

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Псковский
государственный политехнический институт**

И.Г. Ершова Е.А. Евгеньева

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ**

Методические указания

Псков
2008

УДК 621. 753

Рекомендовано к изданию
Научно-методическим советом
Псковского государственного политехнического института

Рецензенты:

- к.т.н., профессор кафедры металлорежущие станки и инструменты – В.В. Шкуркин;
- генеральный директор ОАО «Псковский электромашиностроительный завод» – В.А. Игнатъев

Ершова И.Г., Евгеньева Е.А. **Метрология, стандартизация и сертификация**: Метод. указания. Псков, 2008. – 107с.

Методические указания предназначены для студентов очной сокращенной, очно-заочной и заочной форм обучения специальности 151001 – «Технология машиностроения» механико-машиностроительного факультета.

Методические указания содержат материалы и рекомендации, необходимые при выполнении курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

© Псковский государственный
политехнический институт, 2008
© Ершова И.Г., Евгеньева Е.А., 2008

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для студентов очной сокращенной, очно-заочной и заочной форм обучения специальности 151001 – ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ при изучении дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».

Целью данных методических указаний является упорядочение организации самостоятельной работы студента при изучении дисциплины, закрепление теоретических положений курса, приобретение навыков работы с нормативной документацией, ознакомление студентов с основными типами расчетов и выполнение курсовой работы.

Указания содержат рабочую программу, методические указания по изучению курса и вопросы для повторения и самопроверки, что позволяет студентам самостоятельно изучить дисциплину и подготовиться к выполнению курсовой работы.

В основу методики работы над курсовой работой положено её деление на ряд последовательно решаемых задач, что систематизирует работу над работой. В пособии кратко изложены теоретические положения, необходимые для решения задач, ссылки на изучаемые стандарты. В каждой задаче дана последовательность ее выполнения и приведены расчетные и графические примеры. Кроме того, данные указания содержат большой объем справочного материала, необходимого при выполнении курсовой работы.

Порядок изложения методических указаний соответствует порядку изучения данной дисциплины и работы студентов над курсовой работой.

Данные методические указания составлены в соответствии с программой Государственного Образовательного Стандарта по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация».

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

“МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ”

специальность **151001 – Технология машиностроения**

для студентов очной сокращенной, очно-заочной и заочной форм обучения

Учебная дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» является частью Федерального компонента. Рабочая программа данной учебной дисциплины составлена на основании Государственного Образовательного Стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов 151000 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утвержденного Министерством образования и науки Российской Федерации 18 марта 2004 года.

1. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью обучения студентов по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» является изучение:

- Основ метрологии и значение метрологии для оценки качественных и количественных характеристик определенных исследуемых объектов в области машиностроения;
- Основ обеспечения взаимозаменяемости деталей и узлов машин и механизмов;
- Знания Единой Системы Допусков и Посадок (ЕСДП);
- Расчет и выбор посадок;
- Расчет точности размерных цепей;
- Нормирование микронеровностей поверхностей;
- Геометрической точности формы поверхностей и их расположения;
- Системы допусков и посадок стандартизированных сопряжений (подшипников качения, шлицевых и шпоночных сопряжений, резьбовых сопряжений, допусков зубчатых колес и т.п.);
- Основ стандартизации, в том числе Международной организации по стандартизации (ИСО), государственной системы стандартизации (ГСС);
- Системы сертификации продукции. Основные положения Закона РФ по сертификации продукции.

1.2. Умение правильно понимать техническую информацию, заложенную в чертежах деталей и узлов продукции машиностроения и, естественно, правильно наносить ее на выполняемые чертежи.

Умение квалифицированно назначать требуемые допуски и посадки сопряжений деталей и узлов машин.

1.3. Получить навыки пользоваться измерительными приборами и инструментами для измерения геометрических параметров деталей машин и узлов.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Лекционный курс

Введение

Цели задачи курса. Краткий исторический очерк развития метрологии и стандартизации как науки. Список рекомендованной технической литературы.

Раздел 1

Основные понятия по основам метрологии и Единой Системе Допусков и Посадок (ЕСДП). Термины и определения. Сущность взаимозаменяемости деталей и узлов машин и механизмов. Единство измерений и организация обеспечения единства измерений. Классификация сопряжений в машиностроении. Основные принципы построения Единой Системы Допусков и Посадок (ЕСДП). Система отверстия и вала. Классификация посадок по ЕСДП. Методика расчета посадок. Условное обозначение допусков и посадок на чертежах.

Раздел 2

Система допусков и посадок подшипников качения. Требования к геометрической форме деталей, сопрягаемых с подшипниками качения, и к точности расположения поверхностей. Требования по шероховатости поверхностей этих деталей. Обозначение допусков и посадок на чертежах.

Раздел 3

Назначение и классификация гладких калибров. Допуски на гладкие калибры и методика расчета исполнительных размеров. Технические требования на изготовление гладких калибров, в том числе и маркировка гладких калибров.

Раздел 4

Понятие о размерных цепях и их классификация. Методы решения размерных цепей:

- На max и min, т.е. методом полной взаимозаменяемости;
- Теоретико-вероятностный метод расчета.

Раздел 5

Отклонения формы поверхностей деталей машин. Нормирование допусков на погрешности формы. Отклонения взаимного расположения поверхностей и осей деталей машин и узлов. Нормирование допусков на отклонения расположения поверхностей. Шероховатость поверхностей деталей машин. Термины и определения. Основные параметры шероховатости поверхностей и их нормирование. Условное обозначение параметров шероховатости поверхностей на чертежах.

Раздел 6

Система допусков и посадок шпоночных и шлицевых сопряжений. Типы шпоночных соединений и назначение посадок. Виды шлицевых соединений. Способы центрирования шлицевых соединений. Обоснование назначения допусков и посадок шлицевых сопряжений. Условное обозначение допусков и посадок шпоночных и шлицевых сопряжений.

Раздел 7

Система допусков и посадок резьбовых сопряжений. Основные параметры резьбового сопряжения. Условие взаимозаменяемости резьбовых сопряжений. Степени точности и посадки резьбовых сопряжений. Компенсация погрешностей по шагу резьбы и по половине угла профиля резьбы. Понятие о приведенном среднем диаметре резьбы. Условное обозначение допусков и посадок резьбовых сопряжений на чертежах. Резьбовые калибры.

Раздел 8

Система допусков на угловые размеры. Система допусков и посадок конических сопряжений. Конусные калибры.

Раздел 9

Система допусков зубчатых передач. Степени точности, применяемые для зубчатых колес. Нормы точности зубчатых передач: нормы кинематической точности, нормы плавности работы, нормы контакта зубьев, нормы по боковому зазору. Условное обозначение допусков зубчатых колес на чертежах.

Раздел 10

Основные положения по Государственной системе стандартизации (ГСС). Виды стандартов. Научная база стандартизации. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.

Раздел 11

Основные цели сертификации продукции. Основные положения Закона РФ по сертификации продукции. Условия осуществления сертификации. Правила и порядок проведения сертификации. Сертификация услуг и сертификация систем качества.

2.2. Перечень тем практических занятий

1. Ряды нормальных размеров деталей. Государственные стандарты, относящиеся к стандартизированным сопряжениям.
2. Методика расчета посадок сопряжений подшипников качения.
3. Обоснование выбора и назначения допусков и посадок на гладкие цилиндрические сопряжения.
4. Методика расчета гладких калибров.
5. Составление размерных цепей и метод расчета размерных цепей на максимум и минимум.
6. Методика расчета размерных цепей теоретико-вероятностным методом.
7. Обоснование типа шпоночного сопряжения, выбор допусков и посадок.
8. Обоснование способа центрирования шлицевого сопряжения и выбор допусков и посадок для шлицевого сопряжения.
9. Обоснование выбора допусков и посадок резьбового сопряжения.
10. Методика расчета шпоночных калибров. Технические требования на изготовление шпоночных калибров.
11. Методика расчета шлицевых калибров. Технические требования на их изготовление.
12. Методика расчета резьбовых калибров. Технические требования на их изготовление.
13. Технические требования на изготовление зубчатых колес и правила оформления чертежа зубчатого колеса.
14. Технические требования на изготовление валов (стаканов, втулок) и правила оформления чертежа вала.
15. Обоснование нормирования параметров шероховатости поверхностей на чертежах вала и зубчатого колеса.
16. Обоснование назначения неуказанных допусков на линейные размеры, угловые размеры, радиусы закруглений, фасок и т.п.
17. Технические требования к оформлению технической документации – пояснительной записки курсового проекта.

2.3. Список лабораторных работ

1. Проверка размеров калибра скобы концевыми мерами длины.
2. Измерение размеров деталей штангенинструментами.
3. Измерение размеров деталей микрометрическими приборами.
4. Измерение внутреннего диаметра подшипника качения на горизонтальном оптиметре.
5. Измерение конусности калибра-пробки с помощью синусной линейки.
6. Измерение радиального и торцевого биений вала.
7. Измерение параметров шероховатости поверхностей с помощью двойного микроскопа. (Измерение шероховатости поверхностей деталей на профилометре мод. 283.)
8. Измерение смещения исходного контура зубчатого колеса зубомером смещения.
9. Измерение толщины зуба хордовым зубомером.
10. Измерение радиального биения венца зубчатого колеса.
11. Измерение среднего диаметра резьбы резьбовым микрометром со вставками. (Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволок.)
12. Измерение параметров резьбы на большом инструментальном микроскопе.

3. ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация. - М., Высшая школа, 2004 – 767 с.
2. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. - М., Логос, 2003 – 525 с.
3. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. – С-Пб., 2004 – 432 с.

Дополнительная

4. Марков М.Н., Осипов В.В., Шабалина М.Б. Нормирование точности в машиностроении. – М., Высшая школа, 2001 – 335 с.
5. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1986г.
6. Иванов О.А., Смирнов А.А. и др. Лабораторные работы “Технические измерения” в 3-х частях. С-Петербург, СПбГТУ, 1997г.

Нормативно-справочная

7. Анухин В.И. Допуски и посадки. – Учебное пособие. 3-е издание, С-Пб., Питер, 2004 – 207 с.
8. Торопов Ю.А. Припуски, допуски и посадки. Справочник. С-Пб., Профессия, 2003 – 598 с.
9. ЕСДП. Справочник. М., Госстандарт, 1989.
10. Мягков В.Д. и др. Допуски и посадки. Справочник в 2-х томах. М., Машиностроение, 1983 – 543 + 448 с.

Перечень учебно-методических разработок

11. Магда В.И., Ершова И.Г., Евгеньева Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Методическое пособие для студентов ММФ. Псков, ППИ, 2004 – 132 с.
12. Магда В.И. Учебное пособие по курсовому проектированию. Часть 1. Псков, 1997 – 31с.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНЫХ ЧАСОВ ПО РАЗДЕЛАМ

№ п/п	Раздел	Очная сокращенная форма обучения				Вечерняя форма обучения				Заочная форма обучения			
		Лк	Пз	Лб.з	Сам	Лк	Пз	Лб.з	Сам	Лк	Пз	Лб.з	Сам
1	Введение	2				2							2
2	Раздел 1	4	4	4	8	4	4	4	8	4	4	4	8
3	Раздел 2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2
4	Раздел 3	2	1	3	4	2	1	3	4	2	2	3	2
5	Раздел 4	4	2			4	2						1
6	Раздел 5	4	1	1	2	4	1	1	2			1	1
7	Раздел 6	2	3		2	2	3		2	2	1		2
8	Раздел 7	4	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2
9	Раздел 8	2	1	3	2	2	1	3	2	2	1	3	2
10	Раздел 9	4	2	3	2	4	2	3	2	4	2	3	2
11	Раздел 10	2			1	2			1	2			1
12	Раздел 11	2			1	2			1	2			1
Итого		34	17	17	17	26	17	17	26	28	14	17	26

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ» И ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ И САМОПРОВЕРКИ

1. ВВЕДЕНИЕ

При изучении этой темы необходимо усвоить, в первую очередь, задачи курса «Метрология, стандартизация и сертификация» и краткий исторический очерк развития метрологии и стандартизации. Изучить роль русских и российских ученых в области метрологии и стандартизации. Значение сертификации продукции на современном этапе развития производства.

Вопросы для повторения:

1. Каковы цели и задачи курса «Метрология, стандартизация и сертификация».
2. Исторический очерк развития метрологии и стандартизации.
3. Где и когда зародилась метрическая система линейных измерений.
4. Роль русских и российских ученых в создании эталонов длины.

РАЗДЕЛ 1

ТЕМА 1.1. Термины и определения «Единой системы допусков и посадок» (ЕСДП).

Вопросы для повторения:

1. Краткая классификация сопряжений в машиностроении.
2. Понятия терминов: номинальный размер сопряжения, предельные размеры, отклонения и допуск.
3. Какие группы посадок имеются?
4. Понятия терминов: зазор, натяг, допуск посадки.
5. График полей допусков посадки и основные размеры.

ТЕМА 1.2. Основные принципы построения Единой системы допусков и посадок (ЕСДП). Основание системы: система отверстия и система вала. Градация интервалов. Единица допуска. Качества точности и их характеристика и рекомендации по их назначению. Классификация посадок и их характеристика. Основные и неосновные отклонения. Температурный режим измерения. Условное обозначение допусков и посадок на чертежах.

Вопросы для повторения:

1. Понятие системы отверстия.
2. Графики посадок по системе отверстия.
3. Преимущества системы отверстия.
4. Условное обозначение допусков и посадок по системе отверстия.
5. Понятие системы вала.
6. Преимущества и недостатки системы вала.
7. Графики посадок по системе вала.
8. Условное обозначение допусков и посадок по системе вала.
9. Понятия основных и неосновных отклонений.
10. Что понимают под единицей допуска.
11. Какие качества предусмотрены стандартом в ЕСДП.

ТЕМА 1.3. Методика расчета посадок: подвижных (с зазором), неподвижных (с натягом) и переходных.

Вопросы для повторения:

1. Методика расчета подвижных посадок (с зазором).
2. Какая теория используется при разработке методики расчета подвижных посадок?
3. Методика расчета неподвижных (прессовых) посадок (с натягом).
4. Какая основа заложена при разработке методики расчета неподвижных посадок?
5. Методика расчета переходных посадок.

РАЗДЕЛ 2

ТЕМА 2.1. Система допусков и посадок подшипников качения. Требования к геометрической точности деталей, сопрягаемых с подшипниками качения. Требования по шероховатости вышеуказанных поверхностей. Условное обозначение допусков и посадок сопряжений с подшипниками качения.

Вопросы для повторения:

1. Классы точности подшипников качения.
2. Какие основные условия выбора посадок подшипников качения.
3. Как назначены допуски на внутренний диаметр отверстия и на наружный диаметр наружной обоймы подшипников качения?
4. Какие посадки предусмотрены стандартом для подшипников качения?
5. Какие основные виды допусков по геометрической точности установлены стандартом для поверхностей деталей, сопрягаемых с подшипниками качения?
6. Какие основные требования к шероховатости поверхностей деталей, сопрягаемых с подшипниками качения?
7. Как обозначаются допуски и посадки на сопряжения с подшипниками качения?

РАЗДЕЛ 3

ТЕМА 3.1. Назначение и классификация гладких калибров. Допуски гладких калибров. Методика расчета исполнительных размеров гладких калибров. Технические требования на изготовление гладких калибров и их маркировка.

Вопросы для повторения:

1. Назначение гладких калибров.
2. Какие разновидности гладких калибров предусмотрены стандартами?
3. Какие допуски на гладкие калибры установлены стандартом?
4. Методика расчета исполнительных размеров гладких калибров.
5. Технические требования на изготовление гладких калибров.
6. Маркировка калибров.

РАЗДЕЛ 4

ТЕМА 4.1. Размерные цепи и их классификация. Методы решения размерных цепей:

- на \max и \min , т. е. методом полной взаимозаменяемости;
- теоретико-вероятностный метод расчета;
- другие методы расчета размерных цепей.

Вопросы для повторения:

1. Что называется размерной цепью.
2. Виды размерных цепей.
3. Метод расчета размерных цепей на \max и \min .
4. Теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей.
5. Сущность расчета размерных цепей методом групповой взаимозаменяемости (селективной сборки) и методом регулирования.

РАЗДЕЛ 5

ТЕМА 5.1. Отклонения формы поверхностей деталей машин. Нормирование допусков на погрешности формы деталей. Отклонения взаимного расположения поверхностей и осей деталей машин и узлов. Нормирование допусков на отклонения расположения поверхностей. Условное обозначение допусков формы и расположения поверхностей на чертежах.

Вопросы для повторения:

1. Какие отклонения формы поверхностей возможны при изготовлении деталей?
2. Как нормируются допуски на отклонения формы поверхностей деталей?
3. Какие допуски предусмотрены стандартом на отклонения расположения поверхностей?
4. Условное обозначение допусков на отклонения формы и расположения поверхностей

ТЕМА 5.2. Шероховатость поверхностей деталей машин. Термины и определения шероховатости поверхностей. Основные параметры шероховатости поверхности и их нормирование. Условное обозначение параметров шероховатости поверхностей на чертежах.

Вопросы для повторения:

1. Понятие терминов: шероховатость поверхности, базовая длина и др.
2. Каковы основные параметры шероховатости предусмотрены стандартом?
3. Что понимается под параметром R_z ?
4. Что понимается под параметром R_a ?
5. Что понимается под термином: относительная опорная длина?
6. Как обозначаются виды направлений неровностей поверхностей?
7. Как нормируются значения параметров шероховатости поверхностей?
8. Условное обозначение параметров шероховатости поверхностей на чертежах.

РАЗДЕЛ 6

ТЕМА 6.1. Система допусков и посадок шпоночных и шлицевых сопряжений. Виды шлицевых сопряжений и способы их центрирования. Обоснование выбора посадок для шпоночных и шлицевых сопряжений. Условное обозначение допусков и посадок для шпоночных и шлицевых сопряжений. Калибры для шпоночных и шлицевых сопряжений.

Вопросы для повторения:

1. Какие типы шпоночных сопряжений назначаются в машинах и механизмах?
2. Допуски и посадки шпоночных сопряжений
3. Виды шлицевых сопряжений и способы их центрирования.
4. Как обосновывается выбор способа центрирования шлицевых сопряжений?
5. Группы посадок для шлицевых сопряжений.
6. По какой системе назначаются допуски и посадки на размеры шлицевого сопряжения.
7. Как условно обозначаются допуски и посадки шлицевых сопряжений на чертежах?

РАЗДЕЛ 7

ТЕМА 7.1. Система допусков и посадок резьбовых сопряжений. Параметры резьбового сопряжения. Условие взаимозаменяемости резьбовых сопряжений. Степени точности и посадки резьбовых сопряжений. Компенсация погрешностей по шагу и по половине угла профиля резьбы. Приведенный средний диаметр резьбы. Условное обозначение допусков и посадок резьбовых сопряжений на чертежах. Резьбовые калибры.

Вопросы для повторения:

1. Какие виды резьб используются в машиностроении и приборостроении?
2. Основные параметры резьбового сопряжения.
3. Как предусматривается компенсация погрешностей по шагу резьбы?
4. Как предусматривается компенсация погрешностей по половине угла профиля резьбы?
5. Какие допуски предусмотрены стандартом на параметры резьбы?
6. Понятие о приведенном среднем диаметре резьбы.
7. Степени точности и виды посадок для резьбовых сопряжений.
8. Условное обозначение допусков и посадок резьбовых сопряжений на чертежах.
9. Назначение и разновидности резьбовых калибров.
10. В чем состоит различие между полным и укороченным профилем резьбовых калибров?

РАЗДЕЛ 8

ТЕМА 8.1. Система допусков на угловые размеры. Система допусков и посадок конических сопряжений. Конусные калибры.

Вопросы для повторения:

1. Система допусков на угловые размеры.
2. Система допусков и посадок конических соединений.
3. Какие группы посадок предусмотрены стандартом для наружных и внутренних конусов?
4. Что понимают под термином «базорасстояние» в конических соединениях?

5. Методика расчета допусков базорасстояния конического сопряжения.
6. Методы и средства контроля углов и конусов.
7. Как проводится контроль конусов конусными калибрами?

РАЗДЕЛ 9

ТЕМА 9.1. Система допусков зубчатых передач. Степени точности зубчатых колес. Нормы точности цилиндрических зубчатых передач:

- нормы кинематической точности;
- нормы плавности работы;
- нормы контакта зубьев;
- нормы бокового зазора.

Условное обозначение допусков зубчатых колес на чертежах.

Вопросы для повторения:

1. Основные параметры цилиндрических зубчатых колес.
2. Степени точности цилиндрических зубчатых колес.
3. Виды сопряжений цилиндрических зубчатых передач.
4. Какие допуски входят в нормы кинематической точности цилиндрических передач?
5. Какие виды допусков входят в нормы плавности работы?
6. Какие виды допусков входят в нормы контакта зубьев?
7. Какие виды допусков входят в нормы бокового зазора цилиндрических зубчатых передач?
8. Каким прибором измеряется отклонение окружного шага?
9. Каким прибором измеряются отклонения основного шага?
10. Как измеряются отклонения длины общей нормами?
11. Как измеряются отклонения межцентрового расстояния зубчатой передачи?
12. Как измеряется радиальное биение венца зубчатого колеса?
13. Как проверяется смещение исходного контура зубчатой рейки колеса?
14. Значение величины пятна контакта зубчатого колеса на работоспособность зубчатой передачи.
15. Значение величины бокового зазора на работоспособность зубчатой передачи.
16. Условное обозначение допусков и видов сопряжений цилиндрических зубчатых колес на чертежах.

РАЗДЕЛ 10

ТЕМА 10.1. Основные положения по государственной системе стандартизации. Виды стандартов. Научная база стандартизации. Госконтроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов.

Вопросы для повторения:

1. Понятия: стандартизация, стандарт, технические условия, система стандартизации.
2. Категории стандартов.
3. Основные положения закона о стандартизации.
4. Роль стандартизации в обеспечении повышения качества выпускаемой продукции.
5. Краткие сведения о международной стандартизации.
6. Как осуществляется государственный контроль за соблюдением требований государственных стандартов?

РАЗДЕЛ 11

ТЕМА 11.1. Основные цели сертификации продукции. Условия осуществления сертификации. Правила и порядок проведения сертификации согласно Закону о сертификации продукции. Сертификация услуг и сертификация систем качества.

Вопросы для повторения:

1. Понятие: сертификация.
2. Цели осуществления сертификации.
3. Система сертификации.
4. Основные положения Закона о сертификации продукции (услуг).

5. Требования научно-технической документации (НТД) на сертифицируемую продукцию.
6. Информация о сертификации.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для своевременной подготовки студентов к качественному выполнению лабораторного практикума, студентам необходимо самостоятельно изучить разделы, которые относятся к техническим линейным и угловым измерениям.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

Целью выполнения курсовой работы ставится углубленное изучение курса «Метрология, стандартизация и сертификация» и умение правильно использовать ГОСТы, справочники и другие технические материалы, относящиеся к допускам и посадкам, в том числе, при выполнении технических задач, чертежей.

Задачей выполнения курсовой работы является самостоятельное решение ряда задач по взаимозаменяемости и стандартизации применительно к конкретным требованиям при проектировании механизмов и деталей машин.

К выполнению курсовой работы студенты могут приступать по мере изучения соответствующих разделов теоретического курса.

Курсовая работа включает в себя 10 задач, охватывающих основные разделы рабочей программы курса «Метрология, стандартизация и сертификация». Решение задач необходимо вести в той последовательности, в которой они представлены в данном пособии.

По каждой задаче дается методическое руководство, где указывается:

- цель работы;
- задание, которое включает варианты индивидуальных заданий приведенных в таблице в виде «Исходные данные для расчета»;
- краткий теоретический материал, который содержит основные положения по изучаемой теме, ссылки на изучаемые стандарты;
- последовательность выполнения задачи с перечнем вопросов, которые подлежат разработке;
- типовой пример решения задачи.

Студент выполняет задачи курсовой работы по варианту, номер которого соответствует двум последним цифрам номера студенческого билета.

При выполнении курсовой работы следует применять обозначения, приведенные в методических указаниях и численном примере.

Курсовая работа оформляется в виде расчетно-пояснительной записки, изложенной на стандартных листах формата А4 (297×210), а также схем и эскизов, выполненных на стандартных листах формата А4.

Схемы полей допусков необходимо строить в принятом масштабе. Эскизы выполнять без точного масштаба, но с применением чертежных инструментов. Листы схем и эскизов следуют за расчетом по каждой задаче.

Чертежи (см. задачи 8, 9 и 10) должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД.

Текст в расчетно-пояснительной записке пишется на одной стороне листа с оставлением полей: слева – 25 мм, справа – 10 мм, сверху и внизу 20 мм.

При выполнении задач курсовой работы рекомендуется пользоваться исходными нормативными материалами, т.е. непосредственно стандартами.

ПРИМЕЧАНИЕ. 1. Расчетно-пояснительная записка должна быть составлена с учетом требований, предъявляемых к оформлению технической документации (титульный лист, содержание с нумерацией страниц, задание, список использованной литературы и т.д.).

2. При выполнении курсовой работы номера задач определяет преподаватель.

3. Список рекомендованной литературы смотри на стр.7, 8.

ЗАДАЧА №1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить основные положения и научиться определять величину допуска, предельные размеры, зазоры и натяги. Изучить посадки, установленные ЕСДП.
2. Научиться правильно оформлять сборочные чертежи и рабочие чертежи с обозначением посадок и отклонений.
3. Научиться пользоваться таблицами допусков и посадок ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75).

2. ЗАДАНИЕ

Для заданного сопряжения (табл.1) определить предельные размеры вала и отверстия; определить величину допусков каждой детали; найти величину предельных зазоров или натягов и допуск посадки; построить график полей допусков в определенном масштабе, нанести все размеры, отклонения, допуски. Начертить эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и отклонений.

Таблица 1

Исходные данные для расчета гладких соединений

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальный диаметр сопряжения	40	80	120	65	105	36	55	14	22	75
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Посадки	H7/g6	D9/h9	H8/h7	H8/s7	H7/k6	H8/f7	P7/h6	H7/s6	M8/h7	H7/e8

1. ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ГЛАДКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ГОСТ 25346-89 «ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» устанавливает термины, определения и условные обозначения, допуски и основные отклонения системы допусков и посадок для размеров до 3150 мм.

Обработать деталь точно по номинальному размеру, указанному на чертеже, практически невозможно из-за многочисленных погрешностей, влияющих на процесс обработки. Поэтому размер обработанной детали ограничивают двумя предельными размерами, один из которых называется наибольшим предельным размером, а другой – наименьшим предельным размером.

Измерением отверстия или вала с допустимой погрешностью определяют их действительный размер. Деталь является годной, если ее действительный размер больше наименьшего предельного размера, но не превосходит наибольшего предельного размера.

На чертежах вместо предельных размеров рядом с номинальным размером указывают два предельных отклонения (верхнее предельное отклонение - ES, es и нижнее предельное отклонение - EI, ei), например, $30_{-0,1}^{+0,5}$ мм.

Допуском T называют разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или алгебраическую разность между верхним и нижним отклонениями, характеризующими точность, с которой должен быть выполнен размер при изготовлении детали.

$$\begin{aligned} \text{Допуск отверстия:} \quad & TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI; \\ \text{Допуск вала:} \quad & Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei. \end{aligned}$$

Зону, ограниченную верхним и нижним отклонениями, называют полем допуска. Поле допуска определяется величиной допуска (кавалитетом) и его положением относительно номинального размера (основным отклонением). При графическом изображении поле допуска заключено между линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии.

Взаимное расположение полей допусков сопрягаемых деталей характеризует тип посадки и величины наибольших и наименьших зазоров или натягов.

Характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов, называется посадкой. Различают посадки трех типов: с зазором, с натягом и переходные.

Посадка с зазором – посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении и поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала. Эту посадку характеризуют наименьший S_{\min} и наибольший S_{\max} зазоры. Наименьший зазор S_{\min} в соединении отверстия с валом образуется, если в отверстие с наименьшим предельным размером D_{\min} будет установлен вал с наибольшим предельным размером d_{\max} . Наибольший зазор S_{\max} образуется при наибольшем предельном размере отверстия D_{\max} и наименьшем предельном размере вала d_{\min} .

$$\text{Наибольший зазор: } S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei.$$

$$\text{Наименьший зазор: } S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es.$$

Посадка с натягом – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении, а поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала. Посадку с натягом характеризуют наименьший N_{\min} и наибольший N_{\max} натяги. Наименьший натяг N_{\min} имеет место в соединении, если в отверстие с наибольшим предельным размером D_{\max} будет запрессован вал наименьшего предельного размера d_{\min} , а наибольший натяг N_{\max} – при наименьшем предельном размере отверстия D_{\min} и наибольшем предельном размере вала d_{\max} .

$$\text{Наибольший натяг: } N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI;$$

$$\text{Наименьший натяг: } N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES.$$

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга. В этом случае поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью.

$$\text{Наибольший зазор: } S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei;$$

$$\text{Наибольший натяг: } N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI.$$

Допуск посадки – разность между наибольшим и наименьшим зазорами (натягами) или сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение.

Вал и отверстие, образующие посадку, имеют один и тот же номинальный размер и различаются верхними и нижними отклонениями; поэтому на чертежах над размерной линией посадку обозначают после номинального размера дробью, в числителе которой записывают предельные отклонения для отверстия, а в знаменателе – предельные отклонения для вала.

ГОСТ 25347-82 «ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки» устанавливает допуски и посадки для размеров менее 1 мм и до 3150 мм.

2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

В задании вид сопряжения задан номинальным диаметром и условным обозначением конкретной посадки.

1. Исходя из заданных обозначений посадок, записать их условное обозначение дробью, как принято обозначать посадки на чертежах.

2. По таблицам ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти отклонения размеров вала и отверстия.

3. Вычислить предельные размеры вала и отверстия.

4. Определить величину допусков каждой детали.

5. Найти величину предельных зазоров или натягов и допуск посадки.

6. Построить график полей допусков в определенном масштабе, нанести все размеры, отклонения, допуски.

7. Вычертить эскизы сопряжения в сборе и подетально с обозначением посадок и отклонений.

5. ПРИМЕР

Задано сопряжение номинального диаметра 65 мм, посадка $\frac{H6}{f6}$ с зазором в системе отверстия.

Решение

1. На основе задания записываем условное обозначение посадки:

$$\text{Ø}65 \frac{H6}{f6}.$$

2. По таблицам ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) определяем отклонения отверстия и вала:

для отверстия: $ES=+0,019$ мм; $EI=0$;
для вала: $es=-0,030$ мм; $ei=-0,049$ мм;

Записываем для отверстия: $\text{Ø}65H6=\text{Ø}65^{+0,019}$ мм;
для вала $\text{Ø}65f6=\text{Ø}65_{-0,049}^{-0,030}$ мм.

3. Находим предельные размеры деталей:

$$\begin{aligned} D_{\max} &= D + ES = 65 + 0,019 = 65,019 \text{ мм}; \\ D_{\min} &= D + EI = 65 \text{ мм}; \\ d_{\max} &= d + es = 65 + (-0,030) = 64,970 \text{ мм}; \\ d_{\min} &= d + ei = 65 + (-0,049) = 64,951 \text{ мм}. \end{aligned}$$

4. Определяем величину допусков размеров деталей:

$$\begin{aligned} \text{для отверстия: } TD &= D_{\max} - D_{\min} = 65,019 - 65 = 0,019 \text{ мм}; \\ \text{для вала: } Td &= d_{\max} - d_{\min} = 64,970 - 64,951 = 0,019 \text{ мм}. \end{aligned}$$

5. Определяем величину предельных зазоров и допуск посадки:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = 65,019 - 64,951 = 0,068 \text{ мм}; \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = 65 - 64,970 = 0,030 \text{ мм}; \\ TS &= S_{\max} - S_{\min} = 0,068 - 0,030 = 0,038 \text{ мм} \end{aligned}$$

6. Строим схему расположения полей допусков (рис. 1)

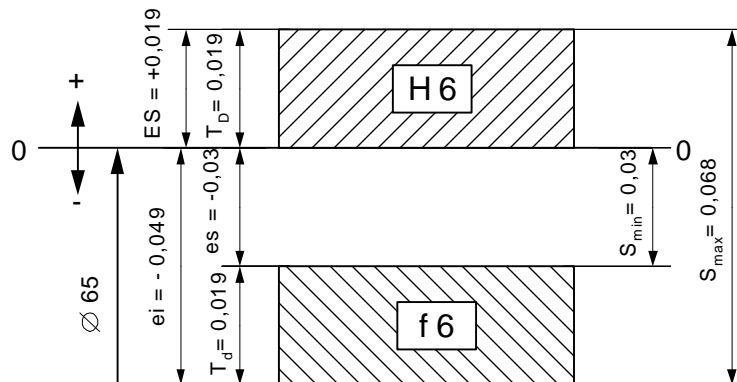


Рис. 1. Схема полей допусков

7. Вычерчиваем сопряжение в сборе и подетально (рис. 2).

