметра шероховатости поверхностей и подобрать конечную операцию механической обработки отверстия и вала.
7. Вычертить эскиз сопрягаемых деталей в сборе и подетально, указать на эскизе обозначение посадки, классов допусков, предельных отклонений, шероховатостей.

## 1.3 Последовательность выполнения задания

1. Рассчитаем предельные размеры отверстия и вала

$$D_{\max} = D + ES = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D + EI = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Допуски на размеры отверстия и вала равны

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

2. Определяем граничные значения интервала, к которому принадлежит номинальный размер, воспользовавшись таблицей допусков [1, с. 5–6].

Для  $D = d = \underline{\hspace{2cm}}$  мм:

$$D_{\text{и min}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}; D_{\text{и max}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Находим среднее геометрическое значение для данного интервала

$$D_{\text{и}} = \sqrt{D_{\text{и min}} \cdot D_{\text{и max}}} = \sqrt{\underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Единицу допуска  $i$  для размеров в диапазоне от 0 до 500 мм найдем по формуле

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_{\text{и}}} + 0,001D_{\text{и}} = 0,45\sqrt[3]{\underline{\hspace{2cm}}} + 0,001 \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мкм.}$$

Квалитет изготовления деталей можно найти, определив число единиц допуска  $a$  в формуле допуска  $T = a \cdot i$ . В нашем случае известны допуски отверстия  $TD$  и вала  $Td$ , а также величина единицы допуска  $i$ . Тогда числа единиц допуска для отверстия и вала соответственно равны:

$$a_D = \frac{TD}{i} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}; a_d = \frac{Td}{i} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}.$$

По таблице допусков [1, с. 6] находим квалитеты для отверстия и вала:

– квалитет отверстия: IT  $\underline{\hspace{2cm}}$ ;

– квалитет вала: IT  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

3. Определим, какое из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее) является основным для отверстия и вала. Поскольку основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии, то определить его можно следующим образом: основным будет то из двух отклонений, которое меньше по модулю.

Для нашего случая получаем:

– для отверстия основное отклонение  $\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм;

– для вала основное отклонение  $\underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм.

По таблицам основных отклонений отверстий [1, с. 21–24] и валов [1, с. 8–10] находим их буквенные обозначения:

для отверстия:  $\underline{\hspace{2cm}}$ , для вала:  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

Объединяя ранее найденные квалитеты с буквенными обозначениями основных отклонений, записываем обозначения классов допусков:

класс допуска отверстия: \_\_\_\_\_; класс допуска вала: \_\_\_\_\_.

Полное обозначение искомой посадки имеет вид:

∅ \_\_\_\_\_.

4. Определяем предельные зазоры (натяги) в посадке.

Рассчитаем вначале предельные зазоры:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Далее, в зависимости от результатов расчетов, определим, является ли данная посадка посадкой с зазором, посадкой с натягом или переходной посадкой (из пунктов 4.1–4.3 следует заполнить только один).

4.1. Если  $S_{\max} > 0$  и  $S_{\min} \geq 0$ , имеем посадку с зазором.

Средний зазор посадки с зазором равен

$$S_c = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{\text{_____} + \text{_____}}{2} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Диапазон посадки с зазором равен

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Рассчитаем диапазон посадки как сумму допусков отверстия и вала:

$$TS = TD + Td = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

4.2. Если  $S_{\max} \leq 0$  и  $S_{\min} < 0$ , имеем посадку с натягом. Определим наибольший и наименьший натяги:

$$N_{\max} = -S_{\min} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Средний натяг посадки с натягом равен

$$N_c = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} = \frac{\text{_____} + \text{_____}}{2} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Диапазон посадки с натягом равен

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = \text{_____} - \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

Рассчитаем диапазон посадки как сумму допусков отверстия и вала:

$$TN = TD + Td = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

4.3. Если  $S_{\max} > 0$ , а  $S_{\min} < 0$ , имеем переходную посадку. Определим наибольший натяг в посадке:

$$N_{\max} = -S_{\min} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Средний натяг в переходной посадке равен

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{\underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}}}{2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Диапазон переходной посадки равен

$$TS(N) = N_{\max} + S_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Рассчитаем диапазон посадки как сумму допусков отверстия и вала:

$$TS(N) = TD + Td = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

5. Вычерчиваем схему расположения интервалов допусков в посадке. На схеме показываем номинальный размер, предельные размеры отверстия и вала, допуски, наибольший и наименьший натяги (рисунок 1.1).

6. Назначаем шероховатость поверхности деталей [1, с. 33]. В диапазоне номинальных размеров от  $\underline{\hspace{2cm}}$  до  $\underline{\hspace{2cm}}$  мм для допуска формы, равного 60 % от допуска размера, находим:

для отверстия (IT  $\underline{\hspace{1cm}}$ ): Ra  $\underline{\hspace{1cm}}$  мкм;

для вала (IT  $\underline{\hspace{1cm}}$ ): Ra  $\underline{\hspace{1cm}}$  мкм.

Подбираем конечную операцию механической обработки отверстия и вала, ориентируясь на экономические качества и показатели шероховатости поверхности [1, с. 34]:

– для отверстия (IT  $\underline{\hspace{1cm}}$ , Ra  $\underline{\hspace{1cm}}$ ):  $\underline{\hspace{4cm}}$ ;

– для вала (IT  $\underline{\hspace{1cm}}$ , Ra  $\underline{\hspace{1cm}}$ ):  $\underline{\hspace{4cm}}$ ;

7. Изображаем эскиз соединения в сборе и подетально (рисунок 1.2). На эскизе в соответствии с требованиями ЕСКД указываем номинальный размер, обозначения классов допусков вала и отверстия, значения предельных отклонений и показателей шероховатости поверхностей.

Витебский государственный технологический университет



Рисунок 1.1 – Схема расположения интервалов допусков в посадке  $\emptyset$  \_\_\_\_\_

