

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Методические указания
к выполнению контрольных работ по дисциплинам
«Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»,
«Основы взаимозаменяемости»,
«Взаимозаменяемость и нормирование точности»
для студентов заочной формы обучения
технических направлений

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 531.7
В40

Рецензент:

Л.Б. Шрон – к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»

Составители: Н.А. Волошина, О.В. Филипович,
Н.А. Балакина, Г.В. Невар

В40 Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: методические указания к выполнению контрольных работ по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Основы взаимозаменяемости», «Взаимозаменяемость и нормирование точности» для студентов заочной формы обучения технических направлений / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2021. – 53 с. – Текст : электронный.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплин «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Основы взаимозаменяемости» и «Взаимозаменяемость и нормирование точности».

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении контрольных работ по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Основы взаимозаменяемости» и «Взаимозаменяемость и нормирование точности».

УДК 531.7

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Приборные системы и автоматизация технологических процессов», протокол № 7 от 29 января 2021 г.

Рекомендовано в качестве методических указаний для студентов заочной форм обучения технических направлений.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Программа, методические указания и вопросы для самопроверки по темам дисциплины	4
3. Содержание контрольной работы.....	19
4. Оформление контрольной работы.....	19
5. Задания на контрольную работу	20
Задача № 1.....	21
Задача № 2.....	21
Задача № 3.....	21
Задача № 4.....	21
Задача № 5.....	22
Задача № 6.....	22
Задача № 7.....	22
Задача № 8.....	22
Задача № 9.....	22
Задача № 10.....	22
Задача № 11.....	23
6. Примеры решения задач.....	23
Список использованных источников	35
Приложение А	36
Приложение Б	43
Приложение В.....	44
Приложение Г	45
Приложение Д.....	53

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Контрольная работа ставит своей целью закрепление знаний и привитие практических навыков студентам по дисциплинам «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», «Основы взаимозаменяемости» и «Взаимозаменяемость и нормирование точности».

В ходе выполнения контрольной работы студент должен проявить:

- знание теоретических основ взаимозаменяемости, стандартизации, и технических измерений;
- умение производить расчет и выбор стандартных допусков и посадок для всех типов соединений и деталей узлов;
- умение использовать Единую систему конструкторской документации (ЕСКД) и другие действующие нормативные документы (ГОСТ Р, ГОСТ, ГОСТ Р ИСО, ГОСТ ISO, PMГ); производить расчеты в единицах СИ;
- умение грамотно оформить чертежи узлов и деталей согласно действующим требованиям.

2. ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ

Основные понятия о стандартизации.

Национальная стандартизация в Российской Федерации – Закон РФ «О стандартизации в Российской Федерации». Цели, задачи и принципы стандартизации. Система органов и служб по стандартизации.

Нормативные документы: стандарт (международный, региональный, межгосударственный, национальный), кодекс установившейся практики, технические условия, технический регламент, классификаторы, правила, своды правил. Обозначения нормативных документов.

Виды стандартов: основополагающие (организационно-методические, общетехнические и терминологические); на продукцию и услуги; на процессы; на методы контроля (испытаний, измерений, анализа).

Научные принципы стандартизации. Внедрение и пересмотр стандартов. Государственный надзор за внедрением и соблюдением стандартов.

Стандартизация и качество продукции: обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества.

Понятие и использование при стандартизации систематизации, классификации, унификации, а также типизации изделий и технологических процессов их изготовления.

Международная стандартизация. Международная организация по стандартизации ISO, ее структура и задачи. Межгосударственная стандартизация и ее задачи.

Методические указания

Изучение темы следует начать с усвоения терминов «стандартизация» и «стандарт», определения цели и задач стандартизации, принципов стандартизации.

Необходимо знать виды и категории стандартов, их обозначение. Особое внимание следует обратить на научно-технические принципы стандартизации: добровольность применения документов по стандартизации, обеспечение комплексности и системности стандартизации, преемственности деятельности в сфере стандартизации, обеспечение соответствия общих характеристик, правил и общих принципов, устанавливаемых в документах национальной системы стандартизации, современному уровню развития науки, техники и технологий, передовому отечественному и зарубежному опыту; установление в документах по стандартизации требований, обеспечивающих возможность контроля за их выполнением; непротиворечивость национальных стандартов друг другу и т.д.

Рекомендуемая литература – Федеральный закон РФ «О стандартизации в Российской Федерации», с. 226 - 240.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под термином «стандартизация»?
2. Цели и задачи стандартизации в Российской Федерации?
3. Что означает термин «стандарт»?
4. Назовите основные виды стандартов.
5. Какие международные стандарты приняты по системам качества?
6. Назовите комплексные общетехнические системы стандартов.
7. Цели и задачи международной организации по стандартизации ISO?

Взаимозаменяемость в машиностроении.

Определение понятия взаимозаменяемости. Основные направления работ по взаимозаменяемости в современных условиях.

Роль взаимозаменяемости в повышении качества машин и приборов (точности, надежности, долговечности, упрощения ремонта и др.), в повышении производительности, кооперирования и автоматизации производства.

Основные предпосылки обеспечения взаимозаменяемости: унификация и стандартизация размерных, точностных и других параметров типовых деталей, соединений, узлов, машин, приборов, оборудования, инструмента и материалов; единство мер; обеспечение заданной точности изготовления и измерения; наличие соответствующего по точности оборудования, инструмента и средств контроля.

Виды и степень взаимозаменяемости: внешняя и внутренняя; полная и неполная. Функциональная взаимозаменяемость.

Методические указания

Изучение темы следует начать с определения сущности взаимозаменяемости и ее значения при организации современного производства в машиностроении. Необходимо ознакомиться с формами взаимозаменяемости, ее преимуществами и перспективами дальнейшего развития.

Взаимозаменяемость является основой современного массового и серийного производства. Только применение при конструировании и производстве машин теории взаимозаменяемости дает возможность использовать при сборке детали, узлы и изделия, независимо изготовленные на специализированных заводах, а также наладить выпуск запасных частей в широком масштабе.

Необходимо знать значение взаимозаменяемости для автоматизации производственных процессов, создания автоматических линий и особенно для автоматизации технологических процессов сборки.

непротиворечивость национальных стандартов друг другу и т.д.

Рекомендуемая литература – Федеральный закон РФ «О стандартизации в Российской Федерации; [6] (с. 7 - 11, 251 - 268).

Вопросы для самопроверки

1. Что называется взаимозаменяемостью в машиностроении, в чем ее сущность?
2. Что такое полная и неполная, внешняя и внутренняя взаимозаменяемость?
3. Какова роль взаимозаменяемости в повышении качества продукции, производительности труда и снижения себестоимости?
4. Что такое унификация и агрегатирование?
5. Что такое параметрический ряд и его разновидности?
6. Какое значение имеет взаимозаменяемость в организации и развитии массовых и автоматизированных производств в машиностроении?
7. Значение взаимозаменяемости в деле ремонта машин?

Основные понятия о размерах, соединениях, точности, допусках и посадках в машиностроении.

Классификация размеров, определяющих качество машин и приборов. Геометрические элементы. Геометрические параметры.

Классификация размеров по назначению: размеры, определяющие величину и форму деталей; координирующие и сборочные (монтажные) размеры; технологические размеры; функциональные размеры.

Номинальный и действительный размеры. Ряды предпочтительных чисел. Ряды нормальных диаметров и длин в машиностроении и их выбор. Предельные отклонения и простановка их на чертежах.

Точность изготовления. Допуск любого параметра. Допуск размера. Графическое изображение интервалов допусков.

Соединения и посадки, сопрягаемые и несопрягаемые (свободные) поверхности, «отверстие» (охватывающая) и «вал» (охватываемая) поверхности. Классификация соединений по степени свободы относительного перемещения деталей. Три группы посадок. Допуск посадки.

Методические указания

Изучение темы рекомендуется начать с классификации параметров, определяющих качество машин, и классификации размеров по назначению. В результате изучения данной темы студент должен знать основные определения и термины, относящиеся к размерам, допускам, отклонениям, посадкам, зазорам, натягам.

Следует обратить внимание на разнообразные виды соединений деталей и уметь классифицировать их на группы.

Уметь графически изображать расположение интервалов допусков посадок с зазором, посадок с натягом и переходных посадок.

Рекомендуемая литература – [1, с. 7 - 11, 6, с. 11 - 26].

Вопросы для самопроверки

1. Какими параметрами определяется качество машин?
2. Какой размер называется номинальным и какой действительным?
3. Какие размеры называются предельными?
4. Что называется допуском, отклонением и допуском посадки?
5. Что называется зазором и натягом?
6. Что называется наибольшим и наименьшим натягом?
7. Что называется посадкой, что она характеризует, на какие группы делятся посадки?
8. Какие поверхности называются сопрягаемыми и какие несопрягаемыми (свободными)?
9. Как графически изображается посадка? Приведите примеры подвижной, неподвижной и переходной посадок.

Взаимозаменяемость и средства контроля цилиндрических соединений.

Классификация цилиндрических соединений и эксплуатационные требования к ним.

Международная система допусков и посадок ИСО для гладких соединений. Основные отклонения. Система отверстия и система вала. Единица допуска, коэффициент точности (число единиц допуска), интервалы размеров, качества точности. Обозначение классов допусков и посадок на чертежах. Предпочтительные классы допусков и комбинированные посадки. Допуски на размеры несопрягаемых поверхностей.

Методы расчета ответственных подвижных и неподвижных посадок, обеспечивающих повышенную долговечность и надежность соединений.

Система допусков и посадок для подшипников качения. Классы точности подшипников и их выбор. Расчет посадок подшипников качения, исходя из их функционального назначения и режима работы.

Общая характеристика средств контроля гладких цилиндрических изделий. Калибры для гладких цилиндрических изделий и их классификация по назначению. Принцип конструирования калибров. Допуски на изготовление и износ калибров, схема их расположения и исполнительные размеры калибров.

Методические указания

При изучении данной темы студент должен усвоить термины и определения по допускам и посадкам на цилиндрические сопряжения, знать типы гладких цилиндрических сопряжений и основные эксплуатационные требования, предъявляемые к ним.

Необходимо подробно остановиться на основных отклонениях валов и отверстий, их обозначениях, изучить принципы выбора системы отверстия и системы вала, знать характеристику основного отверстия и основного вала.

Необходимо овладеть графическим изображением посадок в системе отверстия и в системе вала и уметь пользоваться таблицами допусков, основных отклонений отверстий и основных отклонений валов.

Изучить вопрос обоснованного назначения посадок на основе эксплуатационных требований.

Освоить методику расчета и выбора подвижных, переходных и прессовых посадок в зависимости от функционального назначения сопряжения.

Знакомясь с системой допусков и посадок для подшипников качения, надо помнить, что подшипники обладают внешней взаимозаменяемостью по присоединительным поверхностям и внутренней взаимозаменяемостью между телами качения и кольцами. Необходимо знать классы точности и категории подшипников качения и уметь рассчитать посадку исходя из функционального назначения и режима работы. Надо обратить внимание на особенность расположения допуска на диаметр внутреннего кольца подшипника и как это влияет на изменение характера применяемых посадок.

Необходимо знать основные требования, предъявляемые к калибрам гладким, усвоить графическое изображение допусков на калибры, знать назначение каждого калибра и целесообразность принятого характера расположения допусков. Надо уметь пользоваться таблицами допусков для подсчета исполнительных размеров калибров.

Рекомендуемая литература – [1, с. 12 - 42; 6, с. 29 - 58; 108 - 123; 283 - 290].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое основное отклонение, как оно обозначается?
2. Что называется системой отверстия и системой вала?
3. Сколько установлено квалитетов для размеров до 500 мм?
4. Приведите примеры посадок с зазором, с натягом и переходных.
5. Как обозначаются посадки на чертежах?
6. Как задаются требования к свободным размерам?
7. Как рассчитывается и подбирается посадка с натягом?
8. Как рассчитывается посадка с зазором?
9. Чем характеризуются переходные посадки?
10. Какие условия определяют выбор характера посадок подшипников качения на вал и в корпус?
11. Какие требования предъявляются к посадочным местам подшипников качения?
12. По какой системе происходит соединение внутреннего кольца подшипника с валом и наружного кольца с корпусом?
13. В чем заключается сущность контроля предельными калибрами?
14. Что такое исполнительные размеры калибров и как они подсчитываются?
15. Перечислите требования, предъявляемые к предельным гладким калибрам.

Нормирование, методы и средства контроля отклонений формы, расположения, волнистости и шероховатости поверхностей деталей.

Влияние отклонений геометрических параметров на взаимозаменяемость деталей. Нормирование точности формы элементов деталей. Нормирование точности ориентации и месторасположения поверхностей. Биение поверхностей, их нормирование. Выбор числовых значений допусков формы ориентации, месторасположения и биений поверхностей. Указания на чертежах допусков формы ориентации, месторасположения и биений поверхностей. Методы и средства контроля отклонений формы, ориентации, месторасположения и биений поверхностей.

Волнистость поверхности и ее параметры.

Шероховатость поверхности, основные понятия и определения. Параметры для нормирования значений поверхностных неровностей. Выбор параметров шероховатости и их числовых значений. Правила нанесения на чертежах требований к шероховатости поверхностей.

Методы и средства контроля отклонений формы, расположения поверхностей, волнистости и параметров шероховатости.

Методические указания

При изучении данной темы студент должен усвоить термины и определения точности геометрических характеристик деталей, различать номинальные геометрические и действительные (реальные) поверхности,

номинальный и действительный профиль, номинальное и действительное расположение поверхностей и осей и т.д.

Следует помнить, что в основу нормирования отклонений формы и расположения поверхностей, выбора их числовых значений, методов и средств контроля положен принцип прилегающих (прямой, окружности, плоскости, цилиндра и т.п.). Студент должен усвоить понятия волнистости и шероховатости поверхностей. Важно знать параметры количественной оценки шероховатости поверхности (ГОСТ 2789 – 73) и их обозначения на чертежах.

Необходимо знать причины, вызывающие отклонения размеров, формы, расположения поверхностей, волнистости и шероховатости поверхностей, и уяснить влияние последних на эксплуатационные качества деталей и узлов машин.

Рекомендуемая литература – [4, с.7 - 47; 6, с. 27 - 29; 59 - 107].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите причины возникновения погрешности формы, расположения, волнистости, шероховатости поверхностей.
2. Перечислите виды отклонений от правильной геометрической формы, правильного расположения поверхностей и их обозначения.
3. Что понимается под отклонением формы?
4. Перечислите частные случаи отклонений формы.
5. Как выбрать числовое значение допустимого отклонения формы и расположения поверхностей?
6. Что понимается под волнистостью поверхности?
7. Что понимается под шероховатостью поверхности?
8. Перечислите параметры шероховатости поверхности и как они задаются на чертежах?
9. Что такое позиционное отклонение?

Допуски размеров, входящих в размерные цепи.

Основные понятия о размерных цепях. Виды размерных цепей. Задачи, решаемые при обеспечении точности размерных цепей. Расчет точности размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости (расчет на максимум-минимум). Расчет точности размерных цепей при неполной взаимозаменяемости (вероятностный метод, метод регулирования, селективная сборка, метод пригонки и совместной обработки).