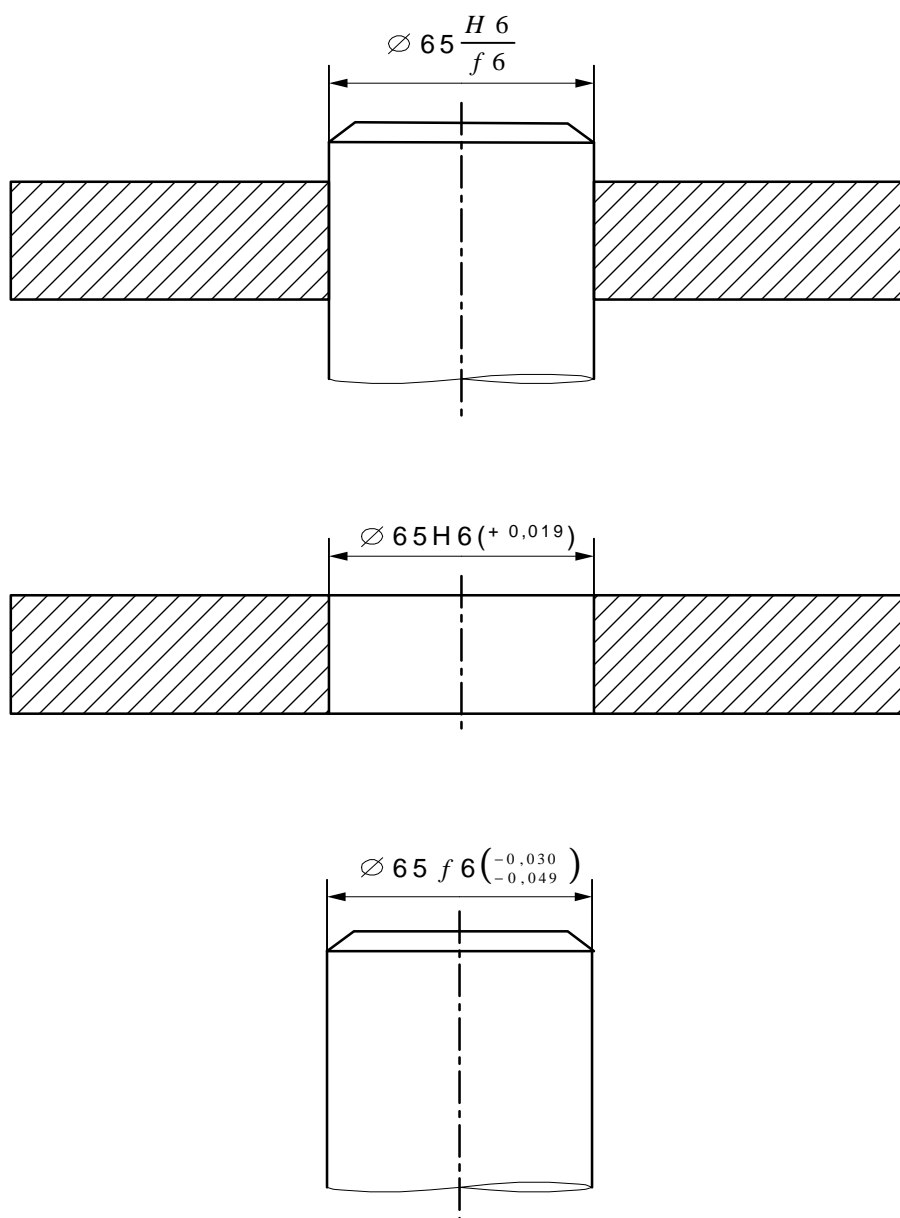


Рис. 2. Обозначение посадок и отклонений размеров на сборочном чертеже и подетально

ЗАДАЧА №2 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДОК ДЕТАЛЕЙ, СОПРЯГАЕМЫХ С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться обоснованно назначать посадки для деталей, сопрягаемых с подшипниками качения.

2. ЗАДАНИЕ

Выполнить расчет и выбор посадок для подшипника качения (табл.2). Построить схемы расположения полей допусков сопрягаемых деталей. Выполнить эскизы сопряжения в сборе и подетально с указанием отклонений и шероховатости обрабатываемых поверхностей, сопряженных с подшипником деталей.

Таблица 2

Исходные данные для расчета посадок подшипников качения

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вращается: вал корпус	да нет	да нет	нет да	да нет	да нет	да нет	да нет	нет да	да нет	нет да
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радиальная нагрузка: R, кН	60	24	10	4,8	8,0	20	3,2	8,4	4,0	12,0
Номер подшипника	316	314	218	216	317	410	412	213	309	415
Класс точности подшипника	0	6	5	5	6	5	0	6	5	0
Характер нагрузки*	1	3	4	4	2	5	1	3	2	5
*1 – спокойная нагрузка, толчки отсутствуют; 2 – легкие толчки, кратковременные перегрузки до 125% от расчетной нагрузки; 3 – умеренные толчки, вибрации, кратковременные перегрузки до 150% от расчетной нагрузки; 4 – значительные толчки, вибрации, кратковременные перегрузки до 200% от расчетной нагрузки; 5 – сильные удары, кратковременные перегрузки до 300% от расчетной нагрузки.										

3. ВЫБОР ПОСАДОК ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ НА ВАЛЫ И В КОРПУСА.

Посадку подшипника качения на вал и в корпус выбирают в зависимости от типа и размера подшипника, условий его эксплуатации, значения и характера действующих на него нагрузок и вида нагружения колец. Согласно ГОСТ 3325-85 (СТ СЭВ 773-77) различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и колебательное.

Посадки следует выбирать так, чтобы вращающееся кольцо подшипника было смонтировано с натягом, исключая возможность обкатки и проскальзывания этого кольца по посадочной поверхности вала или отверстия в корпусе в процессе работы под нагрузкой; другое кольцо должно быть установлено с зазором.

Следовательно, при вращающемся вале соединение внутреннего кольца с валом должно быть неподвижным, а наружное кольцо установлено в корпусе с небольшим зазором; при неподвижном вале соединение внутреннего кольца с валом должно иметь посадку с небольшим зазором, а наружного кольца с корпусом – должно быть неподвижным.

Посадку с зазором назначают для кольца, которое испытывает местное нагружение.

Посадку с натягом назначают преимущественно для кольца, которое испытывает циркуляционное нагружение.

Рекомендуемые посадки для подшипников качения и примеры их применения приведены в ГОСТ 3325-85 (СТ СЭВ 773-77) «Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки».

ГОСТ 3325-85 устанавливает степени точности торцевого биения заплечиков вала и отверстия корпуса (табл.П7, Приложение1), а также устанавливает величины допустимой шероховатости этих поверхностей. Шероховатость посадочных поверхностей, сопрягаемых с кольцами подшипника деталей, зависит от диаметра и класса точности подшипника (табл.П8, Приложение1).

ГОСТ 520-71 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» устанавливает допускаемые отклонения на размеры подшипников качения (для внутренних и наружных колец) в зависимости от класса точности и номинального диаметра.

Обозначение подшипника качения.

Обозначение подшипника состоит из класса точности и условного обозначения. Класс точности проставляется через тире перед условным числовым обозначением подшипника: 5-208; 6-36205; 210. Нулевой класс в обозначениях не указывают, т.к. он является основным и принят к выпуску для всех типов подшипников качения.

Условное обозначение в общем случае состоит из семи знаков:

- **Первые две** цифры справа обозначают его внутренний диаметр; он определяется умножением указанных цифр на 5 ($05 \times 5 = 25\text{мм}$);
- **Третья** цифра справа обозначает серию диаметров (1 – особо-легкая, 2 – легкая, 3 – средняя, 4 – тяжелая и т.д.);
- **Четвертая** цифра справа обозначает тип подшипника (0 – шариковый радиальный, 1 – шарик. рад. сферич., 2 – роликовый и т.д.);
- **Пятая и шестая** - обозначают отклонение конструкции подшипника от основного типа;
- **Седьмая** – обозначает серию ширин.

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Установить характер нагружения внутреннего и наружного колец подшипника.

2. По ГОСТ 3476-79 «Подшипники качения. Основные размеры.» (табл.П1, Приложение1) определить основные размеры подшипника:

- наружный диаметр D , мм;
- внутренний диаметр d , мм;
- ширина подшипника B , мм;
- радиус закругления r , мм.

3. Вычислить интенсивность нагрузки поверхности под циркуляционно нагруженное кольцо:

$$P_r = \frac{R}{b} k_{\Pi} \cdot F \cdot F_A, \text{ кН/м},$$

где R – расчетная радиальная реакция опоры, кН; b – рабочая ширина посадочного места, м, ($b = B - 2r$);

k_{Π} – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки; ($k_{\Pi} = 1$ - при нагрузке с умеренными толчками и вибрацией и перегрузке до 150 %, $k_{\Pi} = 1,8$ – при нагрузке с сильными ударами и вибрацией и перегрузке до 300 %);

F – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале и тонкостенном корпусе. Коэффициент F для вала изменяется в пределах от 1 до 3. При сплошном вале $F = 1$. Для корпуса коэффициент F изменяется в пределах от 1 до 1,8;

F_A – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки R между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки A на опору. Коэффициент F_A изменяется в пределах от 1 до 2. При отсутствии осевой нагрузки $F_A = 1$.

4. Выбрать соответствующую посадку для циркуляционно нагруженного кольца (табл.П2, Приложение1).

5. Назначить посадку для местно нагруженного кольца, (табл.П3, Приложение1).

6. Определить отклонения для колец подшипника по таблицам ГОСТ 520-71 (табл.П5 и П6, Приложение1) и по ГОСТ 25347-82 определить отклонения на размеры деталей (вал и корпус).

7. Вычислить наибольший натяг N_{\max} (мкм) между циркуляционно нагруженным кольцом подшипника и валом и определить усилие запрессовки $R_{\text{запр.}}(H)$ подшипника на вал:

$$N_{\max} = es - EI;$$

$$R_{\text{запр.}} = f_k f_e N_{\max} 10,$$

где f_k – фактор сопротивления, зависящий от коэффициента трения, (при напрессовании принимается $f_k = 4$, при снятии вала $f_k = 6$); f_e – фактор, зависящий от размеров кольца и определяемый по формуле

$$f_e = B \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right],$$

где d – диаметр внутреннего кольца, мм; B – ширина кольца, мм; d_0 – приведенный наружный диаметр внутреннего кольца, мм;

$$d_0 = d + \frac{D-d}{4}$$

8. Построить схему расположения полей допусков размеров сопрягаемых деталей.

9. Начертить сопряжение в сборе и подетально с указанием отклонений и шероховатости обрабатываемых поверхностей, сопряженных с подшипником деталей.

5. ПРИМЕР

Для подшипника качения рассчитать и выбрать посадки под внутреннее и наружное кольцо, построить схему полей допусков, определить предельные натяги (зазоры), усилие запрессовки и начертить детализированные схемы сопряжения (в сборе и подетально).

Исходные данные:

Шарикоподшипник №207. Вращается вал, нагрузка умеренная, спокойная. Вал сплошной. Корпус чугунный, неразъемный. Радиальная нагрузка $R=4300H$.

Решение

1. Устанавливаем характер нагружения колец подшипника. Согласно условию (вращается вал), внутреннее кольцо нагружено циркуляционно, а наружное – местное нагружение.

По табл.П1 (Приложение1) определяем основные размеры подшипника:

- наружный диаметр $D=72$ мм,
- внутренний диаметр $d=35$ мм,
- ширина $B=17$ мм,
- радиус закругления $r=2$ мм.

2. Определяем интенсивность нагрузки поверхности вала под внутреннее кольцо:

$$P_r = \frac{R}{b} k_{\Pi} \cdot F \cdot F_A = \frac{4300}{(17 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 330 \cdot 10^3 H / м = 330 Kн / м.$$

3. Согласно табл.П2 (Приложение1) этому соответствует поле допуска к6, т.е. Ø35 к6.

4. Выбираем поле допуска на размер отверстия под наружное кольцо подшипника по табл.П3 (Приложение1) - Ø72 G7.

5. По ГОСТ 520-71 (табл.П5, П6, Приложение1) определяем отклонения для колец подшипника, а по ГОСТ 25347-82 определяем отклонения сопрягаемых с ними элементов (вала и корпуса); найденные отклонения сводим в таблицу:

Внутреннее кольцо	Вал	Наружное кольцо	Корпус
Ø 35 _{-0,012}	Ø 35 ^{+0,018} _{+0,002}	Ø 72 _{-0,013}	Ø 72 ^{+0,040} _{+0,010}

6. Определяем усилие, необходимое для запрессовки подшипника на вал:

$$P_{запр.} = 10 \cdot N_{max} \cdot f_k \cdot f_e = 10 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 6 = 7200 \text{ Н} = 7,2 \text{ кН},$$

где

$$f_e = B \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right] = 17 \cdot \left[1 - \left(\frac{35}{44} \right)^2 \right] = 6 \text{ мм};$$

$$d_0 = d + \frac{D - d}{4} = 35 + \frac{72 - 35}{4} = 44 \text{ мм}.$$

7. Вычерчиваем схемы распределения полей допусков (рис.3).

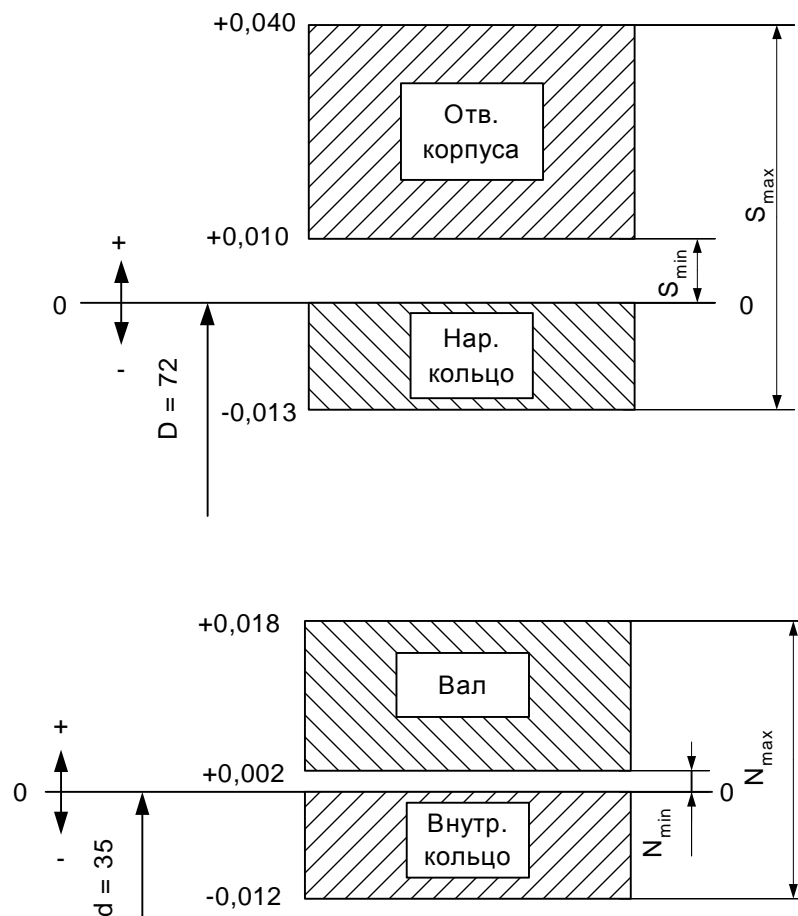


Рис.3. Схема полей допусков сопряжений: корпус – наружное кольцо и вал – внутреннее кольцо

8. Вычерчиваем сборный и детализовочные чертежи (рис.4).

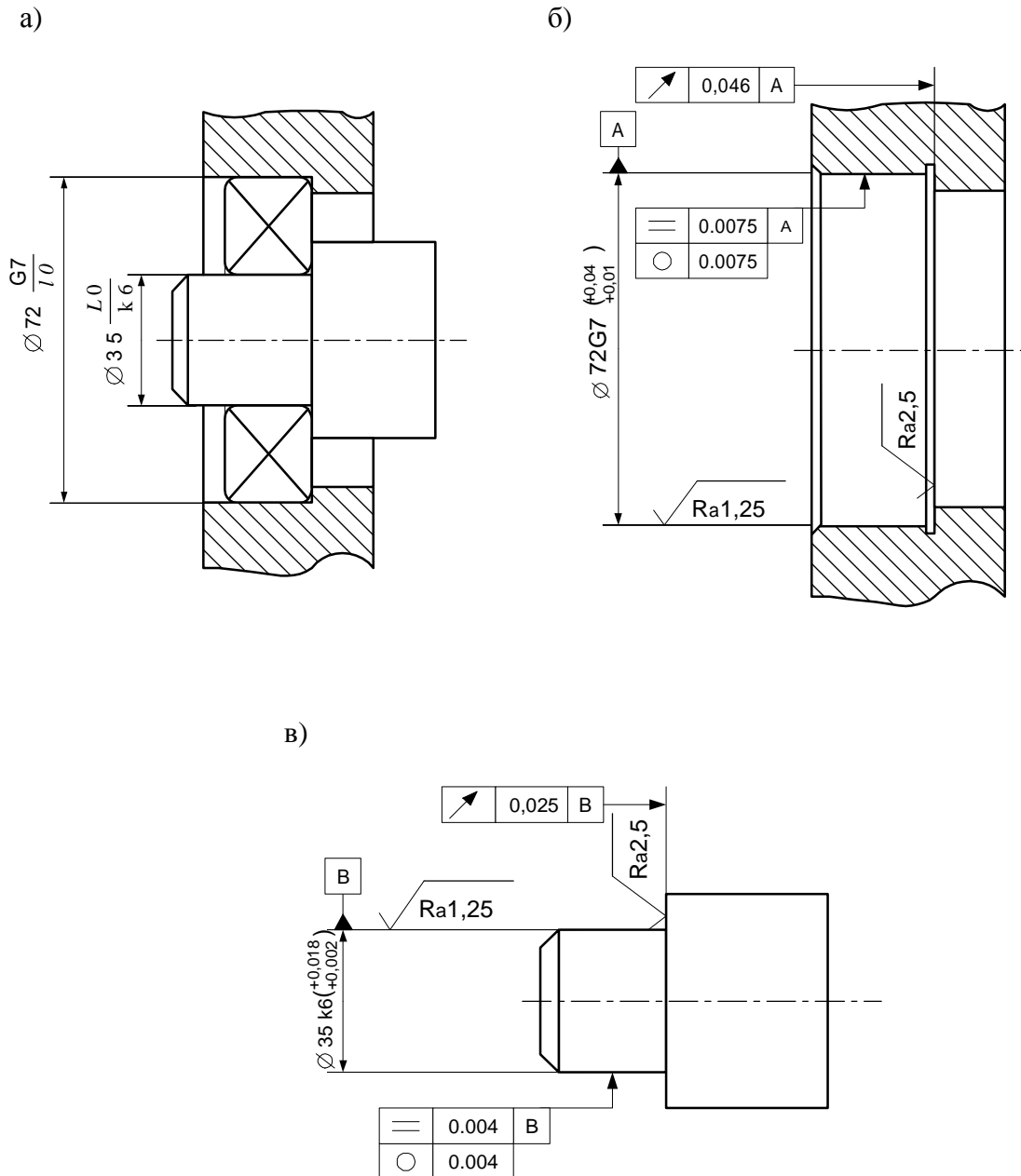


Рис. 4. Обозначение допусков и посадок подшипников качения на чертежах (ГОСТ 3325-85): а - подшипникового узла в сборе; б – отверстия корпуса; в – вала.

Примечание. В обозначениях посадок подшипников качения на вал в числителе дроби указывается обозначение поля допуска внутреннего кольца подшипника по классам точности ($L0, L6, L5, L4, L2$), а в знаменателе – поле допуска вала. В обозначениях посадок подшипников качения в отверстие корпуса в числителе дроби указывается поле допуска отверстия, в знаменателе – поле допуска наружного кольца подшипника по классам точности ($I0, I6, I5, I4, I2$). Поскольку применение системы отверстия для соединения внутреннего кольца подшипника с валом и системы вала для соединения наружного кольца с корпусом является обязательным, на сборочных чертежах посадки колец подшипников принято обозначать одним полем допуска, например $\varnothing 35k6$.

ЗАДАЧА № 3

РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ МАКСИМУМА И МИНИМУМА.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться составлять размерные цепи и рассчитывать допуски на все звенья методом полной взаимозаменяемости – расчет на максимум - минимум.

2. ЗАДАНИЕ

Определить допуски и предельные отклонения составляющих звеньев размерной цепи (табл.3). Выполнить расчет размерной цепи методом на «максимум - минимум».

Таблица 3

Исходные данные для расчета размерных цепей

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Класс точности подшипника	0	6	5	5	6	5	0	6	5	0
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A ₁ , (Б ₁)мм	265	416	102	8	45	10	56	190	6	3
A ₂ , (Б ₂)мм	38	6	19	43	105	39	42	8,5	15	320
A ₃ , (Б ₃)мм	22	27	25	360	52	275	35	42	142	2,5
A ₄ , (Б ₄)мм	28	15	21	43	62	48	48	135	52	8
A ₅ , (Б ₅)мм	48	25	40	40	265	39	178	24	44	33
A ₆ , (Б ₆)мм	110	270	-	10	-	8	-	-	15	180
A ₇ , (Б ₇)мм	3	25	-	420	-	2,5	-	-	7,5	42
A ₈ , (Б ₈)мм	18	15	-	-	-	415	-	-	265	18
A ₉ , (Б ₉)мм	-	27	-	-	-	3	-	-	-	33
A ₁₀ , (Б ₁₀)мм	-	8	-	-	-	-	-	-	-	9
Номер подшипника 1	217	215	306	318	410	316	314	414	205	313
Номер подшипника 2		8215Н	8306Н							
Отклонение замыкающего звена: ВЕРХНЕЕ, мм НИЖНЕЕ, мм	+0,8 -0,4	+0,65 -0,35	+0,72 -0,38	+0,63 -0,74	+0,12 -0,96	+0,14 -0,82	+0,12 -0,98	+0,24 -0,88	+0,5 -0,5	+0,68 -0,72
Рис. №	3.10	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9

Примечание. 1. Номер подшипника дан для определения предельных отклонений на его ширину по заданному классу точности и диаметру отверстия.

Подшипник 1 – подшипники шариковые радиальные однорядные (ГОСТ 8338-75). Подшипник 2 – подшипники шариковые упорные одинарные (ГОСТ 7872-89).

2. Схема размерной цепи соответствует номеру рисунку.

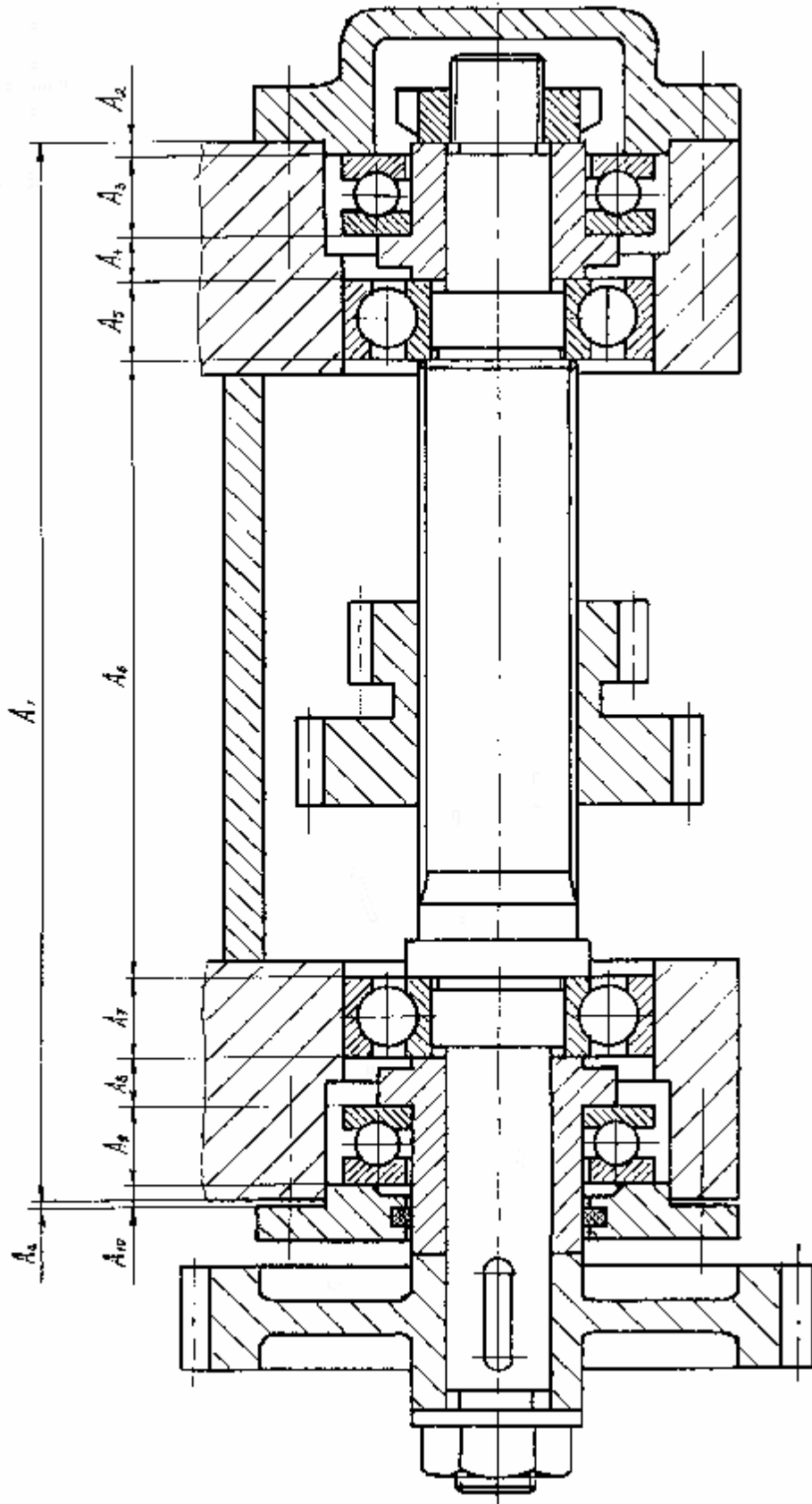


Рис.3.1.

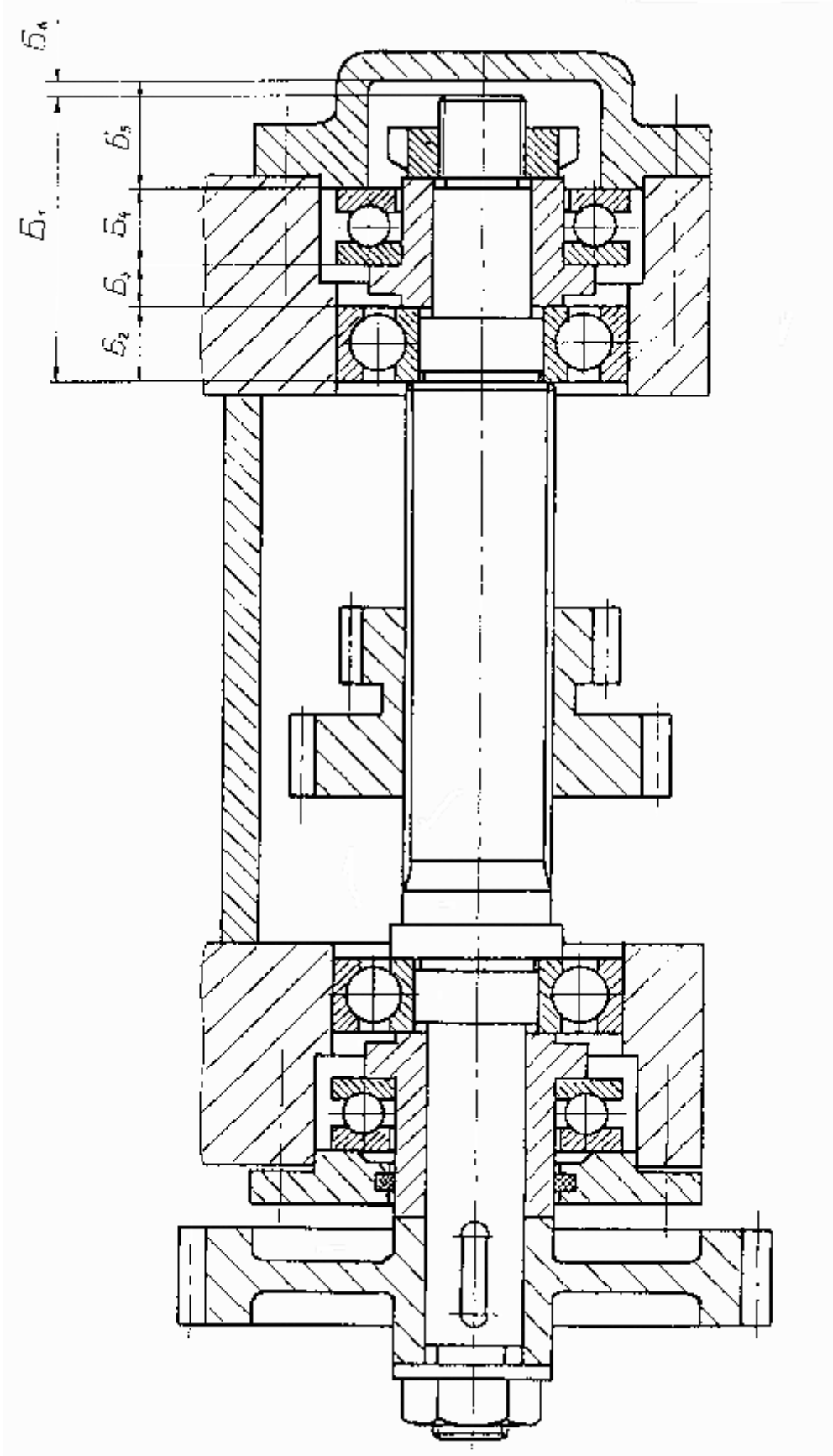


Рис.3.2.

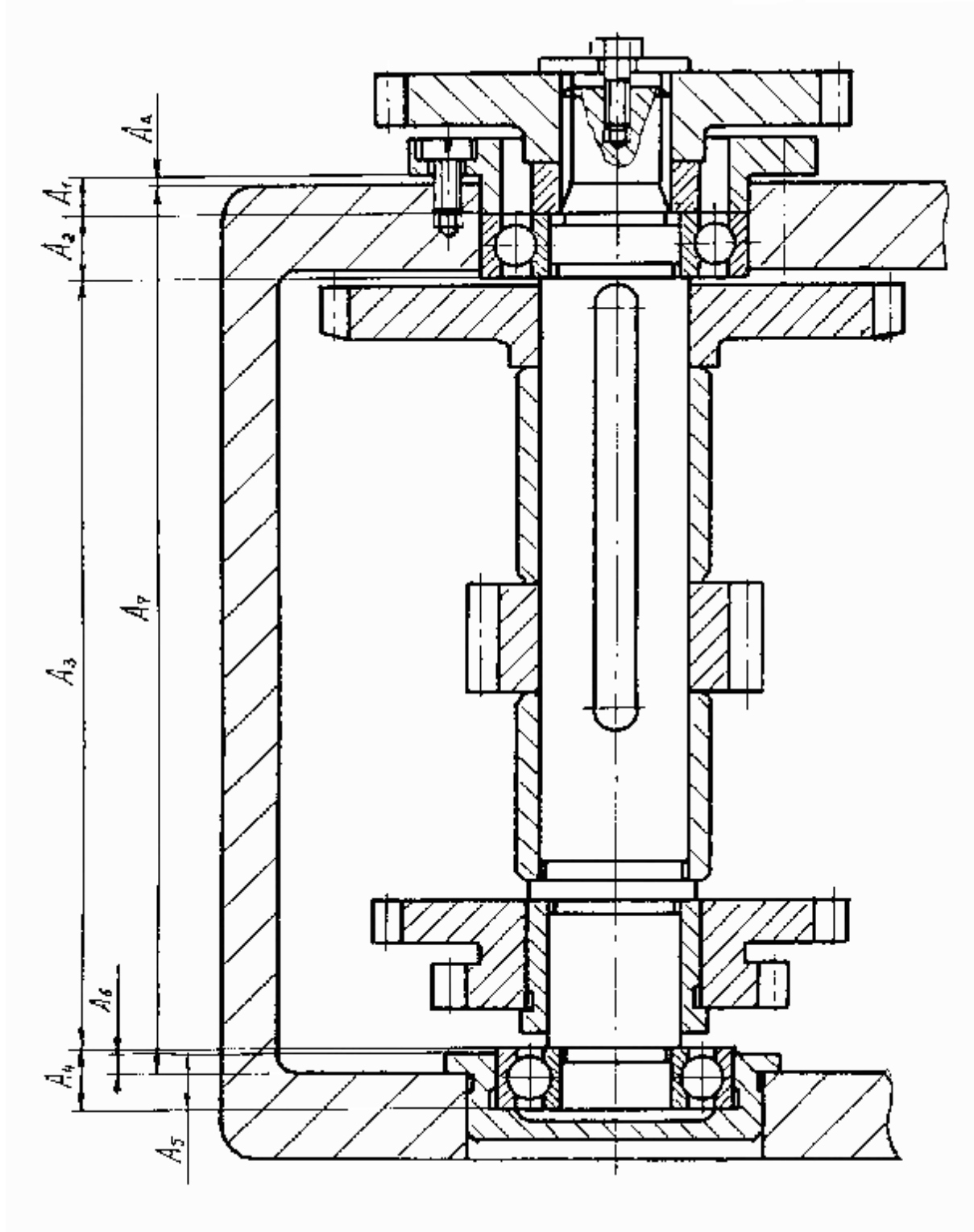


Рис.3.3.