Витебский государственный технологический университет

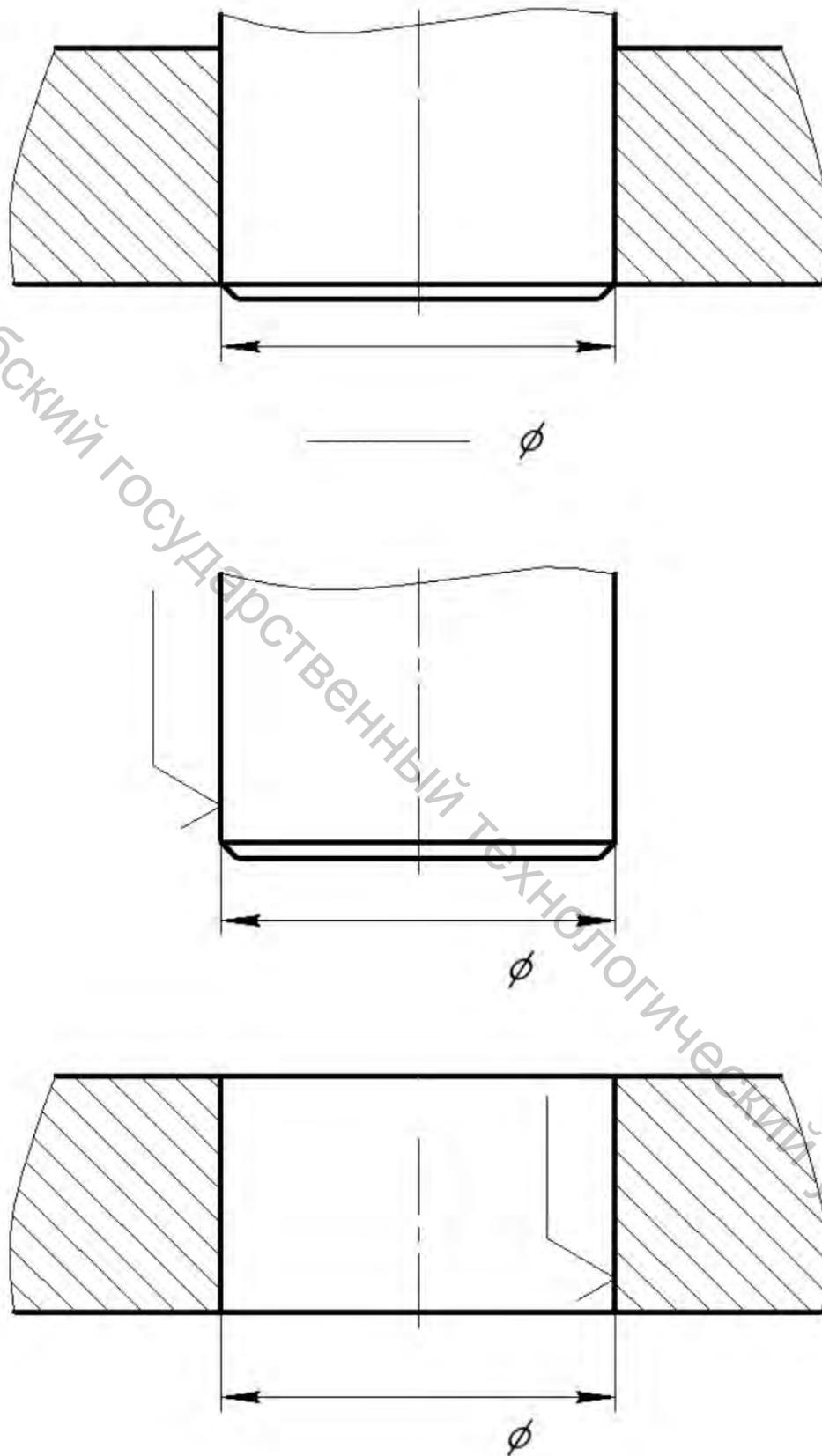


Рисунок 1.2 – Эскиз соединения подетально и в сборе

## 2 РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ГЛАДКИХ КАЛИБРОВ

Основные термины, определения и индивидуальное задание приведены в методических указаниях к выполнению курсовой работы [2].

### 2.1 Исходные данные

Задана посадка  $\varnothing$  \_\_\_\_\_

### 2.2 Содержание задания

1. Для заданной посадки определить предельные размеры вала и отверстия.
2. Определить значения допусков и отклонений рабочих калибров в соответствии со стандартом.
3. Рассчитать исполнительные размеры нерегулируемых рабочих калибров (пробки и скобы) для контроля отверстия и вала.
4. Вычертить схему расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров, указать на схеме предельные размеры вала и отверстия и исполнительные размеры рабочих калибров.
5. Определить качества точности и шероховатость поверхностей рабочих частей калибров.
6. Выполнить эскизы калибров, нанести на эскизы элементы маркировки.

### 2.3 Ход выполнения задания

1. Находим предельные отклонения отверстия [1, с. 21–32] и вала [1, с. 8–20]:

– для класса допуска отверстия \_\_\_\_\_  $ES =$  \_\_\_\_\_ МКМ,

$EI =$  \_\_\_\_\_ МКМ;

– для класса допуска вала \_\_\_\_\_  $es =$  \_\_\_\_\_ МКМ,

$ei =$  \_\_\_\_\_ МКМ.

Предельные размеры отверстия и вала:

$D_{max} = D_n + ES =$  \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ мм;

$$D_{min} = D_n + EI = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$d_{max} = d_n + es = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$d_{min} = d_n + ei = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

2. Определим значения допусков и отклонений калибров.

Для пробки для качества контролируемого отверстия IT          находим [1, с. 67–69]:

- допуск на изготовление пробки  $H = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм;
- отклонение середины интервала допуска пробки  $Z = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм;
- допустимый выход размера изношенной пробки  $Y = \underline{\hspace{2cm}}$ .

Для скобы для качества контролируемого вала IT          находим:

- допуск на изготовление скобы  $H_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм;
- отклонение середины интервала допуска скобы  $Z_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм;
- допустимый выход размера изношенной скобы  $Y_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм.

3. Находим предельные размеры проходной и непроходной части пробки (номинальный диаметр до 180 мм, качество контролируемого отверстия IT         ):

$$P - PP_{min} = D_{min} + Z - \frac{H}{2} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - PP_{max} = D_{min} + Z + \frac{H}{2} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE_{min} = D_{max} - \frac{H}{2} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE_{max} = D_{max} + \frac{H}{2} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - PP_{изн} = D_{min} - Y = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры пробки запишем с допуском «в тело» калибра (т. е. в «минус») следующим образом:

$$P - PP = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Находим предельные размеры проходной и непроходной части скобы (номинальный размер до 180 мм, квалитет вала IT       ):

$$P - PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2} = \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = \underline{\hspace{1cm}} - \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2} = \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - PP_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1 = \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Исполнительные размеры скобы запишем с допуском «в тело» калибра (т. е. в «плюс») следующим образом:

$$P - PP = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$P - HE = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

4. Выполняем схему расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров (рисунок 2.1).

5. По таблице допусков [1, с. 5–6] определяем квалитеты точности рабочих частей калибров.

Для пробки: номинальный размер        мм, допуск  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  мкм, это соответствует квалитету IT       .

Для скобы: номинальный размер        мм, допуск  $H_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  мкм, это соответствует квалитету IT       .

В соответствии с подобранными квалитетами по [1, с. 33] назначаем шероховатость рабочих поверхностей калибров:

для пробки показатель  $R_a$  равен        мкм;

для скобы показатель  $R_a$  равен        мкм.

6. Выполняем эскизы калибров с элементами маркировки (рисунки 2.2, 2.3).

Витебский государственный технологический университет



Рисунок 2.1 – Схема расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров для посадки