Методические указания

В данной теме рассматриваются методы размерного анализа взаимосвязанных размеров одной или нескольких деталей в узле или механизме.

Анализ размерных цепей устанавливает связь между размерами

деталей машин, дает возможность назначить допуски исходя из эксплуатационных требований к точности обработки и сборки, повысить качество и снизить трудоемкость изготовления изделий.

Размерный анализ позволит установить наиболее рациональный вид взаимозаменяемости, определить допуски и пересчитать конструктивные размеры на технологические (в случае несовпадения технологических баз с конструктивными).

При изучении темы, прежде всего, необходимо усвоить основные термины, определения и классификацию размерных цепей.

Следует знать решение прямой (проверочной) и обратной (проектировочной) задач при расчете размерных цепей.

Особое внимание должно быть уделено методам решения размерных цепей, обеспечивающих полную взаимозаменяемость, вероятностному методу и методу решения размерных цепей с применением компенсаторов.

Рекомендуемая литература – [3, с. 5 - 25; 6, с. 136 - 159].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется размерной цепью?
2. Что называется замыкающим звеном и в какой связи оно находится с увеличивающими и уменьшающими звеньями?
3. Какие задачи решаются при расчете размерных цепей?
4. Какие методы и способы решения размерных цепей Вы знаете?
5. Что такое селективная сборка?

Допуски углов. Взаимозаменяемость конических соединений. Методы и средства контроля углов и конусов.

Система допусков на угловые размеры в машиностроении и приборостроении. Классификация конических соединений и эксплуатационные требования к ним. Геометрические параметры конических соединений, ограничиваемые допусками. Конические посадки. Допуски на размеры инструментальных допусков.

Средства измерения углов и конусов. Тригонометрические методы. Контроль конусов калибрами.

Методические указания

При изучении данной темы необходимо познакомиться с системой допусков углов. Обратит внимание на то, что при нормировании точности угловых размеров не применяется понятие «отклонение», предусматривается, что допуск (АТ) может быть расположен по-разному относительно номинального значения угла – в плюсовую сторону (+АТ), в минусовую – (–АТ) или симметрично относительно него ($\pm$ АТ). Значение допуска угла задается в зависимости от длины меньшей стороны, образующей угол.

Обратит внимание на то, что конические посадки бывают с зазором,

с натягом и переходные и образуются в зависимости от фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.

Необходимо знать основные требования, предъявляемые к конусным калибрам и способы использования конусных калибров. Необходимо подробно остановиться на трех основных методах контроля углов и конусов (метод сравнения, гониометрический метод, тригонометрический метод).

Рекомендуемая литература – [2, с. 45 - 57; 6, с. 124 - 135; 319 - 325].

Вопросы для самопроверки

1. Как задаются допуски на угловые размеры?
2. Какие геометрические параметры установлены для конического соединения?
3. Что такое конусность S ?
4. Преимущества конических соединений?
5. Перечислите способы фиксации взаимного осевого положения сопрягаемых конусов.
6. Способы использования конусных калибров?
7. Перечислите методы и средства измерения углов и конусов.
8. Что такое синусная линейка и для чего ее применяют?

Взаимозаменяемость, методы и средства контроля резьбовых соединений.

Классификация резьб и эксплуатационные требования к ним. Номинальный профиль резьбы и ее основные параметры. Общие принципы обеспечения взаимозаменяемости цилиндрических резьб. Длина свинчивания. Отклонения шага и угла профиля резьбы и их диаметральной компенсация. Приведенный средний диаметр резьбы. Суммарный допуск среднего диаметра.

Система допусков и посадок метрических резьб. Основные отклонения резьб, степень точности, посадки с зазором, переходные и с натягом. Обозначение точности и посадок резьб.

Методы и средства контроля геометрических параметров резьбы: комплексный и дифференцированный (поэлементный). Область их применения. Средства и методы измерения параметров цилиндрических резьб (метод трех проволок, измерение резьб на инструментальном микроскопе).

Методические указания

При изучении данной темы студент должен изучить резьбовые соединения, используемые в машиностроении, знать классификацию резьбовых сопряжений и основные эксплуатационные требования, предъявляемые к ним.

Необходимо подробно остановиться на профиле резьбы, который

является общим для наружной и внутренней резьбы и называется номинальным. Изучить геометрические параметры резьбы (диаметры, шаг, угол профиля). Обратить внимание на обозначение диаметров наружной («болт») и внутренней («гайка») резьбы. В нормативных документах указывается несколько шагов для каждого диаметра. Самый большой шаг для номинального диаметра называют условно крупным шагом, а остальные – мелкими шагами. Для нормирования чаще используют угол $\alpha/2$ – угол наклона между боковой стороной профиля резьбы и перпендикуляром к оси резьбы для того, чтобы можно было выявить перекося резьбы из-за неточности установки инструмента.

Посадки резьбовых сопряжений, как и гладких, образуются сочетанием полей допусков для болта и для гайки. Основные отклонения обозначаются такими же латинскими буквами, как и для гладких элементов деталей (прописные буквы для гайки и строчные для болтов). Ряды точности получили название – степени точности.

Отличие в обозначении полей допусков резьбовых элементов деталей от обозначения полей допусков для гладких элементов заключается в том, что для резьбовых элементов сначала указывается степень точности, т.е. цифра, а затем основное отклонение – буква. Например, *6g5g*: *6g* – поле допуска на средний диаметр болта (d_2), *5g* – поле допуска на наружный диаметр болта (d); *7H6H*: *7H* – поле допуска на средний диаметр гайки (D_2), *6H* – поле допуска на внутренний диаметр гайки (D_1).

Обозначение резьбовых элементов должно сочетать в себе следующую информацию: указание о виде резьбы (*M* – метрическая); значение номинального диаметра (d , D); значение шага, если он мелкий (крупный не указывается); направление резьбы *LH*, если резьба левая; поле допуска на средний диаметр (d_2 , D_2); значение длины свинчивания, если она не нормальная.

Рекомендуемая литература – [2, с. 7 - 30; 6, с. 160 - 180; 316 - 319].

Вопросы для самопроверки

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к резьбовым сопряжениям различного служебного назначения?
2. Перечислите основные элементы метрической резьбы.
3. Что такое приведенный средний диаметр резьбы?
4. Как обозначаются метрические резьбы на чертежах?
5. Почему для характеристики точности угла профиля резьбы недостаточно изготовить его равным 60° ?
6. Что такое длина свинчивания?
7. Что такое погрешность шага на длине свинчивания и что служит источником ее происхождения?
8. Как можно измерить средний диаметр резьбы?

Взаимозаменяемость, методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений.

Основные эксплуатационные требования к шпоночным и шлицевым соединениям. Классификация шпоночных и шлицевых соединений.

Допуски и посадки шпоночных соединений. Схемы расположения полей допусков на основные элементы шпоночных соединений.

Допуски и посадки шлицевых соединений с прямобочным профилем. Способы центрирования. Схемы расположения полей допусков на основные элементы шлицевых валов и отверстий.

Допуски и посадки шлицевых соединений с эвольвентным профилем и область их применения.

Обозначение допусков и посадок шпоночных и шлицевых соединений на чертежах.

Методы и средства контроля шпоночных и шлицевых элементов деталей.

Методические указания

Необходимо уяснить назначение шпоночных и шлицевых сопряжений и эксплуатационные требования, предъявляемые к ним. Особо следует остановиться на шлицевых сопряжениях, которые выгодно отличаются от шпоночных величиной передаваемых крутящих моментов, прочностью и надежностью сопряжения, а также точностью центрирования и направления втулок на валу.

Следует усвоить классификацию шлицевых сопряжений в зависимости от профиля и характера передаваемой нагрузки. При изучении допусков и посадок шлицевых сопряжений необходимо знать способы центрирования, выбор которых связан с конструктивными требованиями, предъявляемыми к сопряжению и технологическими особенностями изготовления шлицевых деталей.

Следует разобраться в схемах расположения полей допусков по основным элементам шлицевых сопряжений, выполненных по различным посадкам и способам центрирования. Ознакомиться с обозначением допусков и посадок шлицевых сопряжений на чертежах.

Необходимо также ознакомиться с шпоночными и шлицевыми калибрами и универсальными средствами и методами измерения и контроля элементов шпоночных и шлицевых сопряжений.

Рекомендуемая литература – [2, с. 31 - 45; 6, с. 209 - 219; 325 - 329].

Вопросы для самопроверки

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к шпоночным и шлицевым сопряжениям?
2. Перечислите виды шпоночных соединений.
3. В какой системе осуществляются шпоночные соединения и почему?
4. Перечислите способы центрирования шлицевых сопряжений.
5. Как обозначаются посадки шлицевых соединений на чертежах?

6. Перечислите методы и средства контроля элементов шпоночного соединения.

7. Перечислите методы и средства контроля элементов шлицевого соединения.

Взаимозаменяемость, методы и средства контроля зубчатых колес и передач.

Основные эксплуатационные и точностные требования к зубчатым передачам.

Кинематическая точность и ее значение для станков, приборов, делительных и других механизмов. Показатели кинематической точности.

Плавность работы зубчатой передачи. Циклические погрешности и их влияние на долговечность и величину шума передачи. Показатели плавности.

Полнота контакта сопряженных зубьев колес и его эксплуатационное значение. Показатели, влияющие на полноту контакта зубьев.

Боковой зазор. Виды сопряжений зубчатых колес, определяемые величиной гарантированного бокового зазора, допуски на боковой зазор.

Система допусков для цилиндрических зубчатых колес. Степени точности зубчатых колес и передач и их выбор. Комбинирование норм различных степеней точности в зависимости от эксплуатационного назначения передачи.

Допуски конических зубчатых и червячных передач.

Обозначение норм и степеней точности зубчатых и червячных передач на чертежах.

Методы контроля зубчатых колес. Выбор комплексов контролируемых параметров. Приборы для контроля зубчатых колес.

Методические указания

Основой изучения данной темы является ознакомление со стандартами на зубчатые и червячные передачи и овладение практикой установления точности передачи на основе эксплуатационных требований.

ГОСТ 1643 – 81 распространяется на эвольвентные цилиндрические зубчатые колеса и передачи внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами с делительным диаметром до 6300 мм, шириной зубчатого венца или полушеврона до 1250 мм, модулем зубьев от 1 до 55 мм, с исходным контуром по ГОСТ 13755 – 81.

По точности изготовления стандарт разделяет зубчатые колеса на 12 степеней точности, причем 1-я и 2-я степени являются перспективными, предусмотрены для будущего развития и для них числовые величины допусков не приводятся, так как современные возможности производства и контроля не могут обеспечить изготовление столь точных колес.

Для каждой степени точности устанавливаются нормы:

- кинематической точности;

- плавности работы колеса;
- контакта зубьев.

Нормы кинематической точности определяют величину полной погрешности угла поворота зубчатых колес за оборот.

Нормы плавности работы колеса определяют величину составляющих полной погрешности угла поворота зубчатого колеса, многократно повторяющихся за оборот колеса.

Нормы контакта зубьев определяют точность выполнения относительных размеров пятна контакта зубьев колес в передаче.

Все три вида норм могут взаимно комбинироваться и назначаться по разным степеням точности, но нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться по любым степеням, более точным, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач, а также на одну степень грубее норм плавности. Комбинирование позволяет предъявить повышенные требования к одним показателям колес, существенным с точки зрения эксплуатации, и выполнять остальные показатели по более грубым допускам. Например, к силовым скоростным передачам должны предъявляться повышенные требования в части плавности работы и контакта зубьев при сниженных нормах к кинематической точности и величине бокового зазора.

Независимо от степени точности колес и передач устанавливаются нормы бокового зазора.

При изучении цилиндрических зубчатых передач необходимо особое внимание обратить на методы обработки зубчатых колес, погрешности обработки и причины их вызывающие.

При рассмотрении основных принципов контроля точности зубчатых и червячных передач сначала следует научиться выбирать комплекс контролируемых параметров, после чего изучить методы и приборы, применяемые для измерения зубчатых и червячных колес.

Рекомендуемая литература – [5, с. 10 - 77; 6, с. 181 - 208; 329 - 337].

Вопросы для самопроверки

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к основным типам зубчатых передач?
2. Какие установлены нормы точности зубчатых колес, что они определяют?
3. Что такое кинематическая точность зубчатого колеса?
4. Какие параметры характеризуют кинематическую точность?
5. Какие параметры характеризуют плавность работы?
6. Какие параметры характеризуют полноту контакта зубьев?
7. Какие установлены нормы бокового зазора и как они обозначаются?

8. Как выбрать комплекс контроля параметров зубчатых колес?
9. Приведите пример условного обозначения прибора для контроля зубчатых колес.

Понятие о метрологии и технических измерениях.

Понятие о метрологии и ее задачах. Понятие о технических измерениях. Роль метрологии и технических измерений в обеспечении качества продукции и точности процессов производства. Государственная система обеспечения единства измерения. Определение терминов «измерение» и «контроль».

Понятие об эталонах единиц и образцовых средствах измерения. Международная система единиц (СИ). Эталон длины. Плоскопараллельные концевые меры длины. Угловые меры.

Классификация методов, принципов и видов измерения. Допускаемые погрешности (неопределенности) измерения и средств измерения.

Статистический анализ и погрешности (неопределенности) измерения. Погрешность и достоверность измерения. Систематические и случайные погрешности обработки и измерений. Законы распределения случайных погрешностей. Параметры законов распределения: математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение. Статистическая оценка параметров распределения. Установление соответствия эмпирического распределения предполагаемому теоретическому закону. Понятие о доверительных интервалах и об оценке с их помощью достоверности результатов измерения.

Обработка результатов измерения. Суммирование систематических и случайных погрешностей. Оценка суммарной погрешности результата измерения.

Классификация универсальных средств измерительной техники. Автоматизация контроля размеров и ее назначение. Автоматизация контроля в процессе обработки. Автоматы для послеоперационного контроля. Координатно-измерительная техника. Выбор средств измерительной техники.

Методические указания

Прежде всего, следует ознакомиться с определением метрологии как науки и уяснить роль и значение метрологии, измерений и контроля для современного машиностроительного производства. Необходимо разобраться в содержании основных понятий, терминов и определений, применяемых в измерениях; знать основные виды средств измерительной техники, их назначение. Ознакомиться с системой обеспечения единства измерений.

При ознакомлении с Международной системой единиц особое внимание следует уделить единицам измерения длин, углов и температур, наиболее часто применяемым в машиностроении.

Особое внимание следует обратить на классификацию средств измерительной техники. Необходимо освоить правильный их выбор в зависимости от номинального значения и точности измеряемого параметра. Надо изучить кинематические схемы приборов и уметь дать объяснение по принципу их работы и технике измерения на них.