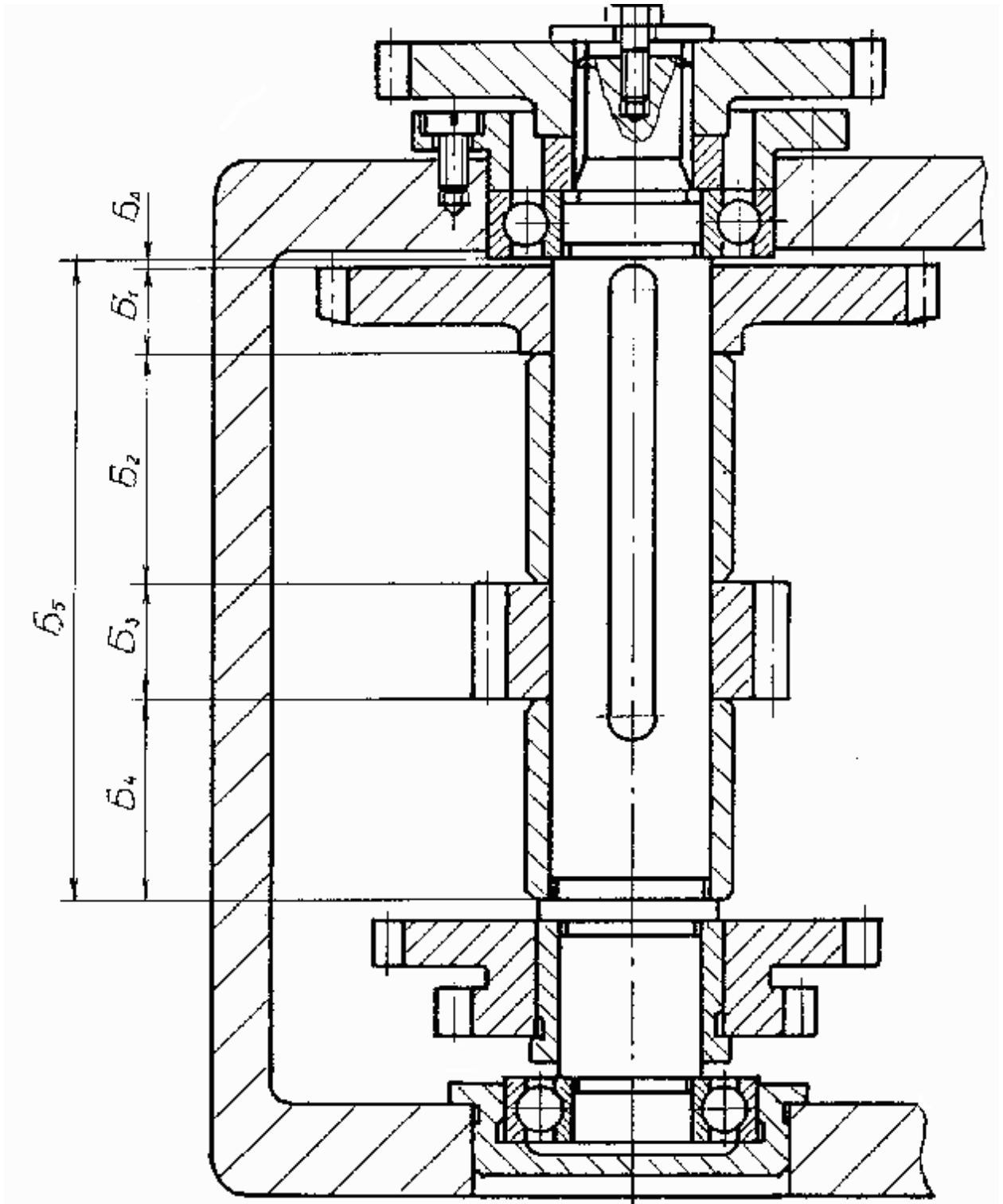


Рис.3.4.

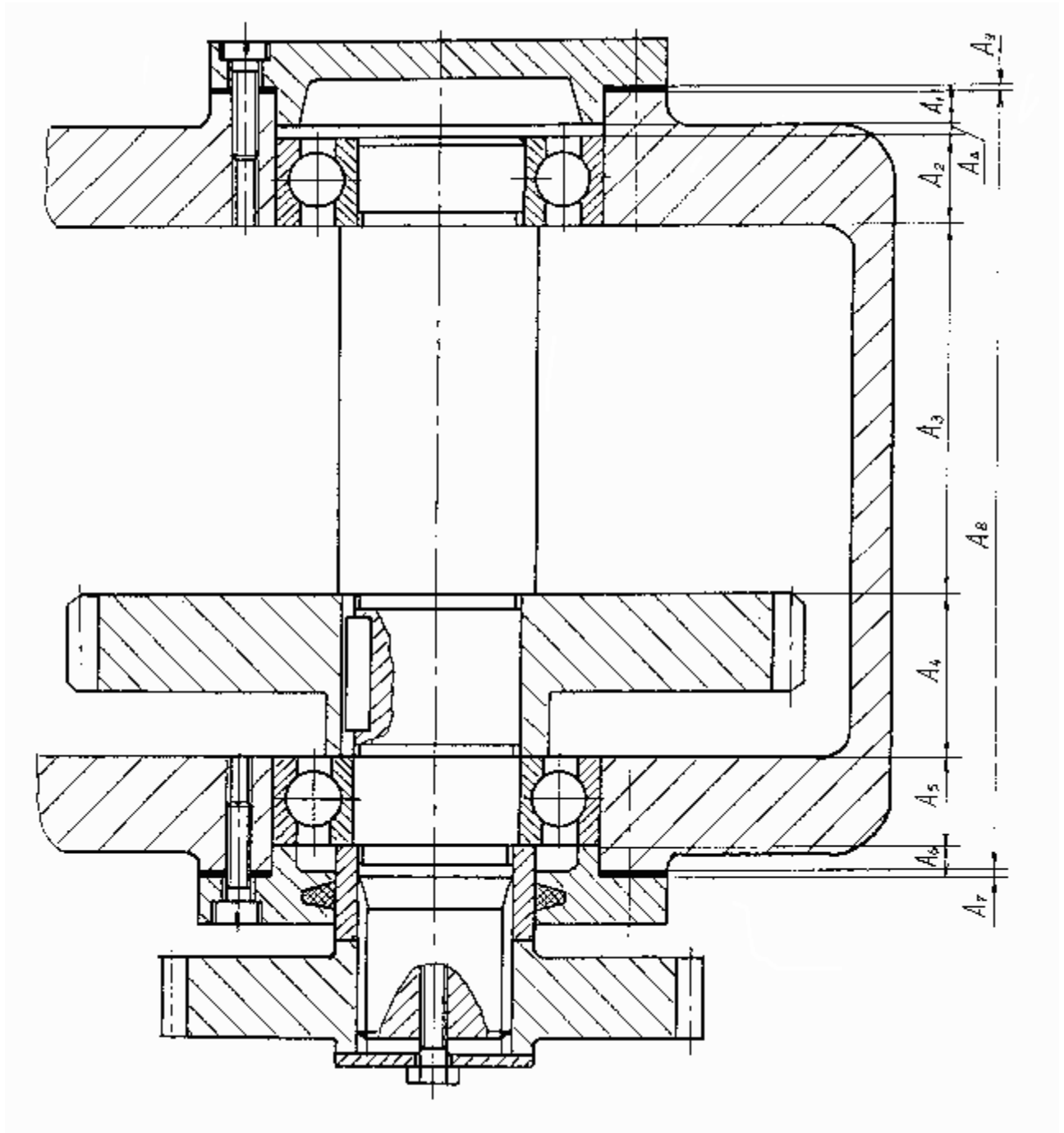


Рис.3.5.

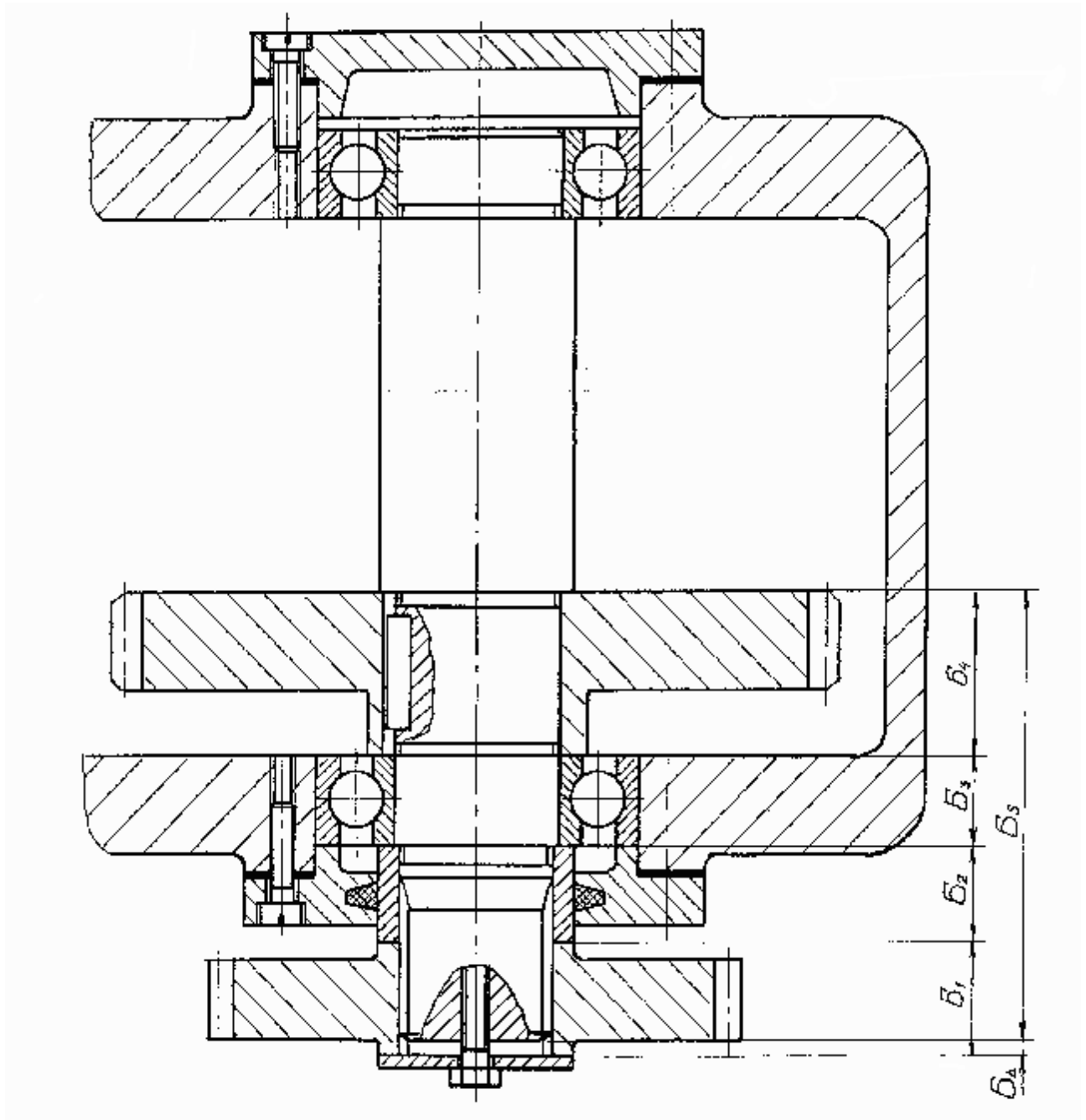


Рис.3.6.

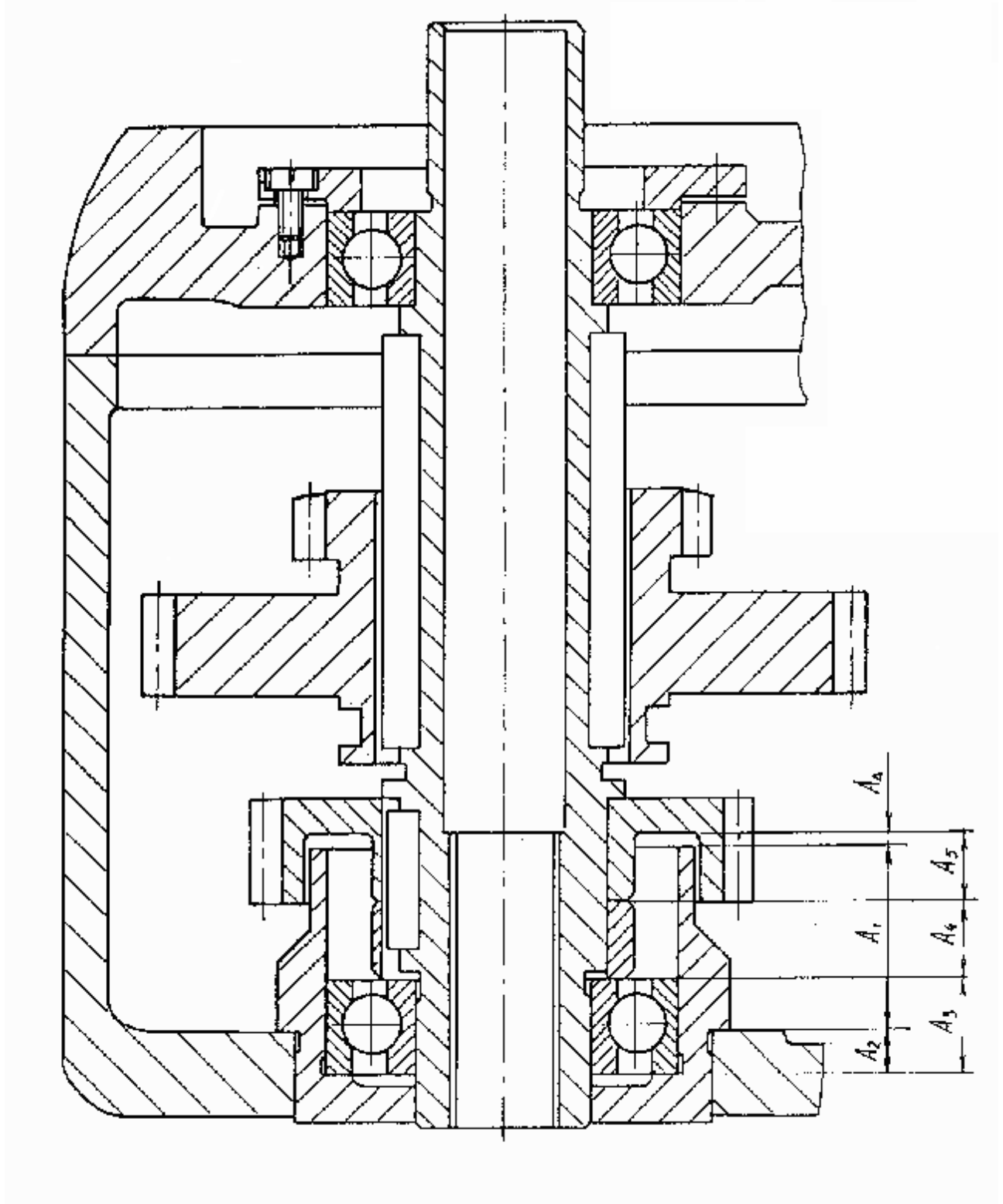


Рис.3.7.

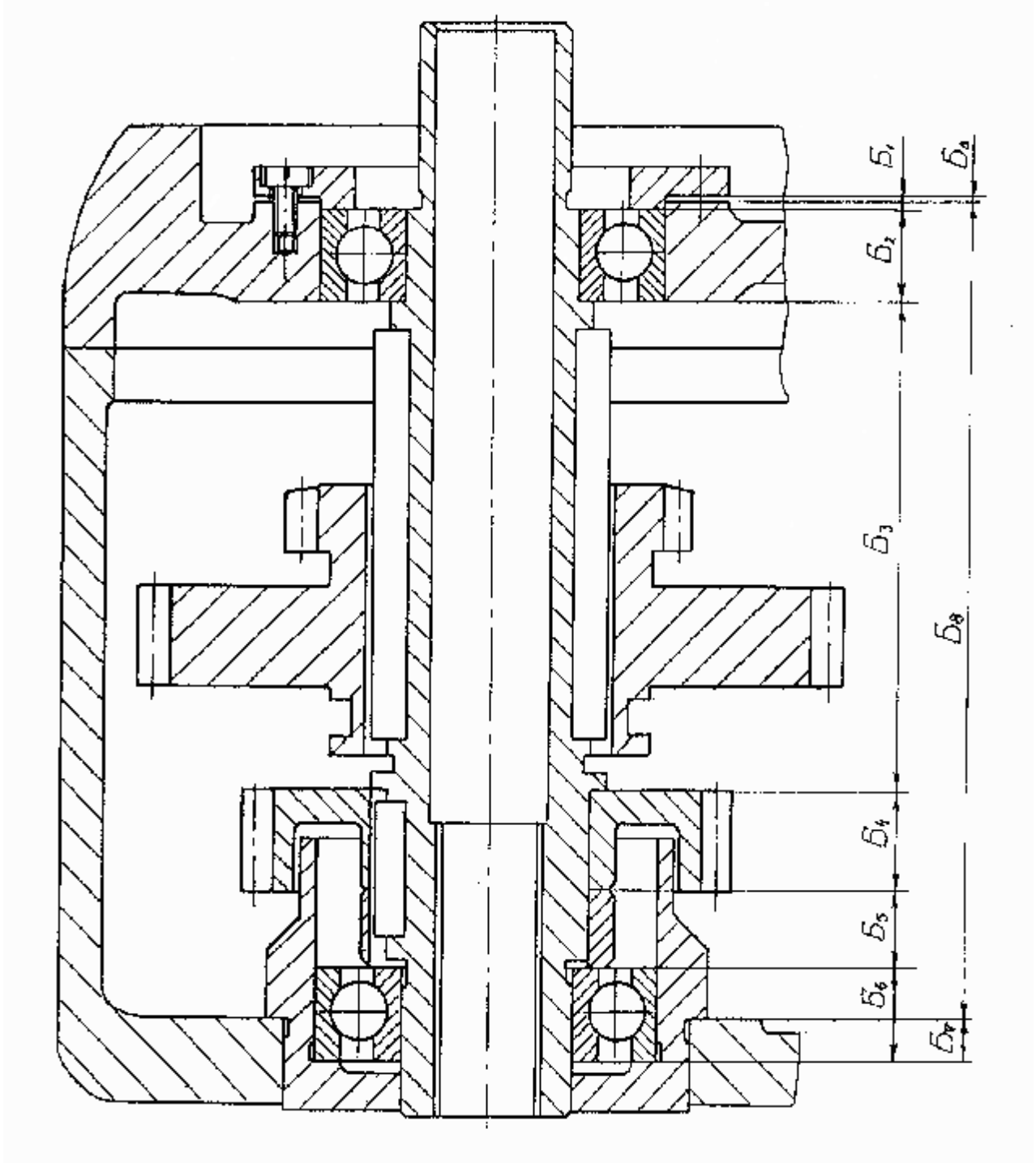


Рис.3.8.

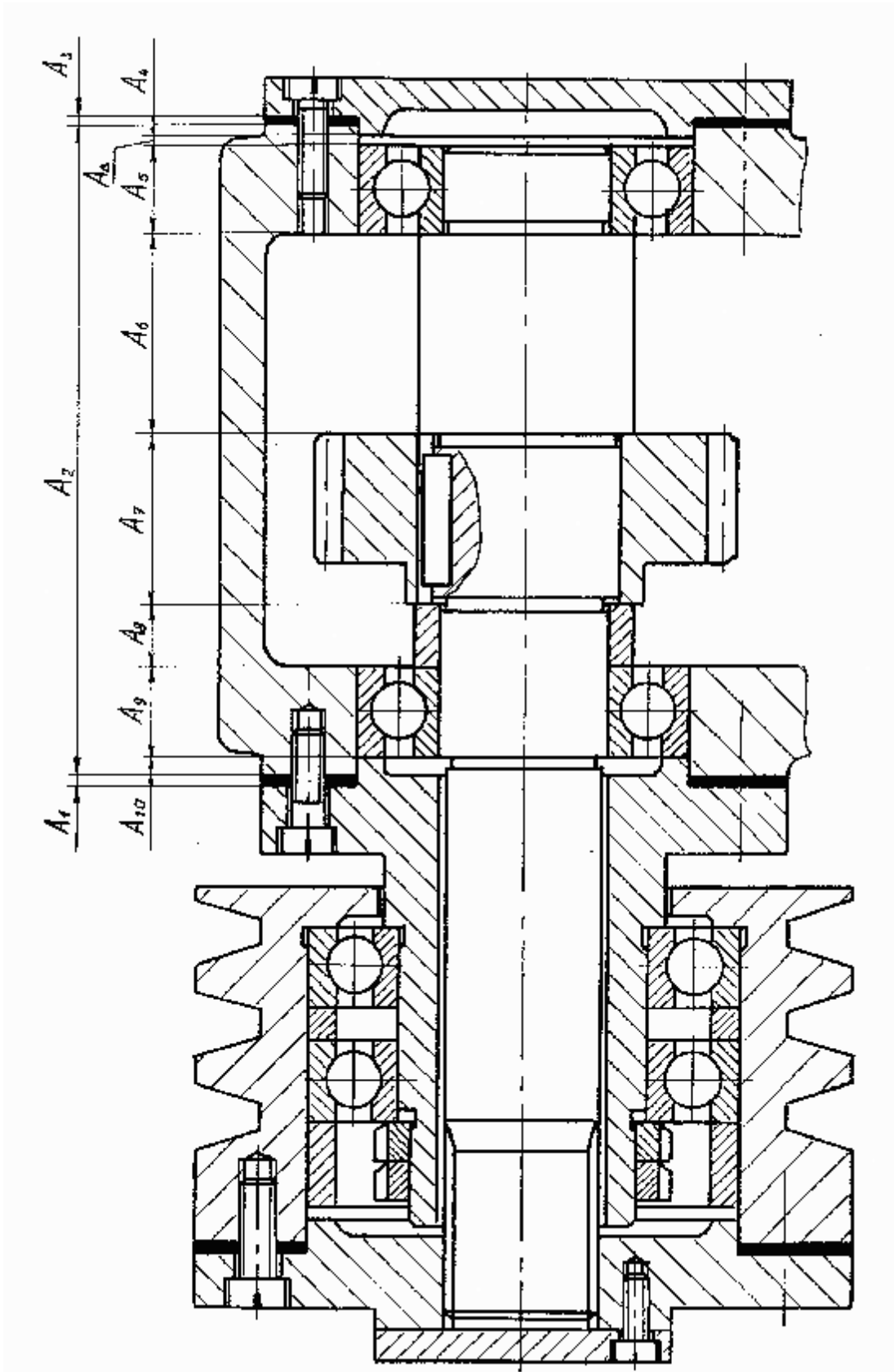


Рис.3.9.

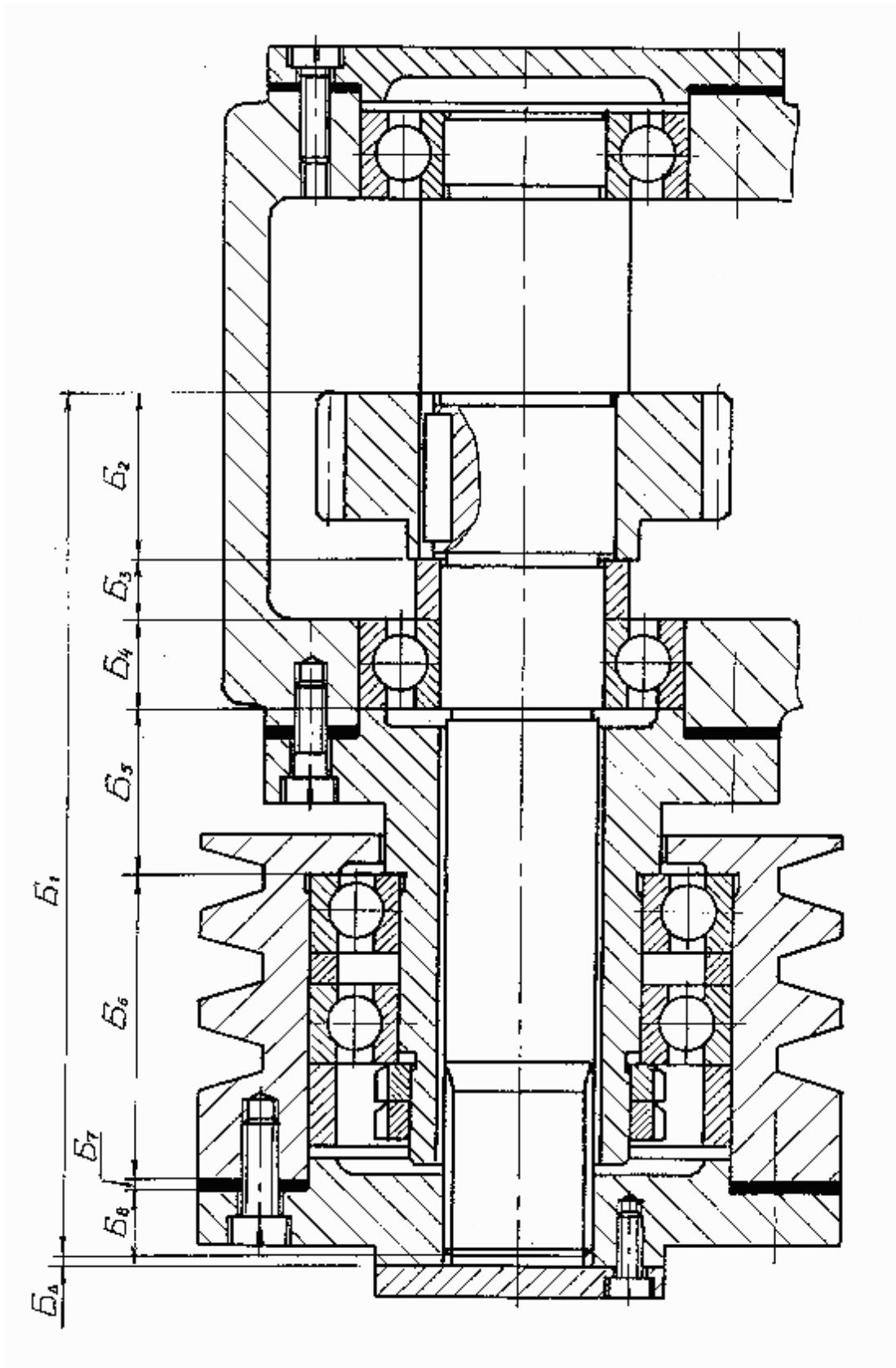


Рис.3.10.

3. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Качество машин и приборов обеспечивается точностью расположения деталей, узлов и механизмов, образующих конечное изделие. Взаимосвязь размеров элементов детали или отдельных деталей, входящих в конструкцию узла или целого механизма, устанавливаются с помощью расчетов, основанных на теории размерных цепей.

Размерной цепью называется совокупность взаимосвязанных размеров одной или нескольких деталей, расположенных в определенной последовательности по замкнутому контуру.

Любая размерная цепь имеет одно замыкающее (исходное) звено и 2 или более составляющих звеньев.

Замыкающее звено A_{Δ} – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения. В зависимости от влияния на замыкающее звено элементы размерной цепи делят на увеличивающие и уменьшающие звенья. Увеличивающим звеном размерной цепи называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена увеличивается ($\overline{A_i}$). Уменьшающим звеном называется звено, с увеличением которого размер замыкающего звена уменьшается ($\overline{A_j}$).

Обеспечение точности размерной цепи заключается в указании предельных значений размеров всех звеньев цепи применительно к требованиям конструкции или технологического процесса.

В зависимости от исходных данных о размерах и точности звеньев размерной цепи, а также от поставленной цели, решаются две задачи.

Прямая задача (проектный расчет): по заданным предельным размерам исходного звена и номинальным размерам составляющих звеньев определяют предельные размеры составляющих звеньев размерной цепи.

Обратная задача (проверочный расчет): по известным предельным размерам составляющих звеньев, определяют предельные размеры замыкающего звена размерной цепи.

При решении этих задач размерные цепи рассчитывают одним из двух методов: расчет на максимум-минимум (по предельным размерам) и вероятностный расчет.

3.1. МЕТОД РАСЧЕТА НА МАКСИМУМ – МИНИМУМ

Метод исходит из предположения, что в одной размерной цепи одновременно могут оказаться все звенья с предельными значениями. Данный метод применяется обычно в индивидуальном и мелкосерийном производстве; при малой величине допуска на исходное звено и небольшом числе составляющих звеньев размерной цепи; при большой величине допуска на исходное звено.

Прямая задача может быть решена двумя способами.

Способ 1 – равные допуски на все звенья размерной цепи. Этот способ используется в тех случаях, когда размеры всех составляющих звеньев примерно одинаковы, например, находятся в одном интервале размеров. При этих условиях допуски всех составляющих звеньев принимаются одинаковыми и определяются делением допуска замыкающего звена на число составляющих звеньев, кроме замыкающего:

$$T_{cp} = \frac{T_{A_{\Delta}}}{j-1}.$$

Способ 2 – назначение допусков на размеры звеньев из одного ряда точности (по одному качеству). При этом способе учитывается, что номинальные размеры составляющих звеньев не находятся в одном интервале размеров, следовательно, необходимо нормировать разные допуски. Решение задачи сводится к нахождению качества, по которому необходимо назначить допуски на составляющие звенья.

Для нахождения квалитета необходимо найти безразмерный коэффициент k_{cp} , характеризующий ряды точности:

$$k_{cp} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i_j}$$

По найденному значению k_{cp} выбирается ближайший квалитет, и назначаются допуски по стандарту в соответствии с номинальными размерами составляющих звеньев.

Решение обратной задачи осуществляется в следующей последовательности:

1. Определяют номинальный размер замыкающего звена.

$$A_{\Delta} = \sum_1^m \bar{A} - \sum_1^n \bar{A}$$

2. Определяют допуск замыкающего звена.

$$TA_{\Delta} = \sum TA_j$$

3. Определяют предельные отклонения замыкающего звена.

$$EsA_{\Delta} = \sum_1^m Es \bar{A} - \sum_1^n Ei \bar{A}$$

$$EiA_{\Delta} = \sum_1^m Ei \bar{A} - \sum_1^n Es \bar{A}$$

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Выявить замыкающее и составляющие звенья размерной цепи, составить ее схему, разделить составляющие звенья на увеличивающие и уменьшающие.

2. Определить номинальный размер замыкающего звена размерной цепи по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_1^m \bar{A} - \sum_1^n \bar{A},$$

где m – число увеличивающих звеньев размерной цепи; n – число уменьшающих звеньев размерной цепи; A_{Δ} – номинальный размер исходного (замыкающего) звена;

$\sum_1^m \bar{A}$ – сумма номинальных размеров увеличивающих звеньев;

$\sum_1^n \bar{A}$ – сумма номинальных размеров уменьшающих звеньев.

3. Определить среднее число единиц допуска составляющих звеньев размерной цепи, исключая допуски стандартизованных звеньев (например, подшипников качения):

$$k_{cp} = \frac{TA_{\Delta} - T_z}{\sum_1^{j-z} i_j},$$

где TA_{Δ} – допуск замыкающего звена; T_z – сумма известных допусков (подшипников качения); j – число составляющих звеньев; z – число звеньев с известными допусками; i_j – значение единицы допуска определить по табл.П9 (Приложение2).

4. По найденному значению k_{cp} определить квалитет точности по ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-75) или табл.П10 (Приложение2).

5. По принятому квалитету точности назначить допуски всех составляющих звеньев, пользуясь ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-75) или табл.П11 (Приложение2).

6. Сделать проверку размерной цепи по допускам:

$$TA_{\Delta} = \Sigma TA_j$$

7. Выбрать увязывающее (наименее ответственное) звено. Вычислить значение допуска увязывающего звена $A_{увяз}$ из уравнения:

$$TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2 + \dots + TA_{увяз} + TA_j.$$

8. Назначить отклонения на размеры соответствующих звеньев, кроме увязывающего, и занести их в таблицу. При этом руководствоваться следующим:

– для охватывающих размеров верхнее отклонение принять равным допуску со знаком (+), а нижнее отклонение – равным нулю;

– для охватываемых размеров верхнее отклонение принять равным нулю, а нижнее – равным допуску со знаком (-);

– для прочих размеров верхнее отклонение: $+\frac{TA_j}{2}$,

нижнее отклонение: $-\frac{TA_j}{2}$.

9. Определить отклонения увязывающего звена из уравнений:

$$EsA_{\Delta} = \sum_1^m Es \vec{A} - \sum_1^n Ei \vec{A}$$

$$EiA_{\Delta} = \sum_1^m Ei \vec{A} - \sum_1^n Es \vec{A}$$

10. Проверить предельные отклонения исходного звена решением обратной задачи:

a) $TA_{\Delta} = \sum_1^{j-1} TA_j$,

где $j-1$ – число составляющих звеньев.

b) предельные отклонения замыкающего звена:

$$EsA_{\Delta} = \sum_1^m Es \vec{A} - \sum_1^n Ei \vec{A};$$

$$EiA_{\Delta} = \sum_1^m Ei \vec{A} - \sum_1^n Es \vec{A};$$

c) $TA_{\Delta} = EsA_{\Delta} - EiA_{\Delta}$ - допуск замыкающего звена.