Витебский государственный технологический университет

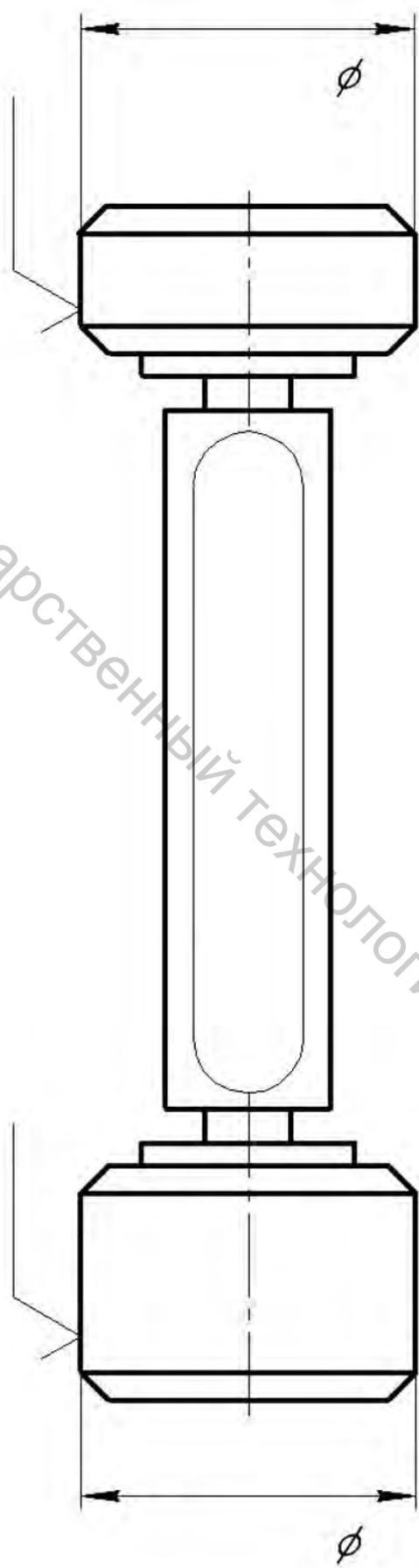


Рисунок 2.2 – Эскиз пробки с элементами маркировки

Витебский государственный технологический университет

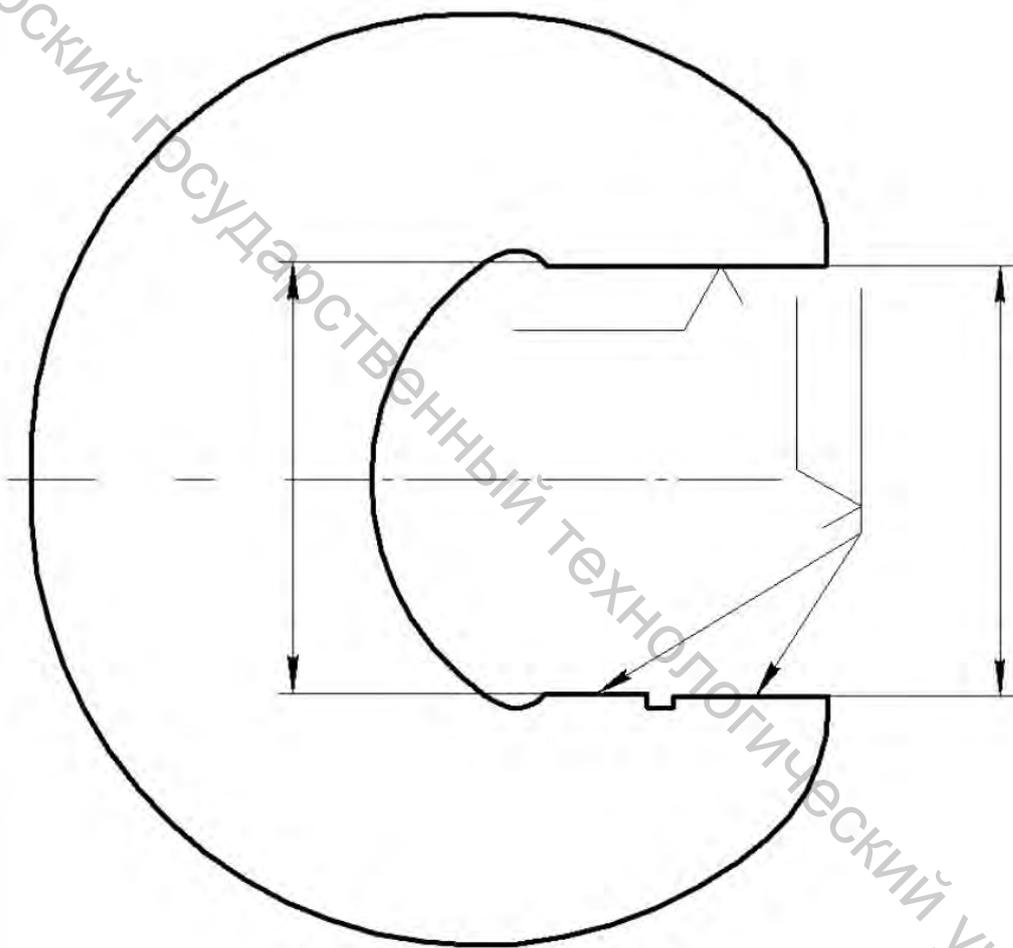


Рисунок 2.3 – Эскиз скобы с элементами маркировки

## 3 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

### 3.1 Шпоночные соединения

#### 3.1.1 Исходные данные

Номинальный диаметр вала (втулки): \_\_\_\_\_ мм.

Длина втулки: \_\_\_\_\_ мм.

Вид шпоночного соединения: \_\_\_\_\_.

Номер исполнения: \_\_\_\_\_.

#### 3.1.2 Содержание задания

1. Определить номинальные размеры шпоночного соединения.
2. Нормировать точность размеров шпонки и пазов на валу и во втулке.
3. Определить допуски и предельные отклонения размеров шпоночного соединения.
4. Определить предельные значения зазоров и натягов в посадках по ширине шпонки.
5. Выполнить схему расположения интервалов допусков.
6. Выполнить эскиз шпоночного соединения с обозначением посадок.
7. Записать условное обозначение шпонки.

#### 3.1.3 Ход выполнения задания

1. Для соединения вала и втулки с номинальным диаметром \_\_\_\_\_ мм и длиной втулки \_\_\_\_\_ мм из ГОСТа 23360-78 [1, с. 45–47] выписываем стандартные номинальные значения всех размеров шпоночного соединения.

Для шпонки находим:

– ширина шпонки  $b =$  \_\_\_\_\_ мм;

– высота шпонки  $h =$  \_\_\_\_\_ мм;

– длина шпонки  $l =$  \_\_\_\_\_ мм;

– фаска  $s =$  \_\_\_\_\_ мм.

Для паза на валу и во втулке:

– ширина паза на валу  $b_1 = b =$  \_\_\_\_\_ мм;

– глубина паза на валу  $t_1 =$  \_\_\_\_\_ мм;

– длина паза на валу  $l_1 = l =$  \_\_\_\_\_ мм;

– ширина паза во втулке  $b_2 = b =$  \_\_\_\_\_ мм;

- глубина паза во втулке  $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  мм;
- длина паза во втулке – не нормируется;
- радиус закругления или фаска  $s_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  мм.

2. Назначаем точность изготовления размеров шпонки и пазов.

Ширина шпонки  $b$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

Ширина паза на валу  $b_1$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

Ширина паза во втулке  $b_2$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

Высота шпонки  $h$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

Для глубины паза на валу  $t_1$  и во втулке  $t_2$  находим предельные отклонения.

Нижние отклонения равны нулю. Верхние отклонения:

- для  $t_1$ :  $\underline{\hspace{2cm}}$  мм;
- для  $t_2$ :  $\underline{\hspace{2cm}}$  мм.

Для посадки «шпонка – вал» по длине назначаем следующие классы допусков:

- длина шпонки  $l$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ ;
- длина паза на валу  $l_1$ : класс допуска  $\underline{\hspace{2cm}}$ .

3. Для найденных классов допусков определяем предельные отклонения по ГОСТу 25347-2013 [1, с. 8–32] и рассчитываем допуски и предельные размеры (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Допуски и предельные размеры параметров шпоночного соединения

Параметр	Обозначение	Номинальный размер, мм	Класс допуска	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск, мм
				верхнее	нижнее	max	min	
Ширина шпонки	$b$							
Ширина паза на валу	$b_1$							
Ширина паза во втулке	$b_2$							
Высота шпонки	$h$							
Глубина паза на валу	$t_1$							
Глубина паза во втулке	$t_2$							
Длина шпонки	$l$							
Длина паза на валу	$l_1$							

4. Определим предельные зазоры и натяги в посадках по ширине шпонки.  
Для посадки «паз на валу – шпонка»:

$$S_{\max} = b_{1\max} - b_{\min} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$S_{\min} = b_{1\min} - b_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

Для посадки «паз во втулке – шпонка»:

$$S_{\max} = b_{2\max} - b_{\min} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$S_{\min} = b_{2\min} - b_{\max} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

5. Вычерчиваем схему интервалов допусков шпоночного соединения по ширине шпонки (рисунок 3.1).

6. Выполняем эскиз шпоночного соединения с обозначением посадок (рисунок 3.2).

7. Записываем условное обозначение шпонки:

Шпонка \_\_\_\_\_ ГОСТ 23360-78.

## 3.2 Шлицевые соединения

### 3.2.1 Исходные данные

Заданы следующие параметры шлицевого соединения:

- число зубьев  $z = \underline{\hspace{2cm}}$ ;
- внутренний диаметр  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  мм;
- наружный диаметр  $D = \underline{\hspace{2cm}}$  мм;
- способ центрирования – \_\_\_\_\_.

### 3.2.2 Содержание задания

1. Определить серию шлицевого соединения.
2. Назначить классы допусков размеров шлицевой втулки и шлицевого вала.
3. Записать условное обозначение шлицевого соединения.
4. Найти предельные отклонения размеров шлицевой втулки и шлицевого вала.
5. Изобразить эскиз с условным обозначением шлицевого соединения.