Необходимо обратить внимание на то, что в настоящее время при оценивании точности измерений существует два подхода. Один подход основан на понятиях и терминах, применяемых в основополагающих нормативных документах в области метрологии (РМГ 29 – 2013, ГОСТ 8.051 – 81, ГОСТ 8.207 – 76), которые используются в национальных системах обеспечения единства измерений государств-участников Соглашения «О проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии и сертификации». Второй подход основан на понятиях и терминах, используемых в «Руководстве по выражению неопределенности измерений» (ГОСТ 34100.3-2017).

Рекомендуемая литература – [7; 6, с. 270 - 316, 349 - 358].

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под техническими измерениями?
2. Какие Вы знаете методы измерения?
3. Дайте определения прямых и косвенных измерений. Приведите примеры.
4. Чему равна допустимая погрешность измерения?
5. Перечислите основные технические характеристики средств измерений.
6. Как выбрать средство измерения?
7. Что такое мера физической величины? Какие различают разновидности мер?
8. Что такое измерение и контроль? Какая между ними разница?
9. Дайте классификацию средств измерения по принципу действия.
10. Какие измерительные средства относятся к механическим измерительным приборам и инструментам?
11. Конструкция и принцип действия штангенприборов.
12. Конструкция и принцип действия микрометрических приборов.
13. Что такое измерительные головки? Дайте классификацию измерительных головок.
14. Какие оптико-механические приборы Вы знаете?
15. Чем отличаются пневматические приборы ротаметрического и манометрического типов?
16. Назовите область применения средств активного контроля.
17. Назовите область применения средств послеоперационного контроля.
18. Принцип работы и устройство координатно-измерительной машины.
19. Что такое измерительно-информационная система?

3. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения контрольной работы студенту выдается задание в соответствии с направлением подготовки. Вариант и исходные данные определяются по двум последним цифрам зачетной книжки студента и выбираются из таблиц и рисунков [прил. А](#).

4. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа содержит:

- титульный лист;
- задание на контрольную работу;
- решение задач;
- список использованных источников.

Пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 (210×297), на одной стороне листа с соблюдением требований к текстовым документам, установленным ГОСТ 2.105-95 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам и ГОСТ 2.106-96 – ЕСКД. Текстовые документы.

При выполнении текстовой части контрольной работы с применением ЭВМ используют следующие параметры: левое поле – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, гарнитура шрифта - Times New Roman, размер символов – 14 pt, междустрочный интервал – 1,5 строки, обязательная нумерация страниц. Титульный лист считается первой страницей и номер на нем не ставится. Пример оформления титульного листа приведен в [прил. Б](#).

В списке использованных источников указывается автор, название, издательство, год издания и объем в страницах. Требования к его оформлению изложены в ГОСТ 7.1 – 2003 – «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Графическая часть работы (рабочие чертежи деталей, указанных вариантом задания на сборочном чертеже или преподавателем) выполняется на листах формата А3 (297×420) или А4 (210×297), требования к геометрическим параметрам указываются согласно ГОСТ 2.307 – 2011, ГОСТ 2.308 – 2011, ГОСТ 2.309 – 73, ГОСТ 25346 – 2013, ГОСТ 25347 – 2013. Номинальные значения линейных размеров выбираются из рядов предпочтительных чисел (ГОСТ 6636 – 69).

Пример оформления чертежа графической части контрольной работы приведен в [прил. В](#).

Контрольная работа сдается студентом на кафедру ПСАТП для проверки. Если работа содержит принципиальные ошибки, она должна быть исправлена и сдана для повторной проверки. Ошибки в пояснительной записке исправляются и записываются на обратной стороне

предыдущего листа рядом с исправленным местом, а ошибки в графической части – рядом с исправленным местом.

5. ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Контрольная работа выполняется по индивидуальному заданию.

Минимально допустимая оценка за контрольную работу - 60 баллов.

Оцениваться будет:

1) Правильность выбора задания.

Внимание! Работы, выполненные не по своему варианту, оцениваться не будут.

2) Правильность выполнения расчетов.

3) Оформление пояснительной записки.

4) Выполнение и оформление чертежей.

Задания на контрольную работу приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Задания на контрольную работу

Направление подготовки	Дисциплина	Номера задач
12.03.01 Приборостроение	"Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения"	1, 2, 3, 5, 9, 10
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств	"Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения"	1, 3, 5, 9, 10, 11
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	"Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения"	1, 2, 3, 5, 6, 8
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов профиль Эксплуатация наземных транспортных средств	"Взаимозаменяемость и нормирование точности"	1, 2, 3, 4, 6, 8
27.03.01 Стандартизация и метрология	"Взаимозаменяемость и нормирование точности"	1, 3, 4, 6, 7, 11

Ниже приведены задачи на контрольную работу.

Задача № 1

Для цилиндрического соединения номинального диаметра d (табл. А.1 прил. А) назначить посадку и рассчитать согласно ГОСТ 25346 – 2013, ГОСТ 25347 – 2013:

- предельные размеры деталей;
- допуски деталей;
- величину наибольшего, наименьшего и среднего зазоров (натягов).

Построить схему интервалов допусков посадки. Выполнить эскизы деталей в соединении и отдельно каждую. Проставить размеры диаметров с предельными отклонениями согласно ГОСТ 2.307 – 2011.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в прил. Г.

Задача № 2

Для переходной посадки (табл. А.2 прил. А) выполнить проверочный расчет и оценить вероятность получения зазора и натяга.

Расчет выполнять в соответствии с методикой, изложенной в [1].

Задача № 3

Указать существующие классы точности подшипников качения и их обозначение согласно ГОСТ 520 – 2011.

Для заданных размеров отверстия корпуса и вала под подшипник качения (табл. А.3 прил. А) подобрать класс точности подшипника и назначить посадки (ГОСТ 3325 – 85).

Построить схемы расположения интервалов допусков выбранных посадок.

Выполнить эскизы подшипникового узла, вала и отверстия корпуса с указанием номинальных размеров, допусков, предельных отклонений, шероховатости и допусков формы и расположения.

Выбрать средство измерительной техники для измерения посадочных поверхностей под подшипник качения (диаметр вала, диаметр отверстия корпуса).*

* Данный пункт задания не выполняют студенты направлений подготовки 15.03.04, 27.03.01.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в прил. Г, а также в [1].

Задача № 4

Указать параметры шероховатости в соответствии с ГОСТ 25142 – 82, ГОСТ 2.309 – 73, ГОСТ 2789 – 73.

Для заданного параметра шероховатости (табл. А.4 прил. А) обосновать и выбрать измерительные средства для цеховых и лабораторных условий. Дать описание этих средств.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [4].

Задача № 5

Записать все существующие условные знаки допусков формы и расположения; указать их нанесение на чертежах согласно ГОСТ Р 53442 – 2015, ГОСТ 2.308 – 2011, ГОСТ 30893.2 – 2002, ГОСТ 24643 – 81.

Дать определение шероховатости, перечислить параметры шероховатости, указать их нанесение на чертежах в соответствии с ГОСТ 25142 – 82, ГОСТ 2.309 – 73, ГОСТ 2789 – 73.

С учетом данных [табл. А.5](#) и [рис. А.1](#) прил. А разработать рабочий чертеж ступенчатого вала, указать номинальный диаметр с допусками и ограничениями по форме и взаимному расположению.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [4].

Задача № 6

Записать все существующие условные знаки допусков формы и расположения; указать их нанесение на чертежах согласно ГОСТ Р 53442 – 2015, ГОСТ 2.308 – 2011, ГОСТ 30893.2 – 2002, ГОСТ 24643 – 81.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [4].

Задача № 7

Для размерной цепи ([рис. А.2](#) и [табл. А.6](#) прил. А) по заданному допуску замыкающего звена A_0 и номинальным размерам составляющих звеньев A_i рассчитать допуски и предельные отклонения составляющих звеньев методом регулирования.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [прил. Г](#), а также в [3].

Задача № 8

Для размерной цепи ([рис. А.2](#) и [табл. А.6](#) прил. А) по заданному допуску замыкающего звена A_0 и номинальным размерам составляющих звеньев A_i рассчитать допуски и предельные отклонения составляющих звеньев методом полной взаимозаменяемости.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [прил. Г](#), а также в [3].

Задача № 9

Для заданного вида шпоночного соединения ([табл. А.7](#) прил. А)

- назначить посадки;
- построить схему расположения интервалов допусков;
- рассчитать размеры шпоночных калибров-пробок и шпоночных калибров-призм, дать эскизы этих калибров.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [2].

Задача № 10

По заданному чертежу назначить посадки деталей методом аналогов. Разработать рабочие чертежи деталей в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСДП (выполнить все необходимые проекции, указать

номинальные размеры исходя из масштаба чертежа и допуски на все геометрические параметры).

Номера деталей выбрать из таблицы на заданном чертеже.

При решении данной задачи руководствоваться рекомендациями и требованиями, изложенными в [1 - 5].

Задача № 11

Для измерения элементов деталей цилиндрического соединения, указанного на чертеже (d_H) выбрать универсальные средства измерения, обосновать выбор. Привести конструкцию, характеристики и дать описание этих средств измерения.

Справочные данные для решения данной задачи находятся в [7].

6. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример решения задачи № 1.

Исходные данные:

- 1) номинальный диаметр – 5 мм;
- 2) система – *CB*;
- 3) допуск – *R6*.

Назначаем посадку в системе вала: $\varnothing 5 \frac{R6}{h5}$

Определяем значения стандартных допусков по [табл. Г.1 прил. Г](#) [1].

Допуск отверстия: для номинального размера 5 мм и 6 квалитета $T_D = 8$ мкм.

Допуск вала: для номинального размера 5 мм и 5 квалитета $T_d = 5$ мкм.

Определяем предельные отклонения размеров отверстия $\varnothing 5 R6$:

верхнее предельное отклонение $ES = -12$ мкм;

нижнее предельное отклонение $EI = ES - T_D = -12 - 8 = -20$ мкм.

Определяем предельные отклонения размеров вала $\varnothing 5 h5$:

верхнее предельное отклонение $es = 0$ мкм;

нижнее предельное отклонение $ei = es - T_d = 0 - 5 = -5$ мкм.

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 5 - 0,012 = 4,988 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 5 - 0,020 = 4,980 \text{ мм}.$$

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d_H + es = 5 + 0 = 5,000 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_H + ei = 5 - 0,005 = 4,995 \text{ мм}.$$

Величины предельных и среднего натягов:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 0,020 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 0,007 \text{ мм};$$

$$N_m = N_{\max} + N_{\min} / 2 = 0,0135 \text{ мм}.$$

Диапазон посадки:

$$T_N = T_D + T_d = 13 \text{ мкм}.$$

Схема расположения интервалов допусков показана на рис. 6.1.

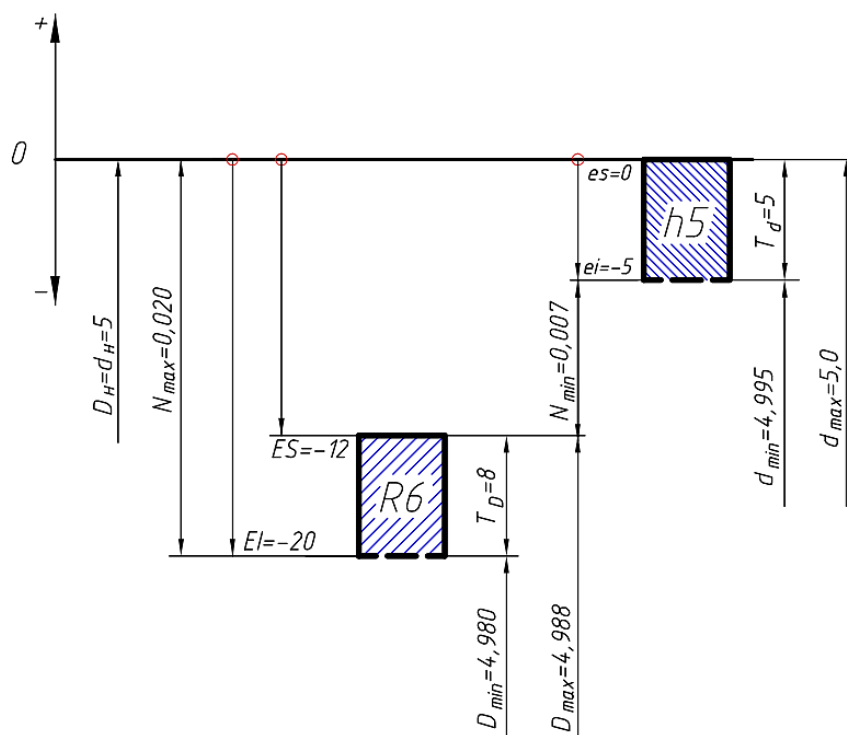


Рисунок 6.1 – Схема расположения интервалов допусков

Эскизы деталей в соединении и отдельно каждой показаны на рис. 6.2.

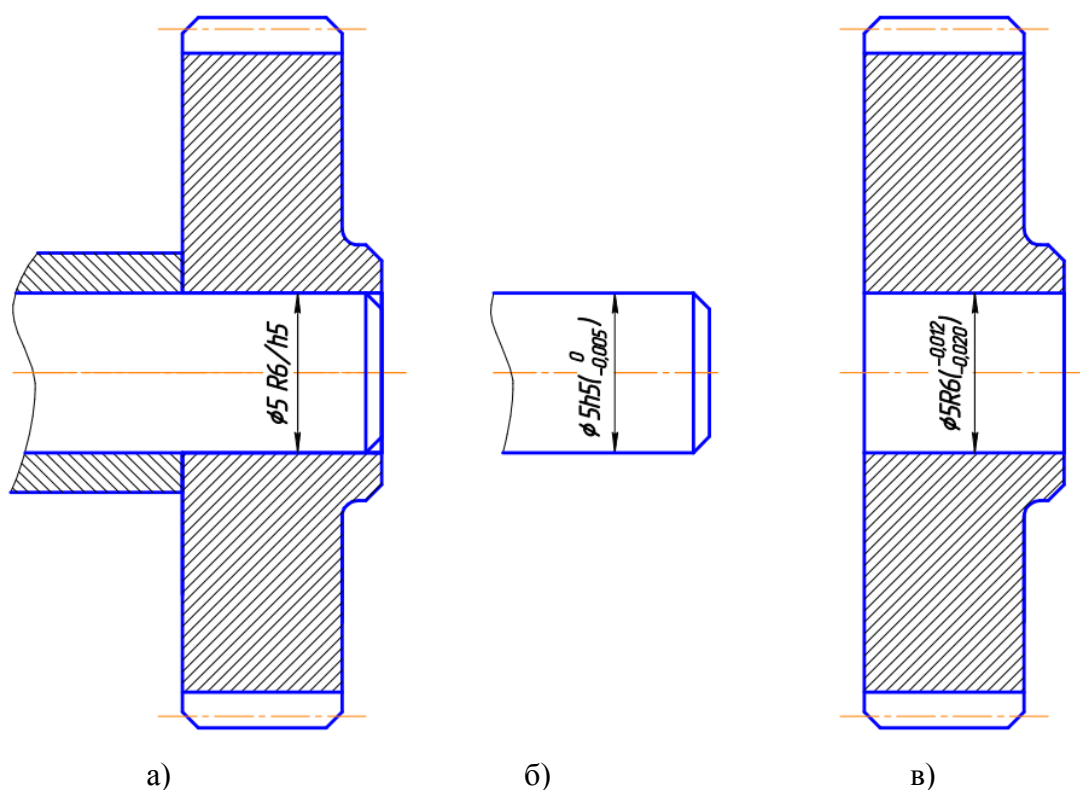


Рисунок 6.2 – Эскизы деталей:
 а) соединение; б) вал; в) колесо зубчатое

Пример решения задачи № 2.