5. ПРИМЕР

Рассчитать размерную цепь (рис.5) с замыкающим звеном $A_{\Delta} = 1,5^{+0,50}_{-0,70}$ мм.

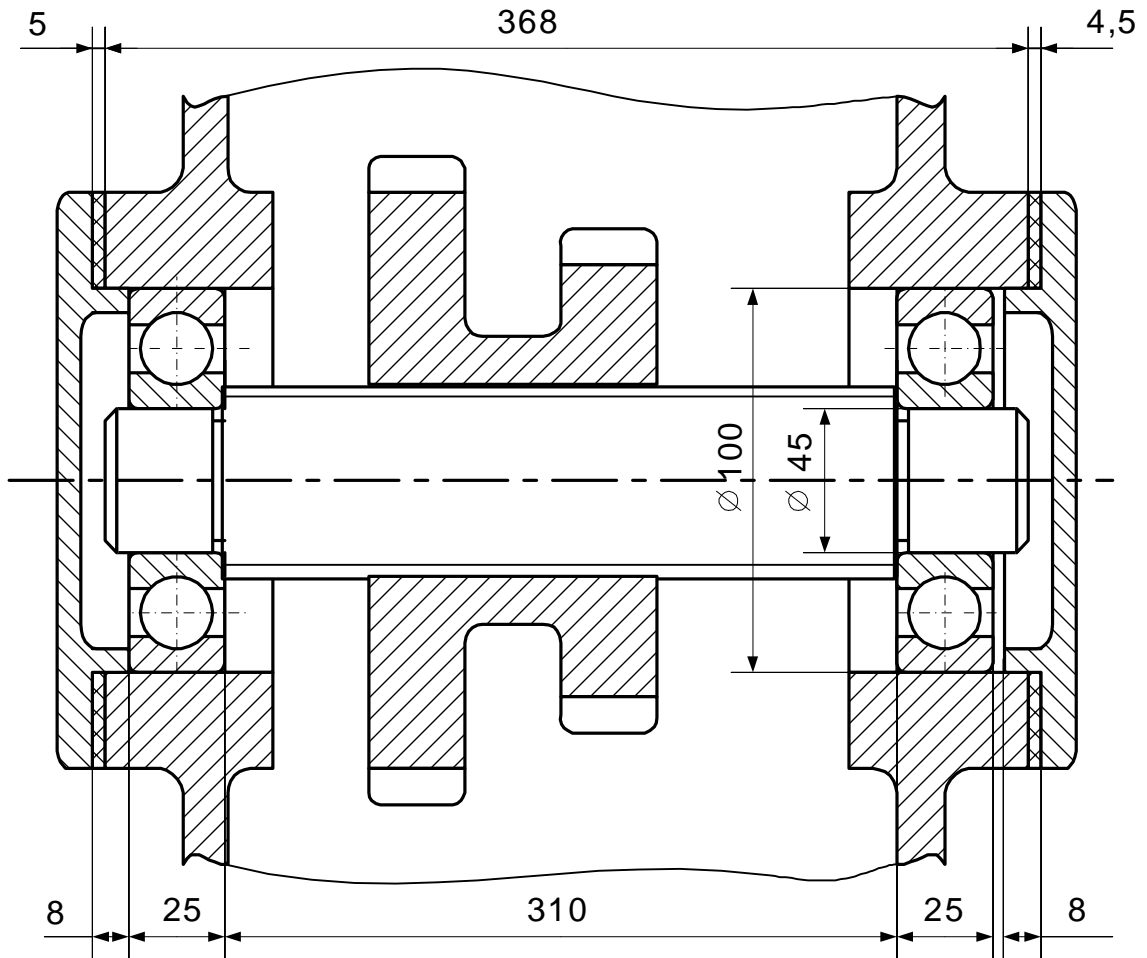
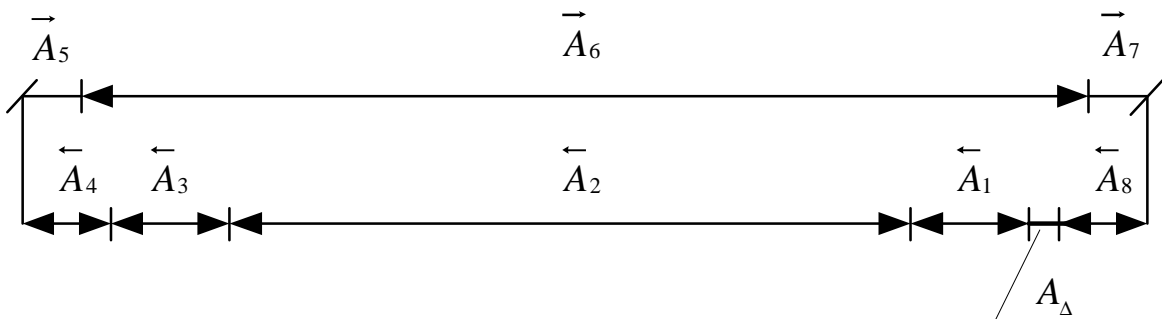


Рис.5. Сборочный узел

Решение

1. Составляем размерную цепь.



2. Проверяем правильность составления размерной цепи:

$$A_{\Delta} = \sum_1^m \vec{A} - \sum_1^n \vec{A} = (5+368+4,5) - (8+25+310+25+8) = 1,5 \text{ мм.}$$

3. Определяем число единиц допуска:

$$k_{cp} = \frac{1200 - 120 - 120}{3,22 + 0,9 + 0,73 + 3,54 + 0,73 + 0,9} = \frac{960}{10,02} \approx 96.$$

В предыдущей формуле учитываем, что шарикоподшипники, входящие в данный узел, приняты «0» класса точности и допуски их установлены ГОСТом 520-71, а потому их считаем известными.

4. Определяем квалитет точности, используя ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-75) или табл.П10 (Приложение2):

$$k_{cp.} = 96, \text{ что соответствует 11 квалитету.}$$

5. Назначаем допуски на размеры составляющих звеньев, используя ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-75) или табл.П11 (Приложение2); сведем в таблицу:

№ звеньев	Номинальный размер, мм	Число единиц допуска, i	Квалитет точности	Допуски, мкм	Отклонения, мкм	
					Es	Ei
A ₁	25	-	ГОСТ	120	0	-120
A ₂	310	3,22	11	320	0	-320
A ₃	25	-	ГОСТ	120	0	-120
A ₄	8	0,9	11	90	+45	-45
A ₅	5	0,73	11	75	0	-75
A ₆	368	3,54	11	360/310	-150	-460
A ₇	4,5	0,73	11	75	0	-75
A ₈	8	0,9	11	90	+45	-45

6. Проверяем размерную цепь по допускам:

$$120+320+120+90+75+360+75+90=1250 \text{ мкм.}$$

$$1200 \neq 1250.$$

Для обеспечения предельных отклонений замыкающего звена необходимо выбрать увязывающий размер.

7. За увязывающий размер принимаем A₆.

8. Определяем допуск звена A₆:

$$TA_6 = 1200 - (120 + 320 + 120 + 90 + 75 + 75 + 90) = 1200 - 890 = 310 \text{ мкм}$$

9. Назначаем отклонения на размеры составляющих звеньев, руководствуясь п.8) порядка расчета и заносим в таблицу (см. выше).

10. Определяем отклонения увязывающего размера:

$$EsA_6 = EsA_{\Delta} - \sum_1^2 Es\vec{A} + \sum_1^5 Ei\vec{A} = 500 - 0 + (-120 - 320 - 120 - 45 - 45) = -150 \text{ мкм};$$

$$EiA_6 = EiA_{\Delta} - \sum_1^2 Ei\vec{A} + \sum_1^5 Es\vec{A} = -700 - [(75) + (-75)] + (45 + 45) = -460 \text{ мкм};$$

11. Делаем проверку:

a) $TA_{\Delta} = \sum TA_j$

$$1200 = 120 + 320 + 120 + 90 + 75 + 310 + 75 + 90 = 1200 \text{ мкм};$$

b) $EsA_{\Delta} = \sum_1^3 Es\vec{A} - \sum_1^5 Ei\vec{A} = -150 - [(-120) + (-320) + (-120) + (-45) + (-45)] =$
 $= 500 \text{ мкм}$

$$EiA_{\Delta} = \sum_1^3 Ei\vec{A} - \sum_1^5 Es\vec{A} = [(-75) + (-460) + (-75)] - (45 + 45) = -700 \text{ мкм.}$$

c) $TA_{\Delta} = EsA_{\Delta} - EiA_{\Delta} = 500 - (-700) = 1200 \text{ мкм.}$

Проверка показала, что расчет сделан правильно.

ЗАДАЧА № 4 ДОПУСКИ И ПОСАДКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться расшифровывать условные обозначения параметров и посадок резьбовых соединений, определять по таблицам отклонения и правильно оформлять рабочие чертежи.

2. ЗАДАНИЕ

Записать условное обозначение резьбового сопряжения. Рассчитать предельные размеры элементов заданного резьбового сопряжения (табл. 4). Построить схему расположения полей допусков.

Таблица 4

Исходные данные для расчета параметров метрической резьбы

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диаметр резьбы d (D), мм	12	8	22	24	14	16	18	20	24	36
Шаг резьбы P , мм	1,75	1	1,5	3	2	2	2	1,5	2	3
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обозначение резьбового соединения	$\frac{4H5H}{4h}$	$\frac{6H}{6h}$	$\frac{6H}{6g}$	$\frac{6G}{6g}$	$\frac{7H}{8g}$	$\frac{7H}{7g6g}$	$\frac{7G}{8g}$	$\frac{5H}{4g}$	$\frac{6H}{6e}$	$\frac{6H}{6d}$

3. ДОПУСКИ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЬБ

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, аппаратов, приборов, инструментов и приспособлений различных отраслей промышленности.

Резьбовые соединения общего применения разделяются на крепежные (метрические и дюймовые) – скрепляющие отдельные детали; кинематические (трапецеидальные и прямоугольные) – преобразующие вращение в осевое движение; трубные – для герметического соединения деталей трубопровода.

В общем машиностроении наиболее широко применяется метрическая резьба. ГОСТ 24705-81 и ГОСТ 9150-81 устанавливают номинальный профиль метрической резьбы и размеры элементов профиля (рис.13): профиль – треугольный; d (D) – наружный диаметр резьбы болта (гайки); d_2 (D_2) – средний диаметр резьбы болта (гайки); d_1 (D_1) – внутренний диаметр резьбы болта (гайки); P – шаг резьбы; $\alpha = 60^\circ$ – угол профиля резьбы; H – высота исходного треугольника ($H=0,8660254P$); H_1 – рабочая высота профиля, которая образована путем среза вершин острых углов у гайки на $H/4$ и у болта на $H/8$.

ГОСТ 8724-81 устанавливает диаметры резьбы от 0,25 до 600 мм и шаги от 0,075 до 6 мм (табл.П12, Приложение 3). Установлено 3 ряда диаметров метрической резьбы. При выборе диаметра резьбы следует первый ряд предпочитать второму, второй – третьему.

Основным профилем резьбы является общий для наружной и внутренней резьбы профиль, который называется номинальным. Размеры его линейных и угловых элементов служат основой для определения номинальных профилей болта и гайки.

На рис. 6 толстой линией показан номинальный профиль резьбы с основными отклонениями H/h , определяющий наибольший предельный контур резьбы болта и наименьший – гайки. От номинального профиля резьбы, перпендикулярно к оси резьбы,

откладывают: вниз – поля допусков диаметров резьбы болта, вверх – поля допусков диаметров резьбы гайки.

Величины допусков назначают в зависимости от номинального диаметра резьбы, шага резьбы и степени точности по ГОСТ 16093-81.

Для метрических крепежных резьб установлены следующие допуски:

- Для среднего диаметра болта Td_2 и гайки TD_2 ;
- Для наружного диаметра болта Td ;
- Для внутреннего диаметра гайки TD_1 .

Основным параметром резьбового сопряжения, обеспечивающим точность и характер сопряжения, является средний диаметр. Поля допусков на наружный и внутренний диаметры построены таким образом, чтобы обеспечить гарантированный зазор.

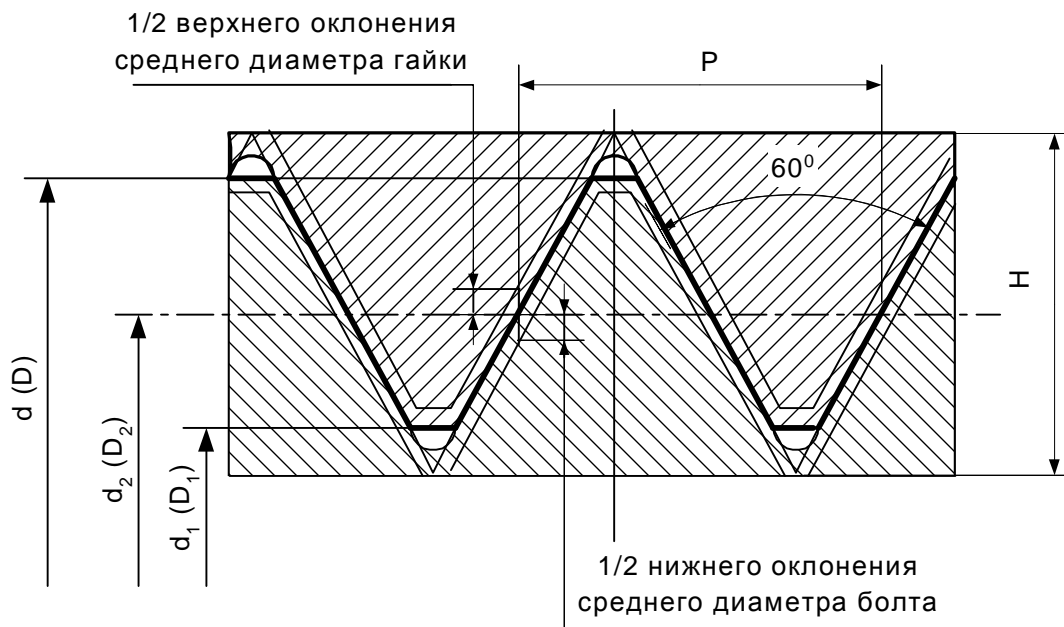


Рис. 6. Параметры метрической резьбы

В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (по среднему диаметру) для метрической крепежной резьбы различают 3 группы посадок: посадки с зазором – ГОСТ 16093 – 81; переходные посадки – ГОСТ 24834 – 81; посадки с натягом – ГОСТ 4608 – 81.

Наибольшее распространение получили посадки с зазором. Для получения посадок резьбовых деталей с зазором в ГОСТ 16093-81 предусмотрено пять основных отклонений для наружной резьбы (h , g , f , e и d) и четыре для внутренней резьбы (H , G , E и F).

Сочетание основного отклонения с допуском по принятой степени точности, образует поле допуска. В таблице П13 (Приложение3) приведены поля допусков, которые можно применять без ограничения.

Условное обозначение резьбового соединения содержит:

1. Указание о виде резьбы (М – метрическая);
2. Значение номинального (наружного) диаметра (d , D) – одинаковое для болта и гайки, образующих соединение;
3. Значение шага резьбы, если он мелкий (крупный шаг не указывается);
4. Направление резьбы, если она левая LH;
5. Поле допуска на средний диаметр (d_2 или D_2);
6. Поле допуска на наружный (внутренний) диаметр болта - d (гайки – D_1);
7. Значение длины свинчивания - l , если она не нормальная.

Пример полного обозначения резьбового элемента:

Для наружной резьбы – болта: $M20 \times 0,75 LH - \overset{7g}{\underset{d_2}{|}} \overset{6g}{\underset{d}{|}} - 15$
 Поля допусков на:

Для внутренней резьбы – гайки: $M20 \times 0,75 LH - \overset{4H}{\underset{D_2}{|}} \overset{5H}{\underset{D_1}{|}} - 15$
 Поля допусков на:

Пример краткого обозначения резьбового элемента

Для наружной резьбы – болта: $M40 - 6g$.

Для внутренней резьбы – гайки: $M40 - 6H$.

Посадки резьбовых деталей обозначаются дробью, в числителе которой указывают поле допуска гайки, а в знаменателе – поле допуска болта.

Обозначение метрической резьбы на сборочном чертеже: $M40 - \frac{6H}{6g}$.

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Составить обозначение резьбового соединения.
2. Определить номинальные размеры элементов резьбового соединения по таблицам ГОСТ 8724-81 (СТ СЭВ 181-75) и ГОСТ 24705-81 (СТ СЭВ 182-75).
3. Определить предельные отклонения диаметров резьбы по ГОСТ 16093-81 (СТ СЭВ 640-77).
4. Рассчитать предельные размеры болта и гайки.
5. Построить схемы расположения полей допусков болта и гайки.

5. ПРИМЕР

Определить предельные размеры диаметров резьбы болта и гайки для резьбы $M36 \times 1 - 7H/7g\ 6g$, построить схемы расположения полей допусков.

Решение

1. Определим номинальные значения диаметров из табл. ГОСТ 8724-81 (СТ СЭВ 181-75).
 $d = D = 36$ мм
 $d_1 = D_1 = d - 2 + 0,917 = 34,917$ мм;
 $d_2 = D_2 = d - 1 + 0,350 = 35,350$ мм.
2. Определим предельные отклонения диаметров резьбы (в мкм) по ГОСТ 16093-81.
 Болт:
 Верхнее отклонение для $d, d_1, d_2 = -26$,
 Нижнее отклонение для $d = -206$,
 Нижнее отклонение для $d_2 = -186$.
 Гайка:
 Верхнее отклонение для $D_2 = +212$,
 Верхнее отклонение для $D_1 = +300$.
3. Вычислим предельные размеры болта и гайки.

Болт, мм	Гайка, мм
$d_{\max} = 36 - 0,026 = 35,974$;	D_{\max} – не нормируется;
$d_{\min} = 36 - 0,206 = 35,794$;	$D_{\min} = 36$;
$d_{2\max} = 35,350 - 0,026 = 35,324$;	$D_{2\max} = 35,350 + 0,212 = 35,562$;
$d_{2\min} = 35,350 - 0,186 = 35,164$;	$D_{2\min} = 35,350$;
$d_{1\max} = 34,917 - 0,026 = 34,891$;	$D_{1\max} = 34,917 + 0,3 = 35,217$;
	$D_{1\min} = 34,917$.

d_{1min} – впадина не должна выходить за линию плоского среза, проведенного на расстоянии

$$\frac{H}{8} = \frac{0,86603}{8} = 0,108 \text{ мм.}$$

4. Строим схему расположения полей допусков болта (рис.7 и рис.8).

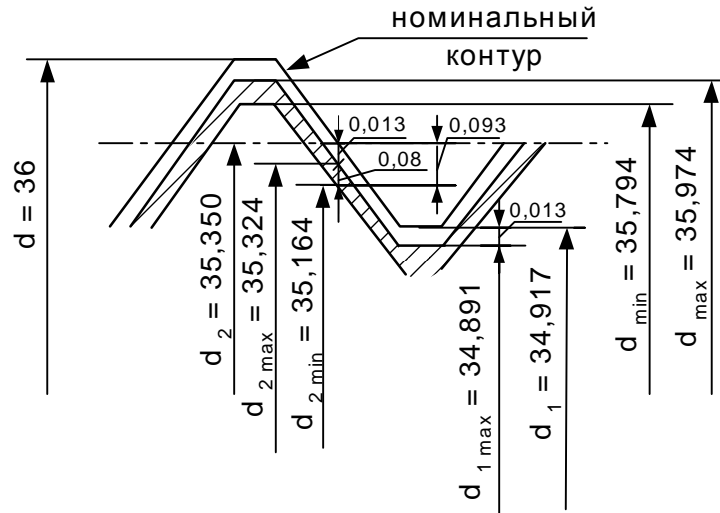


Рис.7. Схема расположения полей допусков болта

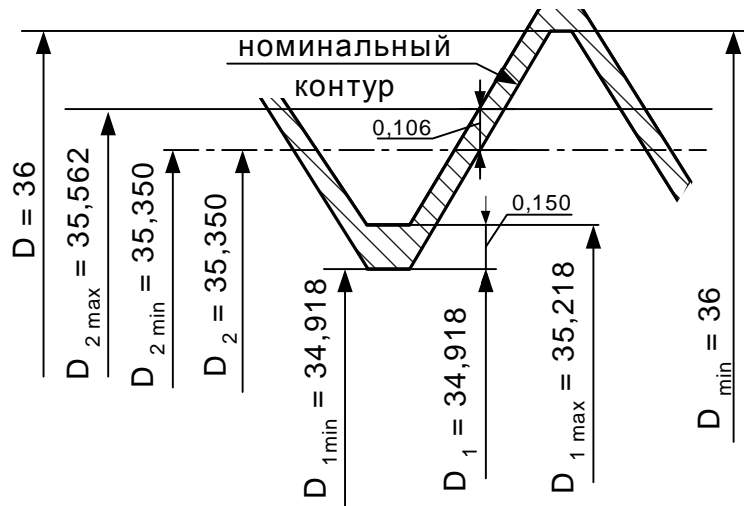


Рис.8. Схема расположения полей допусков гайки

ЗАДАЧА №5 ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструктивные и эксплуатационные особенности шпоночных соединений, научиться выбирать тип шпоночного соединения, определять допуски и посадки шпоночных соединений.

2. ЗАДАНИЕ

Для заданного шпоночного соединения (табл.5) определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения, дать схему расположения полей допусков по ширине шпонки b , выполнить эскиз шпоночного соединения.

Таблица 5

Исходные данные для расчета параметров шпоночного соединения

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальный диаметр сопряжения	48	65	75	110	100	80	32	42	56	67
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обозначение посадки	$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H8}{n7}$	$\frac{H7}{k6}$
Тип шпоночного соединения (шпонка призматическая)	свободное	плотное	нормальное	плотное	свободное	плотное	свободное	плотное	плотное	нормальное

3. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные соединения предназначены для передачи крутящего момента. Их применяют, главным образом, в малонагруженных тихоходных передачах (кинематические цепи подач станков), в крупногабаритных соединениях (шестерни-маховики, шкивы кузнечно-прессовых машин), во всех ответственных неподвижных конических соединениях (маховики двигателей внутреннего сгорания, центрифуги и т.п.), в единичных экземплярах машин.

По форме шпонки разделяются на призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные. Форма и размеры сечений шпонок и пазов стандартизованы и выбираются в зависимости от диаметра вала, а вид шпоночного соединения определяется условиями работы соединяемых деталей.

Призматические шпонки дают возможность получать как подвижные соединения (при использовании направляющих шпонок с креплением на вал ГОСТ 8790-79), так и неподвижные соединения (ГОСТ 23360-78). Соединения с сегментной шпонкой (ГОСТ 24071-80) и клиновой (ГОСТ 24068-80) служат для образования только неподвижных соединений.

Особенностью шпоночных сопряжений является использование при их организации трех деталей: шпоночного вала, шпоночной втулки и шпонки с образованием двух посадок вал-шпонка и втулка-шпонка (рис.9). Посадки выполняются в системе вала.

Работоспособность шпоночных соединений определяется в основном точностью посадок по ширине шпонки b , т.е. размер b является сопрягаемым. По сопрягаемому размеру – ширине призматических шпонок предусмотрено три варианта соединения: свободное, нормальное и плотное. Наибольшее распространение в общем машиностроении имеет нормальное соединение; свободное соединение применяют главным образом для направляющих шпонок, иногда при наличии термообработки; плотное соединение – в случае реверсивного движения шпоночного вала.

Остальные размеры задаются так, чтобы максимально облегчить процесс сборки при сохранении необходимой надежности соединения.

Нормирование точности размеров элементов шпоночного соединения аналогично гладким сопряжениям в виде полей допусков на сопрягаемые детали по ГОСТ 25347-82.

Размеры, допуски и посадки шпоночных соединений с призматическими шпонками устанавливают по ГОСТ 23360-78 (табл. П14, Приложение 4) и должны соответствовать указанным на рис.9. (Примечание: на рабочем чертеже должен проставляться один размер для вала t_1 (предпочтительный вариант) или $d-t_1$ и для втулки $d+t_2$).

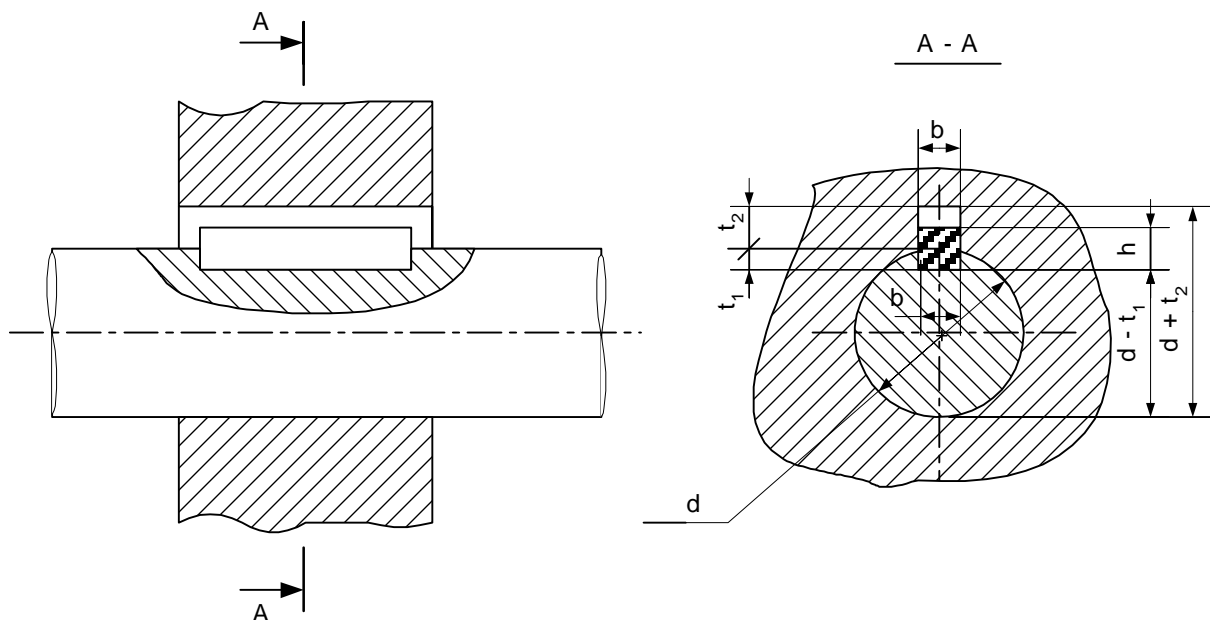


Рис.9. Шпоночное соединение

Для обеспечения собираемости шпоночного соединения к шпоночным пазам вала и втулки предъявляются определенные требования точности их расположения. Устанавливаются допуски на параллельность шпоночного паза ($T_{//}$) относительно оси детали и на его симметричность (T_{\square}). Допуск параллельности определяется по классу относительной геометрической точности A и составляет 50% от допуска на ширину шпоночного паза, а допуск симметричности, заданный в диаметральном выражении, составляет два допуска на ширину паза:

$$T_{//} = 0,5 IT ;$$

$$T_{\square} = 2 IT .$$

Шероховатость поверхностей элементов шпоночных соединений выбирается в зависимости от полей допусков размеров шпоночного соединения по ГОСТ 23360-78 (табл. 6).

Таблица 6

Зависимость параметров шероховатости поверхности от допуска размера (ГОСТ 23360-78)

Квалитет	Номинальные размеры, мм			
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св.120 до 500
	Ra, мкм, не более			
IT9	3,2	3,2	6,3	6,3
IT10	3,2	6,3	6,3	6,3
IT11	6,3	6,3	12,5	12,5
IT12, IT13	12,5	12,5	25	25
IT14, IT15	12,5	25	50	50

Примечания: 1. Параметры шероховатости поверхностей с неуказанными предельными отклонениями – Ra 20 мкм.
2. Параметр шероховатости дна шпоночного паза рекомендуется принимать равным Ra 6,3 мкм.

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. По ГОСТ 23360-78 (СТ СЭВ 189-79) “Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки” необходимо:

- установить номинальные размеры сечения шпонки заданного шпоночного соединения b и h ;
- установить поля допусков на ширину шпонки b и высоту шпонки h (табл.П14, Приложение 4);
- установить длину шпонки l из нормального ряда длин и поле допуска (табл.П14, Приложение 4).

2. По ГОСТ 23360-78 (СТ СЭВ 189-79) необходимо:

2.1. В зависимости от заданного типа шпоночного соединения установить:

- поле допуска на ширину шпоночного паза вала;
- поле допуска на ширину шпоночного паза втулки;
- глубину паза вала t_1 и предельные отклонения на нее;
- глубину паза втулки t_2 и предельные отклонения на нее;
- радиус закругления пазов r_1 или фаску $s_1 \times 45^\circ$.

2.2. Найти отклонения на размеры $(d-t_1)$ вала и $(d+t_2)$ втулки (табл.П14, Приложение 4);

2.3. Установить поле допуска на размер длины паза вала;

2.4. Найти численные значения параметра шероховатости поверхностей шпоночного сопряжения (табл. П14, Приложение 4).

3. По ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) необходимо найти отклонения на следующие параметры:

- на ширину шпонки b ;
- на высоту шпонки h ;
- на длину шпонки l ;
- на длину шпоночного паза вала;
- на ширину паза вала;
- на ширину паза втулки.

4. Вычислить предельные размеры следующих элементов соединения:

4.1 Шпонки:

- по ширине шпонки b ;
- по высоте шпонки h ;
- по длине шпонки l .

4.2. Вала:

- по ширине шпоночного паза b ;
- по глубине паза вала t_1 ;
- по размеру $(d-t_1)$;
- по длине паза вала.

4.3. Втулки:

- по ширине шпоночного паза втулки b ;
- по глубине паза втулки t_2 ;
- по размеру $(d+t_2)$.

5. Данные занести в таблицу (см. пример табл.7).

6. Построить схему полей допусков по размеру ширины шпоночного паза для всех трех деталей соединений.

7. Выполнить эскиз поперечного сечения шпоночного соединения (см рис.9). Нанести буквенные обозначения и цифровые значения расчетных параметров: отклонений, допусков, предельных размеров.

5. ПРИМЕР

Для шпоночного соединения $\varnothing 52 \text{ H8/n7}$ (шпонка призматическая, соединение плотное) определить допуски и предельные размеры всех элементов соединения. Дать схему расположения полей допусков по ширине шпонки b и эскиз шпоночного соединения в сборе и подетально.

Решение

1. По ГОСТ 23360-78 (СТ СЭВ 189-79) определим номинальные размеры шпоночного соединения. Исходя из заданного типа соединения, найдем посадки и предельные отклонения для всех размеров деталей шпоночного соединения и произведем расчеты предельных размеров деталей шпоночного соединения. Все расчеты занесем в таблицу 7:

Таблица 7

Размеры и отклонения элементов шпоночного соединения

№ п/п	Наименование элементов шпоночного соединения	Номинальный размер в мм и поле допуска	Отклонения в мм		Предельные размеры в мм
			верхнее	нижнее	
1	Ширина шпонки, b	16 h9	0	- 0,043	$b_{\max} = 16$ $b_{\min} = 15,957$
2	Высота шпонки, h	10 h11	0	- 0,09	$h_{\max} = 10$ $h_{\min} = 9,91$
3	Длина шпонки, l	90 h14	0	- 0,870	$l_{\max} = 90$ $l_{\min} = 89,13$
4	Длина шпоночного паза вала	90 H15	+ 1,4	0	$L_{\max} = 91,4$ $L_{\min} = 90$
5	Ширина паза вала, b	16 P9	- 0,018	- 0,061	$b_{\max} = 15,982$ $b_{\min} = 15,939$
6	Ширина паза втулки, b	16 P9	- 0,018	- 0,061	$b_{\max} = 15,982$ $b_{\min} = 15,939$
7	Глубина паза вала, t_1	6,0	+ 0,2	0	$t_{1\max} = 6,2$ $t_{1\min} = 6,0$
8	Глубина паза втулки, t_2	4,3	+ 0,2	0	$t_{2\max} = 4,5$ $t_{2\min} = 4,3$
9	Размер $d-t_1$	46	0	- 0,2	$(d-t_1)_{\max} = 46$ $(d-t_1)_{\min} = 45,8$
10	Размер $d+t_2$	56,3	+ 0,2	0	$(d+t_2)_{\max} = 56,5$ $(d+t_2)_{\min} = 56,3$

2. Построим схему расположения полей допусков по размеру ширины шпонки (b) и ширине пазов вала и втулки (рис.10).