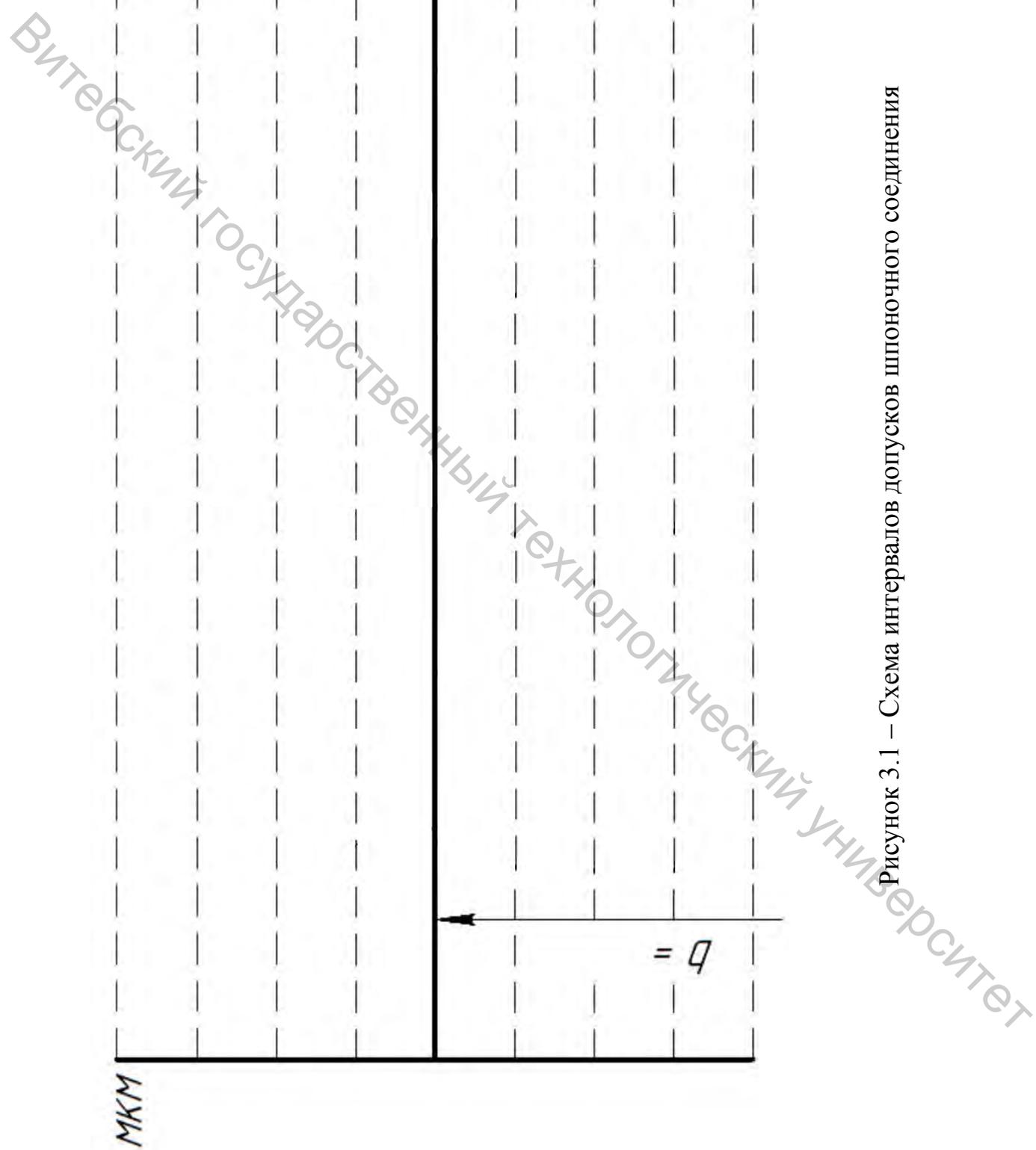


Рисунок 3.1 – Схема интервалов допусков шпоночного соединения

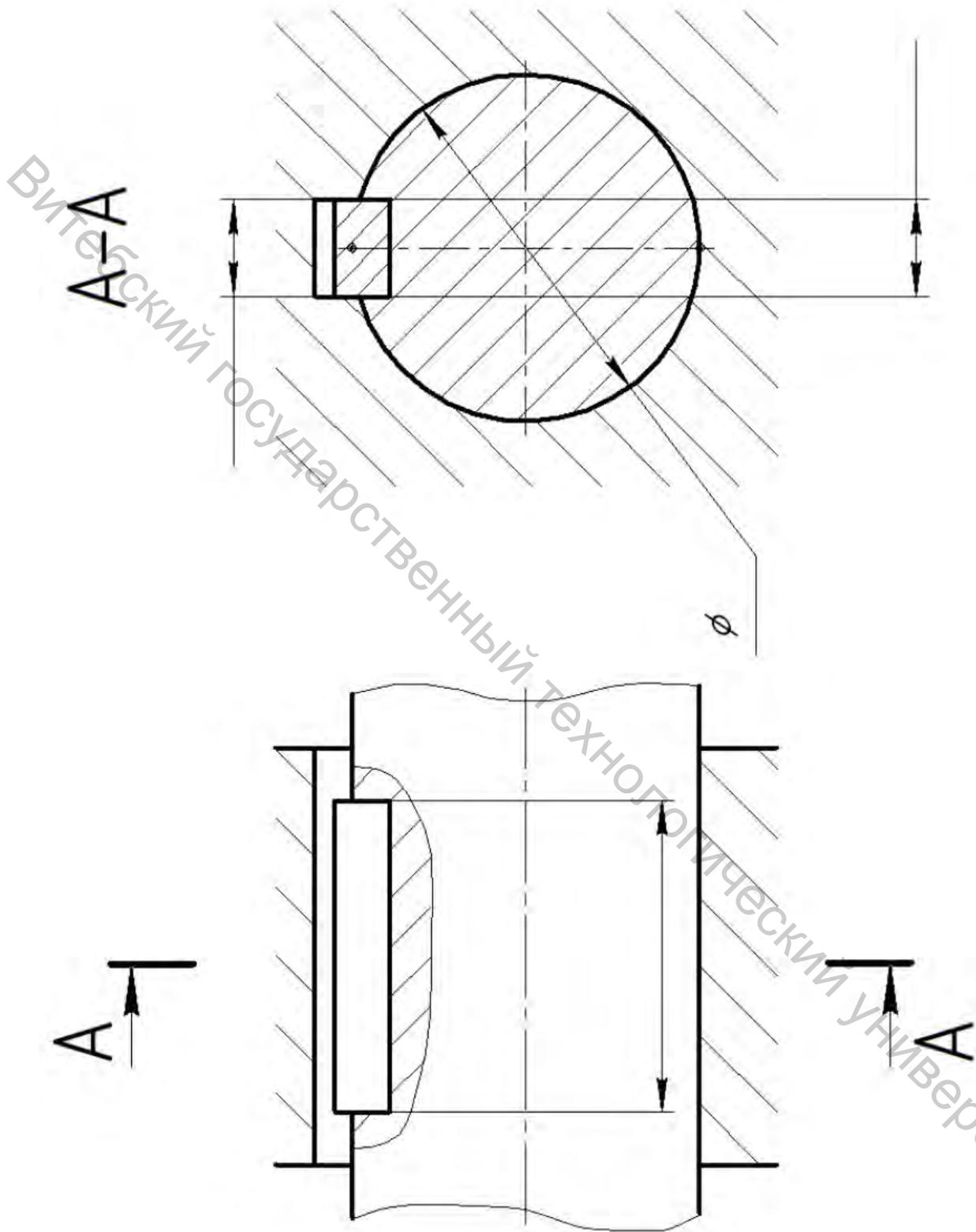


Рисунок 3.2 – Эскиз шпоночного соединения

### 3.2.3 Ход выполнения задания

1. В соответствии со стандартом [1, с. 48–49] определяем серию соединения и находим стандартное значение ширины зуба (шлица).

Серия соединения (легкая, средняя, тяжелая): \_\_\_\_\_.

Ширина зуба (шлица)  $b =$  \_\_\_\_ мм.

2. Согласно рекомендациям стандарта [1, с. 50–51] подбираем посадки или классы допусков для внутреннего диаметра, наружного диаметра и ширины зуба. Назначение посадок и классов допусков следует начинать с посадки для центрирующего параметра.

Посадка (класс допуска) для внутреннего диаметра  $d$ : \_\_\_\_\_.

Посадка (класс допуска) для наружного диаметра  $D$ : \_\_\_\_\_.

Посадка для ширины зуба  $b$ : \_\_\_\_\_.

3. Запишем условное обозначение заданного шлицевого соединения:

\_\_\_\_\_.

4. По ГОСТ 25347-2013 [1, с. 8–32] определяем предельные отклонения размеров шлицевого вала и втулки (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Предельные отклонения размеров шлицевого соединения

	$d$	$D$	$b$
Втулка			
Вал			

5. Вычерчиваем эскиз шлицевого соединения, показываем его условное обозначение (рисунок 3.3).