Исходные данные: посадка $\phi 60 \frac{N7}{h6}$ – переходная посадка в СВ.

Переходные посадки предназначены для неподвижных, но разъемных соединений деталей и обеспечивают хорошее центрирование соединяемых деталей. Трудоемкость сборки и разборки соединений с переходными посадками, так же, как и характер этих посадок, во многом определяется вероятностью получения в них натягов и зазоров.

Системой допусков и посадок предусматривается несколько типов переходных посадок, которые различаются вероятностью получения натягов или зазоров по линейным размерам. При этом обычно не учитывают, что на характер соединения влияют погрешности формы и расположения поверхностей сопрягаемых деталей, смятие поверхностного слоя и их износ при повторных сборках.

При расчете вероятности натягов и зазоров обычно исходят из нормального закона распределения размеров деталей при изготовлении. Распределение натягов и зазоров в этом случае также будет подчиняться нормальному закону, а вероятности их получения определяются с помощью интегральной функции вероятности $\Phi(z)$, приведенной в [1].

Схема расположения интервалов допусков посадки показана на рис. 6.3.

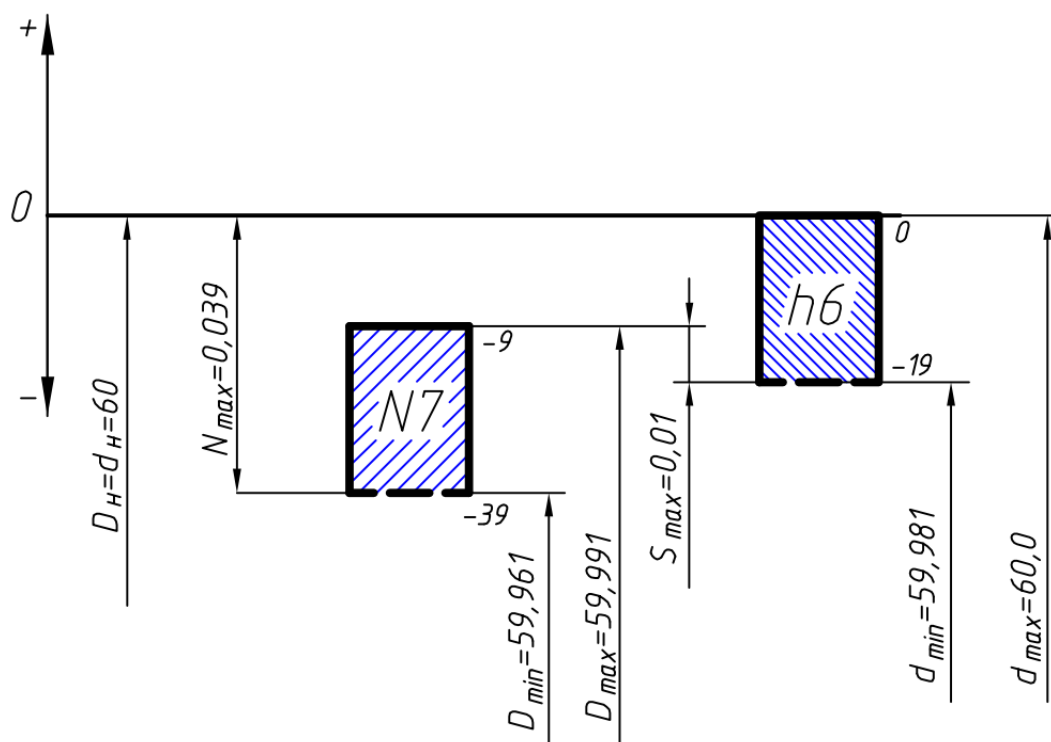


Рисунок 6.3 – Схема расположения интервалов допусков переходной посадки

Расчет проводится следующим образом.

1. Рассчитывается посадка и определяются максимальный натяг ($N_{\max}$), минимальный натяг ($N_{\min}$), средний натяг (N_c).

Определяем максимальный натяг:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 60 - 59,961 = 0,039 \text{ мм} = 39 \text{ мкм.}$$

Определяем минимальный натяг:

$$N_{\min} = -S_{\max} = d_{\min} - D_{\max} = 59,981 - 59,991 = -0,010 \text{ мм} = -10 \text{ мкм.}$$

Определяем средний натяг:

$$N_m = \frac{(N_{\max} - N_{\min})}{2} = \frac{(39 + 10)}{2} = 24,5 \text{ мкм.}$$

1. Вычисляется среднее квадратичное отклонение натяга (зазора) из выражения:

$$\sigma_N = \frac{1}{6} \sqrt{T_D^2 + T_d^2} = \frac{1}{6} \sqrt{30^2 + 19^2} = 5,92 \text{ мкм.}$$

2. Рассчитывается предел интегрирования по формуле (при $N_i = 0$):

$$z = \frac{N_c}{\sigma_N} = \frac{24,5}{5,92} = 4,14 \text{ мкм.}$$

3. Из табл. Д.1 прил. Д по значению z определяется значение функции $\Phi(z)$:

$$\Phi(z) = 0,49997.$$

4. Рассчитывается вероятность натягов (или процент натягов) и вероятность зазоров (или процент зазоров) по формулам [1] для случая $z > 0$:

– вероятность натяга P'_N

$$P'_N = 0,5 + \Phi(z) = 0,5 + 0,49997 = 0,99997;$$

– процент натягов (процент соединений с натягом)

$$P_N = 100P'_N = 100 \cdot 0,99997 = 99,997\%;$$

– вероятность зазора P'_S , если $z > 0$

$$P'_S = 0,5 - \Phi(z) = 0,5 - 0,49997 = 0,00003;$$

– процент зазоров (процент соединений с зазором)

$$P_S = 100P'_S = 100 \cdot 0,00003 = 0,003\% .$$

Пример решения задачи № 3.

Исходные данные: отверстие под подшипник качения $\varnothing 100H7$, вал под подшипник качения $\varnothing 45n6$.

В зависимости от показателей точности по ГОСТ 520:2011 установлено пять основных классов точности подшипников, обозначаемых (в порядке повышения точности) 0; 6; 5; 4; 2. Класс точности подшипника выбирают исходя из требований, предъявляемых к точности вращения и условиям работы механизма. Для большинства механизмов общего назначения применяют подшипники класса точности 0, 6. Подшипники более высоких классов точности применяют при больших частотах вращения и в случаях, когда требуется высокая точность вращения вала (например, для шпинделей шлифовальных и других прецизионных станков, для авиационных двигателей, приборов и т.д.). В гироскопических и других прецизионных приборах и машинах используют подшипники класса 2. Класс точности указывают через тире перед условным обозначением подшипника, например 6–205.

Выбираем подшипник класса точности 0.

Назначаем посадки: $\varnothing 100H7/l0$; $\varnothing 45L0/n6$.

Схемы расположения интервалов допусков посадок для соединений внутреннего кольца с валом и наружного кольца с корпусом показаны на рис. 6.4.

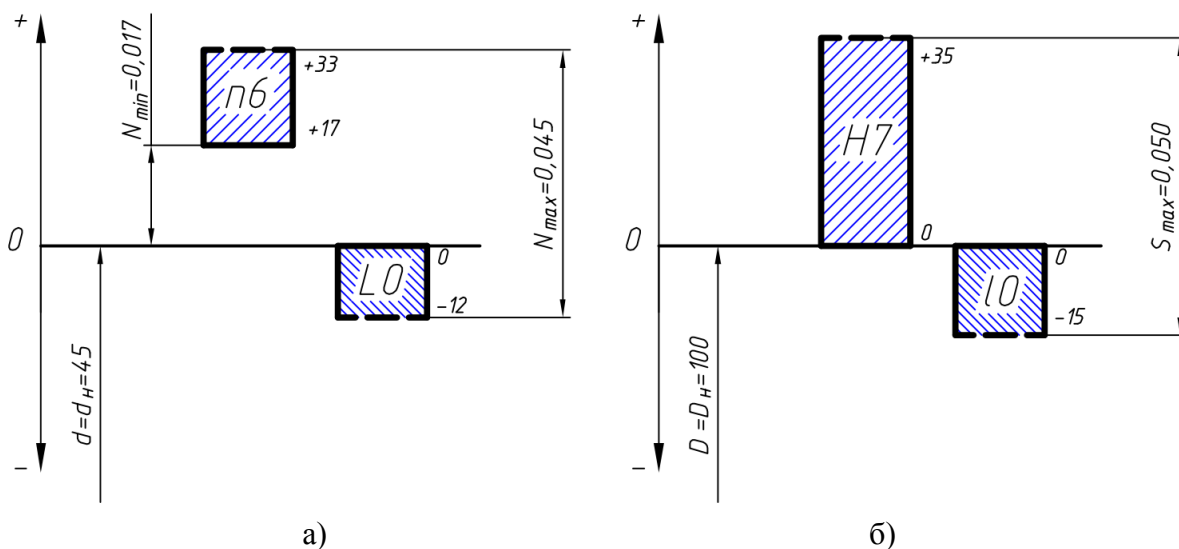


Рисунок 6.4 – Схемы расположения интервалов допусков посадок для соединений:
а) внутреннего кольца с валом; б) наружного кольца с корпусом

Эскизы подшипникового узла, вала и отверстия корпуса показаны на рис. 6.5.

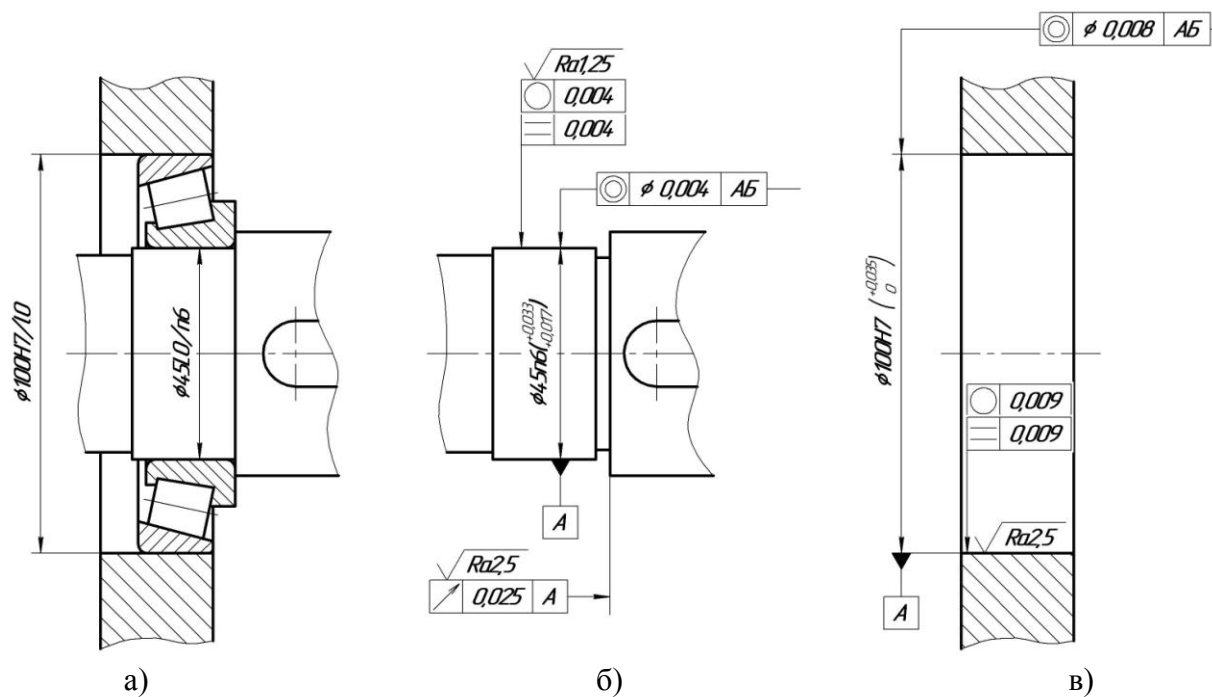


Рисунок 6.5 – Эскизы:
а) подшипникового узла; б) вала; в) отверстия корпуса

Выбор универсальных средств измерительной техники для измерения посадочных поверхностей под подшипник качения.

Диаметр вала $\varnothing 45n6$.

Допуск на измеряемый параметр $T_d = 16$ мкм.

Предел допускаемой погрешности измерения $\delta = 5$ мкм [7].

Станковые средства измерения:

7д – индикатор часового типа, с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения от 2 до 10 мм, класс точности 1, предельная погрешность измерения 5 мкм;

9а – головки рычажно-зубчатые с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения $-0,01 \dots +0,01$ мм с настройкой по концевым мерам, предельная погрешность измерения 3,5 мкм;

11б – индикатор многооборотный, с ценой деления 0,002 мм и пределом измерения 2 мм, предельная погрешность измерения 5 мкм;

13б – головка измерительная пружинная (микрокатор) с ценой деления 0,01 мм и пределом измерения $-0,3 \dots +0,3$ мм, предельная погрешность измерения 5 мкм.

Накладные средства измерения:

6б – микрометр рычажный с ценой деления 0,002 мм и 0,01 мм, скоба рычажная при установке на нуль по концевым мерам длины при использовании на всем пределе измерения, предельная погрешность измерения 5 мкм.

Диаметр отверстия корпуса $\varnothing 100H7$. Допуск на измеряемый параметр $TD = 35$ мкм. Предел допускаемой погрешности измерения $\delta = 10$ мкм [7].

Средства измерения:

4б – нутромеры микрометрические с величиной отсчета 0,01 мм, предельная погрешность измерения 10 мкм;

6а – нутромер индикаторный при замене отсчетного устройства измерительной головкой с ценой деления 0,001 и 0,002 мм, предельная погрешность измерения 6,5 мкм;

9а – пневматическая пробка с отсчетным прибором с ценой деления 0,5 мкм с настройкой по установочным кольцам, предельная погрешность измерения 5 мкм;

11 – микроскопы инструментальные (большая и малая модели), предельная погрешность измерения 10 мкм;

12 – микроскоп универсальный измерительный при использовании штриховой головки, предельная погрешность измерения 7 мкм.

Выбор конкретных средств измерения вала и отверстия корпуса с их подробным описанием осуществляются по указанию преподавателя.

Пример решения задачи № 8.

В редукторе (рис. 6.6) величина зазора S должна быть в пределах 0,5...1,5 мм. Принимая номинальный размер зазора 1 мм, получаем $S = A_0 = 1 \pm 0,5$. Требуется назначить допуски и предельные отклонения на составляющие размеры при условии обеспечения полной взаимозаменяемости.