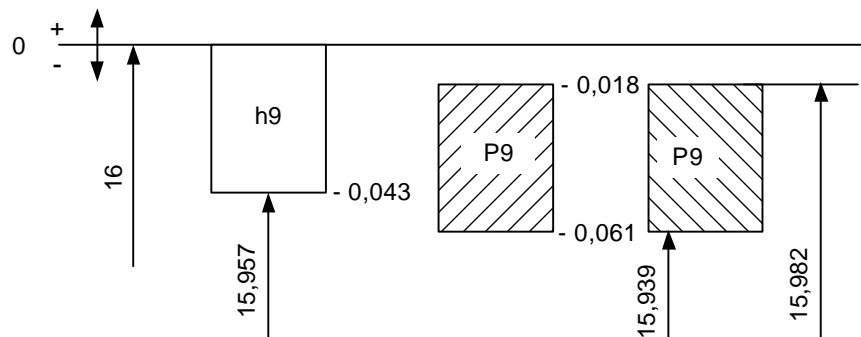
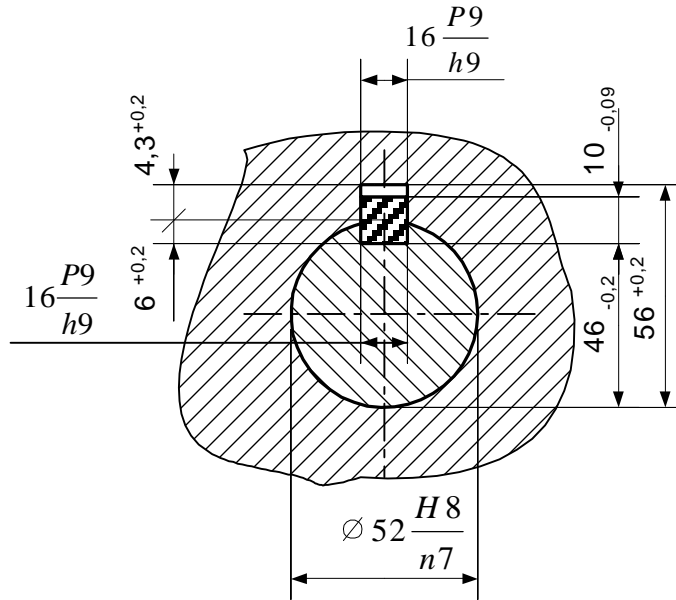


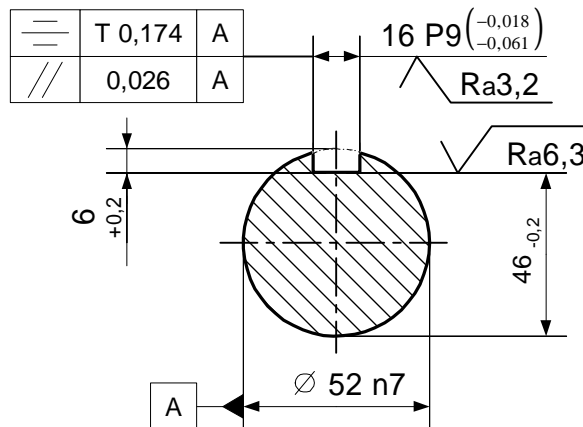
Рис. 10. Схема расположения полей допусков по ширине шпонки

3. Выполним эскиз шпоночного соединения в сборе и подетально. Нанесем буквенные обозначения и цифровые значения расчетных параметров: отклонений, допусков, предельных размеров (рис.11).

а)



б)



в)

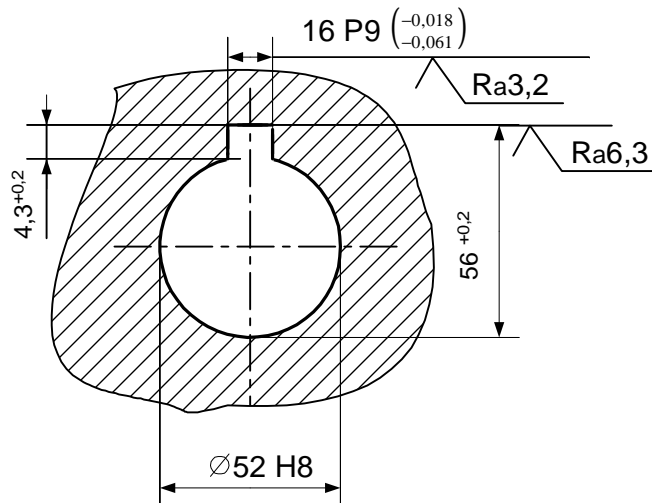


Рис.11. Размеры элементов шпоночного соединения
(а – шпоночное соединение; б – шпоночный вал; в – шпоночная втулка)

ЗАДАЧА № 6 ДОПУСКИ И ПОСАДКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться расшифровывать условные обозначения параметров и посадок шлицевых соединений, определять по таблицам отклонения, зазоры и натяги по диаметрам и ширине шлица, строить поля допусков и правильно оформлять рабочие чертежи.

2. ЗАДАНИЕ

Составить условное обозначение шлицевого соединения. Рассчитать предельные размеры элементов заданного шлицевого соединения (табл.8). Построить схему расположения полей допусков. Начертить эскизы сборки и подетальные с указанием требований к точности изготовления.

Таблица 8

Исходные данные для расчета параметров шлицевого соединения

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ширина шлица, b мм	6	9	10	12	5	7	12	14	4	6
Кол-во шлицев, z	6	8	8	10	6	6	8	10	10	10
Внутренний диаметр, d мм	23	46	52	82	21	28	62	92	26	42
Наружный диаметр, D мм	26	50	58	88	25	34	72	102	32	52
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Центрирование по...	D	d	b	D	d	b	D	d	b	D
Обозначение посадки соединения: по d или D,	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{f7}$		$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{g6}$		$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{H7}{h7}$
Обозначение посадки по b	$\frac{F8}{f7}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{e8}$	$\frac{F8}{f8}$	$\frac{D9}{k7}$	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{F8}{k7}$	$\frac{F8}{d9}$	$\frac{F8}{js7}$

3. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПРЯМОБОЧНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Шлицевые соединения предназначены для передачи крутящего момента, обладают достаточной прочностью, обеспечивают высокую точность центрирования и легкое относительное перемещение деталей вдоль оси вала. Это достигается равномерным расположением зубьев (шлицев) по окружности и высокой точностью их размеров, формы и расположения.

Размеры и допуски прямобочных шлицевых соединений устанавливает ГОСТ 1139-80 (табл.П15, Приложение 5).

Наибольшее распространение имеют прямобоочные шлицевые соединения с четным числом шлиц ($z = 6, 8, 10, 16$ или 20), которые применяют для подвижных, а также неподвижных соединений.

Стандартом установлены 3 серии прямобоочных шлицевых соединений: легкая, средняя и тяжелая. Легкая серия, имеющая наименьшую высоту зубьев, преимущественно используется для неподвижных соединений, передающих небольшой крутящий момент при безударной нагрузке. Средняя серия используются для неподвижных и подвижных соединений, передающих средние крутящие моменты при безударной или пульсирующей нагрузке. Соединения тяжелой серии отличаются наибольшим числом и высотой шлицев, их применяют для напряженных условий работы.

В шлицевых прямобоочных соединениях применяют три способа относительного центрирования вала и втулки: по наружному диаметру D , по внутреннему диаметру d и по боковым поверхностям зубьев b . Выбор способа центрирования определяется эксплуатационными требованиями и технологическими факторами.

Центрирование по D рекомендуется в случаях повышенных требований к точности соосности элементов соединения. Применяют для неподвижных соединений и для подвижных, передающих малый крутящий момент.

Центрирование по d применяется для подвижных соединений передающих большие крутящие моменты. Такое соединение обеспечивает довольно точное центрирование; хотя его точность ниже, чем при центрировании по D .

Центрирование по b не обеспечивает высокой точности центрирования. Применяется при передаче значительных крутящих моментов, когда недопустимы большие зазоры между боковыми поверхностями вала и втулки. Этот способ центрирования является наиболее простым и экономичным.

Для размера b посадку назначают при любом виде центрирования.

Требуемый характер сопряжения соединяемых деталей достигается назначением полей допусков центрирующих параметров. Поля допусков, посадки валов и втулок, рекомендуемые для различных способов центрирования приведены в табл. П15 (Приложение 5).

Поля допусков нецентрирующих элементов шлицевых соединений приведены в табл. 9.

Таблица 9

**Поля допусков нецентрирующих элементов шлицевых соединений
(ГОСТ 1139-80)**

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Поле допуска нецентрирующего элемента	
		Вала, d^*	Втулки, D
d	По D или b	-	H11
D	По d или b	$a11$	H12
*Допускается для d устанавливать поле допуска $a11$ или $b12$.			

Условное обозначение шлицевого соединения должно содержать:

- букву, указывающую центрирующий параметр;
- число шлиц и номинальные размеры d , D и b соединения;
- обозначение посадок по диаметрам и по ширине шлица, помещенные после соответствующих размеров.

Поля допусков нецентрирующих диаметров допускается в обозначении не указывать.

Пример обозначения шлицевого соединения при различных способах центрирования.

Для шлицевого соединения с параметрами $z=8$, $d=36$ мм, $D=40$ мм, $b=7$ мм.

Цетрирование по d :

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}$$

Цетрирование по D :

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Цетрирование по b :

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{h8}$$

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Составить условное обозначение шлицевого соединения.
2. Определить номинальные размеры элементов прямобочного шлицевого соединения по его условному обозначению.
3. По таблицам ГОСТ 1139-80 (СТ СЭВ 188-75) определить значения ширины зуба b и предельно допустимый размер d_1 .
4. Найти по табл. ГОСТ25347-82 (СТ СЭВ 144-75) предельные отклонения по центрирующим параметрам и боковым сторонам зубьев. Вычислить предельные размеры и построить схему расположения полей допусков.
5. Установить предельные размеры центрирующего диаметра по ГОСТ 1139-80 (СТ СЭВ 187-75).
6. Вычертить эскизы деталей шлицевого соединения в сборе и отдельно вала и втулки. На эскизах должны быть проставлены размеры с условным буквенным и числовым обозначением отклонений.

5. ПРИМЕР

Для деталей шлицевого соединения с прямобочным профилем установить предельные отклонения, предельные размеры и дать схему расположения полей допусков сопрягаемых размеров (по центрирующему диаметру D и ширине шлица b). Выбрать отклонения на несопрягаемые размеры.

Дать эскизы деталей в сборе и подетально с простановкой буквенных и числовых отклонений.

Задано соединение:

$$D - 10 \times 21 \times 26 \frac{H7}{js6} \times 3 \frac{F8}{h8}$$

Решение

1. По ГОСТ 1139-80 (СТ СЭВ 188-75) находим: ширину зуба $b=3$ мм, внутренний диаметр вала $d_1 = 18,5$ мм.

2. По ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) определяем отклонения для сопрягаемых параметров и результаты заносим в таблицу:

Таблица 10

Размеры и отклонения элементов шлицевого соединения

№ п/п	Наименование элементов шлицевого соединения	Номинальный размер в мм и поле допуска	Отклонения в мм		Предельные размеры в мм
			верхнее	нижнее	
А) Центрирующие элементы					
1	Отверстие	26H7	+0,021	0	$D_{\max} = 26,021$ $D_{\min} = 26,000$
2	Вал	26js6	+0,0065	-0,0065	$D_{\max} = 26,0065$ $D_{\min} = 25,9935$
3	Ширина впадин отверстия	3F8	+0,020	+0,006	$b_{\max} = 3,020$ $b_{\min} = 3,006$
4	Толщина шлицев вала	3h8	0	-0,014	$b_{\max} = 3,000$ $b_{\min} = 2,986$
Б) Нецентрирующие элементы					
1	Отверстие	21H11	+0,13	0	$d_{\max} = 21,13$ $d_{\min} = 21,00$
2	Вал	21	-	18,5 не менее	-

3. Вычерчиваем схему полей допусков шлицевого соединения (рис.12).

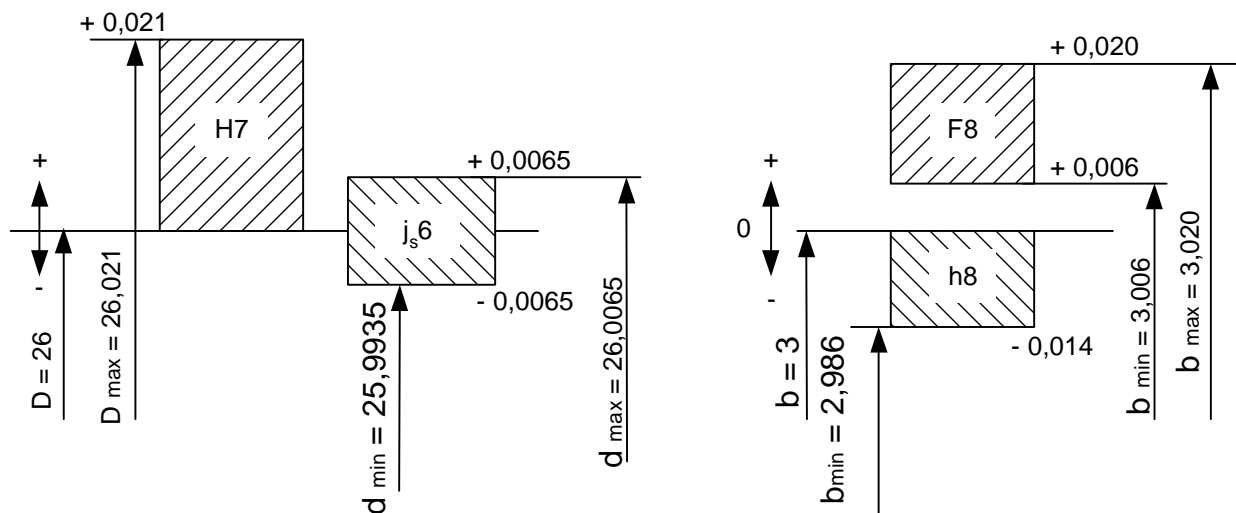
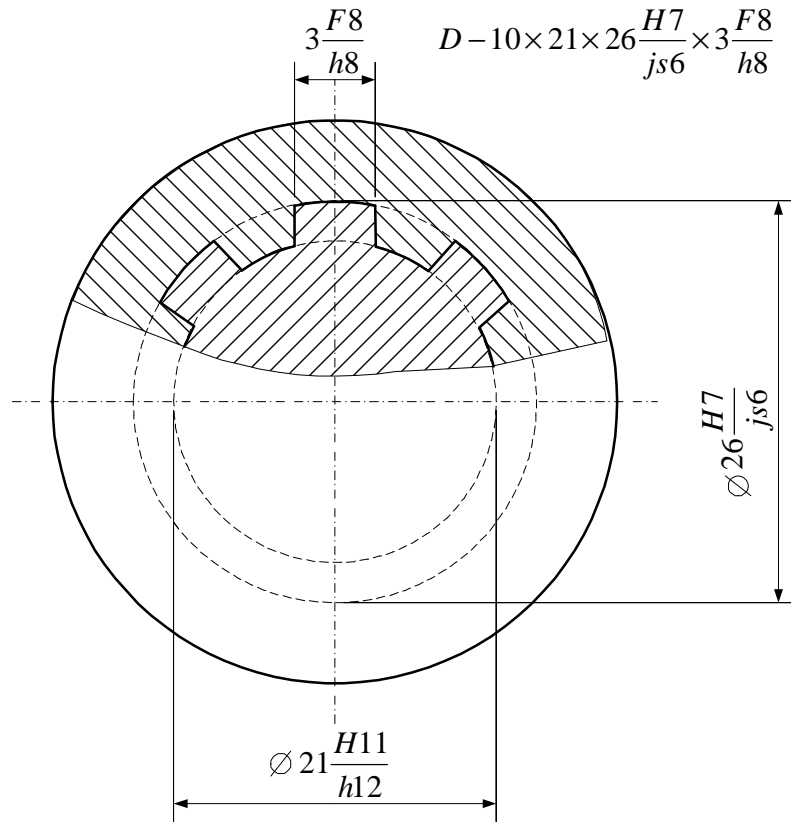


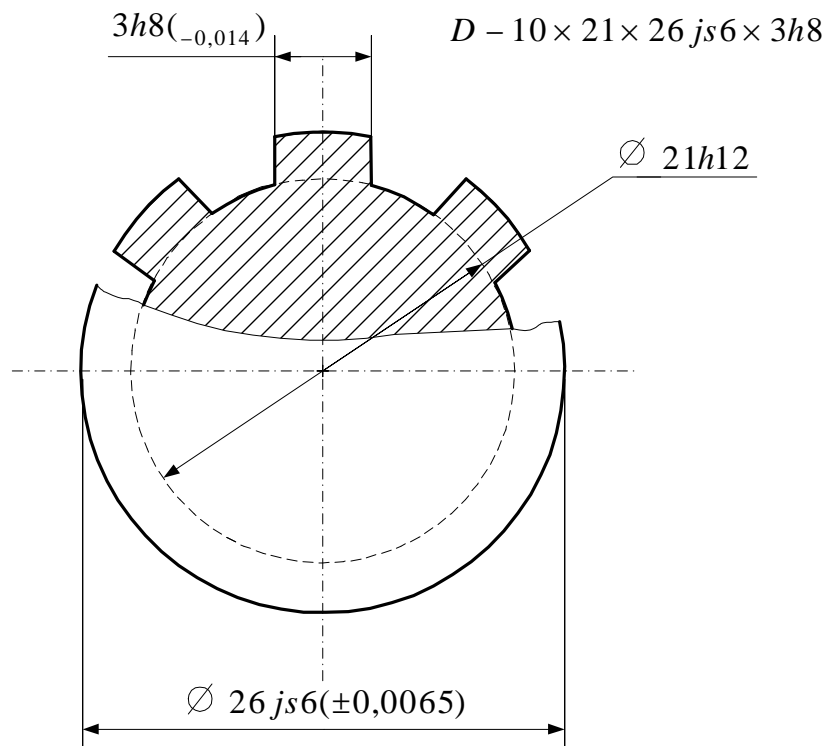
Рис.12. Схемы полей допусков шлицевого соединения

4. Вычерчиваем шлицевое соединение (рис.13): в сборе - рис.13а; шлицевой вал – рис.13б; шлицевая втулка – рис.13в.

а)



б).



в)

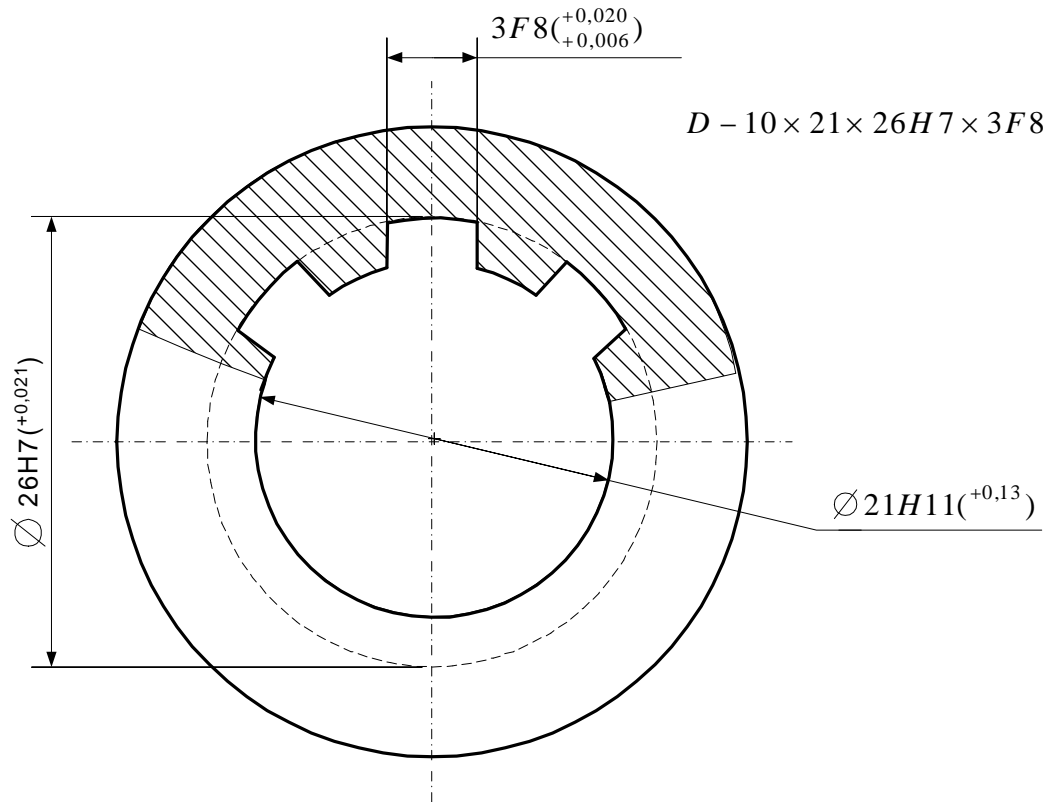


Рис.13. Обозначение посадок прямобочного шлицевого сопряжения:
а) сборочный чертеж; б) шлицевой вал; в) шлицевая втулка

ЗАДАЧА № 7 ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться определять допуски и отклонения элементов зацепления зубчатых передач и изучить эти элементы.

2. ЗАДАНИЕ

Для заданного зубчатого колеса 1 по требованиям к точности изготовления назначить показатель точности и комплекс показателей по каждой норме точности для контроля и определить их значения по стандарту (табл.11).

Таблица 11

Исходные данные для определения параметров точности зубчатого колеса

	Предпоследняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль, мм	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9
Количество зубьев колеса 1	20	18	16	20	24	30	18	16	24	20
Количество зубьев колеса 2	30	32	36	40	32	36	30	24	40	30
Ширина колеса, мм	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
	Последняя цифра номера студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степени точности:										
– кинематической;	6	7	8	9	6	7	8	6	9	6
– плавности работы;	7	8	9	8	6	7	7	7	8	6
– контакта зубьев.	7	9	7	7	6	7	8	8	8	6
Вид сопряжения	Н	А	В	С	Д	Е	Н	В	В	С

3. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

По точности изготовления зубчатые колеса разделяют на 12 степеней точности (в порядке убывания точности). Для дифференциации точности колес в зависимости от их служебного назначения зубчатые передачи условно подразделяют на отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

К отсчетным относят передачи с высокой кинематической точностью. Важнейшим требованием работы скоростных передач является плавность и бесшумность работы при высоких частотах вращения. При работе силовых передач должна быть обеспечена полнота контакта зубьев в зацеплении.

Степени точности назначают для каждой из норм точности дифференцированно с учетом того, к какой группе относится данная передача, т.е. допускается комбинирование степеней точности – назначение для всех норм разных степеней точности. Для передач общего назначения для всех норм точности назначают одинаковую степень точности, например 8-ю. При комбинировании степеней точности требуется, чтобы нормы плавности работы были не

более чем на две степени точнее или на одну степень грубее нормы кинематической точности. Нормы контакта зубьев могут быть назначены по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы, но не более чем на одну степень грубее нормы плавности.

Независимо от точности изготовления колес и передач дополнительно назначают требования к боковому зазору между нерабочими профилями зубьев в собранной передаче, объединенные в норму бокового зазора. Для зубчатых передач установлено шесть видов сопряжений (табл.12), на каждый вид сопряжения установлен допуск бокового зазора. Кроме того, установлено шесть классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемых в порядке убывания точности. Допускается изменять соответствие между видом сопряжения и классом отклонений межосевого расстояния.

Таблица 12

Рекомендуемое соответствие норм точности

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Допуск на боковой зазор	a	b	c	d	h	h
Степень точности по нормам плавности работы	3 - 12	3 - 11	3 - 9	3 - 8	3 - 7	3 - 7
Класс отклонения межосевого расстояния	VI	V	IV	III	II	II

Условное обозначение зубчатых колес и передач

Точность зубчатых передач и колес на рабочем чертеже задают условным обозначением:

- степень кинематической точности;
- степень точности плавности работы;
- степень точности полноты контакта зубьев;
- вид сопряжения в боковом зазоре;
- вид допуска бокового зазора;
- класс отклонения межосевого расстояния зубчатой передачи;
- наименьшая величина гарантированного бокового зазора.

Пример полного условного обозначения: 7-8-7-Ва/III-128 ГОСТ1643-81.

Задана 7 степень кинематической точности, 8 степень точности плавности работы, 7 степень точности контакта зубьев. Вид сопряжения В, вид допуска на боковой зазор “а”, класс отклонений межосевого расстояния - III. Боковой зазор должен быть не более 128 мкм.

Данные приведены, т.к. отличаются от рекомендуемых ГОСТом.

Пример краткого условного обозначения: 7-С ГОСТ 1643 –81.

Для передачи общего применения: передача 7-ой степени точности по всем трем нормам точности (кинематической, плавности работы и контакта зубьев) и сопряжение С – по норме бокового зазора.

Допуски зубчатых колес и передач нельзя рассматривать в отрыве от методов контроля, так как ГОСТ 1643-81 построен таким образом, что каждая норма точности может быть охарактеризована рядом показателей. В табл.П16 (Приложение б) приведены применяемые показатели и комплексы контроля прямозубых колес и передач.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

1. По заданным требованиям к точности изготовления зубчатого колеса составить условное обозначение.
 2. По табл.П16 (Приложение 6) назначить комплекс показателей по каждой норме точности для контроля изготовления зубчатого колеса.
 3. Написать их наименования и определения.
 4. По ГОСТ 1643-81 (табл.П17-П26, Приложение 6) определить допуски и предельные отклонения выбранных показателей точности.
- Примечание.** При назначении комплекса показателей по норме бокового зазора необходимо установить соотношение между видом сопряжения колес в передаче, степенью точности по нормам плавности работы и классом отклонений межосевого расстояния (см. табл.12).
5. Все данные занести в таблицу (см. пример табл.13).

5. ПРИМЕР

Для зубчатого колеса 1 по требованиям к точности изготовления назначить комплекс показателей для контроля и определить величины их допусков по стандарту.

Исходные данные

Модуль, мм.....	$m = 2$
Число зубьев колеса 1.....	$z_1 = 30$
Число зубьев колеса 2.....	$z_2 = 40$
Ширина колеса, мм.....	$b = 25$
Степени точности:	
кинематической.....	6
плавности работы.....	7
контакта зубьев.....	7
Вид сопряжения.....	H

Решение

1. По заданным требованиям к точности изготовления зубчатого колеса составим условное обозначение:

6-7-7-H ГОСТ 1643-81

2. По табл.П16 (Приложение 6) назначим комплекс показателей для контроля зубчатого колеса (см. табл.13).

По норме кинематической точности задана 6 степень точности, более высокая, чем по нормам плавности работы и контакта зубьев. Следовательно, данное колесо предназначено для работы в делительных механизмах. Для контроля кинематической точности целесообразно выбрать комплекс: колебание длины общей нормали F_{vnt} (контролируется нормалемером) и радиальное биение зубчатого венца F_{rt} (биениемер). Данные средства измерения широко применяются на заводах.

Кроме предложенного комплекса можно проконтролировать наибольшую кинематическую погрешность зубчатого колеса, которая определяется по формуле: $F'_{it} = F_p + f_f$, где F_p – накопленная погрешность шага, определяется по ГОСТ 1643-81 (табл.П18, Приложение 6), f_f – погрешность профиля зуба – по ГОСТ 1643-81 (табл.П19, Приложение 6).

По остальным нормам точности и норме бокового зазора показатели и комплекс выбраны согласно табл.П16 (Приложение 6).

3. Запишем наименования и определения показателей точности.
4. По ГОСТ 1643-81 (табл.П17 – П26, Приложение 6) определим допуски и предельные отклонения выбранных показателей точности (см. табл.13).

Для определения численных значений допусков и отклонений по таблицам ГОСТа необходимо вычислить:

- делительный диаметр колеса: $d_1 = m \cdot z_1 = 2 \cdot 30 = 60$ мм;
- межосевое расстояние: $a_w = m \frac{z_1 + z_2}{2} = 2 \frac{30 + 40}{2} = 70$ мм.

Таблица 13

Показатели точности для контроля зубчатого колеса и их значения

Норма точности	Наименование показателя точности	Определения показателей	Обозначение	Значение допуска, мкм
Кинематической точности	1. Наибольшая кинематическая погрешность 2. Колебание длины общей нормали и радиальное биение зубчатого венца. 3. Погрешность обката	См. ГОСТ	$F'_{ir} = F_P + f_f$	$32 + 8 = 40$
			F_{vwr}	16
			F_{rr}	25
Плавности работы	1. Местная кинематическая погрешность 2. Отклонение шага зацепления и погрешность профиля зуба 3. Отклонение шага зацепления и отклонение шага 4. Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	См. ГОСТ	f'_{ir}	25
			f_{pbr}	± 13
			f_{fr}	± 11
			f_{pbr} f_{ptr}	± 14
Контакта зубьев	1. Суммарная погрешность контактной линии 2. Погрешность направления зуба 3. Отклонение от параллельности осей 4. Перекос осей	См. ГОСТ	F_{kr}	22
			$F_{\beta r}$	11
			f_x	11
			f_y	5,6
Бокового зазора	1. Отклонение межосевого расстояния 2. Гарантированный боковой зазор 3. Наименьшее дополнительное смещение исходного контура 4. Допуск на смещение исходного контура	См. ГОСТ	f_{ar}	± 16
			$j_{n \min}$	0
			E_{Hs}	-14
			T_H	40

ЗАДАЧА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЛАДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться рассчитывать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля гладких цилиндрических деталей, определять по стандартам предельные отклонения и допуски и правильно строить схемы расположения полей допусков предельных калибров.

2. ЗАДАНИЕ

Рассчитать исполнительные размеры калибров (скобы и пробки) для контроля гладких цилиндрических деталей. Построить схему расположения полей допусков. Выполнить рабочие чертежи калибров с указанием на них исполнительных размеров рабочих поверхностей, шероховатости и маркировки. Варианты заданий см. задачу №1.

3. ПРЕДЕЛЬНЫЕ КАЛИБРЫ

Предельные калибры широко применяются для контроля размеров деталей в процессе их изготовления. Их конструкции весьма многообразны.

Предельные калибры имеют две стороны: проходную (ПР) и непроходную (НЕ), номинальные размеры которых соответствуют предельным размерам контролируемого отверстия или вала.

Номинальный размер проходной стороны у пробок соответствует наименьшему предельному размеру отверстия, а у скоб – наибольшему предельному размеру вала.

Номинальный размер непроходной стороны у пробок соответствует наибольшему предельному размеру отверстия, а у скоб – наименьшему предельному размеру вала. Поэтому при контроле годными считаются детали, у которых проходная сторона предельного калибра проходит по проверяемой поверхности, а непроходная – не проходит.

Исполнительными называют предельные размеры калибра, по которым изготавливают новый калибр. Для определения этих размеров на чертеже скобы проставляют наименьший предельный размер с положительным отклонением; для пробки и контрольного калибра - их наибольший предельный размер с отрицательным отклонением.

Расчет калибров сводится к определению исполнительных размеров измерительных поверхностей, ограничению отклонений их формы и назначению оптимальной шероховатости.

Виды гладких нерегулируемых калибров для контроля цилиндрических отверстий и валов устанавливает ГОСТ 24851-81. Исполнительные размеры гладких калибров вычисляют по формулам, приведенным в ГОСТ 24853-81 (табл.П27, Приложение 7). Допуски и отклонения калибров, а также расположение полей допусков и отклонений относительно границ полей допусков контролируемых изделий по ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7). Шероховатость рабочих поверхностей гладких калибров определяется по ГОСТ 2015-84 «Калибры гладкие нерегулируемые. Технические требования» (табл.П29, Приложение 7).

Маркировка калибра. На каждом калибре должны быть нанесены: номинальный диаметр контролируемого отверстия (вала); обозначение поля допуска контролируемого отверстия (вала); числовые величины предельных отклонений контролируемого отверстия (EI - на калибр-пробке ПР, ES – на калибр-пробке НЕ) и контролируемого вала (es - на калибр-скобе ПР, ei - на калибр-скобе НЕ); обозначение калибра (например ПР, НЕ, К-И); товарный знак предприятия-изготовителя.

Исходными данными для расчета являются:

- номинальный размер данного калибра (например, $\varnothing 25H9$; $\varnothing 25f8$), который соответствует одному из предельных размеров проверяемой детали;
- отклонения и допуски на изготовление данного калибра и отклонения на износ проходного калибра (ГОСТ 24853-81).

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. Расчет исполнительных размеров гладких калибров-пробок для контроля заданного отверстия (например, Ø25H9).

1.1. Для заданного поля допуска по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти отклонения отверстия: ES (мм.); EI (мм.).

1.2. Вычислить предельные размеры проверяемого отверстия:

- $D_{\max} = D + ES$ - наибольший предельный размер, мм.
- $D_{\min} = D + EI$ - наименьший предельный размер, мм.

1.3. По ГОСТ 24853-81 "Допуски гладких калибров для размеров до 500мм" (табл.П28, Приложение 7) найти отклонения и допуски для калибров-пробок:

- Z - координату середины поля допуска проходного калибра, мкм.
- H - допуск на изготовление калибров-пробок, мкм.
- Y - пределы износа проходного калибра, мкм.

1.4. По расчетным формулам ГОСТ 24853-81 (табл.П27, Приложение 7) вычислить предельные размеры проходного калибра-пробки ПР:

- d_{\max} - наибольший предельный размер;
- d_{\min} - наименьший предельный размер;
- $d_{\text{изн.}}$ - размер изношенного калибра.

1.5. Установить исполнительный размер проходного калибра-пробки ПР, который наносится на чертеже. Для калибров-пробок исполнительный размер составляют из наибольшего предельного размера с отрицательным отклонением.

1.6. Вычислить предельные размеры непроходного калибра-пробки НЕ по формулам - см. ГОСТ 24853-81 (табл.П27, Приложение 7):

- d_{\max} - наибольший предельный размер;
- d_{\min} - наименьший предельный размер.