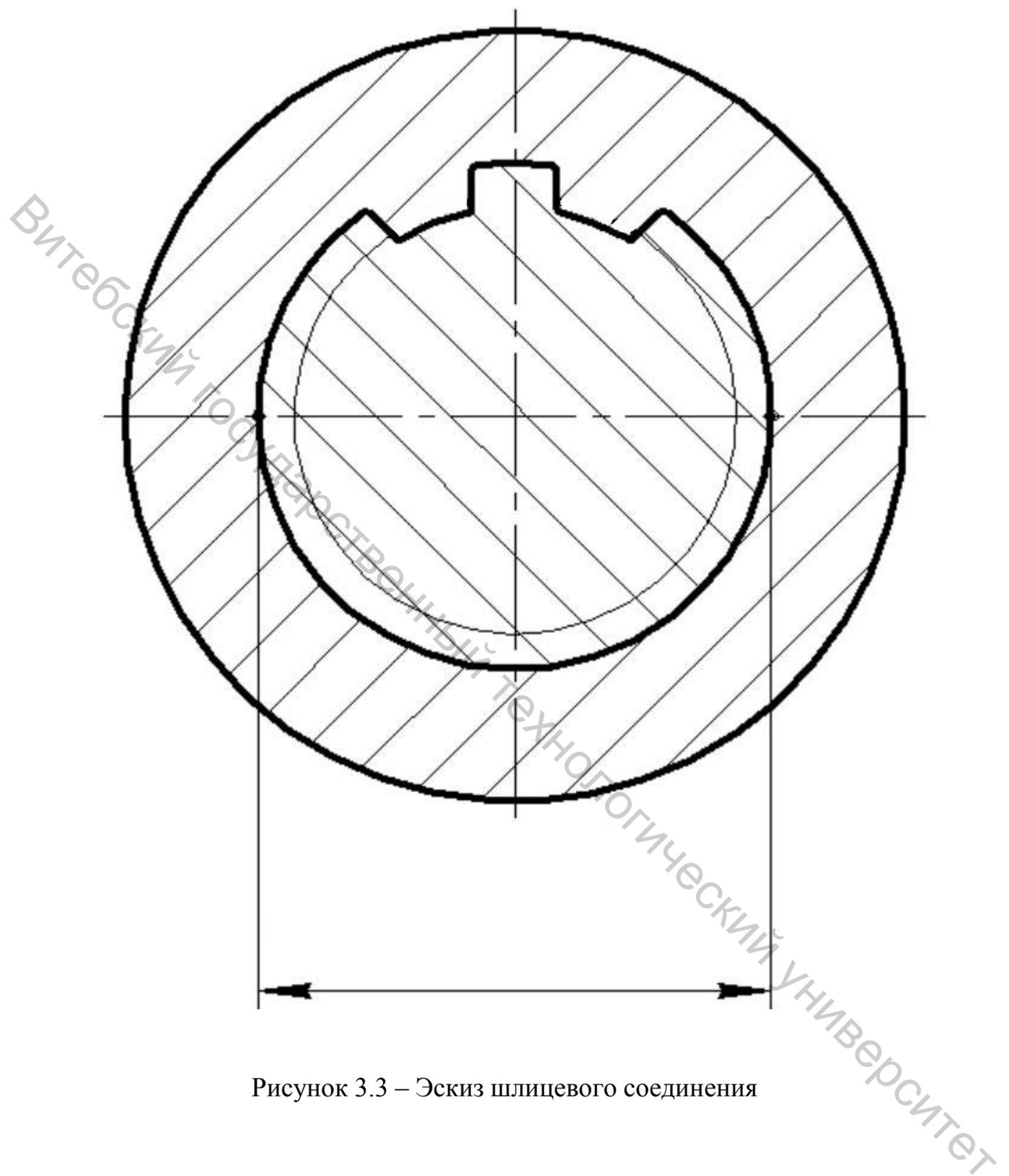


Рисунок 3.3 – Эскиз шлицевого соединения

## 4 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

### 4.1 Исходные данные

Задана резьбовая посадка М — \_\_\_\_\_.

Результаты измерений гайки:

измеренный средний диаметр  $D_{2изм} =$  \_\_\_\_\_ мм;

измеренный внутренний диаметр  $D_{1изм} =$  \_\_\_\_\_ мм;

погрешность шага  $\delta_p =$  \_\_\_\_\_ мкм;

погрешность половины угла профиля резьбы:

$\delta_{\alpha/2}^{лев} =$  \_\_\_\_\_;  $\delta_{\alpha/2}^{прав} =$  \_\_\_\_\_.

Результаты измерений болта:

измеренный средний диаметр  $d_{2изм} =$  \_\_\_\_\_ мм;

измеренный наружный диаметр  $d_{изм} =$  \_\_\_\_\_ мм;

погрешность шага  $\delta_p =$  \_\_\_\_\_ мкм;

погрешность половины угла профиля резьбы:

$\delta_{\alpha/2}^{лев} =$  \_\_\_\_\_;  $\delta_{\alpha/2}^{прав} =$  \_\_\_\_\_.

### 4.2 Содержание задания

1. Определить номинальные параметры резьбовой посадки.
2. Найти основные отклонения и допуски диаметров болта и гайки.
3. Определить предельные размеры диаметров болта и гайки.
4. Рассчитать приведенный средний диаметр для болта и гайки и определить действительный зазор в резьбовом соединении.
5. Определить годность деталей в соответствии с заданными результатами измерений.
6. Вычертить схему расположения интервалов допусков заданной резьбовой посадки, указать на схеме номинальные размеры, допуски и предельные отклонения номинальных параметров резьбы.

### 4.3 Ход выполнения задания

1. Согласно заданному обозначению резьбовой посадки:  
номинальный (наружный) диаметр резьбы  $d = D =$  \_\_\_\_\_ мм;

шаг резьбы  $P =$  \_\_\_\_\_ мм

(если не указан в задании, значит, задана резьба с крупным шагом, и он выбирается в соответствии с ГОСТом 8724-2004 [1, с. 35–38]).

Номинальные значения среднего и внутреннего диаметров, округленные до тысячных долей миллиметра, равны:

$$d_1 = D_1 = d - 1,0825P = \text{_____} - 1,0825 \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ мм};$$

$$d_2 = D_2 = d - 0,6495P = \text{_____} - 0,6495 \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ мм}.$$

2. Определяем допуски для диаметров болта и гайки в соответствии с ГОСТом 16093-2004:

**для болта:**

– допуск на средний диаметр (\_\_\_\_\_ степень точности)

$$Td_2 = \text{_____} \text{ мкм} = \text{_____} \text{ мм} [1, \text{ с. } 40\text{--}41];$$

– допуск на наружный диаметр (\_\_\_\_\_ степень точности)

$$Td = \text{_____} \text{ мкм} = \text{_____} \text{ мм} [1, \text{ с. } 39];$$

**для гайки:**

– допуск на средний диаметр (\_\_\_\_\_ степень точности)

$$TD_2 = \text{_____} \text{ мкм} = \text{_____} \text{ мм} [1, \text{ с. } 42\text{--}43];$$

– допуск на внутренний диаметр (\_\_\_\_\_ степень точности)

$$TD_1 = \text{_____} \text{ мкм} = \text{_____} \text{ мм} [1, \text{ с. } 39].$$

Основные отклонения диаметров резьбы [1, с. 44]:

**для болта** (отклонение \_\_\_\_\_) – верхнее отклонение  $es = -$  \_\_\_\_\_ мкм;

**для гайки** (отклонение \_\_\_\_\_) – нижнее отклонение  $EI =$  \_\_\_\_\_ мкм.

3. Находим предельные размеры диаметров болта и гайки.  
 Определяем предельные размеры **гайки**.

$$D_{\min} = D + EI = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$D_{\max}$  – не нормируется, т. к. не нормируется допуск на наружный диаметр гайки. Реальный профиль впадины гайки не должен выходить за линию плоского среза, расположенного на расстоянии  $H/8$  от вершины исходного треугольника профиля резьбы.

$$D_{1\min} = D_1 + EI = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$D_{1\max} = D_{1\min} + TD_1 = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$D_{2\min} = D_2 + EI = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$D_{2\max} = D_{2\min} + TD_2 = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Находим предельные размеры **болта**.

$$d_{\max} = d + es = \underline{\hspace{2cm}} + (-\underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$d_{\min} = d_{\max} - Td = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_1 + es = \underline{\hspace{2cm}} + (-\underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$d_{1\min}$  – не нормируется, т. к. не нормируется допуск на внутренний диаметр болта. Реальный профиль впадины болта не должен выходить за линию плоского среза, расположенного на расстоянии  $H/4$  от вершины исходного треугольника профиля резьбы.

$$d_{2\max} = d_2 + es = \underline{\hspace{2cm}} + (-\underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = d_{2\max} - Td_2 = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

4. Для расчета приведенного среднего диаметра определим значения диаметральной компенсации погрешностей шага и угла профиля резьбы для каждой из деталей.