Это проектировочная задача. Замыкающее звено S . Размер A_5 , так же, как и A_9 , является шириной кольца подшипника и допускаемые отклонения его по ГОСТ 520-2011 равны $E_s = 0$, $E_i = -0,150$. Решение удобнее расположить в виде таблицы (табл. 6.1).

При использовании способа назначения допусков одного качества определяем среднее количество единиц допуска k_{cp} :

$$k_{cp} = \frac{TA_0 - \sum_{j=1}^q TA_{j\text{ см}}}{\sum_{j=1}^{m-q-1} i_j} = \frac{1000 - 300}{14,71} = 47,59 \approx 40 \text{ ед. допуска.}$$

Согласно [3] и табл. Г.4 прил. Г значение k_{cp} соответствует точности обработки 9-го качества.

В колонке 5 показаны допуски 9-го качества на составляющие звенья соответствующего номинального размера. Сумма допусков меньше допуска замыкающего звена на 113 мкм, т.е. $TA_0 \neq \sum_{j=1}^{m-1} TA_j$. Чтобы уравнение удовлетворялось, увеличим допуск на звено A_2 , принятое в качестве компенсирующего. Принятые значения допусков приведены в столбце TA_{jnp} .

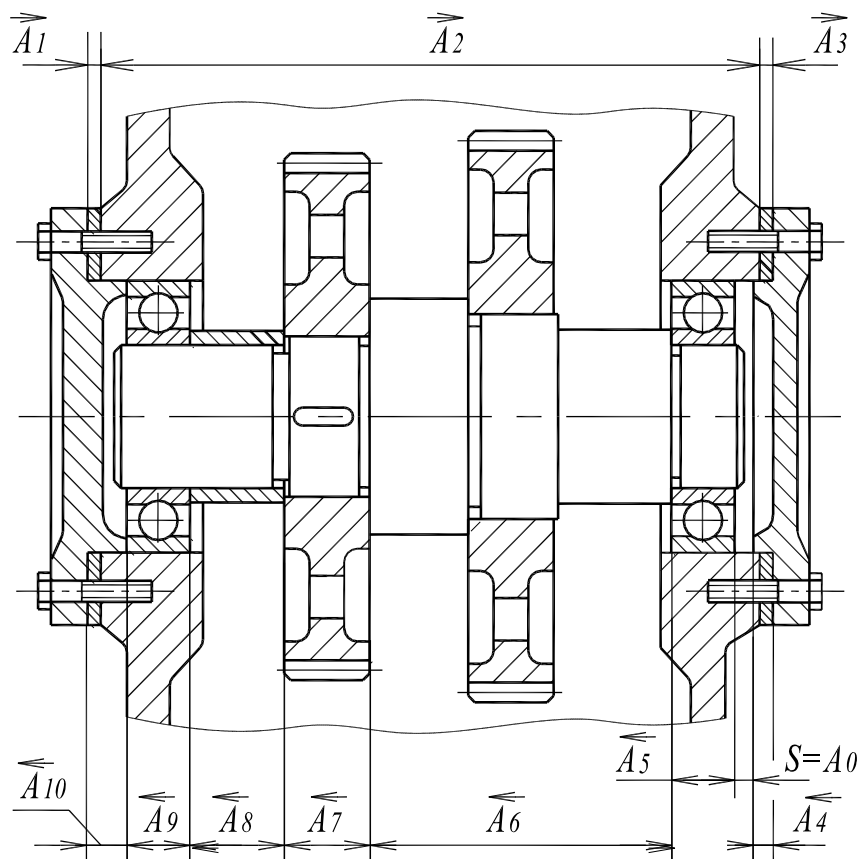


Рисунок 6.6 – Эскиз узла со схемой размерной цепи

Назначим отклонения составляющих звеньев $A_1, A_3, A_6 \dots A_8$ в «минус», так как они являются охватываемыми, отклонения ступенчатых звеньев A_4 и A_{10} – симметричные, отклонения стандартных звеньев A_5 и A_9 – согласно ГОСТ 520 – 2011, а размер A_2 может иметь отклонения любого знака.

Отклонения A_2 определяем из уравнений [3]:

$$E_s A_0 = \sum_{j=1}^n E_s A_{j_{y\phi}} - \sum_{n+1}^{n+p} E_i A_{j_{y\mu}}; \quad E_i A_0 = \sum_{j=1}^n E_i A_{j_{y\phi}} - \sum_{n+1}^{n+p} E_s A_{j_{y\mu}}.$$

Получим:

$$+500 = (E_s A_2 + 0 + 0) - (-31 - 150 - 100 - 74 - 74 - 150 - 31);$$

$$E_s A_2 = -110 \text{ мкм};$$

$$-500 = (E_i A_2 - 30 - 30) - (+31 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 31);$$

$$E_i A_2 = -378 \text{ мкм};$$

Таблица 6.1 – Решение проектировочной задачи методом полной взаимозаменяемости

№	A_j	тип	i_j , мкм	TA_j , мкм	TA_{jnp} , мкм	$E_s A_j, E_i A_j$
1	5	ув.	0,73	30	30	$5^0_{-0,030}$
2	448	ув.	3,89	155	268	$448^{-0,110}_{-0,378}$
3	5	ув.	0,73	30	30	$5^0_{-0,030}$
4	32	ум.	1,56	62	62	$32 \pm 0,031$
5	31	ум.	—	150	150	$31^0_{-0,150}$
6	180	ум.	2,52	100	100	$180^0_{-0,100}$
7	80	ум.	1,86	74	74	$80^0_{-0,074}$
8	55	ум.	1,86	74	74	$55^0_{-0,074}$
9	31	ум.	—	150	150	$31^0_{-0,150}$
10	48	ум.	1,56	62	62	$48 \pm 0,031$
Σ			14,71	887	1000	

Сделаем проверку.

$TA_2 = E_s A_2 - E_i A_2 = 268$ мкм,
следовательно, расчет выполнен правильно.

Пример решения задачи № 9.

Для примера используем приведенную предыдущей задаче схему размерной цепи (рис. 6.6) с такими же номинальным размером и отклонениями замыкающего звена.

Наиболее часто применяемым видом компенсаторов служит набор прокладок, т.е. жесткий неподвижный компенсатор со ступенчатым регулированием размера. В качестве компенсатора здесь выберем правую прокладку – звено A_3 . В данной цепи K – увеличивающее звено.

Номинальную величину K определим по формуле [3]

$$1 = (448 + 5) - (32 + 31 + 180 + 80 + 55 + 31 + 48) + K.$$

Отсюда

$$K = 457 + 1 - 453 = 5 \text{ мм.}$$

Предположим, что детали, входящие в данный редуктор, имеют допуски на размеры 11-го квалитета. Определив величины допусков по ГОСТ 25346 – 2013, назначим предельные отклонения составляющих звеньев как в предыдущих задачах. Данные для расчета удобнее расположить в виде таблицы (табл. 6.2).

Таблица 6.2 – Расчет размерной цепи методом регулирования

№	A_j	тип	TA_j , мкм	$E_s A_j, E_i A_j$
1	5	ув.	75	$5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,075 \end{smallmatrix}$
2	448	ув.	400	$448 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$
3	5	ув., K	рассчитываются	
4	32	ум.	160	$32 \pm 0,08$
5	31	ум.	150	$31 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,150 \end{smallmatrix}$
6	180	ум.	250	$180 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,250 \end{smallmatrix}$
7	80	ум.	190	$80 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,190 \end{smallmatrix}$
8	55	ум.	190	$55 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,190 \end{smallmatrix}$
9	31	ум.	150	$31 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,150 \end{smallmatrix}$
10	48	ум.	160	$48 \pm 0,08$
Σ			1725	

Подсчитаем величины, необходимые для расчета:

$$TA_0 = 1000 \text{ мкм}; \sum_{j=1}^{m-2} TA_j = 1725 \text{ мкм.}$$

$$\sum_{j=1}^n E_s A_{j \text{ ув}} = 0; \sum_{j=1}^n E_i A_{j \text{ ув}} = -475 \text{ мкм};$$

$$\sum_{j=1}^p E_s A_{j \text{ ум}} = +160 \text{ мкм}; \sum_{j=1}^p E_i A_{j \text{ ум}} = -1090 \text{ мкм.}$$

Определяем предельные отклонения $E_i(K)$ и $E_s(K)$ компенсатора. Для случая, когда K – увеличивающее звено, используя формулы, получаем

$$+500 = 0 - (-1090) + E_i K, \text{ откуда } E_i K = -590 \text{ мкм};$$

$$-500 = (-475) - (+160) + E_s K, \text{ откуда } E_s K = +135 \text{ мкм.}$$

Проверяем возможное наибольшее расчетное отклонение, выходящее за пределы интервала допуска исходного звена, подлежащее компенсации $V_K = 135 - (-590) = 725$ по формуле

$$V_K \geq \sum_{j=1}^{m-2} TA_j - TA_0,$$

получаем $725 = 1725 - 1000$.

Следовательно, $K^{\max} = 5,135 \text{ мм}; K^{\min} = 4,41 \text{ мм}$.

Будем считать, что набор состоит из одной постоянной прокладки с толщиной $s_{\text{пост}}$ (равной с округлением в меньшую сторону величины $K^{\min}$)

и нескольких сменных, количество n которых зависит от действительных размеров деталей собираемого экземпляра изделия.

Принимаем $s_{\text{пост}} = 4,2$ мм (ряд Ra40 согласно ГОСТ 6636–69) за постоянную прокладку. Число сменных прокладок подсчитаем по формуле:

$$n = (V_{\kappa} / TA_0) + 1 = 725/1000 + 1 = 1,725.$$

Округляя n до целого числа, получаем $n = 2$. Подсчитаем толщину сменных прокладок:

$$s = V_{\kappa} / n = 725/2 = 362,5 \text{ мкм.}$$

Толщина s округляется в сторону уменьшения, принимаем $s = 360 \text{ мкм} = 0,36 \text{ мм}$. Проверяем расчет компенсатора по неравенству:

$$s_{\text{норм}} + n \cdot s = 4,2 + 2 \cdot 0,36 = 4,92 < K^{\text{max}}.$$

Величину, равную

$$K^{\text{max}} - (s_{\text{норм}} + n \cdot s) = 5,135 - 4,92 = 0,215 \text{ мм}$$

можно принять в качестве допуска на изготовление набора прокладок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Цилиндрические соединения (Часть 1): метод. указания к выполнению курсовой работы / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина. – Севастополь: СевГУ, 2016. – 58 с.

2. Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Резьбовые соединения, шпоночные и шлицевые соединения, конические соединения (Часть 2): метод. указания к выполнению курсовой работы / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 100 с.

3. Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Расчет размерных цепей (часть 3): метод. указания к выполнению курсовой работы (проекта) / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 30 с.

4. Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Форма, ориентация, месторасположение и биение поверхностей. Шероховатость поверхности (часть 4): метод. указания к выполнению курсовой работы / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 97 с.

5. Нормирование и контроль точности типовых соединений механизмов. Взаимозаменяемость зубчатых колес и передач (часть 5): метод. указания к выполнению курсовой работы / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 112 с.

6. Карпенко В.А. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учеб. пособие / В.А. Карпенко, Н.А. Волошина, С.П. Волков. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 372 с.

7. Лабораторный практикум (часть 1): метод. указания к выполнению лабораторных работ / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 104 с.

8. Лабораторный практикум (часть 2): метод. указания к выполнению лабораторных работ / Сост. Н.А. Волошина, О.В. Филипович, Н.А. Балакина, Г.В. Невар. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 132 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Таблица А.1 – Исходные данные к задаче № 1

ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ			ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	1	Номинальный d	18	16	14	12	10	9	8	6	5	3
		Система	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA
		Класс допуска	g7	f7	e7	d7	g6	fg6	f6	ef6	e6	f6
	2	Номинальный d	480	400	360	320	250	200	160	125	110	100
		Система	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB
		Класс допуска	F8	E8	D8	C8	F9	E9	D9	C9	B9	A9
	3	Номинальный d	67	60	55	50	45	40	35	30	25	20
		Система	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA
		Класс допуска	f9	e9	d9	c9	b9	d9	f8	e8	d8	c8
	4	Номинальный d	95	90	85	80	75	71	63	53	48	42
Система		CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	
Класс допуска		F5	E5	G6	F6	E6	D6	G7	F7	E7	D7	
5	Номинальный d	38	32	28	22	20	15	14	12	10	8	
	Система	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	
	Класс допуска	v6	u6	t6	s6	z6	p6	u6	s5	z5	p5	
6	Номинальный d	18	16	14	12	10	9	8	6	5	4	
	Система	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	
	Класс допуска	Z8	R8	P8	U7	S7	R7	P7	S6	R6	P6	
7	Номинальный d	95	90	85	80	75	71	63	53	48	42	
	Система	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	
	Класс допуска	u8	s8	z7	x7	v7	u7	t7	s7	e7	p7	
8	Номинальный d	67	60	56	50	45	40	36	30	25	20	
	Система	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	
	Класс допуска	D11	C11	B11	A11	E10	D10	P5	T7	T6	U8	
9	Номинальный d	480	400	380	320	250	200	160	125	110	100	
	Система	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	CA	
	Класс допуска	z 8	x8	z7	x7	v7	u7	t7	s7	z8	x8	
0	Номинальный d	38	32	28	22	20	15	14	12	10	8	
	Система	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	CB	
	Класс допуска	F8	D8	G6	F6	E6	D6	G5	F5	EF5	E5	