1.7. Установить исполнительный размер непроходного калибра-пробки НЕ - аналогично как и для проходной пробки (см. п.1.5).

1.8. Построить в определенном масштабе график полей допусков для калибров-пробок по аналогии с рис.1-8, ГОСТ 24853-81. Нанести, кроме указанных на рисунках, буквенные обозначения и их численные значения отклонений, допусков и предельных размеров.

1.9. Выполнить сборочный чертеж рабочего калибра-пробки ПР и НЕ, руководствуясь соответствующим ГОСТом из сборника ГОСТов 14807-69...ГОСТ 14827-69.

2. Расчет исполнительных размеров гладких калибров-скоб для контроля заданного вала (например, Ø25f8).

2.1. Для заданного поля допуска по ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ 144-75) найти отклонение вала: es (мм.); ei (мм.).

2.2. Вычислить предельные размеры проверяемого вала:

- $d_{\max} = d + es$ - наибольший предельный размер, мм;
- $d_{\min} = d + ei$ - наименьший предельный размер, мм.

2.3. По ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7) найти отклонения и допуски для рабочих калибров-скоб:

- Z_1 - координату середины поля допуска проходной скобы, мкм;
- H_1 - допуск на изготовление калибров-скоб, мкм;
- Y_1 - пределы износа проходной скобы, мкм.

2.4. По расчетным формулам ГОСТ 24853-81 (табл.П27, Приложение 7) вычислить предельные размеры проходной скобы ПР:

- D_{\max} - наибольший предельный размер, мм;
- D_{\min} - наименьший предельный размер, мм;
- $D_{\text{изн.}}$ - размер изношенного проходного калибра-скобы, мм.

2.5. Установить исполнительный размер проходного калибра-скобы ПР, который наносится на чертеже. Для калибров-скоб исполнительный размер равен наименьшему предельному размеру с положительным отклонением численно равным допуску Н.

2.6. Вычислить предельные размеры непроходного калибра-скобы НЕ по формулам ГОСТ 24853-81 (табл.П27, Приложение 7):

- D_{\max} - наибольший предельный размер, мм;
- D_{\min} - наименьший предельный размер, мм.

2.7. Установить исполнительный размер непроходного калибра-скобы НЕ - аналогично, как и для проходной скобы (см. п.2.5).

2.8. Построить в определенном масштабе график полей допусков для калибров-скоб (см. рис.1-8, ГОСТ 24853-81). Нанести буквенные обозначения и цифровые значения отклонений, допусков и предельных размеров.

2.9. Выполнить сборочный чертеж рабочего калибра-скобы ПР и НЕ, руководствуясь соответствующим ГОСТом: ГОСТ 18355-73, ГОСТ 18362-73, ГОСТ 18363-73, ГОСТ 16776-71, ГОСТ 16777-71.

5. ПРИМЕР

Рассчитать исполнительные размеры гладких предельных рабочих калибров (пробки и скобы) для контроля деталей соединения $\varnothing 60 \frac{H7}{h6}$.

Решение

1. Определим размеры калибра-пробки для отверстия $D = 60$ мм с полем допуска $H7$.

1.1. По ГОСТ25347-82 находим предельные отклонения отверстия:

$$ES = + 0,030 \text{ мм}; EI = 0.$$

1.2. Наибольший и наименьший предельные размеры отверстия:

$$D_{\max}=60,030 \text{ мм}, D_{\min}=60 \text{ мм}.$$

1.3. По ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7) для IT7 и интервала 50-80 мм находим данные для расчета размеров калибров:

$$H=5 \text{ мкм}; \quad Z=4 \text{ мкм}; \quad Y=3 \text{ мкм}.$$

1.4. Наибольший размер проходного калибра-пробки:

$$ПР_{\max}=D_{\min}+Z+\frac{H}{2}=60+0,004+\frac{0,005}{2}=60,0065 \text{ мм}.$$

1.5. Размер калибра ПР, проставляемый на чертеже:

$$60,0065_{-0,005} \text{ мм}.$$

1.6. Предельные размеры:

- наибольший – 60,0065 мм,
- наименьший – 60,0015 мм.

1.7. Наименьший размер изношенного проходного калибра-пробки:

$$ПР_{\text{изн.}}=D_{\min}-Y=60-0,003=59,997 \text{ мм}.$$

Когда калибр-пробка ПР будет иметь указанный размер, его нужно изъять из эксплуатации.

1.8. Наибольший размер непроходного нового калибра-пробки:

$$НЕ_{\max}=D_{\max}+\frac{H}{2}=60,030+\frac{0,005}{2}=60,0325 \text{ мм}.$$

1.9. Размер калибра НЕ, проставляемый на чертеже:

$$60,0325_{-0,005} \text{ мм}.$$

1.10. Предельные размеры:

- наибольший – 60,0325 мм,
- наименьший – 60,0275 мм.

1.11. Строим схему расположения полей допусков (рис.14).

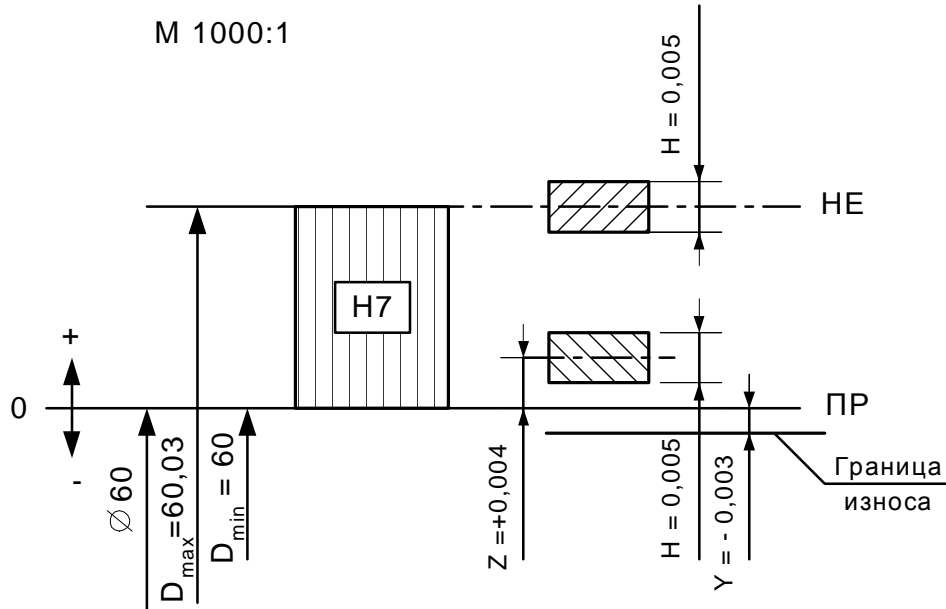


Рис.14. Схема расположения полей допусков калибра-пробки

1.12. Выполняем рабочий чертеж калибра-пробки с указанием исполнительных размеров рабочих поверхностей, шероховатости (табл.П29, Приложение 7) и маркировки (рис.15).

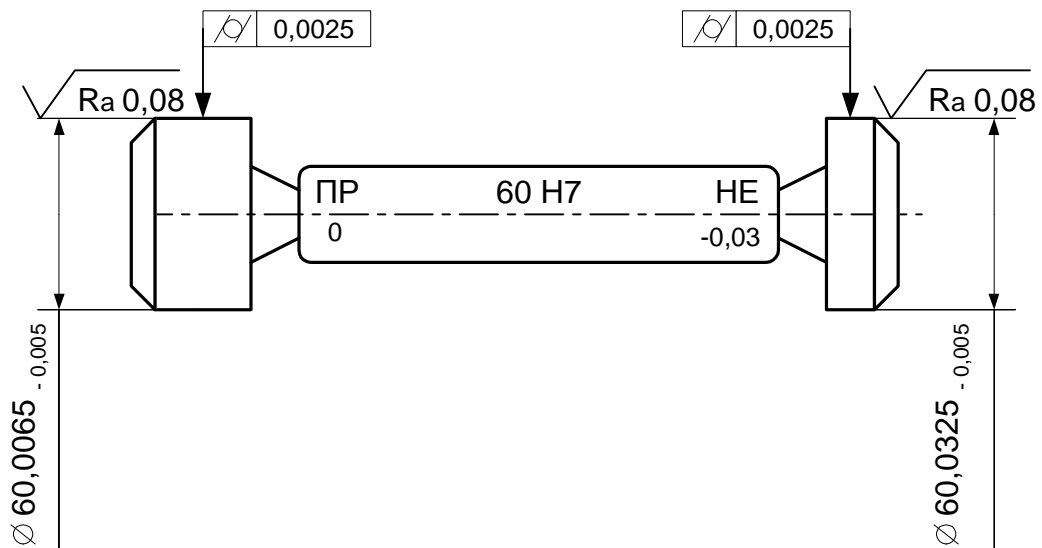


Рис.15. Калибр пробка

2. Определим размеры калибра-скобы для вала $d = 60$ мм с полем допуска $h6$.

2.1. По ГОСТ 25347-82 находим предельные отклонения:

$$es = 0; ei = -0,019 \text{ мм.}$$

2.2. Предельные размеры вала:

- $d_{\max} = 60,000$ мм
- $d_{\min} = 59,981$ мм.

2.3. По ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7) находим данные для расчета размеров:

$$H_1 = 5 \text{ мкм}; \quad Z_1 = 4 \text{ мкм}; \quad Y_1 = 3 \text{ мкм.}$$

2.4. Наименьший размер проходного нового калибра-скобы:

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 60,00 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 59,9935 \text{ мм.}$$

2.5. Размер калибра, проставляемого на чертеже:

$$59,9935^{+0,005} \text{ мм.}$$

2.6. Предельные размеры:

- наименьший – 59,9935 мм,
- наибольший – 59,9985 мм.

2.7. Наибольший размер изношенного проходного калибра-скобы:

$$ПР_{\text{изн}} = d_{\max} + Y_1 = 60,000 + 0,003 = 60,003 \text{ мм.}$$

2.8. Наименьший размер непроходного калибра-скобы:

$$НЕ_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 59,981 - \frac{0,005}{2} = 59,9785 \text{ мм.}$$

2.9. Размер калибра НЕ, проставляемый на чертеже:

$$59,9785^{+0,005} \text{ мм.}$$

2.10. Предельные размеры:

- наименьший – 59,9785 мм,
- наибольший – 59,9835 мм.

2.11. Строим схему расположения полей допусков (рис.16).

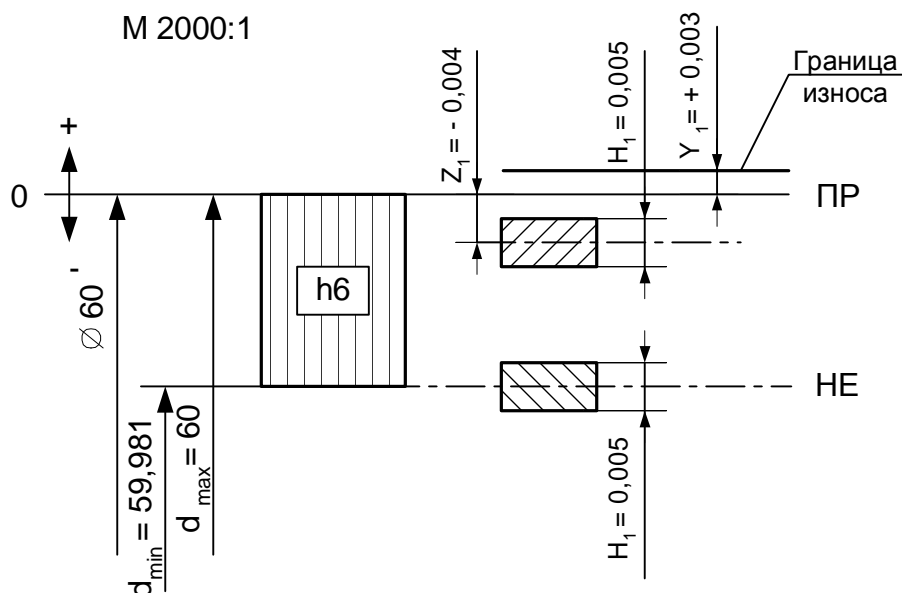


Рис.16. Схема расположения полей допусков калибра-скобы

2.12. Выполняем рабочий чертеж калибра-скобы с указанием исполнительных размеров рабочих поверхностей, шероховатости (табл.П29, Приложение 7) и маркировки (рис.17).

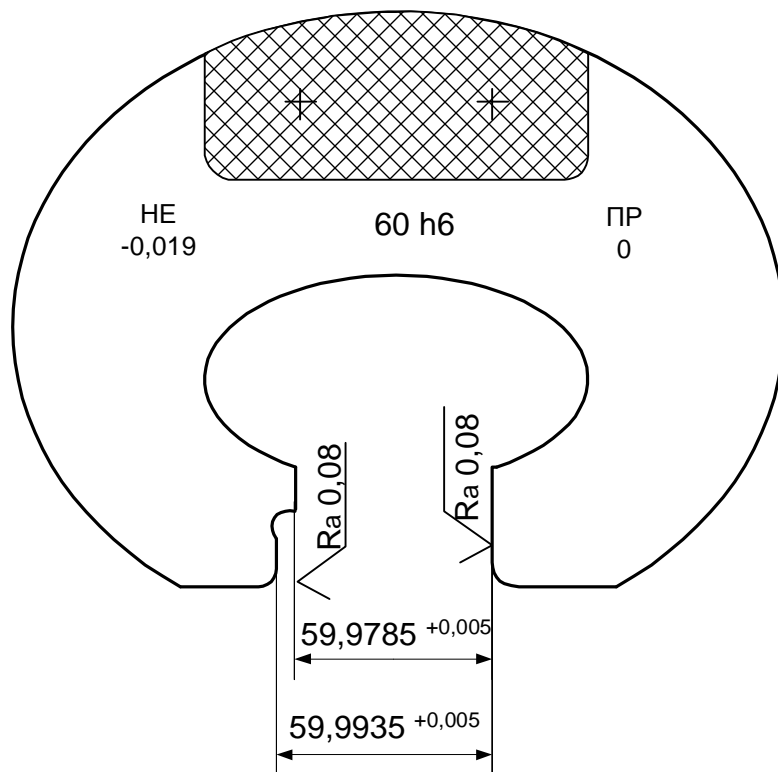


Рис.17. Калибр-скоба

ЗАДАЧА № 9

РАСЧЕТ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШПОНОЧНОГО СОПРЯЖЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Научиться рассчитывать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шпоночного соединения; определять по стандартам предельные отклонения и допуски; правильно строить схемы расположения полей допусков предельных калибров.

2. ЗАДАНИЕ.

Для заданного шпоночного соединения рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шпоночного соединения. Построить схемы расположения полей допусков предельных калибров для размеров b_k и d_k .

Исходные данные – см. задачу №5.

3. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ СО ШПОНОЧНЫМИ ПАЗАМИ

Калибры для контроля валов и втулок со шпоночными пазами и контролируемые ими размеры приведены в группе ГОСТов от 24109-80 до 24129-80.

Диаметры d вала и отверстия втулки со шпоночными пазами контролируются гладкими калибрами, а ширину b шпоночного паза вала и втулки – пазовыми калибрами. Глубины шпоночных пазов контролируют глубиномерами. Перечисленные выше калибры, контролирующие только предельные размеры вала или втулки, называются поэлементными.

Для контроля ширины паза и отклонения паза от симметричности предусмотрены также комплексные шпоночные калибры: калибр-призма и калибр-пробка.

Шпоночный проходной калибр-пробку характеризуют три размера (рис.18): номинальная толщина b_k контрольной шпонки; размер H_k и диаметр d_k калибра-пробки.

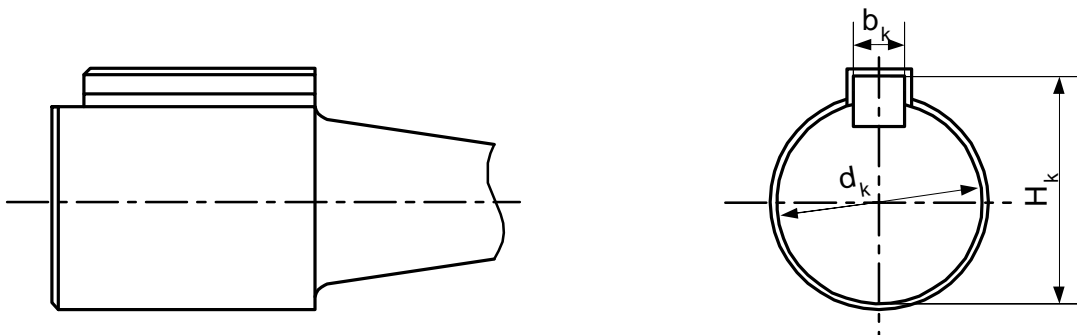


Рис.18. Шпоночный калибр-пробка

Шпоночный проходной калибр-призму характеризуют два размера (рис.19): толщина b_k контрольной шпонки и размер C – глубина вхождения шпоночного калибра-призмы в шпоночный паз вала.

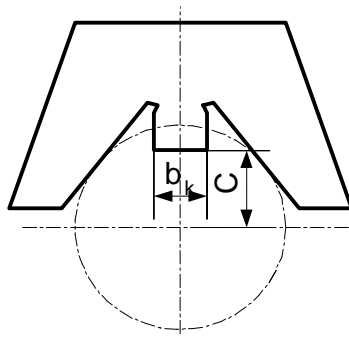


Рис.19. Шпоночный калибр-призма

Формулы для расчета исполнительных размеров рабочих калибров для контроля деталей шпоночного соединения приведены в табл. П30 (Приложение 8). Схемы расположения полей допусков для шпоночных комплексных проходных калибров-пробок и калибров-призм и значения допусков см. ГОСТ24109-80 (рис. П1, П2, П3 и табл П31, П32, Приложение 8).

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЗАДАНИЯ

1. По ГОСТу (Сборник ГОСТов 24109-80...24121-80) “Калибры для шпоночных соединений. Допуски. Конструкция и размеры”:

- a) Выполнить расчеты размеров калибра-призмы для контроля шпоночного паза вала.
- b) Выполнить расчеты размеров калибра-пробки для контроля шпоночного паза втулки.
- c) Построить схемы расположения полей допусков шпоночных калибров.
- d) Выполнить сборочные чертежи с необходимым количеством проекций калибров (призмы и пробки) для контроля шпоночных пазов вала и втулки.

Примечание. На сборочных чертежах должны быть необходимые технические требования: материал, твердость рабочих поверхностей, шероховатость, отклонения геометрической формы и расположения поверхностей и т.п.

5. ПРИМЕР

Для заданного шпоночного соединения (шпонка призматическая, соединение плотное) рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шпоночного соединения. Построить схемы расположения полей допусков предельных калибров. Дано цилиндрическое сопряжение $\varnothing 52 \text{ H}8/\text{n}7$.

I. Расчет шпоночного калибра-пробки для контроля шпоночного паза втулки.

Исходные данные (рис.20):

- a) номинальный диаметр и поле допуска цилиндрического отверстия во втулке, в которой имеется шпоночный паз - $\varnothing 52 \text{ H}8$.
- b) номинальный размер, поле допуска по ширине шпоночного паза втулки 16P9 (см. Задачу №5).

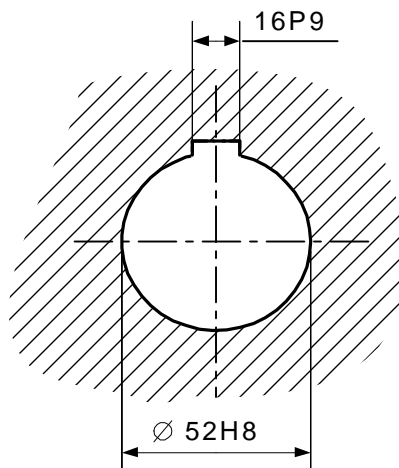


Рис.20. Шпоночная втулка

Вычислим исполнительные размеры b_k , H_k и d_k калибра-пробки по формулам ГОСТ 24109-80 (табл.П30, Приложение 8).

1. Расчет размера b_k .

1.1. Вычислим номинальный размер по ширине контрольной шпонки b_k нового калибра-пробки:

$$b_k = b_{\min} - Z_b + \frac{H_b}{2} = 15,939 - 0,0075 + \frac{0,005}{2} = 15,934 \text{ мм};$$

где $b_{\min} = b + EI = 16 + (-0,061) = 15,939$ мм - наименьший предельный размер ширины паза втулки, (см. задачу №5);

$Z_b = 7,5$ мкм – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до наименьшего предельного размера втулки, (табл. П31, Приложение 8);

$H_b = 5$ мкм- допуск на изготовление калибра-пробки, (табл. П31, Приложение 8).

1.2. Вычислим предельные размеры контрольного калибра-пробки:

– наибольший предельный размер:

$$b_{k\max} = b_k + es = 15,934 + 0 = 15,934 \text{ мм};$$

– наименьший предельный размер:

$$b_{k\min} = b_k + ei = 15,934 + (-0,005) = 15,929 \text{ мм},$$

где предельные отклонения размера b_k определим по табл.П31 (Приложение8):

$es = 0$ - верхнее отклонение размера;

$ei = -H_b = -0,005$ мм – нижнее отклонение размера b_k .

1.3. Установим исполнительный размер контрольного калибра-пробки, для этого необходимо взять наибольший предельный размер с отрицательным отклонением численно равным допуску на изготовление H_b . Этот исполнительный размер наносим на чертеже:

15,934_{-0,005}

1.4. Вычислим предельный размер изношенного калибра-пробки:

$$b_{k-w} = b_{\min} - y_b = 15,939 - 0,015 = 15,924 \text{ мм},$$

где $y_b = 15$ мкм - предел износа, (табл. П31, Приложение 8).

2. Расчет диаметра d_k калибра-пробки.

2.1 Вычислим номинальный размер диаметра калибра-пробки в зависимости от предельного проверяемого диаметра втулки и его качества ($\varnothing 52$ Н8) по формуле (табл. П30, Приложение 8):

$$d_k = d_{\min} - y = 52 - 0,005 = 51,995 \text{ мм},$$

где $d_{\min} = D_{\min} = D + EI = 52 + 0 = 52$ мм - наименьший предельный размер диаметра втулки;

$y = 5$ мкм - находим по ГОСТ 24853-81 "Допуски гладких калибров" (табл.П28, Приложение 7);

2.2. Вычислим предельные размеры d_k калибра-пробки:

– наибольший предельный размер:

$$d_{k\max} = d_k + esD_k = 51,995 + 0 = 51,995 \text{ мм};$$

– наименьший предельный размер:

$$d_{k\min} = d_k + eiD_k = 51,995 + (-0,005) = 51,990 \text{ мм},$$

где предельные отклонения размера d_k определим по табл.П30 (Приложение 8) и по ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7):

$es = 0$ - верхнее отклонение размера d_k ;

$ei = -H = -5$ мкм – нижнее отклонение размера d_k .

2.3. Установим исполнительный размер по размеру d_k аналогично, как и для ширины контр шпонки (см. п. 1.3):

51,995_{-0,005}

Этот размер так же предназначен для нанесения на чертеже данного калибра-пробки.

2.4. Вычислим предельный размер изношенного калибра-пробки:

$$d_{k-w} = d_{\min} - 2y - \frac{H}{2} - Z = 52 - 2 \cdot 0,005 - \frac{0,005}{2} - 0,007 = 51,981 \text{ мм},$$

где по ГОСТ 24853-81 (табл.П28, Приложение 7) найдем допуск H и координату середины поля допуска Z , т.е.: $H = 5$ мкм, $Z = 7$ мкм.

3. Расчет параметра H_k калибра-пробки.

3.1. Вычислим номинальный размер по формуле:

$$H_k = d - t_1 + h = 52 - 6 + 10 = 56 \text{ мм},$$

где $d = D = 52$ мм - номинальный диаметр втулки; $t_1 = 6$ мм - глубина шпоночного паза вала; $h = 10$ мм - высота шпонки.

3.2. Найдем по ГОСТ 24109-80 (табл.П30, Приложение 8) предельные отклонения для размера H_k . Предельные отклонения ограничены полем допуска $h12$. Для этого поля допуска найдем числовые значения отклонений по ГОСТ 25347-82 (СЭВ 144-75) или табл.П11 (Приложение 2), т.е.:

$$esH_k = 0; eiH_k = - 300 \text{ мкм}.$$

3.3. Вычислим предельные размеры параметра H_k :

– наибольший предельный размер:

$$H_{k \max} = H_k + esH_k = 56 + 0 = 56 \text{ мм};$$

– наименьший предельный размер:

$$H_{k \min} = H_k + eiH_k = 56 + (-0,3) = 55,7 \text{ мм}.$$

3.4. Установим исполнительный размер, который в данном случае будет включать в себя номинальный размер H_k и поле допуска, т.е. $h12$. В скобках укажем цифровые значения отклонений в мм.:

$$\mathbf{56h12 (-0,3)}.$$

Этот исполнительный размер также нанесем на чертеже шпоночного калибра-пробки.

4. Построим в определенном масштабе два графика полей допусков для размеров b_k и d_k в соответствии с ГОСТ 24109-80; нанесем буквенные обозначения и цифровые значения отклонений, допусков и предельных размеров (см. рис.П1-П3, Приложение 8).

5. Найдем допуск симметричности T_s контрольной шпонки калибра относительно оси поверхности d_k шпоночного калибра-пробки (табл. П32, Приложение 8) и нанесем на сборочном чертеже данного калибра (рис.П4, Приложение 8).

6. При составлении сборочного чертежа калибра-пробки руководствуемся сведениями, которые имеются в ГОСТ 24111-80 «Калибры-пробки шпоночные диаметром св.18 до 56 мм. Конструкция и размеры».

II. Расчет шпоночного калибра-призмы для контроля шпоночного паза вала.

Исходные данные (рис.26):

- номинальный диаметр и поле допуска вала, в котором имеется шпоночный паз $\varnothing 52n7$;
- номинальный размер и поле допуска по ширине шпоночного паза вала 16P9 (см. Задачу №5).

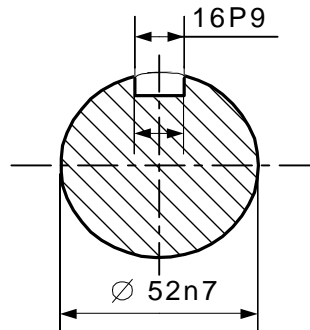


Рис.21. Шпоночный вал

Вычислим исполнительные размеры b_k и C шпоночного калибра-призмы по формулам ГОСТ 24109-80 (табл.П30, Приложение 8).

1. Расчет по ширине контрольной шпонки b_k .

1.1. Вычислим номинальный размер по ширине контрольной шпонки b_k нового калибра-призмы:

$$b_k = b_{\min} - Z_b + \frac{H_b}{2} = 15,939 - 0,0075 + \frac{0,005}{2} = 15,934 \text{ мм};$$

где $b_{\min} = b + ei = 16 + (-0,061) = 15,939$ мм - наименьший предельный размер ширины паза вала, (см. задачу №5);

$Z_b = 7,5$ мкм – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-призмы до наименьшего предельного размера вала (табл.П31, Приложение 8);

$H_b = 5$ мкм - допуск на изготовление калибра-призмы (табл.П31, Приложение 8).

1.2. Вычислим предельные размеры контрольного калибра-призмы:

– наибольший предельный размер: $b_{k\max} = b_k + esb_k = 15,934 + 0 = 15,934$ мм;

– наименьший предельный размер: $b_{k\min} = b_k + eib_k = 15,934 + (-0,005) = 15,929$ мм,

где предельные отклонения размера b_k определим по табл.П31 (Приложение 8):

$es = 0$ - верхнее отклонение размера

$ei = -H_b = -0,005$ мм – нижнее отклонение размера b_k .

1.3. Установим исполнительный размер калибра-призмы по аналогии с указаниями для калибра-пробки (см. I. п.1.3). Этот исполнительный размер наносим на чертеже:

15,934_{-0,005}

1.4. Вычислим предельный размер изношенного калибра-призмы:

$$b_{k-w} = b_{\min} - y_b = 15,939 - 0,015 = 15,924 \text{ мм},$$

где $y_b = 15$ мкм - предел износа, (см. табл.П31, Приложение 8).

2. Расчет параметра C .

2.1. Вычислим номинальный размер по формуле:

$$C = \frac{d}{2} - t_1 + r = \frac{52}{2} - 6 + 0,4 = 20,4 \text{ мм};$$

где $r = 0,4$ мм – максимальное значение радиуса закругления шпоночного паза вала;

2.2. Найдем по табл.П30 (Приложение 8) предельные отклонения для параметра C , т.е. имеем js12. Для этого поля допуска находим цифровые значения предельных отклонений по ГОСТ 25347-82 (СЭВ 144-75), т.е.:

$es C = +105$ мкм; $ei C = -105$ мкм;

2.3. Вычислим предельные размеры параметра C :

– наибольший предельный размер:

$$C_{\max} = C + esC = 20,4 + 0,105 = 20,505 \text{ мм};$$

– наименьший предельный размер:

$$C_{\min} = C + eiC = 20,4 + (-0,105) = 20,295 \text{ мм}.$$

2.4. Установим исполнительный размер параметра C по аналогии с рекомендациями для параметра H_k калибра-пробки (см. I. п.3.4.): **20,4 js12 ($\pm 0,105$)**

Этот исполнительный размер также нанесем на сборочном чертеже калибра-призмы.

3. Построим в определенном масштабе график полей допусков для размера ширины контрольной шпонки b_k калибра-призмы, руководствуясь ГОСТ 24109-80 (рис.П1, Приложение 8).

Нанесем буквенные обозначения и цифровые значения отклонений, допусков и предельных размеров.

4. Найдем допуск симметричности T_s на ширину контрольной шпонки (табл.П32, рис.П.4, Приложение 8) и нанесем на сборочном чертеже данного калибра-призмы.

5. Выполним сборочный чертеж калибра-призмы, руководствуясь ГОСТ 24114-80.

ЗАДАНИЕ №10 РАСЧЕТ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОПРЯЖЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться рассчитывать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шлицевого соединения; определять по стандартам предельные отклонения и допуски; правильно строить схемы расположения полей допусков предельных калибров.

2. ЗАДАНИЕ

Для заданного шлицевого соединения рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шлицевого соединения. Построить схемы расположения полей допусков предельных калибров для размеров b_k и d_k . Выполнить рабочие чертежи калибра-пробки и калибра-кольца. Исходные данные – см. задачу № 6.

3. КАЛИБРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВЫХ ПРЯМОБОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Для контроля размеров шлицевой втулки и шлицевого вала применяют поэлементные и шлицевые комплексные калибры. Калибры для контроля внутреннего диаметра отверстия втулки и наружного диаметра вала не отличаются от гладких калибров-пробок и калибров-скоб. Для контроля наружного диаметра D и ширины b впадины отверстия втулки, внутреннего диаметра d и толщины b зуба вала применяют специальные предельные калибры: листовые двусторонние пробки диаметром 14 – 125 мм; неполные пробки диаметром 102 – 125 мм; пазовые калибры; калибры-скобы и калибры-скобы для контроля толщины зубьев.

Широкое применение имеют комплексные шлицевые калибры. Комплексными калибрами контролируют не только размеры шлицевых валов и втулок, но и отклонения формы и расположения поверхностей. Формулы для расчета исполнительных размеров шлицевых калибров приведены в ГОСТ 7951-80 (табл.П33, Приложение 9). Схемы расположения полей допусков для шлицевых комплексных проходных калибров-пробок и калибров-колец представлены на рис.П5–П9, а значения допусков даны в табл.П34–П39 (Приложение 9).

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

1. По ГОСТ 1139-80 (СТ СЭВ 187-75) “Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски” проверить соответствие заданных исходных данных задания табличным данным вышеприведенного ГОСТа.

2. По ГОСТ 7951-80 (СТ СЭВ 355-76) “Калибры для контроля шлицевых прямобочных соединений. Допуски” произвести расчеты исполнительных размеров:

- a) Калибра-пробки для контроля шлицевой втулки.
- b) Калибра-кольца для контроля шлицевого вала.
- c) Выполнить графики полей допусков по рассчитанным размерам калибров для

контроля шлицевых деталей.

3. По ГОСТ 24960-81 «Калибры комплексные для контроля шлицевых прямобочных соединений. Вид, основные размеры» определить конструктивные размеры калибров (пробки и кольца) для контроля шлицевых деталей.

4. Выполнить рабочие чертежи калибра-пробки и калибра-кольца.

ПРИМЕЧАНИЕ. На рабочих чертежах калибров для контроля шлицевых деталей должны быть указаны необходимые технические требования, в том числе: материал, твердость и шероховатость поверхностей, отклонения геометрической формы и расположения поверхностей и т.п.

Эти данные необходимо выяснить по ГОСТ 24959-81 “Калибры для шлицевых соединений. Технические условия”.

5. ПРИМЕР

Для заданного шлицевого соединения рассчитать исполнительные размеры рабочих калибров для контроля деталей шлицевого соединения. Построить схемы расположения полей допусков предельных калибров. Дано шлицевое соединение:

$$d - 8 - 52 \frac{H7}{n6} \times 60 \times 10 \frac{F8}{f8} \text{ГОСТ} 1139 - 80.$$

I. Расчет шлицевого калибра-пробки для контроля шлицевого паза втулки.

1. По ГОСТ 25347-82 найдем предельные отклонения параметров втулки (в мм):

$$d = 52H7^{(+0,030)}; \quad D = 60H12^{(+0,300)}; \quad b = 10F8^{(+0,035)}_{(+0,013)},$$

где поле допуска нецентрирующего диаметра втулки D найдем по ГОСТ 1139-80 (см. табл.9, задача №б).