Находим диаметральные компенсации и приведенный средний диаметр **болта**.

Диаметральная компенсация погрешности шага

$$f_p = 1,732 \cdot \frac{|\delta_p|}{1000} = 1,732 \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Отклонение половины угла профиля резьбы

$$\delta_{\alpha/2} = \frac{|\delta_{\alpha/2}^{\text{лев}}| + |\delta_{\alpha/2}^{\text{прав}}|}{2} = \frac{|\underline{\hspace{2cm}}| + |\underline{\hspace{2cm}}|}{2} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Диаметральная компенсация погрешности угла

$$f_\alpha = \frac{0,36P\delta_{\alpha/2}}{1000} = \frac{0,36 \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}}}{1000} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Приведенный средний диаметр болта

$$d_{2np} = d_{2изм} + f_p + f_\alpha = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Находим диаметральные компенсации и приведенный средний диаметр **гайки**.

Диаметральная компенсация погрешности шага

$$f_p = 1,732 \cdot \frac{|\delta_p|}{1000} = 1,732 \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Отклонение половины угла профиля резьбы

$$\delta_{\alpha/2} = \frac{|\delta_{\alpha/2}^{\text{лев}}| + |\delta_{\alpha/2}^{\text{прав}}|}{2} = \frac{|\underline{\hspace{2cm}}| + |\underline{\hspace{2cm}}|}{2} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Диаметральная компенсация погрешности угла

$$f_\alpha = \frac{0,36P\delta_{\alpha/2}}{1000} = \frac{0,36 \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}}}{1000} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Приведенный средний диаметр гайки

$$D_{2np} = D_{2изм} - (f_p + f_\alpha) = \underline{\hspace{2cm}} - (\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

Действительный зазор в резьбовом соединении равен

$$S = D_{2np} - d_{2np} = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.}$$

5. Анализируя полученные данные, делаем выводы о годности деталей.

Гайка является годной в случае, если действительное значение внутреннего диаметра  $D_{1изм}$  и значение приведенного среднего диаметра  $D_{2пр}$  находятся в пределах интервала допуска, т. е. выполняются неравенства:

$$D_{1min} \leq D_{1изм} \leq D_{1max} ; \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$D_{2min} \leq D_{2пр} \leq D_{2max} . \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} .$$

Болт является годным, когда действительное значение наружного диаметра  $d_{изм}$  и значение приведенного среднего диаметра  $d_{2пр}$  находятся в пределах интервала допуска, т. е. выполняются неравенства:

$$d_{min} \leq d_{изм} \leq d_{max} ; \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$d_{2min} \leq d_{2пр} \leq d_{2max} . \quad \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} \leq \underline{\hspace{2cm}} .$$

Результаты измерений и расчетов сводим в таблицу 4.1.

6. Схема расположения интервалов допусков заданной резьбовой посадки показана на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 – Определение годности резьбовых деталей

Обозначение	Номинальный размер, мм	Предельные размеры, мм		Результаты измерений, мм	Вывод о годности детали
		max	min		
Болт					
$d$				$d_{изм} = \underline{\hspace{2cm}}$	
$d_2$				$d_{2np} = \underline{\hspace{2cm}}$	
Гайка					
$D_1$				$D_{1изм} = \underline{\hspace{2cm}}$	
$D_2$				$D_{2np} = \underline{\hspace{2cm}}$	

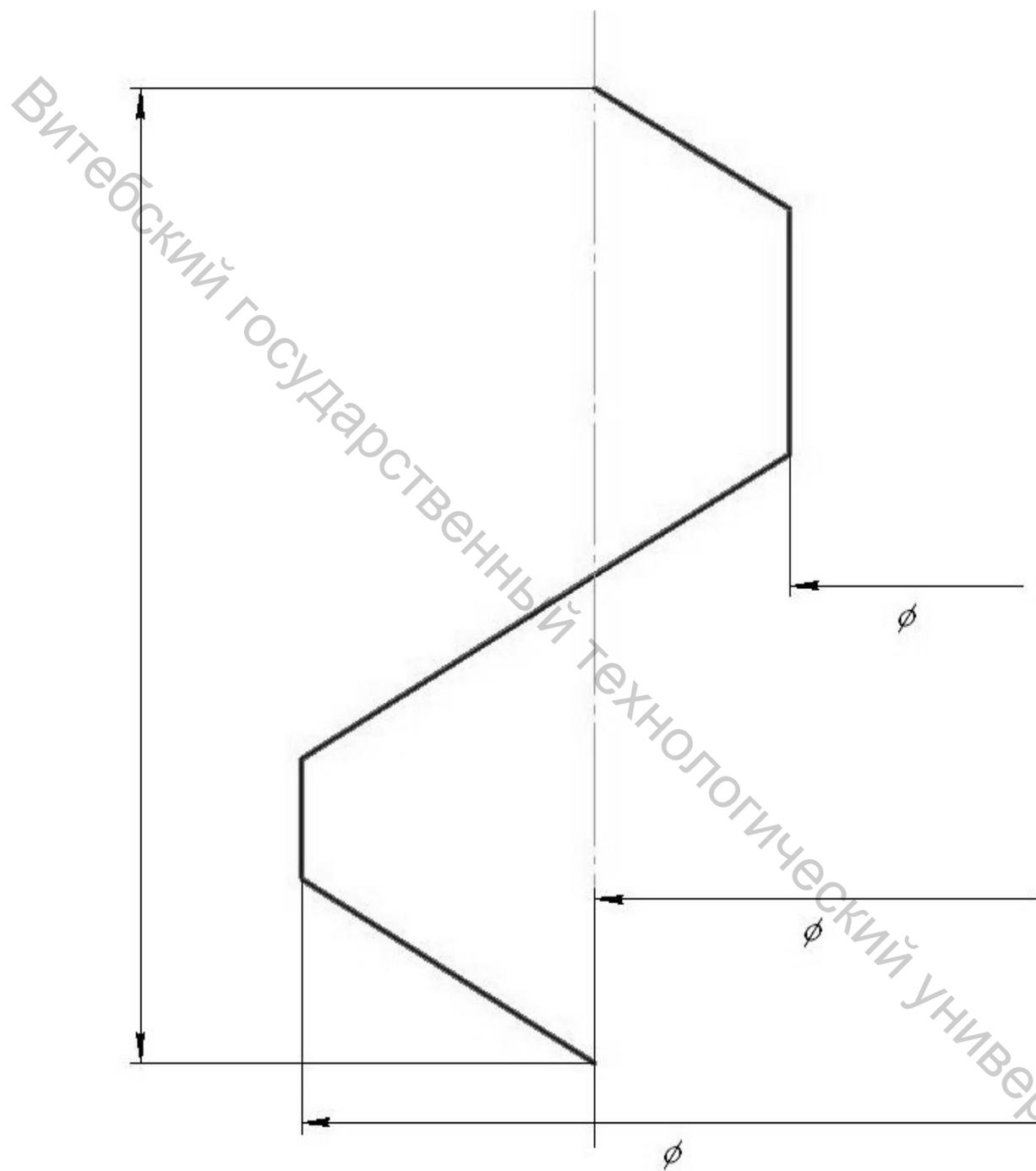


Рисунок 4.1 – Схема расположения интервалов допусков резьбовой посадки М \_\_\_\_\_ - -----

## 5 НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

### 5.1 Исходные данные

Степень точности и вид сопряжения зубчатой пары \_\_\_\_\_;  
 модуль  $m =$  \_\_\_\_\_ мм;  
 число зубьев шестерни  $z_1 =$  \_\_\_\_\_;  
 число зубьев колеса  $z_2 =$  \_\_\_\_\_;  
 ширина зубчатого венца  $b_w =$  \_\_\_\_\_ мм.