Таблица А.2 – Исходные данные к задаче № 2

		ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ	1	$\varnothing 5 \frac{H5}{js4}$	$\varnothing 5 \frac{H5}{k4}$	$\varnothing 10 \frac{H5}{m4}$	$\varnothing 12 \frac{H5}{m4}$	$\varnothing 20 \frac{H5}{js4}$	$\varnothing 24 \frac{H5}{k4}$	$\varnothing 20 \frac{H5}{m4}$	$\varnothing 24 \frac{H5}{m4}$	$\varnothing 80 \frac{H5}{js4}$	$\varnothing 100 \frac{H5}{k4}$
	2	$\varnothing 30 \frac{H6}{js5}$	$\varnothing 30 \frac{H6}{k5}$	$\varnothing 30 \frac{H6}{m5}$	$\varnothing 32 \frac{H6}{m5}$	$\varnothing 6 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 10 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 14 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 20 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 40 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 60 \frac{H7}{js6}$
	3	$\varnothing 100 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 6 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 10 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 14 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 20 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 50 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 65 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 100 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 140 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 3 \frac{H7}{m6}$
	4	$\varnothing 5 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 8 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 16 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 28 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 32 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 53 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 90 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 140 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 4 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 10 \frac{H7}{n6}$
	5	$\varnothing 12 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 25 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 40 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 60 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 100 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 5 \frac{H8}{js8}$	$\varnothing 10 \frac{H8}{js8}$	$\varnothing 16 \frac{H8}{js8}$	$\varnothing 20 \frac{H8}{js8}$	$\varnothing 40 \frac{H8}{js8}$
	6	$\varnothing 5 \frac{JS5}{h4}$	$\varnothing 10 \frac{JS5}{h4}$	$\varnothing 6 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 10 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 12 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 15 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 32 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 60 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 90 \frac{K5}{h4}$	$\varnothing 12 \frac{M5}{h4}$
	7	$\varnothing 28 \frac{M5}{h4}$	$\varnothing 38 \frac{M5}{h4}$	$\varnothing 60 \frac{M5}{h4}$	$\varnothing 5 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 12 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 20 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 32 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 60 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 100 \frac{JS6}{h5}$	$\varnothing 6 \frac{JS6}{h5}$
	8	$\varnothing 10 \frac{K6}{h5}$	$\varnothing 12 \frac{K6}{h6}$	$\varnothing 24 \frac{K6}{h6}$	$\varnothing 40 \frac{K6}{h6}$	$\varnothing 53 \frac{K6}{h6}$	$\varnothing 100 \frac{K6}{h6}$	$\varnothing 18 \frac{M6}{h5}$	$\varnothing 20 \frac{M6}{h5}$	$\varnothing 40 \frac{M6}{h5}$	$\varnothing 60 \frac{M6}{h5}$
	9	$\varnothing 5 \frac{M6}{h5}$	$\varnothing 10 \frac{M6}{h5}$	$\varnothing 3 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 5 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 10 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 15 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 20 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 40 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 60 \frac{JS7}{h6}$	$\varnothing 100 \frac{JS7}{h6}$
	0	$\varnothing 15 \frac{K7}{h6}$	$\varnothing 20 \frac{K7}{h6}$	$\varnothing 40 \frac{K7}{h6}$	$\varnothing 60 \frac{K7}{h6}$	$\varnothing 10 \frac{N7}{h6}$	$\varnothing 15 \frac{N7}{h6}$	$\varnothing 20 \frac{N7}{h6}$	$\varnothing 40 \frac{N7}{h6}$	$\varnothing 60 \frac{N7}{h6}$	$\varnothing 90 \frac{K7}{h6}$

Таблица А.3 – Исходные данные к задаче № 3

		Посадочная поверхность под подшип- ник качения	ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ	1	корпус	110G7	37G7	120G7	42G7	130G7	47H6	140H6	52H6	150H6	62G6
		вал	50js6	12k6	55m6	15n6	60p6	17js5	65k5	20m5	70n5	25js5
	2	корпус	100JS6	215K6	110M6	37N6	120P6	42H7	130H7	47H7	140H7	52H7
		вал	45g5	100g5	50g5	12g5	55g5	15js6	60k6	17m6	65n6	20p6
	3	корпус	90JS7	190K7	100M7	215N7	110P7	37JS6	120K6	42M6	130N6	47P6
		вал	40f6	90f6	45f6	100f6	50f6	12h5	55h5	15h5	60h5	17h5
	4	корпус	80JS7	180k7	90M7	190N7	100P7	215JS7	110K7	37M7	120N7	47P7
		вал	35h6	85h6	40h6	90h6	45h6	100g6	50g6	12g6	55g6	17g6
	5	корпус	72G7	170G7	80G7	180G7	90G7	190H6	100H6	215H6	110H6	37G6
		вал	30js6	80k6	35m6	85n6	40p6	90js5	45k5	100m5	50n5	12js5
	6	корпус	62JS6	160K6	72M6	170N6	80P6	180H7	90H7	190H7	100H7	215H7
		вал	25g5	75g5	30g5	80g5	35g5	85js6	40k6	90m6	45n6	100p6
	7	корпус	52JS7	150K7	62M7	160N7	720P7	170JS6	80K6	180M6	90N6	190P6
		вал	20f6	70f6	25f6	75f6	30f6	80h5	35h5	85h5	40h5	90h5
	8	корпус	47JS7	140K7	52M7	150N7	62P7	160JS7	72K7	170M7	80N7	180P7
		вал	17h6	65h6	20h6	70h6	25h6	75g6	30g6	80g6	35g6	85g6
	9	корпус	42H6	130H6	47H6	140H6	52G6	150G6	62G6	160G6	72H6	170G6
		вал	15js5	60k5	17m5	55n5	20js5	70k5	25m5	75n5	30js5	80js5
	0	корпус	37H7	120H7	42H7	130H7	47G7	140G7	52G7	150G7	62H7	160G7
		вал	12js6	55k6	15m6	60n6	17js6	65k6	20m6	70n6	25p6	75p6

Таблица А.4 – Исходные данные к задаче № 4

ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	$\sqrt{0,25/Ra0,2}$	$\sqrt{0,8/Ra0,8}$	$\sqrt{2,5/Ra3,2}$	$\sqrt{0,8/Ra1,6}$	$\sqrt{2,5/Ra3,2}$	$\sqrt{= Ra0,2}$	$\sqrt{\perp Ra0,8}$	$\sqrt{\times Ra1,6}$	$\sqrt{M Ra2,5}$	$\sqrt{\sphericalangle Ra1,25}$
2	$\sqrt{R Ra0,63}$	$\sqrt{Rz20}$	$\sqrt{Rz40}$	$\sqrt{Rz80}$	$\sqrt{Rz20}$	$\sqrt{Rz40}$	$\sqrt{Rz80}$	$\sqrt{Ra0,4}$	$\sqrt{Rz10 Sm0,1}$	$\sqrt{Ra1,6 t_{90} 70}$
3	$\sqrt{Ra1,6 t_{90} 70}$	$\sqrt{= Ra2,5}$	$\sqrt{Ra1,25}$	$\sqrt{2,5/Ra2,5 0,8}$	$\sqrt{Ra2,5 S16}$	$\sqrt{Ra0,05}$	$\sqrt{Ra0,01}$	$\sqrt{Ra0,25 Rmax0,8}$	$\sqrt{Ra0,40 Sm0,25}$	$\sqrt{Rz320}$
4	$\sqrt{0,08/Ra3,2 0,8}$	Полуподать	Шлифовать	$\sqrt{M 0,8/Ra0,32}$	$\sqrt{Rz40}$	$\sqrt{0,8/Ra1 0,25/Sm0,63}$	$\sqrt{0,25/Ra4}$	$\sqrt{= 0,25/Ra0,02}$	$\sqrt{0,8/Rz10}$	$\sqrt{Ra1,25 t_{90} 70}$
5	$\sqrt{Ra2,5 t_{90} 10}$	$\sqrt{Ra20 t_{90} 25}$	$\sqrt{Ra1,6 t_{90} 20}$	$\sqrt{Ra1,25 t_{90} 30}$	$\sqrt{Ra10 t_{90} 40}$	$\sqrt{Ra0,8 t_{90} 50}$	$\sqrt{Ra0,63 t_{90} 60}$	$\sqrt{Ra0,32 t_{90} 70}$	$\sqrt{Ra0,25 t_{90} 80}$	$\sqrt{Ra0,16 t_{90} 90}$
6	$\sqrt{Ra0,08 t_{90} 60}$	$\sqrt{\times 0,8/Ra0,08}$	$\sqrt{Rz20 S16}$	$\sqrt{Rz20 Sm1,25}$	$\sqrt{Ra10 0,63}$	$\sqrt{Rz0,080 0,032}$	$\sqrt{Ra0,63 t_{90} 60}$	$\sqrt{Ra1,25 = 0,63}$	$\sqrt{0,8/Ra2,5 12}$	$\sqrt{Ra0,63 0,32}$
7	$\sqrt{\perp Ra0,16}$	$\sqrt{Rz20 S1,25}$	$\sqrt{Ra0,1 0,05}$	$\sqrt{Rz0,05 0,025}$	$\sqrt{Rz1,60 80}$	$\sqrt{Rz80 40}$	$\sqrt{Rz40 20}$	$\sqrt{Rz20 10}$	$\sqrt{2,5/Rz10 0,8}$	$\sqrt{2,5/Rz20 8}$
8	$\sqrt{Ra1,25 Sm0,63}$	$\sqrt{Ra2,5 S0,08 0,04}$	$\sqrt{Ra20 = 16}$	$\sqrt{Ra1,6 \perp 1,25}$	$\sqrt{Ra1,25 \times 10}$	$\sqrt{Ra10 M 0,8}$	$\sqrt{Ra0,8 \sphericalangle 0,63}$	$\sqrt{Ra0,63 R 0,5}$	$\sqrt{2,5/Ra0,5 0,8}$	$\sqrt{2,5/Rz10 8}$
9	$\sqrt{Rz10 Sm10}$	$\sqrt{Ra1,25 Sm0,63}$	$\sqrt{Ra1,25 Sm0,032 0,020}$	$\sqrt{Ra2,5 S0,125 0,063}$	$\sqrt{Ra0,63 Sm0,063}$	$\sqrt{Ra0,32 S0,032}$	$\sqrt{Ra0,63 S0,63}$	$\sqrt{Ra0,32 Sm0,32}$	$\sqrt{Ra0,1 t_{90} 15}$	$\sqrt{Ra0,32}$
0	$\sqrt{Rz80_{0,08}}$	$\sqrt{Ra0,04 t_{90} 70}$	$\sqrt{Rz10 Rmax0,8}$	$\sqrt{Ra0,1 t_{90} 80}$	$\sqrt{8/Rz3,2 2,5}$	$\sqrt{2,5/Ra3,2 8}$	$\sqrt{Rz0,080 0,032}$	$\sqrt{0,8/Ra0,63 0,025}$	$\sqrt{= 0,8/Ra0,63}$	$\sqrt{\sphericalangle 0,25/Ra0,16}$
ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ										

Таблица А.5 – Исходные данные к задаче № 5

		ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ соединения	1	$\varnothing 8 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 12 \frac{H7}{m7}$	$\varnothing 18 \frac{H8}{m7}$	$\varnothing 20 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 28 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 32 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 38 \frac{H7}{m7}$	$\varnothing 40 \frac{H7}{n7}$	$\varnothing 42 \frac{H8}{m7}$	$\varnothing 48 \frac{H8}{n7}$
	2	$\varnothing 12 \frac{L0}{js6}$	$\varnothing 15 \frac{L0}{k6}$	$\varnothing 20 \frac{L0}{m6}$	$\varnothing 25 \frac{L0}{n6}$	$\varnothing 30 \frac{L6}{js6}$	$\varnothing 35 \frac{L6}{k6}$	$\varnothing 40 \frac{L6}{m6}$	$\varnothing 45 \frac{L6}{n6}$	$\varnothing 50 \frac{L0}{js6}$	$\varnothing 55 \frac{L0}{k6}$
	3	$\varnothing 16 \frac{H7}{js6}$	$\varnothing 20 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 25 \frac{H7}{m6}$	$\varnothing 32 \frac{H7}{n6}$	$\varnothing 40 \frac{H8}{js7}$	$\varnothing 45 \frac{H8}{k7}$	$\varnothing 50 \frac{H8}{m7}$	$\varnothing 56 \frac{H8}{n7}$	$\varnothing 71 \frac{H7}{k6}$	$\varnothing 80 \frac{H7}{m6}$
	4	$\varnothing 25$	$\varnothing 32$	$\varnothing 36$	$\varnothing 46$	$\varnothing 60$	$\varnothing 71$	$\varnothing 80$	$\varnothing 90$	$\varnothing 100$	$\varnothing 110$
	5	$\varnothing 16$	$\varnothing 20$	$\varnothing 25$	$\varnothing 32$	$\varnothing 40$	$\varnothing 45$	$\varnothing 50$	$\varnothing 56$	$\varnothing 71$	$\varnothing 80$
	6	$\varnothing 12 \frac{L0}{js6}$	$\varnothing 15 \frac{L0}{k6}$	$\varnothing 20 \frac{L0}{m6}$	$\varnothing 25 \frac{L0}{n6}$	$\varnothing 30 \frac{L6}{js6}$	$\varnothing 35 \frac{L6}{k6}$	$\varnothing 40 \frac{L6}{m6}$	$\varnothing 45 \frac{L6}{n6}$	$\varnothing 50 \frac{L0}{js6}$	$\varnothing 55 \frac{L0}{k6}$
Относительная геометрическая точность		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A

Таблица А.6 – Исходные данные к задаче № 7, 8

	ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
A_j , мм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A_1	480	420	360	300	250	200	180	160	125	100
A_2	111	85	75	50	50	30	34	32	30	20
A_3	120	107	80	72	60	62	42	38	25	28
A_4	36	67	49	55	36	32	20	19	12	11
A_5	100	75	81	65	52	45	48	40	26	22
A_6	111	85	75	56	50	30	36	32	32	20
A_0	4	3	2	3	4	3	2	2	2	1
Предельные отклонения A_0 (мм)	+0,4	$\pm 0,35$	+0,2	+0,6	+0,5	+0,8	+0,5	+0,1	+0,4	+0,3
	-0,2		-0,4	-0,3	-0,3	+0,2	-0,4	-0,7	-0,3	-0,4