2. Вычислим наименьшие предельные размеры шлицевой втулки:

$$d_{\min} = 52 \text{ мм}; \quad D_{\min} = 60 \text{ мм}; \quad b_{\min} = 10,013 \text{ мм}.$$

3. Вычислим размеры шлицевого калибра-пробки по формулам, приведенным в ГОСТ 7951-80 (табл.П33, Приложение 9).

3.1. Номинальный внутренний диаметр калибра-пробки:

$$d_k = d_{\min} - Z_d = 52 - 0,009 = 51,991 \text{ мм};$$

3.2. Предельные размеры внутреннего диаметра калибра-пробки:

$$d_{k \max} = d_k + \frac{H_d}{2} = 51,991 + \frac{0,008}{2} = 51,995 \text{ мм};$$

$$d_{k \min} = d_k - \frac{H_d}{2} = 51,991 - \frac{0,008}{2} = 51,987 \text{ мм}.$$

4. Предельный размер изношенного внутреннего диаметра калибра-пробки:

$$d_{k-W} = d_{\min} - Y_d = 52 - 0,021 = 51,979 \text{ мм}.$$

5. Номинальная толщина зуба калибра-пробки:

$$b_k = b_{\min} - Z_b = 10,013 - 0,012 = 10,001 \text{ мм}.$$

5.1. Предельные размеры толщины зуба:

$$b_{k \max} = b_k + \frac{H_b}{2} = 10,001 + \frac{0,004}{2} = 10,003 \text{ мм};$$

$$b_{k \min} = b_k - \frac{H_b}{2} = 10,001 - \frac{0,004}{2} = 9,999 \text{ мм}.$$

6. Предельный размер изношенной толщины зуба калибра-пробки:

$$b_{k-W} = b_{\min} - Y_b = 10,013 - 0,018 = 9,995 \text{ мм}.$$

7. Номинальный наружный диаметр калибра-пробки:

$$D_k = D_{\min} - Z_{D'} = 60 - 0,085 = 59,915 \text{ мм}.$$

7.1. Предельные размеры наружного диаметра калибра-пробки:

$$D_{k \max} = D_k + \frac{H_{D'}}{2} = 59,915 + \frac{0,030}{2} = 59,93 \text{ мм};$$

$$D_{k \min} = D_k - \frac{H_{D'}}{2} = 59,915 - \frac{0,030}{2} = 59,90 \text{ мм},$$

Входящие в формулы допуски и величины, определяющие их положение, найдем по ГОСТ 7951-80 (табл. П34, П35, П38, Приложение 9):

$$Z_d = 0,009 \text{ мм}, \quad Y_d = 0,021 \text{ мм}, \quad H_d = 0,008 \text{ мм}, \quad Z_b = 0,012 \text{ мм}, \quad Y_b = 0,018 \text{ мм},$$

$$H_b = 0,004 \text{ мм}, \quad Z_{D'} = 0,085 \text{ мм}, \quad H_{D'} = 0,030 \text{ мм}.$$

8. Установим исполнительные размеры шлицевого калибра-пробки, которые наносим на чертеже:

– Внутреннего диаметра

$$d_{k\max} = 51,995_{-0,008};$$

– Толщины зуба

$$b_{k\max} = 10,003_{-0,004};$$

– Наружного нецентрирующего диаметра

$$D_{k\max} = 59,93_{-0,030}.$$

9. Построим в определенном масштабе три графика полей допусков для параметров d_k , b_k и D_k . Нанесем буквенные обозначения и цифровые значения отклонений, допусков и предельных размеров (см. рис. П5, П6, П9, Приложение 9).

10. Найдем по табл. П39 (Приложение 9) допуски симметричности зуба и параллельности боковых сторон зуба относительно оси поверхности d_k калибра-пробки и нанесем их на сборочном чертеже данного калибра (рис. П10 и П11, Приложение 9).

11. При составлении сборочного чертежа калибра-пробки руководствуемся сведениями, которые имеются в ГОСТе 24960-81.

II. Расчет шлицевого калибра-кольца для контроля шлицевого паза вала.

1. По ГОСТ 25347-82 найдем предельные отклонения параметров вала (в мм):

$$d = 52n6 \begin{pmatrix} +0,039 \\ +0,020 \end{pmatrix}; \quad D = 60a11 \begin{pmatrix} -0,340 \\ -0,53 \end{pmatrix}; \quad b = 10f8 \begin{pmatrix} -0,013 \\ -0,035 \end{pmatrix},$$

где поле допуска нецентрирующего диаметра вала D найдем по ГОСТ 1139-80.

2. Вычислим наибольшие предельные размеры шлицевого вала:

$$d_{\max} = 52,039 \text{ мм}; \quad D_{\max} = 59,66 \text{ мм}; \quad b_{\max} = 9,987 \text{ мм}.$$

3. Вычислим размеры шлицевого калибра-кольца по формулам, приведенным в ГОСТ 7951-80 (табл. П33, Приложение 9).

3.1. Номинальный внутренний диаметр калибра-кольца:

$$d_k = d_{\max} + Z_{1d} = 52,039 + 0,0075 = 52,0465 \text{ мм};$$

3.2. Предельные размеры внутреннего диаметра калибра-кольца:

$$d_{k\max} = d_k + \frac{H_{1d}}{2} = 52,0465 + \frac{0,005}{2} = 52,049 \text{ мм};$$

$$d_{k\min} = d_k - \frac{H_{1d}}{2} = 52,0465 - \frac{0,005}{2} = 52,044 \text{ мм}.$$

4. Предельный размер изношенного внутреннего диаметра калибра-кольца:

$$d_{k-w} = d_{\max} + Y_{1d} = 52,039 + 0,015 = 52,054 \text{ мм}.$$

5. Номинальная ширина паза калибра-кольца:

$$b_k = b_{\max} + Z_{1b} = 9,987 + 0,012 = 9,999 \text{ мм}.$$

5.1. Предельные размеры ширины паза:

$$b_{k\max} = b_k + \frac{H_{1b}}{2} = 9,999 + \frac{0,006}{2} = 10,002 \text{ мм};$$

$$b_{k\min} = b_k - \frac{H_{1b}}{2} = 9,999 - \frac{0,006}{2} = 9,996 \text{ мм}.$$

6. Предельный размер изношенной ширины паза калибра-кольца:

$$b_{k-w} = b_{\max} + Y_{1b} = 9,987 + 0,021 = 10,008 \text{ мм}.$$

7. Номинальный наружный диаметр калибра-кольца:

$$D_k = D_{\max} + Z_{1D} = 59,66 + 0,2 = 59,86 \text{ мм}.$$

7.1. Предельные размеры наружного диаметра калибра-кольца:

$$D_{k \max} = D_k + \frac{H_{1D'}}{2} = 59,86 + \frac{0,030}{2} = 59,875 \text{ мм};$$

$$D_{k \min} = D_k - \frac{H_{1D'}}{2} = 59,86 - \frac{0,030}{2} = 59,845 \text{ мм}.$$

Входящие в формулы допуски и величины, определяющие их положение, найдем по ГОСТ 7951-80 (табл. П36, П37, П38, Приложение 9):

$$Z_{1d}=0,0075 \text{ мм}, Y_{1d}=0,015 \text{ мм}, H_{1d}=0,005 \text{ мм}, Z_{1b}=0,012 \text{ мм},$$

$$Y_{1b}=0,021 \text{ мм}, H_{1b}=0,006 \text{ мм}, Z_{1D'}=0,200 \text{ мм}, H_{1D'}=0,030 \text{ мм}.$$

8. Установим исполнительные размеры шлицевого калибра-кольца, которые наносим на чертеже:

– Внутреннего диаметра

$$d_{k \min} = 52,044^{+0,005};$$

– Ширины паза

$$b_{k \min} = 9,996^{+0,006};$$

– Наружного нецентрирующего диаметра

$$D_{k \min} = 59,845^{+0,030}.$$

9. Построим в определенном масштабе три графика полей допусков для параметров d_k , b_k и D_k . Нанесем буквенные обозначения и цифровые значения отклонений, допусков и предельных размеров (рис. П7, П8, П9, Приложение 9).

10. Найдем по табл. П39 (Приложение 9) допуски симметричности зуба и параллельности боковых сторон зуба относительно оси поверхности d_k калибра-кольца и нанесем их на сборочном чертеже данного калибра (рис. П10, П11, Приложение 9).

11. При составлении сборочного чертежа калибра-кольца руководствуемся сведениями, которые имеются в ГОСТе 24960-81.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1

Нормальные габаритные размеры подшипников, мм (ГОСТ 3476-79)

Условные обозначения подшипников	Габаритные размеры				Радиус закругления фаски, r
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина* (кроме конических роликоподшипников)	Монтажная высота конических роликоподшипников	
1	2	3	4	5	6
Л Е Г К А Я С Е Р И Я					
204	20	47	14	15,5	1,5
205	25	52	15	16,5	1,5
206	30	62	16	17,5	1,5
207	35	72	17	18,5	2,0
208	40	80	18	20,0	2,0
209	45	85	19	21,0	2,0
210	50	90	20	22,0	2,0
211	55	100	21	23,0	2,5
212	60	110	22	24,0	2,5
213	65	120	23	25,0	2,5
214	70	125	24	26,5	2,5
215	75	130	25	27,5	2,5
216	80	140	26	28,5	3,0
217	85	150	28	31,0	3,0
218	90	160	30	33,0	3,0
220	100	180	34	37,5	3,5
С Р Е Д Н Я Я С Е Р И Я					
305	25	62	17	18,5	2,0
306	30	72	19	21,0	2,0
307	35	80	21	23,0	2,5
308	40	90	23	25,5	2,
309	45	100	25	27,5	2,5
310	50	110	27	29,5	3,0
311	55	120	29	32,0	3,0
312	60	130	31	34,0	3,5
313	65	140	33	36,5	3,5
314	70	150	35	38,5	3,5
315	75	160	37	40,5	3,5
316	80	170	39	43,0	3,5
317	85	180	41	45,0	4,0
318	90	190	43	47,0	4,0
Т Я Ж Е Л А Я С Е Р И Я					
1	2	3	4	5	6
406	30	90	23	-	2,5
407	35	100	25	-	2,5
408	40	110	27	-	3,0
409	45	120	29	-	3,0
410	50	130	31	-	3,5
411	55	140	33	-	3,5
412	60	150	35	-	3,5
413	65	160	37	-	3,5
414	70	180	42	-	4,0
415	75	190	45	-	4,0

* Для всех подшипников, кроме конических роликовых, номинальный размер монтажной высоты равен размеру ширины кольца.

Таблица П2

Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях валов и корпусов [9]

Диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника, мм	Допускаемые значения P_R , кН/м			
	Поля допусков для валов			
	j_s6, j_s5	$k6, k5$	$m6, m5$	$n6, n5$
Св. 18 до 80	до 300	300 - 1400	1400 - 1600	1600 - 3000
Св. 80 до 180	до 600	600 - 2000	2000 - 2500	2500 - 4000
Св. 180 до 360	до 700	700 - 3000	3000 - 3500	3500 - 6000
Св. 360 до 630	до 900	900 - 3500	3500 - 5400	5400 - 8000
Диаметр D наружного кольца, мм	Поля допусков для корпусов			
	$K7, K6$	$M7, M6$	$N7, N6$	$P7$
Св. 50 до 180	до 800	800 - 1000	1000 - 1300	1300 - 2500
Св. 180 до 360	до 1000	1000 - 1500	1500 - 2000	2000 - 3300
Св. 360 до 630	до 1200	1200 - 2000	2000 - 2600	2600 - 4000
Св. 630 до 1600	до 1600	1600 - 2500	2500 - 3500	3500 - 5500

Примечание. Допускаемые значения P_R подсчитаны по средним значениям посадочных натягов.

Таблица П3

Рекомендуемые поля допусков валов и отверстий корпусов под подшипники качения с местно нагруженными кольцами [9]

Типы подшипников	Номинальный диаметр	Поля допусков		
		валов (осей)	отверстий в корпусе	
			неразъемном	разъемном
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 150%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых	До 80	$h5, h6$	$H6, H7$	$H6, H7, H8^*$
	Св. 80 до 260	$g5, g6$ $f6^*, j_s6$	$G6, G7$	
	Св. 260 до 500	$f6, j_s6$		
Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%				
Все типы, кроме штампованных игольчатых и роликовых конических двухрядных	До 80	$h5, h6$	J_s6, J_s7	J_s6, J_s7
	Св. 80 до 260		$H6, H7$	
	Св. 260 до 500	$g5, g6$		
Роликовые конические двухрядные	До 120	$h5, h6$	$H6, H7$	J_s6, J_s7
	Св. 120	$g5, g6$		
Нагрузка любая				
Игольчатые штампованные	Все размеры	$k5, k6^{**}$ j_s5, j_s6^{**}	$K6, K7^{***}$ J_s6, J_s7	J_s6, J_s7 (в стальной стакан)

* Поля допусков $f6$ и $H8$ применять при частоте вращения не более 60% от предельно допустимой.

** Соединения подшипников с валами $k5, k6, j_s5, j_s6$ осуществляют с помощью селективной сборки.

*** Для корпусов из цветного металла.

Таблица П4

Предельные отклонения ширины колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников В, мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный внутренний диаметр, d, мм	Класс точности					
	0		6		5	
	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение
Св.18 до 30	0	-120	0	-120	0	-120
Св.30 до 50	0	-120	0	-120	0	-120
Св.50 до 80	0	-150	0	-150	0	-150
Св.80 до 120	0	-200	0	-200	0	-200

Таблица П5

Точность размеров внутренних колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников d_m, d , мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный внутренний диаметр d, мм	Класс точности									
	0				6				5	
	d_m		d		d_m		d		d_m, d	
	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение
Св.18 до 30	0	-10	+3	-13	0	-8	+1	-9	0	-6
Св.30 до 50	0	-12	+3	-15	0	-10	+1	-11	0	-8
Св.50 до 80	0	-15	+4	-19	0	-12	+2	-14	0	-9
Св.80 до 120	0	-20	+5	-25	0	-15	+3	-18	0	-10

Таблица П6

Точность размеров наружных колец шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников D_m, D , мкм (ГОСТ3325-85)

Номинальный наружный диаметр D, мм	Класс точности									
	0				6				5	
	D_m		D		D_m		D		D_m, D	
	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение	верхнее отклонение	нижнее отклонение
Св.18 до 30	0	-9	+2	-11	0	-8	+1	-9	0	-6
Св.30 до 50	0	-11	+3	-14	0	-9	+2	-11	0	-7
Св.50 до 80	0	-13	+4	-17	0	-11	+2	-13	0	-9
Св.80 до 120	0	-15	+5	-20	0	-13	+3	-15	0	-10
Св.120 до 150	0	-18	+6	-24	0	-15	+3	-18	0	-11
Св.150 до 180	0	-25	+7	-32	0	-18	+3	-21	0	-13
Св.180 до 250	0	-30	+8	-38	0	-20	+4	-24	0	-15

Допуски формы и расположения посадочных поверхностей валов и отверстий корпусов в мкм, не более (ГОСТ 3325-85)

Класс точности подшипников	Номинальные диаметры d и D подшипников качения, мм										
	От 0,6 до 2,5	Св.2,5 до 3	Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250
	Для посадочной поверхности вала, сопрягаемого с подшипником Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения										
0 и 6	1,5	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	6	7
5 и 4	0,7	0,7	0,8	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5
	Допуски торцевого биения заплечиков вала										
0	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46
6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29
5	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14
	Для посадочной поверхности отверстия корпуса, сопрягаемого с подшипником										
	Допуск круглости и допуск профиля продольного сечения										
0 и 6	–	2,5	3	4	4,5	5	6	7,5	9	10	11,5
5 и 4	–	1	1,3	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5
	Допуски торцевого биения заплечиков отверстия корпуса										
0	–	–	18	22	27	33	39	46	54	63	72
6	–	–	12	15	18	21	25	30	35	40	46
5	–	–	5	6	8	9	11	13	15	18	20

Таблица П8

Шероховатость посадочных и опорных торцовых поверхностей (ГОСТ3325-85)

Посадочные поверхности	Класс точности подшипников	Предельные отклонения, не более, для номинальных диаметров подшипников	
		до 80 мм	св. 80 до 500 мм
		Ra, мкм	
Валов	0	1,25	2,50
	6 и 5	0,63	1,25
	4	0,32	0,63
Отверстий корпусов	0	1,25	2,5
	6, 5 и 4	0,63	1,25
Опорных торцов заплечиков валов и корпусов	0	2,50	2,50
	6,5 и 4	1,25	2,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П9

Единица допуска для размеров до 500 мм (ЕСДП)

Основные интервалы размеров	До 3	Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
i, мкм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89	3,22	3,54	3,89

Примечание. Единицу допуска для основных интервалов размеров определяют по формуле: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001D$,
 где D – среднее геометрическое из крайних значений каждого интервала номинальных размеров в мм: $D = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}}$.
 Для интервала до 3 мм принимается $D = \sqrt{3}$.

Таблица П10

Число единиц допусков для квалитетов ЕСДП (ГОСТ 25346-89)

Число единиц допуска	7	10	16	25	30	40	64	100	160	200	250	400	640	1000	1600
Квалитеты ЕСДП	5	6	7	8	—	9	10	11	12	—	13	14	15	16	17

Значения допусков для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346-89)

Номинальные размеры, мм	Допуски (мкм) для квалитетов										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П12

Номинальные диаметры и шаги метрической резьбы рядов 1 и 2
(ГОСТ 8724-81)

Номинальный диаметр, мм		Шаг P, мм		Номинальный диаметр, мм		Шаг P, мм	
1-й ряд	2-й ряд	Крупный	Мелкий	1-й ряд	2-й ряд	Крупный	Мелкий
3		0,5			33	3,5	2; 1,5; 1
4		0,7	0,5	36		4	3; 2; 1,5; 1
5		0,8	0,5		39	4	3; 2; 1,5; 1
6		1	0,75; 0,5	42		4,5	3; 2; 1,5; 1
8		1,25	1; 0,75		45	4,5	3; 2; 1,5; 1
10		1,5	1,25; 1	48		5	3; 2; 1,5
12		1,75	1,5; 1,25; 1		52	5	3; 2; 1,5
	14	2	1,25; 1	56		5,5	4; 3; 2
16		2	1,5; 1		60	(5,5)	4; 3; 2
	18	2,5	2; 1,5; 1	64		6	4; 3; 2
20		2,5	2; 1,5; 1		68	6	4; 3; 2
	22	2,5	2; 1,5; 1	72		-	6; 4; 3; 2
24		3	2; 1,5; 1		76	-	6; 4; 3; 2
	27	3	2; 1,5; 1	80		-	6; 4; 3; 2
30		3,5	2; 1,5; 1		85	-	6; 4; 3; 2
				90		-	6; 4; 3; 2

Примечание. В таблицу не включены нерекомендуемые шаги, а также ограничено число мелких шагов.

Таблица П13

Поля допусков метрической резьбы с зазорами (ГОСТ 16093-81)

Класс точности	Длина свинчивания		
	S	N	L
Поля допусков наружных резьб			
Точный	(3h4h)	4g, 4h	(5h4h)
Средний	5g6g, (5h6h)	6d, 6e, 6f, 6g, 6h	(7e6e), 7g6g, (7h6h)
Грубый	-	8g, (8h)	(9g8g)
Поля допусков внутренних резьб			
Точный	4H	4H5H, 5H	6H
Средний	(5G), 5H	6G, 6H	(7G), 7H
Грубый	-	7G, 7H	(8G), 8H

Примечание. 1. Поля допусков, заключенные в круглые скобки имеют ограниченное применение. 2. Посадки могут быть образованы сочетанием любых полей допусков. Предпочтительно следует сочетать поля допусков одного класса точности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П14

Соединения шпоночные с призматическими шпонками (по ГОСТ 23360-78)

Поля допусков и предельные отклонения (мм) призматической шпонки и шпоночных пазов на валу и во втулке															
Диаметр вала d , мм	Сечение шпонки $b \times h$, мм	Длина l , мм	Шпоночный паз								Радиус закругления r_1 или фаска $s_1 \times 45^\circ$				
			Ширина паза по размеру b					Глубина							
			Свободное соединение		Нормальное соединение		Плотное соединение	Вал t_1		Втулка t_2					
			Вал (H9)	Втулка (D10)	Вал (N9)	Втулка (Js9)	Вал и Втулка (P9)	Но-мин.	Пред. откл t_1 или $(d-t_1)$	Но-мин.	Пред. откл t_2 или $(d+t_2)$	Не более	Не менее		
Св. 10 до 12 » 12 » 17 » 17 » 22	4×4	От 8 до 45 » 10 » 56 » 14 » 70	+0,030	+0,078	0	+0,015	-0,012	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,16	0,08		
	5×5		0	+0,030	-0,030	-0,015	-0,042	3,0	или	2,3		0,25	0,16		
	6×6						3,5	(-0,1)	2,8						
Св. 22 до 30 » 30 » 38	8×7	От 18 до 90 » 22 » 110	+0,036	+0,098	0	+0,018	-0,015	4,0	+0,2 или (-0,2)	3,3	+0,2	0,4	0,25		
	10×8		0	+0,040	-0,036	-0,018	-0,051	5,0		3,3					
Св. 38 до 44 » 44 » 50 » 50 » 58 » 58 » 65	12×8	От 28 до 140 » 36 » 160 » 45 » 180 » 50 » 200	+0,043	+0,120	0	+0,021	-0,018	5,0		+0,2 или (-0,2)		3,3	+0,2	0,4	0,25
	14×9		0	+0,050	-0,043	-0,021	-0,061	5,5				3,8			
	16×10							6,0	4,3						
Св. 65 до 75 » 75 » 85 » 85 » 95 » 95 » 110	18×11							7,0		4,4					
	20×12	От 56 до 220 » 63 » 250 » 70 » 280 » 80 » 320	+0,052	+0,149	0	+0,026	-0,022	7,5	+0,2 или (-0,2)	4,9	+0,2	0,6	0,4		
	22×14		0	+0,065	-0,052	-0,026	-0,074	9,0		5,4					
25×14							9,0	5,4							
	28×16							10,0		6,4					

Примечания: 1. Предельные отклонения на ширину шпонки b по h_9 , на высоту шпонки h по h_{11} (у шпонок с высотой $h = 2 \dots 6$ мм предельные отклонения соответствуют h_9).

2. Предельные отклонения на длину шпонки по h_{14} , на длину шпоночного паза по H_{15} .

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П15

Допуски и посадки прямобочных шлицевых соединений

Поверхность центрирования	Посадки ¹			Примечание
	по d	по b	по D	
Для подвижных соединений, работающих при больших ударных нагрузках и редкой разборке				
b	-	F8/j _s 7	-	
Для неподвижных соединений, работающих при умеренных нагрузках и частой разборке				
d	H7/g6	D9/j _s 7 D9/k7 F10/j _s 7 F10/f9	-	При средних скоростях
b	-	F8/j _s 7	-	При малых скоростях
D	-	F8/j _s 7	H7/j _s 6	При значительных скоростях
Для подвижных соединений, перемещающихся под нагрузкой				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 D9/j _s 7 F10/f9	-	Поверхность термообрабатывать
Для подвижных соединений, перемещающихся без нагрузки или при малой нагрузке ²				
d	H7/f7 H7/g6	D9/h9 F10/f9	-	При малых и средних скоростях (термообработка до невысокой твердости)
D	-	F8/f7 F8/f8	H7/f7	При значительных скоростях
1. Приведены только предпочтительные посадки, взятые по ГОСТ 1139-80. 2. Предпочтительно центрирование по наружному диаметру D.				

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица П16

Показатели точности и комплексы контроля прямозубых колес (ГОСТ 1643-81)

Нормы точности	Показатель точности или комплекс		Степень точности			
	Наименование	Обозначение	6	7	8	9
Показатели кинематической точности	Наибольшая кинематическая погрешность	F'_{ir}	+	+	+	-
	Накопленная погрешность шага	F_{pr}	-	+	+	-
	Погрешность обката и радиальное биение зубчатого венца	F_{cr} F_{rr}	+	+	+	-
	Колебание длины общей нормали и радиальное биение зубчатого венца	F_{vwr} F_{rr}	+	+	+	-
	Радиальное биение зубчатого венца	F_{rr}	-	-	-	+
	Колебание измерительного межосевого расстояния за один оборот зубчатого колеса	F''_{ir}	-	-	-	+
Показатели плавности работы	Местная кинематическая погрешность	f'_{ir}	+	+	+	-
	Отклонение шага зацепления и погрешность профиля зуба	f_{pbr} f_{fr}	+	+	+	-
	Отклонение шага зацепления и отклонение шага	f_{pbr} f_{ptr}	+	+	+	-
	Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе	f''_{ir}	+	+	+	+
	Отклонение шага зацепления	f_{pbr}	-	-	-	+
	Отклонение шага	f_{ptr}	-	-	-	+
Показатели контакта зубьев	Суммарная погрешность контактной линии	F_{kr}	+	+	+	+
	Погрешность направления зуба	$F_{\beta r}$	+	+	+	+
	Суммарное пятно контакта с зубьями измерительного зубчатого колеса	-	+	+	+	+
	Мгновенное пятно контакта с зубьями измерительного зубчатого колеса	-	+	+	+	+
Нормы бокового зазора	Отклонение межосевого расстояния	f_{ar}	+	+	+	+
	Гарантированный боковой зазор	$j_{n \min}$	+	+	+	+
	Наименьшее дополнительное смещение исходного контура и допуск	$E_{Ns}; T_N$	+	+	+	+
	Наименьшее отклонение средней длины общей нормали и допуск	$E_{Wms}; T_{Wm}$	+	+	+	+
	Наименьшее отклонение толщины зуба и допуск на толщину зуба	$E_{cs}; T_c$	+	+	+	+

Примечание. Таблица приводится в сокращении.

Колеса зубчатые цилиндрические ГОСТ 1643-81 (таблицы П17-П26)

Таблица П17

Нормы кинематической точности (показатели $F'i$, Fr , Fvw , Fc , $F''i$)

Степень точности	Модуль m , мм	$F'i$		Fr		Fvw		Fc		$F''i$	
		Делительный диаметр d , мм									
		До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400
		МКМ									
6	Св. 1,0 до 3,5	$Fp+ff$	25	36	16	28	16	28	36	50	
	Св. 3,5 до 6,3		28	40					40	56	
	Св. 6,3 до 10,0		32	45					45	63	
	Св.10,0 до 16,0		-	50					-	71	
7	Св. 1,0 до 3,5	$Fp+ff$	36	50	22	40	22	40	50	71	
	Св. 3,5 до 6,3		40	56					56	80	
	Св. 6,3 до 10,0		45	63					63	90	
	Св.10,0 до 16,0		-	71					-	100	
8	Св. 1,0 до 3,5	$Fp+ff$	45	63	28	50	28	50	63	90	
	Св. 3,5 до 6,3		50	71					71	100	
	Св. 6,3 до 10,0		56	80					80	112	
	Св.10,0 до 16,0		-	90					-	125	
9	Св. 1,0 до 3,5	$Fp+ff$	71	80	-	-	-	-	90	112	
	Св. 3,5 до 6,3		80	100					112	140	
	Св. 6,3 до 10,0		90	112					125	160	
	Св.10,0 до 16,0		-	125					-	180	
<p>$F'i$ - допуск на кинематическую погрешность зубчатого колеса; Fr - допуск на радиальное биение зубчатого венца; Fvw – допуск на колебание длины общей нормали; Fc – допуск на погрешность обката; $F''i$ – допуск на колебание измерительного межосевого расстояния.</p>											

Нормы кинематической точности (показатели F_{pk} и F_p)

Степень точности	Обозначение	Модуль m , мм	Для F_{pk} – длина дуги делительной окружности L , мм					
			Св. 20 до 32	Св. 32 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 160	Св. 160 до 315	Св. 315 до 400
			Для F_p – делительный диаметр d , мм					
			Св. 12,7 до 20,4	Св. 20,4 до 31,8	Св. 31,8 до 50,9	Св. 50,9 до 101,8	Св. 101,8 до 200,5	Св. 200,5 до 401,1
			МКМ					
6	F_{pk} или F_p	От 1 до 16	20	22	25	32	45	63
7		От 1 до 25	28	32	36	45	63	90
8		От 1 до 25	40	45	50	63	90	125
<p>F_{pk} - допуск на накопленную погрешность k шагов;</p> <p>F_p - допуск на накопленную погрешность шага зубчатого колеса.</p> <p>Примечание. При отсутствии специальных требований допуск назначается для длины дуги делительной окружности, соответствующей $1/6$ части числа зубьев зубчатого колеса (или дуги, соответствующей ближайшему большему целому числу зубьев).</p>								

Нормы плавности работы (показатели $f'ir$, $fptr$, $fpbr$, ffr , $f''i$)

Степень точности	Модуль m , мм	$f'ir$		$fptr$		$fpbr$		ffr		$f''i$	
		Делительный диаметр d , мм									
		До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400	До 125	Св. 125 до 400
		мкм									
6	Св. 1,0 до 3,5	18	20	±10	±11	±9,5	±10	8	9	14	16
	Св. 3,5 до 6,3	22	25	±13	±14	±12	±13	10	11	18	20
	Св. 6,3 до 10,0	28	30	±14	±16	±13	±15	12	13	20	22
	Св.10,0 до 16,0	-	36	-	±18	-	±17	-	16	-	25
7	Св. 1,0 до 3,5	25	30	±14	±16	±13	±15	11	13	20	22
	Св. 3,5 до 6,3	32	36	±18	±20	±17	±19	14	16	25	28
	Св. 6,3 до 10,0	36	40	±20	±22	±19	±21	17	19	28	32
	Св.10,0 до 16,0	-	50	-	±25	-	±24	-	22	-	36
8	Св. 1,0 до 3,5	36	40	±20	±22	±19	±21	14	18	28	32
	Св. 3,5 до 6,3	45	50	±25	±28	±24	±26	20	22	36	40
	Св. 6,3 до 10,0	50	60	±28	±32	±26	±30	22	28	40	45
	Св.10,0 до 16,0	-	71	-	±36	-	±34	-	32	-	50
9	Св. 1,0 до 3,5	-	-	±28	±32	±26	±30	-	-	36	40
	Св. 3,5 до 6,3	-	-	±36	±40	±34	±38	-	-	45	50
	Св. 6,3 до 10,0	-	-	±40	±45	±38	±42	-	-	50	56
	Св.10,0 до 16,0	-	-	-	±50	-	±48	-	-	-	63

$f'i$ – допуск на местную кинематическую погрешность зубчатого колеса;
 $\pm fpt$ – предельные отклонения шага;
 $\pm fpb$ – предельные отклонения шага зацепления;
 ff – допуск на погрешность профиля зуба;
 $f''i$ – допуск на колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе.

Нормы контакта зубьев (показатели Fk , $F\beta$)

Степень точности	Модуль m , мм	Fk					$F\beta$				
		Ширина зубчатого венца, мм									
		До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400
		МКМ									
6	Св. 1,0 до 3,5	18	20	22	25	28	9	12	16	20	25
	Св. 3,5 до 6,3	22	22	25	25	30					
	Св. 6,3 до 10,0	28	25	28	30	32					
	Св.10,0 до 16,0	-	30	32	36	40					
7	Св. 1,0 до 3,5	22	25	28	30	32	11	16	20	25	28
	Св. 3,5 до 6,3	25	28	30	32	36					
	Св. 6,3 до 10,0	30	32	36	40	45					
	Св.10,0 до 16,0	-	40	40	45	50					
8	Св. 1,0 до 3,5	36	40	40	45	50	18	25	32	40	45
	Св. 3,5 до 6,3	40	45	50	50	56					
	Св. 6,3 до 10,0	45	50	56	60	63					
	Св.10,0 до 16,0	-	60	63	71	80					
9	Св. 1,0 до 3,5	56	60	60	71	80	28	40	50	63	71
	Св. 3,5 до 6,3	63	71	80	80	90					
	Св. 6,3 до 10,0	80	80	90	90	100					
	Св.10,0 до 16,0	-	100	100	112	125					

Fk – допуск на суммарную погрешность контактной линии;

$F\beta$ – допуск на направление зуба.