### 5.2 Содержание задания

Определить по справочной литературе [1] или стандартам и выписать значения показателей точности.

### 5.3 Ход выполнения задания

1. Находим некоторые геометрические параметры шестерни, колеса и передачи в целом, необходимые для определения ряда допусков.

№ п/п	Геометрический параметр, размерность	шестерня	колесо
1	Делительный диаметр, мм	$d_1 = mz_1 =$ = _____	$d_2 = mz_2 =$ = _____
2	Длина дуги делительной окружности, мм	$L_1 = \pi d_1 =$ = _____	$L_2 = \pi d_2 =$ = _____
3	Межосевое расстояние зубчатой передачи, мм	$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} =$ _____	

2. Определяем показатели кинематической точности (\_\_\_\_\_ степень точности).

№ п/п	Показатель, размерность	для шестерни	для колеса
1	Допуск радиального биения зубчатого венца, мкм [1, с. 52]	$F_r =$ _____	$F_r =$ _____
2	Допуск на накопленную погрешность шага, мкм [1, с. 53]	$F_p =$ _____	$F_p =$ _____

Допуск на накопленную погрешность  $k$  шагов  $F_{pk}$  берется по длине дуги делительной окружности  $L$ , соответствующей  $1/6$  части зубьев (с округлением до целого зуба в большую сторону). Следовательно,

для шестерни необходимо учитывать  $z_1' = \frac{z_1}{6} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$  зубьев;

для колеса –  $z_2' = \frac{z_2}{6} = \underline{\hspace{2cm}} \approx \underline{\hspace{2cm}}$  зубьев.

Искомая длина дуги

для шестерни  $L_1 = \pi m z_1' = 3,14 \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{4cm}}$  мм;

для колеса –  $L_2 = \pi m z_2' = 3,14 \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{4cm}}$  мм.

Тогда допуск на накопленную погрешность  $k$  шагов  $F_{pk}$  равен [1, с. 53]:

для шестерни  $\underline{\hspace{2cm}}$  мкм;

для колеса  $\underline{\hspace{2cm}}$  мкм.

3. Определяем показатели норм точности по плавности ( $\underline{\hspace{2cm}}$  степень точности).

№ п/п	Показатель, размерность	для шестерни	для колеса
1	Допуск на местную кинематическую погрешность шага, мкм [1, с. 54–57]	$f_i' = \underline{\hspace{2cm}}$	$f_i' = \underline{\hspace{2cm}}$
2	Предельные отклонения шага, мкм [1, с. 54–57]	$\pm f_{pt} = \underline{\hspace{2cm}}$	$\pm f_{pt} = \underline{\hspace{2cm}}$
3	Допуск на погрешность профиля, мкм [1, с. 54–57]	$f_f = \underline{\hspace{2cm}}$	$f_f = \underline{\hspace{2cm}}$

4. Определяем показатели норм точности по контакту зубьев ( $\underline{\hspace{2cm}}$  степень точности).

Суммарное пятно контакта:

по высоте зуба не менее  $\underline{\hspace{2cm}}$  %;

по длине зуба не менее  $\underline{\hspace{2cm}}$  % [1, с. 60].

Допуск на непараллельность  $f_x = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм [1, с. 58–60].

Допуск на перекося осей  $f_y = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм [1, с. 58–60].

Допуск на направление зуба  $F_\beta = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм [1, с. 58–60].

5. Определяем показатели норм точности по боковому зазору (вид сопряжения  $\underline{\hspace{2cm}}$ ).

Гарантированный боковой зазор  $j_{n\min} = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм [1, с. 61].

Предельные отклонение межосевого расстояния  $\pm f_a = \underline{\hspace{2cm}}$  мкм [1, с. 61].

№ п/п	Показатель, размерность	для шестерни	для колеса
1	Наименьшее дополнительное смещение исходного контура, мкм [1, с. 62]	$-E_{Hs} (+E_{Hi}) = \underline{\hspace{2cm}}$	$-E_{Hs} (+E_{Hi}) = \underline{\hspace{2cm}}$
2	Допуск на смещение исходного контура шестерни, мкм [1, с. 63]	$T_H = \underline{\hspace{2cm}}$	$T_H = \underline{\hspace{2cm}}$
3	Допуск на среднюю длину общей нормали, мкм [1, с. 64]	$T_{Wm} = \underline{\hspace{2cm}}$	$T_{Wm} = \underline{\hspace{2cm}}$
4	Допуск на длину общей нормали, мкм [1, с. 64]	$T_W = \underline{\hspace{2cm}}$	$T_W = \underline{\hspace{2cm}}$
5	Наименьшее отклонение толщины зуба, мкм [1, с. 65]	$-E_{cs} = \underline{\hspace{2cm}}$	$-E_{cs} = \underline{\hspace{2cm}}$
6	Допуск на толщину зуба, мкм [1, с. 66]	$T_C = \underline{\hspace{2cm}}$	$T_C = \underline{\hspace{2cm}}$

## 6 РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

### 6.1 Исходные данные

Задан сборочный чертеж узла.

Исходные данные для решения первой задачи: детали узла по увеличивающим размерам изготовлены по  $H8$ , по уменьшающим – по  $h7$ , номинальное значение размера замыкающего звена  $A_0 = 0,5$  мм.

Исходные данные для решения второй задачи: размер исходного звена  $A_0 = 0,5_{-0,1}$  мм.

### 6.2 Содержание задания

1. Изобразить эскиз заданного сборочного узла, составить схему сборочной размерной цепи.

2. Выявить на схеме замыкающее звено, увеличивающие и уменьшающие звенья, задать номинальные размеры составляющих звеньев, определить номинальный размер замыкающего звена.

3. Найти предельные отклонения замыкающих звеньев; определить допуск и предельные отклонения замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости (первая задача).

4. По заданному допуску и предельным отклонениям исходного звена определить предельные отклонения замыкающих звеньев методом одного качества (вторая задача).

### 6.3 Ход выполнения задания

1. Вычерчиваем эскиз сборочного узла (рисунок 6.1). На эскиз наносим схему сборочной размерной цепи, выбрав в качестве замыкающего звена зазор между крышкой и подшипником  $A_0$ .

2. Выявляем на схеме размерной цепи увеличивающие и уменьшающие размеры (рисунок 6.2):

увеличивающие размеры (перечислить) – \_\_\_\_\_;

уменьшающие размеры (перечислить) – \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

Витебский государственный технологический университет

Рисунок 6.1 – Чертеж сборочного узла

Замыкающим звеном цепи является размер  $A_0$ .

Назначаем номинальные размеры составляющих звеньев (мм). Значения размеров предварительно определяем по чертежу задания, после чего корректируем для получения требуемого значения  $A_0$ :

$$A_1 = \underline{\hspace{2cm}}; A_2 = \underline{\hspace{2cm}}; A_3 = \underline{\hspace{2cm}}; A_4 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$A_5 = \underline{\hspace{2cm}}; A_6 = \underline{\hspace{2cm}}; A_7 = \underline{\hspace{2cm}}; A_8 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$A_9 = \underline{\hspace{2cm}}; A_{10} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{11} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{12} = \underline{\hspace{2cm}};$$

Номинальный размер замыкающего звена

$$A_0 = \sum A_{ув} - \sum A_{ум} = (A + A + A) - (A + A + A + A + A + \underline{\hspace{2cm}} \\ \underline{\hspace{2cm}}) = (\underline{\hspace{2cm}}) - (\underline{\hspace{2cm}}) = \\ \underline{\hspace{2cm}})$$

= 0,5 мм.

3. Решаем первую задачу.

Определим предельные отклонения, предельные размеры и допуски составляющих звеньев [1, с. 5–6]. Результаты сводим в таблицу 6.1.

Рисунок 6.2 – Схема размерной цепи

Таблица 6.1 – Предельные отклонения и допуски составляющих звеньев

Обозначение размера	Номиналь- ный размер, мм	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск, $TA_i$ , мм
		верхнее, $Es$	нижнее, $Ei$	$A_{max}$	$A_{min}$	
Увеличивающие размеры, класс допуска $H8$						
$A$			0			
$A$			0			
$A$			0			
Уменьшающие размеры, класс допуска $h7$						
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				
$A$		0				

Допуск замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости равен:

$$TA_0 = \sum TA_i = \underline{\hspace{10cm}}$$

мм.