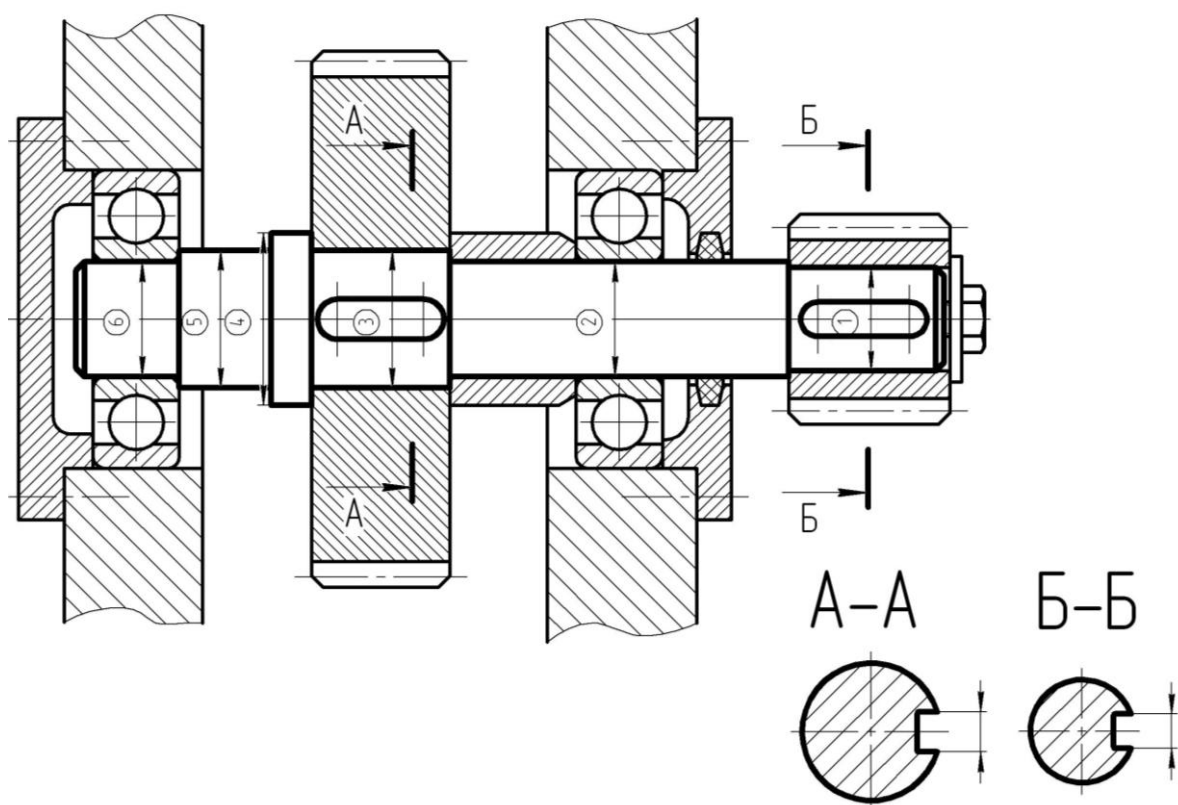


Рисунок А.1

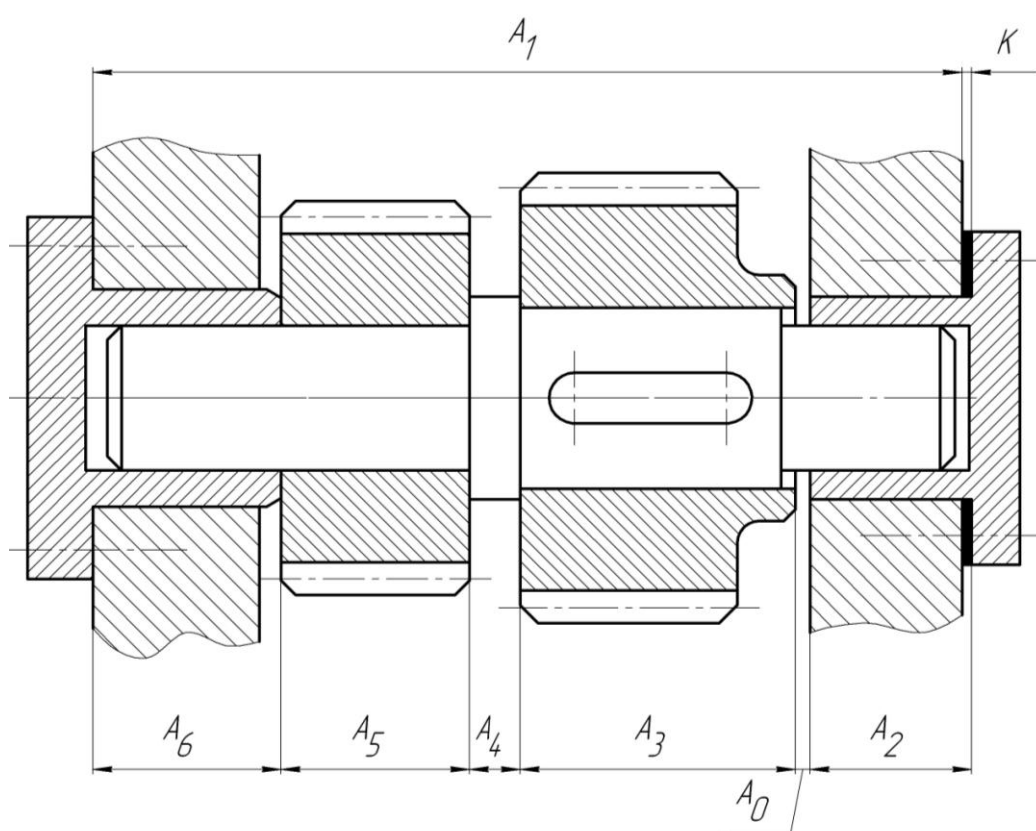


Рисунок А.2 – Размерная цепь

Таблица А.7 – Исходные данные к задаче № 9

		ПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ									
		Шпонка призматическая									
		нормальное		сводное		плотное		нормальное		свободное	
ПРЕДПОСЛЕДНЯЯ ЦИФРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	1	16×10×45	5×5×12	25×12×80	12×8×26	3×3×12	20×12×80	8×7×28	32×18×140	16×10×80	5×5×22
	2	14×9×36	4×4×10	22×14×70	10×8×28	2×2×12	18×11×70	5×6×22	28×16×125	14×9×63	4×4×20
	3	12×8×28	3×3×8	20×12×63	8×7×22	32×18×110	16×10×63	5×5×18	25×14×110	10×8×50	3×3×18
	4	10×8×22	2×2×8	18×11×58	6×6×18	28×16×100	14×9×50	4×4×16	22×14×100	10×8×40	2×2×18
	5	8×7×18	32×18×90	16×10×50	5×5×14	25×14×90	12×8×40	3×3×14	20×12×90	8×7×32	32×18×150
	6	6×6×14	28×16×80	14×9×40	4×4×12	22×14×80	10×8×32	2×2×14	18×11×80	6×6×25	28×16×140
	7	5×5×10	25×14×70	12×8×32	3×3×10	20×12×70	8×7×25	32×18×125	16×10×70	5×5×20	25×14×125
	8	4×4×8	22×14×63	10×8×25	2×2×10	18×11×63	6×6×20	28×16×110	14×9×56	4×4×18	22×14×110
	9	3×3×6	20×12×56	8×7×20	32×18×100	16×10×56	5×5×15	25×14×100	12×8×45	3×3×16	20×12×100
	0	2×2×6	18×11×50	6×6×16	28×16×90	17×9×45	4×4×14	22×14×90	10×8×35	2×2×16	18×11×90

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра «Приборные системы и автоматизация
технологических процессов»**

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине

ШИФР _____

(номер зачетной книжки)

Выполнил:

студент группы _____

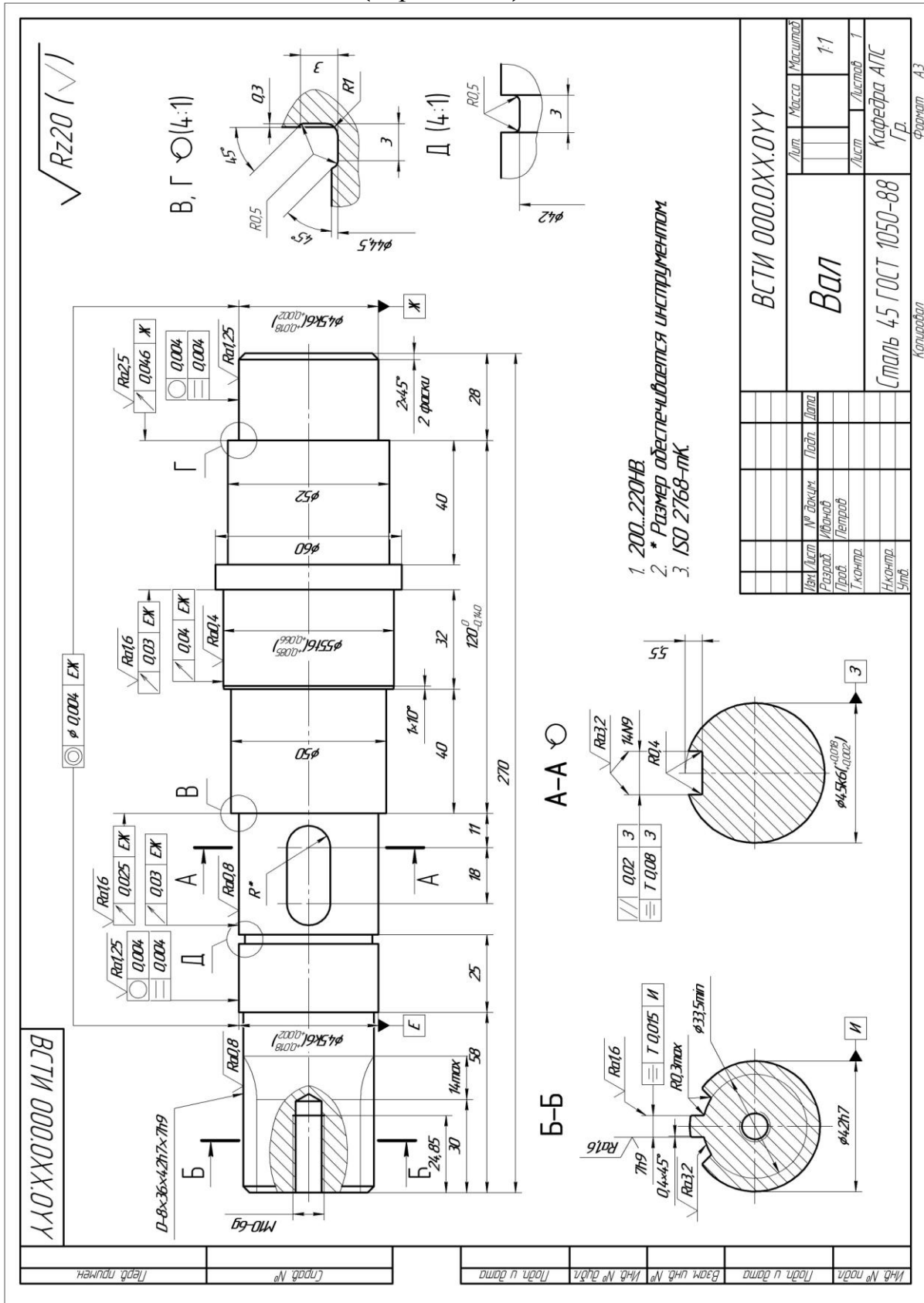
Проверил:

Севастополь

20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Значения допусков для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346 – 2013)

Интервал размеров, мм	Единица допуска, i, мкм	Квалитет																			
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Допуск IT, мкм																			
До 3	0,55	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
Св. 3 до 6	0,73	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
« 6 « 10	0,90	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
« 10 « 18	1,08	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
« 18 « 30	1,31	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
« 30 « 50	1,56	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
« 50 « 80	1,86	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
« 80 « 120	2,17	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
« 120 « 180	2,52	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
« 180 « 250	2,89	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
« 250 « 315	3,22	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
« 315 « 400	3,54	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
« 400 « 500	3,89	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Таблица Г.2 – Значения отклонений валов для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346 – 2013)

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения																
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>cd</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ef</i>	<i>f</i>	<i>fg</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>j</i>		<i>k</i>		
	Квалитет																
	Все квалитеты												5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 и св.7
	Верхнее отклонение <i>e_s</i> , мкм												Нижнее отклонение <i>e_i</i> , мкм				
До 3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Предельные отклонения ± IT/2	-2	-4	-6	0	0
Св. 3 до 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-	+1	0
» 6 » 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-	+1	0
»10 » 14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-	+1	0
» 14 » 18																	
» 18 » 24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-	+2	0
» 24 » 30																	
» 30 » 40	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-5	-10	-	+2	0
» 40 » 50	-320	-180	-130														
» 50 » 65	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-7	-12	-	+2	0
» 65 » 80	-360	-200	-150														
» 80 »100	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-9	-15	-	+3	0
» 100 »120	-410	-240	-180														
» 120 »140	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0		-11	-18	-	+3	0
» 140 »160	-520	-280	-210														
» 160 »180	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0		-13	-21	-	+4	0
» 180 »200	-660	-340	-240														
» 200 »225	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0		-16	-26	-	+4	0
» 225 »250	-820	-420	-280														
» 250 »280	-920	-480	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0		-18	-28	-	+4	0
» 280 »315	-1050	-540	-330														
» 315 »355	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0		-20	-32	-	+5	0
» 355 »400	-1350	-680	-400														
» 400 »450	-1500	-760	-440	-													
» 450 »500	-1650	-840	-480														

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения													
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>u</i>	<i>v</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>za</i>	<i>zb</i>	<i>zc</i>
	Квалитет													
	Все квалитеты													
	Нижнее отклонение <i>e_i</i> , мкм													
До 3	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18	-	+20	-	+26	+32	+40	+60
Св. 3 до 6	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35	+42	+50	+80
»6 » 10	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28	-	+34	-	+42	+52	+67	+97
» 10 »14	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18								+39	+45	-	+60	+77	+108	+150
» 18 » 24	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 »100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 »120				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
» 120 »140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
» 140 »160				+65	+100	+134	+199	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
» 160 »180	+17	+31	+50	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
» 180 »200				+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
» 200 »225	+20	+34	+56	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
» 225 »250				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
» 250 »280	+21	+37	+62	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
» 280 »315				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
» 315 »355	+23	+40	+68	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
» 355 »400				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
» 400 »450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
» 450 »500				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

Таблица Г.3 – Значение отклонений отверстий для размеров до 500 мм (ГОСТ 25346–2013)

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения																			от <i>P</i> до <i>ZC</i>			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>EF</i>	<i>F</i>	<i>FG</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>JS</i>	<i>J</i>		<i>K</i>	<i>M</i>		<i>N</i>					
	Квалитет																						
	Все квалитеты												6	7	8	до 8	>8	до 8*	>8		до 8	>8	до 7
Нижнее отклонение <i>EI</i> , мкм												Верхнее отклонение <i>ES</i> , мкм											
До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Предельное отклонение ±IT/2	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ	
Св. 3 до 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	6	+4	0		+5	+6	+10	-1+Δ	-	-4+Δ	-4	-8+Δ	0		
» 6 »10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0		+5	+8	+12	-1+Δ	-	-6+Δ	-6	-10+Δ	0		
»10 »14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0		+6	+10	+15	-1+Δ	-	-7+Δ	-7	-12+Δ	0		
»14 »18													+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8	-15+Δ	0		
»18 »24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0		+8	+12	+20	-2+Δ	-	-8+Δ	-8	-15+Δ	0		
»24 »30													+10	+14	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9	-17+Δ	0		
»30 »40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0		+10	+14	+24	-2+Δ	-	-9+Δ	-9	-17+Δ	0		
»40 »50	+320	+180	+130										+13	+18	+28	-2+Δ	-	-11+Δ	-11	-20+Δ	0		
»50 »65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0		+13	+18	+28	-2+Δ	-	-11+Δ	-11	-20+Δ	0		
»65 »80	+360	+200	+150										+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13	-23+Δ	0		
» 80 »100	+380	+220	+170	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0		+16	+22	+34	-3+Δ	-	-13+Δ	-13	-23+Δ	0		
»100 »120	+410	+240	+180										+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15	-27+Δ	0		
»120 »140	+460	+260	+200	-	+145	+85	-	+43	-	+14	0		+18	+26	+41	-3+Δ	-	-15+Δ	-15	-27+Δ	0		
»140 »160	+520	+280	+210										+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-17	-31+Δ	0		
»160 »180	+580	+310	+230	-	+170	+100	-	+50	-	+15	0		+22	+30	+47	-4+Δ	-	-17+Δ	-17	-31+Δ	0		
»180 »200	+660	+340	+240										+25	+36	+55	-4+Δ	-	-20+Δ	-20	-34+Δ	0		
»200 »225	+740	+380	+260	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0	+25	+36	+55	-4+Δ	-	-20+Δ	-20	-34+Δ	0			
»225 »250	+820	+420	+280									+29	+39	+60	-4+Δ	-	-21+Δ	-21	-37+Δ	0			
»250 »280	+920	+480	+300	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0	+29	+39	+60	-4+Δ	-	-21+Δ	-21	-37+Δ	0			
»280 »315	+1050	+540	+330									+33	+43	+66	-5+Δ	-	-23+Δ	-23	-40+Δ	0			
»315 »355	+1200	+600	+360	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	+33	+43	+66	-5+Δ	-	-23+Δ	-23	-40+Δ	0			
»355 »400	+1350	+680	+400																				
»400 »450	+1550	+960	+440	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0												
»450 »500	+1650	+840	+480																				