Нормы контакта зубьев (показатели f_{xr} , f_{yr})

Степень точности	Модуль m , мм	f_x					f_y				
		Ширина зубчатого венца, мм									
		До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400
		МКМ									
6	От 1 до 16	9	12	16	20	25	4,5	6,3	8	10	12
7	От 1 до 25	11	16	20	25	28	5,6	8	10	12	14
8	От 1 до 40	18	25	32	40	45	9	12	16	20	22
9	От 1 до 55	28	40	50	63	71	14	20	25	30	36
<p>f_{xr} – допуск параллельности осей; f_{yr} – допуск на перекос осей. Примечание. Значения f_{xr}, f_{yr} задаются в торцевой плоскости зубчатого колеса на длине, равной ширине зубчатого венца.</p>											

Нормы бокового зазора (показатели $-E_{HS}$, $-E_{wms}$ – слагаемое I, $-E_{CS}$)

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Отклонение	Делительный диаметр d , мм					
			До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
			мкм					
Н	3 – 6	E_{HS}	-12	-14	-16	-18	-20	-22
		E_{wms}	-8	-10	-11	-12	-14	-16
		E_{CS}	-9	-10	-12	-14	-16	-16
	7	E_{HS}	-14	-16	-18	-20	-22	-25
		E_{wms}	-10	-10	-12	-14	-16	-18
		E_{CS}	-10	-12	-14	-14	-16	-18
Е	3 – 6	E_{HS}	-30	-35	-40	-46	-52	-57
		E_{wms}	-20	-24	-28	-30	-35	-40
		E_{CS}	-22	-25	-30	-35	-40	-40
	7	E_{HS}	-35	-40	-45	-50	-55	-60
		E_{wms}	-25	-30	-30	-35	-40	-45
		E_{CS}	-25	-30	-35	-35	-40	-45
D	3 – 6	E_{HS}	-46	-54	-63	-72	-81	-89
		E_{wms}	-30	-35	-40	-50	-55	-60
		E_{CS}	-35	-40	-45	-55	-60	-60
	7	E_{HS}	-50	-60	-70	-80	-90	-100
		E_{wms}	-35	-40	-50	-55	-60	-70
		E_{CS}	-35	-45	-50	-60	-70	-70
	8	E_{HS}	-55	-70	-80	-90	-100	-110
		E_{wms}	-40	-50	-50	-60	-70	-70
		E_{CS}	-40	-50	-60	-70	-70	-80
C	3 – 6	E_{HS}	-74	-87	-100	-115	-130	-140
		E_{wms}	-50	-60	-70	-80	-90	-100
		E_{CS}	-55	-60	-70	-80	-90	-100
	7	E_{HS}	-80	-100	-110	-120	-140	-160
		E_{wms}	-55	-70	-70	-80	-100	-110
		E_{CS}	-60	-70	-80	-90	-100	-120
	8	E_{HS}	-90	-110	-120	-140	-160	-180
		E_{wms}	-60	-80	-80	-100	-110	-120
		E_{CS}	-70	-80	-90	-100	-120	-140
9	E_{HS}	-100	-120	-140	-160	-180	-200	
	E_{wms}	-70	-80	-100	-110	-120	-140	
	E_{CS}	-70	-90	-100	-120	-140	-140	

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Отклонение	Делительный диаметр d , мм					
			До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400
			МКМ					
В	3 – 6	E_{HS}	-120	-140	-160	-185	-210	-230
		E_{wms}	-80	-100	-110	-120	-140	-160
		E_{CS}	-90	-100	-120	-140	-160	-160
	7	E_{HS}	-140	-160	-180	-200	-250	-250
		E_{wms}	-100	-110	-120	-140	-180	-180
		E_{CS}	-100	-120	-140	-140	-180	-180
	8	E_{HS}	-140	-160	-200	-220	-250	-280
		E_{wms}	-100	-110	-140	-140	-180	-200
		E_{CS}	-100	-120	-140	-160	-180	-200
	9	E_{HS}	-160	-180	-200	-250	-280	-300
		E_{wms}	-110	-120	-140	-160	-200	-200
		E_{CS}	-120	-140	-160	-180	-200	-200
А	3 – 6	E_{HS}	-190	-220	-250	-290	-320	-350
		E_{wms}	-120	-140	-180	-200	-220	-250
		E_{CS}	-140	-140	-180	-200	-250	-250
	7	E_{HS}	-200	-250	-280	-300	-350	-400
		E_{wms}	-140	-180	-200	-200	-250	-280
		E_{CS}	-150	-180	-200	-220	-250	-300
	8	E_{HS}	-220	-280	-300	-350	-400	-450
		E_{wms}	-160	-200	-200	-250	-280	-300
		E_{CS}	-160	-200	-220	-250	-300	-350
	9	E_{HS}	-250	-280	-350	-400	-400	-500
		E_{wms}	-180	-200	-250	-280	-280	-350
		E_{CS}	-180	-200	-250	-300	-300	-350

E_{HS} – наименьшее дополнительное смещение исходного контура для зубчатого колеса с внешними зубьями (со знаком «минус»);

E_{wms} – наименьшее отклонение средней длины общей нормали (слагаемое I) для зубчатого колеса с внешними зубьями (со знаком «минус»);

E_{CS} – наименьшее отклонение толщины зуба для зубчатых колес с внешними и внутренними зубьями (со знаком «минус»).

Таблица П23

Нормы бокового зазора (показатель - E_{wms} – слагаемое II)

Отклонение	Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr , мкм (из табл.П17)							
	Св. 20 до 25	Св. 25 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125
	мкм							
E_{wms}	5	7	9	11	14	18	22	25

Величина наименьшего отклонения средней длины общей нормали E_{wms} определяется сложением слагаемого I (табл. П22) со слагаемым II (табл. П23).

Таблица П24

Нормы бокового зазора (допуски T_H , T_{wm} , T_C)

Вид сопряжения* (вид допуска)	Обозначение	Допуск на радиальное биение зубчатого венца Fr , мкм (из табл. П17)							
		Св. 20 до 25	Св. 25 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125
		мкм							
H, E (h)	T_H	45	55	60	70	80	110	120	160
	T_{wm}	20	22	25	25	28	30	40	55
	T_C	35	40	45	50	70	70	90	120
D (d)	T_H	60	70	80	90	100	140	160	200
	T_{wm}	30	35	40	40	40	60	70	80
	T_C	45	50	60	70	70	100	120	140
C (c)	T_H	80	90	100	120	140	180	200	250
	T_{wm}	45	45	50	60	70	90	110	120
	T_C	60	70	70	90	100	140	160	180
B (b)	T_H	90	100	120	140	180	200	250	300
	T_{wm}	50	55	60	70	100	100	120	140
	T_C	70	70	90	100	140	140	300	350
A (a)	T_H	110	140	160	180	200	250	300	350
	T_{wm}	60	80	90	100	110	140	150	180
	T_C	80	100	120	140	140	180	220	250

* Вид допуска на боковой зазор используется при изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска.
 T_H – допуск на смещение исходного контура;
 T_{wm} – допуск на среднюю длину общей нормали;
 T_C – допуск на толщину зуба.

Нормы бокового зазора (показатель *far*)

Вид сопряжения	Класс отклонений межосевого расстояния*	Межосевое расстояние, мм						
		До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
		МКМ						
-	I	±10	±11	±12	±14	±16	±18	±20
H, E	II	±16	±18	±20	±22	±25	±28	±30
D	III	±22	±28	±30	±35	±40	±45	±50
C	IV	±35	±45	±50	±55	±60	±70	±80
B	V	±60	±70	±80	±90	±100	±110	±120
A	VI	±100	±110	±120	±140	±160	±180	±200

Класс отклонений межосевого расстояния используется при изменении соответствия между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.

$\pm far$ - предельные отклонения межосевого расстояния.

Нормы бокового зазора ($j_{n\ min}$ - гарантированный боковой зазор)

Вид сопряжения	Класс отклонений межосевого расстояния	Межосевое расстояние, мм						
		До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
		$j_{n\ min}$, МКМ						
H	II	0	0	0	0	0	0	0
E	II	30	35	40	46	52	57	63
D	III	46	54	63	72	81	89	97
C	IV	74	87	100	115	130	140	155
B	V	120	140	160	185	210	230	250
A	VI	190	220	250	290	320	350	400

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Таблица П27

Формулы для вычисления исполнительных размеров гладких калибров (ГОСТ 24853-81)

Калибр		Номинальный размер изделия, мм			
		До 180		Свыше 180 до 500	
		Рабочий калибр		Рабочий калибр	
		Размер	Допуск	Размер	Допуск
Для отверстия	Проходная сторона новая	$D_{\min} + Z$	$\pm \frac{H}{2}$	$D_{\min} + Z$	$\pm \frac{H}{2}$ или $\pm \frac{H_1}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$D_{\min} - Y$	-	$D_{\min} - Y + a$	-
	Непроходная сторона	D_{\max}	$\pm \frac{H}{2}$ или $\pm \frac{H_1}{2}$	$D_{\max} - a$	$\pm \frac{H}{2}$ или $\pm \frac{H_1}{2}$
Для вала	Проходная сторона новая	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\max} - Z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$
	Проходная сторона изношенная	$d_{\max} + Y_1$	-	$d_{\max} + Y_1 - a_1$	-
	Непроходная сторона	d_{\min}	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\min} + a_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$

Допуски (мкм) гладких рабочих калибров для отверстий и валов с размерами до 500 мм (ГОСТ 24853-81)

Квалитет	Обозначение	Интервалы размеров, мм												
		До 3	Св.3 до 6	Св. 6 до 10	Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до 250	Св.250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	H; H _s	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
7	Z; Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	Y; Y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7
	H; H ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H _s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
8	Z; Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	Y; Y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H _s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
9	Z; Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	$\alpha; \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H _s	-	-	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10

Числовые значения параметра шероховатости R_a рабочих поверхностей гладких калибров (ГОСТ 2015-84)

Вид калибра	Контролируемое изделие		Параметр шероховатости R_a по ГОСТ 2789-73, мкм, для диаметров	
	Квалитет	Класс точности	от 0,1 до 100 мм	Св.100 до 360 мм
Калибр - пробка	6	1	0,04	0,08
	7 - 9	2 - 3	0,08	0,16
	10 - 12	3а - 5	0,16	
	13 и грубее	6 и грубее	0,32	0,32
Калибр – скоба	6 - 9	2 - 3	0,08	0,16
	10 - 12	3а - 5	0,16	
	13 и грубее	6 и грубее	0,32	0,32
Контрольный калибр	6 - 9	2 - 3	0,04	0,08
	10 и грубее	3а и грубее	0,08	0,16

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

КАЛИБРЫ ДЛЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ. ДОПУСКИ. (ГОСТ 24109-80)

Таблица П30

Формулы для расчета размеров шпоночных калибров-пробок и калибров призм

Определяемый размер		Квалитет допуска втулки	Новый калибр		Предельный размер изношенного калибра
			Размер	Пред. откл.	
b_K		—	$b_{\min} - Z_b + \frac{H_b}{2}$	— H_b	$b_{\min} - y_b$
d_K	До 180 мм	6 - 8	$d_{\min} - y$	— H	$d_{\min} - 2y - \frac{H}{2} - Z$
		9 и грубее	d_{\min}	— H	$d_{\min} - \frac{H}{2} - Z$
	Свыше 180 мм	6 - 8	$d_{\min} - y + a$	— H	$d_{\min} - 2y + 2a - \frac{H}{2} - Z$
		9 и грубее	$d_{\min} + a$	— H	$d_{\min} + 2a - \frac{H}{2} - Z$
H_K		—	$d - t_1 + h$	h12	—
			$d + t_2 - 0,2 - \frac{l_1}{100} *$		
C		—	$\frac{d}{2} - t_1 + r$	js12	—

* Формула приведена только для калибров-пробок, предназначенных для контроля шпоночных втулок по ГОСТ 24068-80

Таблица П31

Размеры, определяющие положение полей допусков шпоночных калибров в мкм

Номинальная ширина паза, мм	Z_b	H_b	y_b
До 3	4,5	3	9
Св. 3 до 6	6,0	4	12
» 6 » 10	6,0	4	12
» 10 » 18	7,5	5	15
» 18 » 30	9,0	6	18
» 30 » 50	10,5	7	21

СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЕЙ ДОПУСКОВ ШПОНОЧНЫХ КАЛИБРОВ

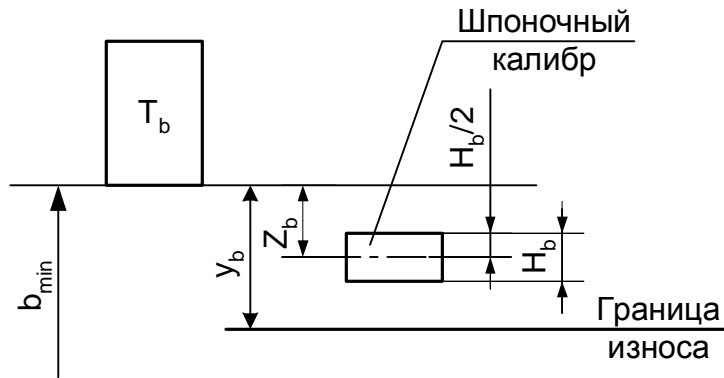
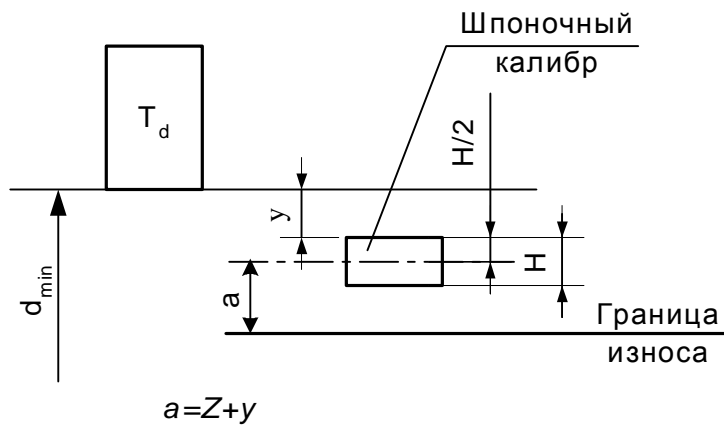
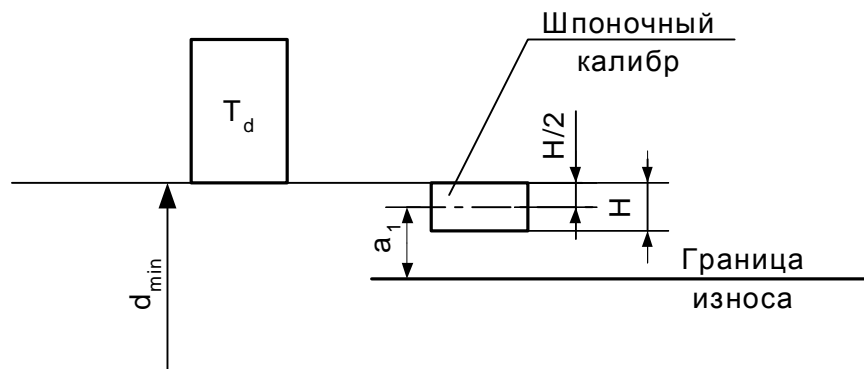
Рис.П1 Расположение поля допуска b_k шпоночных калибров пробок и калибров-призмРис.П2 Расположение поля допуска d_k шпоночных калибров-пробок для номинальных размеров до 180 мм (для отверстий квалитетов 6, 7 и 8)Рис.П3 Расположение поля допуска d_k шпоночных калибров-пробок для номинальных размеров до 180 мм (для отверстий квалитетов 9 и грубее)

Таблица П32

Допуски симметричности для шпоночных калибров (ГОСТ 24109-80)

Номинальная ширина паза	Допуск симметричности T_s , мм	
	Шпоночных калибров-пробок	Шпоночных калибров-призм
До 3	0,016	0,006
Св. 3 до 6	0,016	0,006
» 6 » 10	0,016	0,006
» 10 » 18	0,020	0,008
» 18 » 30	0,025	0,008
» 30 » 50	0,030	0,010

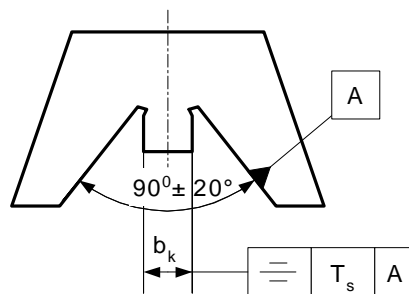
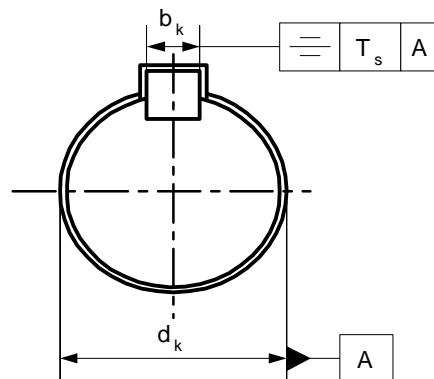


Рис.П4 Допуски симметричности для шпоночных калибров

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Таблица ПЗ3

Формулы для расчета размеров калибров – пробок и калибров-колец для прямобоочных шлицевых соединений (ГОСТ 7951-80)

Определяемый параметр калибра		Калибр – пробка		Калибр – кольцо	
		Размер	Предельные отклонения	Размер	Предельные отклонения
Центрирующий диаметр d или D	d_k	$d_{\min} - Z_d$	$\pm \frac{H_d}{2}$	$d_{\max} + Z_{1d}$	$\pm \frac{H_{1d}}{2}$
	d_{k-w}	$d_{\min} - Y_d$	—	$d_{\max} + Y_{1d}$	—
	D_k	$D_{\min} - Z_D$	$\pm \frac{H_D}{2}$	$D_{\max} + Z_{1D}$	$\pm \frac{H_{1D}}{2}$
	D_{k-w}	$D_{\min} - Y_D$	—	$D_{\max} + Y_{1D}$	—
Нецентрирующий диаметр d или D	D_k	$D_{\min} - Z_{D'}$	$\pm \frac{H_{D'}}{2}$	$D_{\max} + Z_{1D'}$	$\pm \frac{H_{1D'}}{2}$
	d_k	$d - 0,1$	h8	$d - 0,1$	H8
Размер b	b_k	$b_{\min} - Z_b$	$\pm \frac{H_b}{2}$	$b_{\max} + Z_{1b}$	$\pm \frac{H_{1b}}{2}$
	b_{k-w}	$b_{\min} - Y_b$	—	$b_{\max} + Y_{1b}$	—

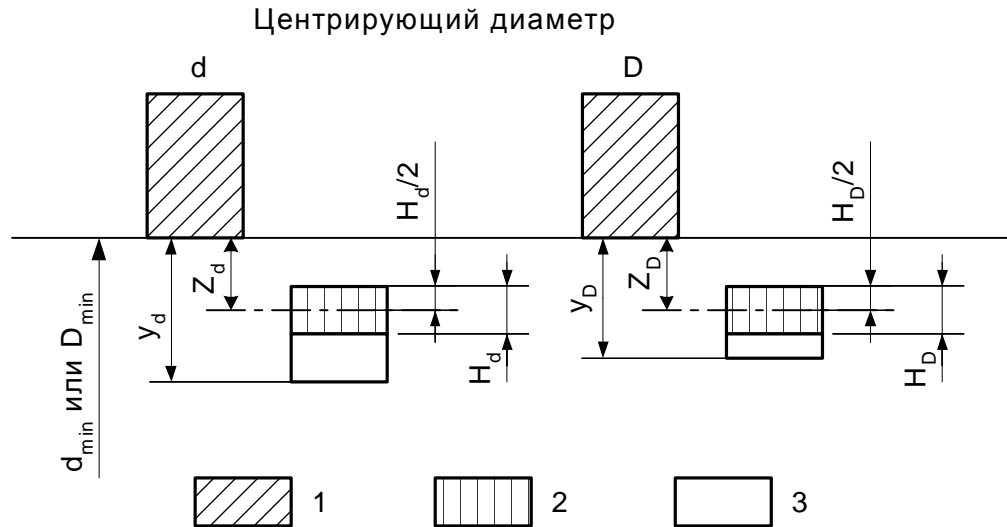


Рис. П5 Схема расположения полей допусков диаметров d_k и D_k калибров-пробок (1 – поле допуска центрирующего диаметра d или D втулки; 2 - поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 - поле износа калибра-пробки)

Таблица П34

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков диаметров d_k и D_k калибров-пробок (ГОСТ 7951-80)

Номинальный диаметр d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d или D втулки	d_k , мм			D_k , мм		
		Z_d	H_d	Y_d	Z_D	H_D	Y_D
От 10 до 18	IT6	3,0	3	7,5	2,5	2,0	5,5
Св. 18 до 30		3,5	4	9,5	3,0	2,5	7,0
Св. 30 до 50		4,0	4	10,0	3,0	2,5	7,0
Св. 50 до 80		4,5	5	12,0	3,5	3,0	8,0
Св. 80 до 120		6,0	6	15,0	5,0	4,0	11,0
Св. 120 до 180		7,0	8	19,0	5,5	5,0	13,0
Св. 10 до 18	От IT7 до IT10	6,5	5	14,0	5,5	3,0	10,0
Св. 18 до 30		7,0	6	16,0	6,0	4,0	12,0
Св. 30 до 50		8,5	7	19,0	7,0	4,0	13,0
Св. 50 до 80		9,0	8	21,0	7,5	5,0	15,0
Св. 80 до 120		11,0	10	26,0	9,0	6,0	18,0
Св. 120 до 180		12,0	12	30,0	10,0	8,0	22,0

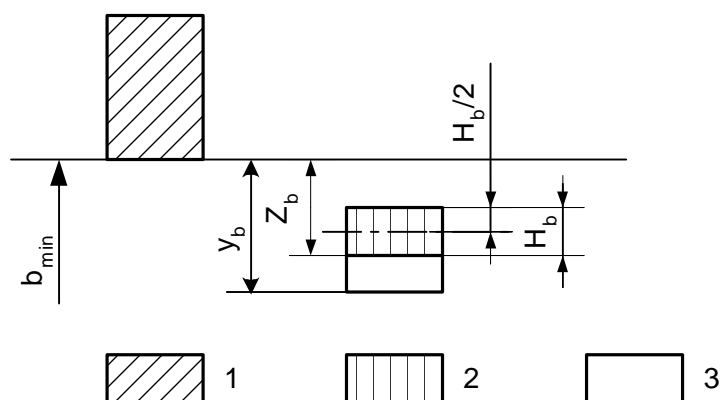


Рис. П6 Схема расположения поля допуска размера b_k калибра-пробки (1 – поле допуска размера b втулки; 2 - поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 - поле износа калибра-пробки)

Таблица П35

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков размера b_k калибров-пробок при любых видах центрирования (ГОСТ 7951-80)

Номинальная ширина паза b , мм	Допуск размера b втулки	Z_b	H_b	Y_b
До 3 Св. 3 до 6 Св. 6 до 10 Св. 10 до 18	IT6	6 8 8 10	2,0 2,5 2,5 3,0	9,0 12,0 12,0 14,5
До 3 Св. 3 до 6 Св. 6 до 10 Св. 10 до 18	От IT7 до IT10	8 10 12 16	3,5 4,0 4,0 5,0	12,5 16,0 18,0 23,5
До 3 Св. 3 до 6 Св. 6 до 10 Св. 10 до 18	IT11	12 16 18 22	4 5 6 8	18,0 23,5 27,0 34,0



Рис.П7 Схема расположения полей допусков диаметров d_k и D_k калибров-колец (1 – поле допуска центрирующего диаметра d или D вала; 2 - поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 - поле износа калибра-кольца)

Таблица П36

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков размеров d_k и D_k калибров-колец для центрирующих диаметров (ГОСТ 7951-80)

Номинальные диаметры d или D , мм	Допуск центрирующих диаметров d и D вала	$Z_{1d} = Z_{1D}$	$H_{1d} = H_{1D}$	$Y_{1d} = Y_{1D}$
Св. 10 до 18	IT6; IT7	5,5	3	10
Св. 18 до 30		6,0	4	12
Св. 30 до 50		7,0	4	13
Св. 50 до 80		7,5	5	15
Св. 80 до 120		9,0	6	18
Св. 120 до 180		10,0	8	22
Св. 10 до 18	От IT8 до IT10	6,5	5	14
Св. 18 до 30		7,0	6	16
Св. 30 до 50		8,5	7	19
Св. 50 до 80		9,0	8	21
Св. 80 до 120		11,0	10	26
Св. 120 до 180		12,0	12	30

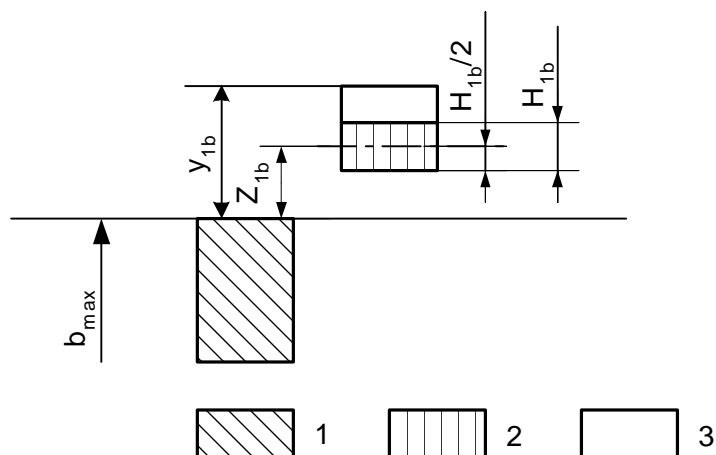


Рис.П8 Схема расположения поля допуска размера b_k калибров-колец (1 – поле допуска размера b вала; 2 - поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 - поле износа калибра-кольца)

Таблица П37

Допуски и величины, определяющие положение полей допусков размера b_k калибров-колец при любых видах центрирования (ГОСТ 7951-80)

Номинальная толщина зуба b , мм	Допуск размера b вала	Z_{1b}	H_{1b}	Y_{1b}
До 3 Св. 3 до 6 Св. 6 до 10 Св. 10 до 18	IT6; IT7	8 10 12 16	3 4 4 5	12,5 16,0 18,0 23,5
До 3 Св. 3 до 6 Св. 6 до 10 Св. 10 до 18	От IT8 до IT10	12 16 18 22	4 5 6 8	18,0 23,5 27,0 34,0

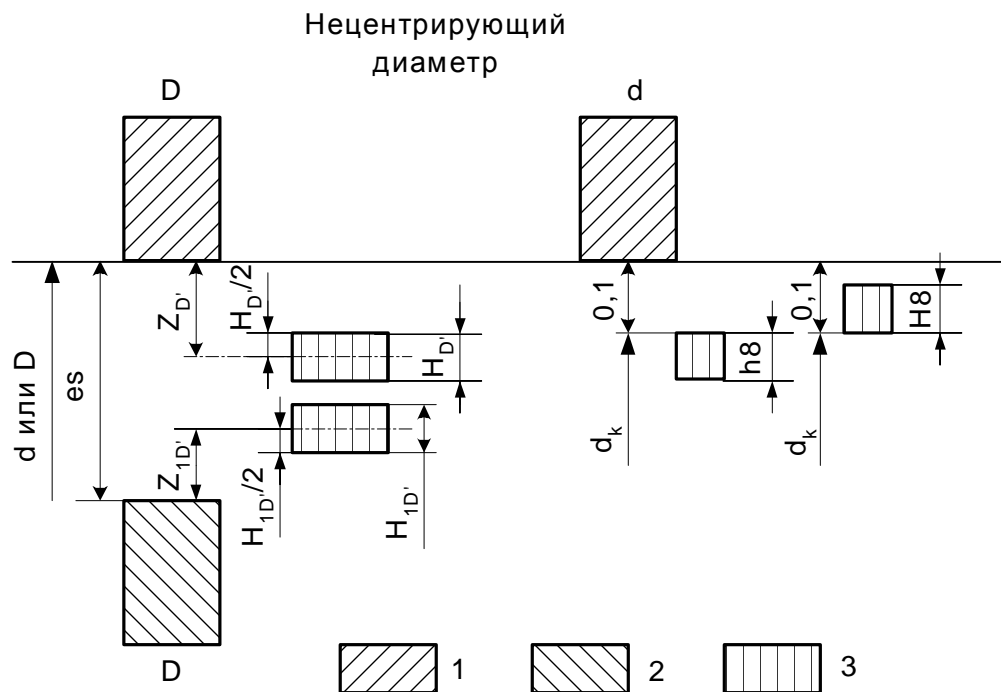


Рис. П9 Схема расположения полей допусков диаметров D_k и d_k калибров-пробок и калибров-колец для нецентрирующих диаметров.

(1 – поле допуска нецентрирующего диаметра D или d втулки; 2 - поле допуска нецентрирующего диаметра D вала; 3 - поле допуска на изготовление калибра-пробки и калибра-кольца; h_8 - поле допуска d_k калибра-пробки; H_8 - поле допуска d_k калибра-кольца)

Таблица П38

Допуски и величины, определяющие положение допусков диаметра D_k калибров-пробок и калибров-колец для нецентрирующего диаметра (ГОСТ 7951-80)

Номинальный диаметр D , мм	Калибр-пробка		Калибр-кольцо	
	$Z_{D'}$	$H_{D'}$	$Z_{1D'}$	$H_{1D'}$
Св. 10 до 18	80	18	175	18
Св. 18 до 30	80	21	180	21
Св. 30 до 50	80	25	185	25
Св. 50 до 80	85	30	200	30
Св. 80 до 120	95	35	225	35
Св. 120 до 180	115	40	265	40

Таблица П39

Допуски симметричности и параллельности шлицевых калибров (ГОСТ 7951-80)

Номинальная толщина зуба или ширины паза b , мм	Допуск расположения калибров-пробок и калибров-колец при длине l и l_3			
	По ряду А		По ряду В	
	T_s	T_p	T_s	T_p
До 3	6	3	8	4
Св. 3 до 6	8	4	10	5
Св. 6 до 10	8	4	12	6
Св. 10 до 18	10	5	16	8

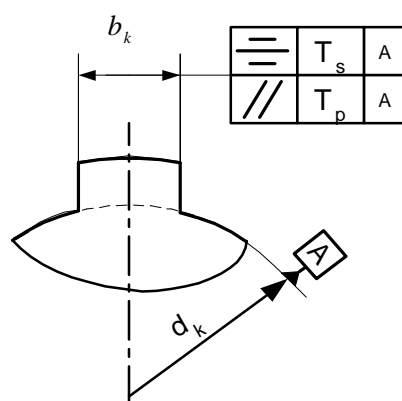


Рис. П10 Допуски симметричности зуба и параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности d_k при центрировании по d

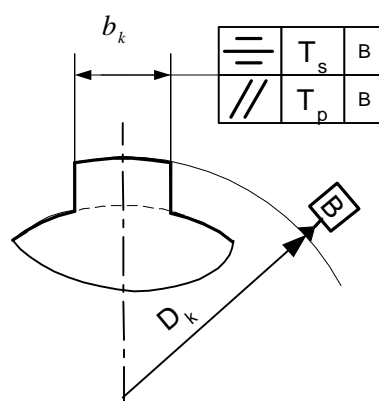


Рис. П11 Допуски симметричности зуба и параллельности боковых сторон зуба калибра-пробки или паза калибра-кольца относительно оси поверхности D_k при центрировании по D

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: учебное пособие. – СПб.: СПбГТУ, 1998. – 201 с.
2. Белкин И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости): Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1992. – 528 с.
3. Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
4. Допуски и посадки. Учебное пособие. 3-е изд./ В.И.Анухин. - СПб.:Питер, 2004. – 207с.
5. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров. – М.: Машиностроение, 1981. – 189 с.
6. Козловский Н.С. и др. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. М.: Машиностроение, 1982г. – 284 с.
7. Марков Н.Н. Нормирование точности в машиностроении. – М.: Издательство “Станкин”, 1992. – 320 с.
8. Магда В.И., Ершова И.Г., Евгеньева Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Методическое пособие для студентов ММФ. Псков, ППИ, 2004 – 132 с.
9. Магда В.И. Учебное пособие по курсовому проектированию по ВСТИ, ч.1, Псков, 1997г.
10. Мягков В.Д.. Допуски и посадки. Справочник в 2-х ч. Л.: Машиностроение, 1982г.
11. Никифоров А.Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Высшая школа, 2000. – 510 с.
12. Справочник “Калибры” в 2-х томах. Госстандарт, 1989г.
13. Цитович Б.В., Соломахо В.Л. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 240 с.
14. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Рабочая программа дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация».....	4
2. Методические указания по изучению курса «Метрология, стандартизация и сертификация» и вопросы для повторения и самопроверки.....	8
3. Методические указания по выполнению курсовой работы.....	12
4. Задача №1. Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений.....	13
5. Задача №2. Расчет и выбор посадок деталей, сопрягаемых с подшипниками качения.....	17
6. Задача №3. Расчет размерных цепей методом максимума и минимума	22
7. Задача №4. Допуски и посадки резьбовых соединений.....	38
8. Задача №5 Допуски и посадки шпоночных соединений.....	42
9. Задача №6 Допуски и посадки шлицевых соединений.....	48
10. Задача №7 Выбор показателей для контроля зубчатого колеса.....	54
11. Задача №8 Определение исполнительных размеров калибров для контроля гладких цилиндрических деталей.....	58
12. Задача №9 Расчет калибров для контроля шпоночного сопряжения.....	64
13. Задача №10 Расчет калибров для контроля шлицевого сопряжения.....	69
Приложение 1.....	73
Приложение 2.....	77
Приложение 3.....	79
Приложение 4.....	80
Приложение 5.....	81
Приложение 6.....	82
Приложение 7.....	92
Приложение 8.....	95
Приложение 9.....	98
Литература.....	105

Учебное издание

Ершова Ирина Глебовна
Евгеньева Евгения Анатольевна

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Методические указания

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97

Подписано в печать 25.10.2008

Печать офсетная.

Заказ №

Усл. печ. л.

Формат 60×84/16

Тираж экз. 100

Издательство ППИ
Россия, 180680, г. Псков, ул. Л. Толстого, 4