Определим предельные отклонения замыкающего звена:

$$Es(A_0) = \sum Es(A_{y\beta}) - \sum Ei(A_{y\mu}) = \underline{\hspace{10em}}$$

---



---



---



---

$$\underline{\hspace{10em}} = \underline{\hspace{10em}} \text{ мм};$$

$$Ei(A_0) = \sum Ei(A_{y\beta}) - \sum Es(A_{y\mu}) = 0.$$

Следовательно,  $A_0 = 0,5^+ \underline{\hspace{1em}}$  мм.

Определим предельные размеры замыкающего звена:

$$A_{0\max} = A_0 + Es(A_0) = 0,5 + \underline{\hspace{1em}} = \underline{\hspace{1em}} \text{ мм};$$

$$A_{0\min} = A_0 + Ei(A_0) = 0,5 \text{ мм}.$$

Выполним проверку, определив предельные размеры замыкающего звена через предельные размеры составляющих звеньев:

$$A_{0\max} = \sum A_{i\max(y\beta)} - \sum A_{i\min(y\mu)} = (\underline{\hspace{1em}}) -$$

$$-(\underline{\hspace{1em}})$$

$$= \underline{\hspace{1em}} \text{ мм};$$

$$A_{0\min} = \sum A_{i\min(y\beta)} - \sum A_{i\max(y\mu)} = (\underline{\hspace{1em}}) -$$

$$-(\underline{\hspace{1em}})$$

$$= \underline{\hspace{1em}} \text{ мм}.$$

4. Решаем вторую задачу.

Определим предельные размеры и допуск исходного звена согласно условию  $A_0 = 0,5_{-0,1}$ :

$$A_{0\max} = 0,5; A_{0\min} = 0,4; TA_0 = 0,5 - 0,4 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ мкм}.$$

Расчет ведем по способу одного качества. При этом способе на размеры всех составляющих звеньев назначают допуски по одному качеству с учетом номинальных размеров звеньев.

Определим значение единицы допуска  $i$  для каждого из составляющих размеров цепи (таблица 6.2) по формуле

$$i = 0,45\sqrt[3]{A_u} + 0,001A_u,$$

где  $A_u = \sqrt{A_{u\min} \cdot A_{u\max}}$  – среднее геометрическое границ интервала, которому принадлежит номинальный размер.

Таблица 6.2 – Предельные отклонения и допуски составляющих звеньев

Обозначение	Номинальный размер, мм	Границы интервала, мм $A_{u\min}; A_{u\max}$	$A_u$ , мм	Единица допуска $i$ , мкм
A <sub>1</sub>				
A <sub>2</sub>				
A <sub>3</sub>				
A <sub>4</sub>				
A <sub>5</sub>				
A <sub>6</sub>				
A <sub>7</sub>				
A <sub>8</sub>				
A <sub>9</sub>				
A <sub>10</sub>				
A <sub>11</sub>				
A <sub>12</sub>				
A <sub>13</sub>				
A <sub>14</sub>				
A <sub>15</sub>				

Определяем среднее число единиц допуска

$$a_m = \frac{TA_0}{\sum i} = \text{-----} \approx$$

Найденное число единиц допуска ближе всего соответствует качеству ИТ \_\_\_\_\_, для которого  $a = \text{-----}$  [1, с. 6]. Допуски размеров  $A_1 \dots A_n$  по \_\_\_\_\_ качеству соответственно равны: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ мм [1, с. 5–6].

Определим, выполняется ли неравенство, согласно которому сумма допусков замыкающих звеньев не должна превышать допуск исходного звена:

$$TA_0 \geq \sum TA_i .$$

В нашем случае  
 $TA_0 = 0,1 \text{ мм};$   
 $\sum TA_i = \text{-----}$   
 \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_  $\leq 0,1 \text{ мм}$

Если неравенство выполняется, качество подобран правильно, и требуемая точность исходного звена обеспечена.

Зная допуски размеров, назначаем предельные отклонения составляющих размеров (для увеличивающих размеров – как для основных отверстий со знаком «+», для уменьшающих размеров – как для основных валов со знаком «-»):

$A_1 = \text{-----}; A_2 = \text{-----}; A_3 = \text{-----}; A_4 = \text{-----};$   
 $A_5 = \text{-----}; A_6 = \text{-----}; A_7 = \text{-----}; A_8 = \text{-----};$   
 $A_9 = \text{-----}; A_{10} = \text{-----}; A_{11} = \text{-----}; A_{12} = \text{-----};$   
 $A_{13} = \text{-----}; A_{15} = \text{-----}; A_{16} = \text{-----}$

Если неравенство не выполняется, для составляющих звеньев необходимо выбрать более точный качество, в данном случае ИТ \_\_\_\_\_. Выписываем допуски размеров  $A_1 \dots A_n$  по \_\_\_\_\_ качеству и определяем их сумму:

$$\sum TA_i = \text{-----}$$

$$\text{-----} = \text{-----} < 0,1 \text{ мм}.$$

Неравенство выполняется, следовательно, квалитет подобран правильно, и требуемая точность исходного звена обеспечена.

Зная допуски размеров, назначаем предельные отклонения составляющих размеров (для увеличивающих размеров – как для основных отверстий со знаком «+», для уменьшающих размеров – как для основных валов со знаком «-»):

$$A_1 = \underline{\hspace{2cm}}; A_2 = \underline{\hspace{2cm}}; A_3 = \underline{\hspace{2cm}}; A_4 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$A_5 = \underline{\hspace{2cm}}; A_6 = \underline{\hspace{2cm}}; A_7 = \underline{\hspace{2cm}}; A_8 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$A_9 = \underline{\hspace{2cm}}; A_{10} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{11} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{12} = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$A_{13} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{15} = \underline{\hspace{2cm}}; A_{16} = \underline{\hspace{2cm}}$$

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нормирование точности деталей машин и приборов : методические указания по выполнению курсовой работы. В 2 ч. Ч. 2. Справочные данные / сост. А. Н. Голубев, В. В. Пятов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 70 с.
2. Нормирование точности деталей машин и приборов: методические указания по выполнению курсовой работы. В двух частях. Часть 1 / сост. А. Н. Голубев, В. В. Пятов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 82 с.
3. ГОСТ 24705-2004. Резьба метрическая. Основные размеры. – Введ. 2005-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2006. – 15 с.
4. ГОСТ 1643 – 81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – Введ. 1981-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 44 с.
5. ГОСТ 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 2003-01-01. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2003. – 15 с.
6. ГОСТ 520-2002. Подшипники качения. Общие технические условия. – Введ. 2003-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2006. – 66 с.
7. ГОСТ 1139- 80. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски. – Введ. 1982-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 9 с.
8. ГОСТ 3325-85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки. – Введ. 1987-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1994. – 103 с.
9. ГОСТ 8724-2002. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. – Введ. 2004-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
10. ГОСТ 9150-2002. Резьба метрическая. Профиль. – Введ. 2004-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2003. – 3 с.
11. ГОСТ 11708-82. Резьба. Термины и определения. – Введ. 1984-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. – 31 с.
12. ГОСТ 16093-2004. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором. – Введ. 2005-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2005. – 38 с.
13. ГОСТ 23360-78. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки. – Введ. 1980-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1978. – 16 с.
14. ГОСТ 24853-81. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски. – Введ. 1983-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 11 с.
15. ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – Введ. 2017-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 52 с.
16. ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов. – Введ. 2017-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 62 с.

17. РД 50-635-87. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей: методические указания. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 46 с.

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Рабочая тетрадь по выполнению курсовой работы

Клименков Степан Степанович  
Голубев Алексей Николаевич  
Матвеева Наталья Николаевна

Редактор *Т.А. Осипова*  
Корректор *А.В. Пухальская*  
Компьютерная верстка *А.Н. Голубев*

---

Подписано к печати 04.03.2022. Формат 60x90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. печ. листов 5,6.  
Уч.-изд. листов 3,6. Тираж 80 экз. Заказ № 79.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.