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения												Поправка Δ** (в мкм) для квалитетов																																			
	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>V</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZC</i>																																				
	Квалитет												3						4						5						6						7						8					
	Св. 7																																															
Верхнее отклонение <i>ES</i> , мкм																																																
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	Δ = 0																																			
Св.3 до 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6																														
» 6 » 10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7																														
» 10 » 14	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9																														
» 14 » 18						-39	-45	-	-60	-77	-108	-150																																				
» 18 » 24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12																														
» 24 » 30						-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118							-160	-218																												
» 30 » 40	-26	-34	-43	-	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14																													
» 40 » 50						-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242							-325																												
» 50 » 65	-32	-41	-53	-	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16																													
» 65 » 80						-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210							-274	-360	-480																										
» 80 » 100	-37	-51	-71	-	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19																													
» 100 »120						-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310							-400	-525	-690																										
» 120 »140	-43	-63	-92	-	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23																													
» 140 »160						-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415							-535	-700	-900																										
» 160 »180	-50	-68	-108	-	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26																													
» 180 »200						-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520							-670	-880	-1150																										
» 200 »225	-56	-80	-130	-	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	4	4	7	9	20	29																													
» 225 »250						-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640							-820	-1050	-1350																										
» 250 »280	-62	-94	-158	-	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	5	7	11	21	32																													
» 280 »315						-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790							-1000	-1300	-1700																										
» 315 »355	-68	-108	-190	-	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	5	5	7	13	23	34																													
» 355 »400						-114	-208	-294	-435	-530	-660	-820	-1000							-1300	-1650	-2100																										
» 400 »450	-68	-126	-232	-	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34																													
» 450 »500						-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250							-1600	-2100	-2600																										

Интервал размеров, мм	Обозначение основного отклонения												Поправка Δ** (в мкм) для квалитетов					
	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
	Квалитет																	
	Св. 7												3	4	5	6	7	8
	Верхнее отклонение ES, мкм																	
До 3	-6	-10	-14	-	-18	-	-20	-	-26	-32	-40	-60	Δ = 0					
Св.3 до 6	-12	-15	-19	-	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10	-15	-19	-23	-	-28	-	-34	-	-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
» 10 » 14	-18	-23	-28	-	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18						-39	-45	-	-60	-77	-108	-150						
» 18 » 24	-22	-28	-35	-	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12
» 24 » 30				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
» 30 » 40	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
» 40 » 50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
» 50 » 65	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
» 65 » 80				-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274						
» 80 » 100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
» 100 » 120																		
» 120 » 140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
» 140 » 160																		
» 160 » 180	-50	-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000	3	4	6	9	17	26
» 180 » 200																		
» 200 » 225	-56	-80	-130	-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	20	29
» 225 » 250																		
» 250 » 280	-62	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29
» 280 » 315																		
» 315 » 355	-68	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32
» 355 » 400																		
» 400 » 450	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34
» 450 » 500																		

Таблица Г.4 – Число единиц допуска k

Квалитет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
k	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Таблица Г.5 – Коэффициент, учитывающий ослабление посадочного натяга k_2

$d_{отв}/d$ или $D/D_{корп}$		Значение коэффициента k_2			
		Для вала			Для корпуса
Свыше	до	$D/d < 1,5$	$D/d = 1,5 \dots 2$	$D/d > 2 \dots 3$	для всех подшипников
-	0,4	1	1	1	1
0,4	0,7	1,2	1,4	1,6	1,1
0,7	0,8	1,5	1,7	2	1,4
0,8	-	2	2,3	3	1,8

Примечание: d , D – соответственно диаметры отверстия и наружной поверхности подшипника; $d_{отв}$ – отверстия полого вала; $D_{корп}$ – диаметр наружной поверхности тонкостенного корпуса.

Таблица Г.6 – Коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки k_3

$\frac{F_A}{F_r} \operatorname{ctg} \beta$		k_3
Свыше	До	
-	0,2	1
0,2	0,4	1,2
0,4	0,6	1,4
0,6	1,0	1,6
1,0	-	2

Таблица Г.7 – Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях валов

Диаметр d внутреннего кольца подшипника, мм		Допустимое значение P_R , кН/м			
		Поля допусков для валов			
Свыше	До	$js5, js6$	$k5, k6$	$m5, m6$	$n5, n6$
18	80	до 300	300...1400	1400...1600	1600...8000
80	180	до 600	600...2000	2000...2500	2500...4000
180	360	до 700	700...3000	3000...3500	3500...6000
360	630	до 900	900...3400	3500...5400	5400...8000

Таблица Г.8 – Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях корпусов

Диаметр D наружного кольца подшипника, мм		Допустимое значение P_R , кН/м			
		Поля допусков для корпусов			
Свыше	до	K6, K7	M6, M7	N6, N7	P7
50	180	до 800	800...1000	1000...1300	1300...2500
180	360	до 1000	1000...1500	1500...2000	2000...3300
360	630	до 1200	1200...2000	2000...2600	2600...4000
630	1600	до 1600	1600...2500	2500...3500	3500...5500

Примечание к таблицам Г.7 и Г.8: Если циркуляционно нагружено внутреннее кольцо подшипника, то посадку на вал определяют по таблице Г.7 в зависимости от рассчитанной интенсивности нагрузки. Посадка наружного кольца в корпус в данном случае назначают по **H7** или **G7**. Если циркуляционно нагружено наружное кольцо подшипника, то посадку в корпус выбирают по таблице Г.8 в зависимости от рассчитанной интенсивности нагрузки. Посадку внутреннего кольца на вал в данном случае назначают по **h6** или **g6**.

Таблица Г.9 – Допустимые углы взаимного перекоса колец подшипников качения и допуски расположения посадочных поверхностей вала и корпуса в подшипниковых узлах различных типов

Тип подшипника	Допустимые углы взаимного перекоса колец подшипников	Допустимый угол взаимного перекоса колец от погрешностей обработки			Допуск соосности, мкм, посадочной поверхности длиной $B = 10$ мм в диаметральном выражении	
		общий	вала	корпуса	вала	корпуса
Радиальные однорядные шариковые	8'	4'	1' 20''	2' 40''	4,0	8,0
	12'	6'	2'	4'	6,0	12,0
	16'	8'	2' 40''	5' 20''	8,0	16,0
Радиально-упорные шариковые	6'	3'	1'	2'	3,0	6,0
	5'	2'30''	50''	1' 40''	2,4	4,8
	4'	2'	40''	1' 20''	2,0	4,0
Упорные шариковые	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Радиальные с цилиндрическими роликами	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Конические	2'	1'	20''	40''	1,0	2,0
Упорные роликовые	1'	30''	10''	20''	0,5	1,0
Игольчатые роликовые	1'	30''	10''	20''	0,5	1,0
Шариковые радиальные сферические двухрядные	4°	6'	2'	4'	6,0	12,0
Роликовые радиальные сферические однорядные	3°	6'	2'	4'	6,0	12,0
Роликовые радиальные сферические двухрядные	2°	6'	2'	4'	6,0	12,0

Таблица Г.10 – Значения допусков торцевого биения заплечиков валов

Интервалы номинальных диаметров d, мм	Допуски торцевого биения заплечиков валов, мкм, не более				
	Классы точности подшипников				
	0	6	5	4	2
От 1 до 3	10	6	3	2	1,2
Св. 3 до 6	12	8	4	2,5	1,5
» 6 » 10	15	9	4	2,5	1,5
» 10 » 18	18	11	5	3	2
» 18 » 30	21	13	6	4	2,5
» 30 » 50	25	16	7	4	2,5
» 50 » 80	30	19	8	5	3
» 80 » 120	35	22	10	6	4
» 120 » 180	40	25	12	8	5
» 180 » 250	46	29	14	10	7

Таблица Г.11 – Значения допусков торцевого биения заплечиков отверстий корпусов

Интервалы номинальных диаметров D, мм	Допуски торцевого биения заплечиков отверстий корпу- сов, мкм, не более				
	Классы точности подшипников				
	0	6	5	4	2
От 3 до 6	18	12	5	4	2,5
Св. 6 » 10	22	15	6	4	2,5
» 10 » 18	27	18	8	5	3
» 18 » 30	33	21	9	6	4
» 30 » 50	39	25	11	7	4
» 50 » 80	46	30	13	8	5
» 80 » 120	54	35	15	10	6
» 120 » 180	63	40	18	12	8
» 180 » 250	72	46	20	14	10
» 250 » 315	81	52	23	16	12
» 314 » 400	89	57	25	30	13

Таблица Г.12 – Значения допусков формы посадочных поверхностей валов

Интервалы номинальных диаметров <i>d</i> , мм	Допуски формы посадочных поверхностей валов (осей), мкм, не более											
	Допуск круглости			Допуск профиля продольного сечения			Допуск непостоянства диаметра					
							В поперечном сечении			В продольном сечении		
	Классы точности подшипников											
	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2
От 0,6 до 2,5	1,5	0,7	0,4	1,5	0,7	0,4	3	1,4	0,8	3	1,4	0,8
Св. 2,5 » 3	1,5	0,7	0,4	1,5	0,7	0,4	3	1,4	0,8	3	1,4	0,8
» 3 » 6	2,0	0,8	0,5	2,0	0,8	0,5	4	1,6	1,0	4	1,6	1,0
» 6 » 10	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5	2,0	1,0	5	2,0	1,0
» 10 » 18	3,0	1,3	0,6	3,0	1,3	0,6	6	2,6	1,2	6	2,6	1,2
» 18 » 30	3,5	1,5	0,8	3,5	1,5	0,8	7	3,0	1,6	7	3,0	1,6
» 30 » 50	4,0	2,0	1,0	4,0	2,0	1,0	8	4,0	2,0	8	4,0	2,0
» 50 » 80	5,0	2,0	1,0	5,0	2,0	1,0	10	4,0	2,0	10	4,0	2,0
» 80 » 120	6,0	2,5	1,2	6,0	2,5	1,2	12	5,0	2,4	12	5,0	2,4
»120 » 180	6,0	3,0	1,5	6,0	3,0	1,5	12	6,0	3,0	12	6,0	3,0
»180 » 250	7,0	3,5	1,7	7,0	3,5	1,7	14	7,0	3,4	14	7,0	3,4

Таблица Г.13 – Значения допусков формы посадочных поверхностей отверстий корпусов

Интервалы номинальных диаметров D , мм	Допуски формы посадочных поверхностей отверстий корпусов, мкм, не более											
	Допуск круглости			Допуск профиля продольного сечения			Допуск непостоянства диаметра					
							в попереч- ном сечении			в продоль- ном сечении		
	Классы точности подшипников											
	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2	0; 6	5; 4	2
От 2,5 до 3	2,5	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5	2,0	1,0	5	2,0	1,0
Св. 3 » 6	3,0	1,3	0,6	3,0	1,3	0,6	6	2,6	1,2	6	2,6	1,2
» 6 » 10	4,0	1,5	0,8	4,0	1,5	0,8	8	3,0	1,6	8	3,0	1,6
» 10 » 18	4,5	2,0	1,0	4,5	2,0	1,0	9	4,0	2,0	9	4,0	2,0
» 18 » 30	5,0	2,0	1,0	5,0	2,0	1,0	10	4,0	2,0	10	4,0	2,0
» 30 » 50	6,0	2,5	1,4	6,0	2,5	1,4	12	5,0	2,8	12	5,0	2,8
» 50 » 80	7,5	3,0	1,6	7,5	3,0	1,6	15	6,0	3,2	15	6,0	3,2
» 80 » 120	9,0	3,5	2,0	9,0	3,5	2,0	18	7,0	4,0	18	7,0	4,0
» 12 » 180	10	4,0	2,2	10	4,0	2,2	20	8,0	4,4	20	8,0	4,4
» 18 » 250	11,5	5,0	2,5	11,5	5,0	2,5	23	10	5,0	23	10	5,0

Таблица Г.14 – Параметры шероховатости Ra и Rz посадочных поверхностей под подшипники

Посадочные поверхности	Классы точности подшипников	Предельные отклонения, мкм, не более, для номинальных диаметров подшипников			
		до 80 мм	св. 80 до 500 мм	св. 500 до 2500 мм	
		Ra			Rz
валов	0	1,25	2,5	5,0	20,0
	6 и 5	0,63	1,25	2,5	
	4	0,32	0,63	-	-
	2	0,16	0,32	-	-
отверстий корпусов	0	1,25	2,5	5,0	20,0
	6, 5 и 4	0,63	1,25	2,5	-
	2	0,32	0,63	-	-
опорных торцов заплечиков валов и корпусов	0	2,5	2,5	5,0	20,0
	6,5 и 4	1,25	1,25	5,0	20,0
	2	0,63	0,63	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Таблица Д.1 – Значения функции $\Phi(z) = \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

<i>z</i>	$\Phi\ z$	<i>z</i>	$\Phi\ z$	<i>z</i>	$\Phi\ z$	<i>z</i>	$\Phi\ z$
0,01	0,0040	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,02	0,0080	0,32	0,1255	0,74	0,2703	1,85	0,4678
0,03	0,0120	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,04	0,0160	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,35	0,1368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,06	0,0239	0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,07	0,0279	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,08	0,0319	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,09	0,0359	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,10	0,0398	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,11	0,0438	0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4953
0,12	0,0478	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,13	0,0517	0,43	0,1664	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,14	0,0557	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,15	0,0596	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,49865
0,16	0,0636	0,46	0,1772	1,05	0,3531	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,47	0,1808	1,10	0,3643	3,40	0,49966
0,18	0,0714	0,48	0,1844	1,15	0,3749	3,60	0,49984
0,19	0,0753	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,80	0,499928
0,20	0,0793	0,50	0,1915	1,25	0,3944	4,00	0,499968
0,21	0,0832	0,52	0,1985	1,30	0,4032	4,50	0,499997
0,22	0,0871	0,54	0,2054	1,35	0,4115	5,00	0,4999997
0,23	0,0910	0,56	0,2123	1,40	0,4192		
0,24	0,0948	0,58	0,2190	1,45	0,4265		
0,25	0,0987	0,60	0,2257	1,50	0,4332		
0,26	0,1020	0,62	0,2324	1,55	0,4394		
0,27	0,1064	0,64	0,2389	1,60	0,4452		
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505		
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554		
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599		

ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

*Методические указания
к выполнению контрольных работ*

Составители: **Волошина** Наталья Александровна,
Филипович Олег Викторович,
Балакина Наталья Анатольевна, **Невар** Галина Валерьевна

В авторской редакции

Изд. № 13/2021. Объем 3,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»