



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Механика»

А. И. Столяров, С. И. Прач

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовой работе
для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2024

УДК 621.713/.715+621:53.08(075.8)
ББК 34.41+30.10я73
С81

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 04.04.2023 г.)*

Рецензент: декан механико-технол. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук,
доц. *И. Б. Одарченко*

Столяров, А. И.

С81 Нормирование точности и технические измерения : учеб.-метод. пособие по курсовой работе для студентов техн. специальностей днев. и заоч. форм обучения / А. И. Столяров, С. И. Прач. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 82 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены требования, предъявляемые к оформлению пояснительной записки курсовой работы. Представлены разделы пояснительной записки, необходимые расчеты, рисунки и таблицы.

Для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.713/.715+621:53.08(075.8)
ББК 34.41+30.10я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по «Нормированию точности и техническим измерениям» является одной из первых конструкторских работ студентов инженерно-технических специальностей высших учебных заведений. Процесс выполнения курсовой работы систематизирует знания, полученные по дисциплинам «Нормирование точности и технические измерения», «Детали машин», а также «Прикладная механика», «Теория механизмов и машин», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Высшая математика», «Физика» и др.

Выполнение курсовой работы начинается с расчетно-пояснительной записки. Данное методическое пособие представляет собой пример выполнения пояснительной записки.

Кроме того, пособие дает представление, о содержании разделов пояснительной записки, необходимых расчетах, рисунках и таблицах.

Требования, предъявляемые к оформлению пояснительной записки, регламентируются требованиями ЕСКД ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 2.106-96.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Основные задачи курсового проектирования

Основными задачами курсового проектирования являются:

- выработка навыков творческого мышления и умения применять обоснованные в технико-экономическом отношении решения инженерных задач, воспитание ответственности за качество принятых решений;
- закрепление знаний, полученных ранее;
- формирование профессиональных навыков, связанных с самостоятельной деятельностью будущего специалиста;
- приобщение к работе со специальной и нормативной литературой;
- привитие практических навыков применения норм проектирования, методик расчетов, технологических инструкций, типовых проектов, стандартов и других нормативных материалов;
- применение современных расчетно-графических и экономико-математических методов, организационного, экономического и социального анализа, оценки, сравнения, выбора и обоснования предлагаемых проектных решений;
- самостоятельное выполнение расчетов конструктивного, технологического, организационного и экономического характера с использованием экономико-математических методов и современных информационных технологий;
- оформление проектных материалов (четкое, ясное, технически грамотное и качественное литературное изложение пояснительной записки и оформление графического материала проекта).

Тематика курсовых проектов (работ) определяется и утверждается решением кафедры, ведущей курсовое проектирование. Курсовые проекты (работы) конструкторского профиля могут носить характер научно-исследовательской работы. В каждом курсовом проекте (работе) могут быть рассмотрены во взаимной связи вопросы конструирования, технологии, экономики и организации производства, а также вопросы закрепления знаний и навыков по конкретным задачам инженерной деятельности в рамках дисциплин обще профессионального цикла.

Тематика курсового проектирования должна отвечать учебным задачам данного предмета и наряду с этим увязываться с практическими требованиями отрасли и актуальности научных исследований. Она должна быть реальной, современной и направленной на получение студента-

ми навыков самостоятельной творческой работы. В каждом задании по курсовому проекту (работе) должны быть элементы новизны.

Объектами курсового проектирования должны быть реальные производственные машины и механизмы. Тематика курсового проектирования должна быть разнообразной в пределах каждой специальности и отражать новейшие достижения и тенденции в развитии соответствующих направлений науки, техники и производства.

Курсовой проект (работа), как правило, должен выполняться с применением современных информационных технологий. Программы для выполнения соответствующих расчетов, а также доступ к компьютеру обеспечивает кафедра, ведущая курсовое проектирование.

Ответственность за принятые в проекте решения, качество исполнения графической части и пояснительной записки несет автор проекта – студент. Руководитель курсового проектирования несет ответственность за организацию и обеспеченность процесса проектирования, полноту решения поставленных перед студентом задач, обеспечение контроля ритмичности работы, своевременности завершения, ее этапов, соответствие принимаемых инженерных решений уровню развития и современному состоянию отраслей.

1.2 Состав, содержание и объем курсовых проектов (работ)

Курсовой проект (работа) как по специальным, так и по общепрофессиональным дисциплинам должен состоять из пояснительной записки и графической части. В отдельных случаях проект дополняется макетами, стендами и другими формами, выполняемыми студентом в результате его самостоятельного труда и соответствующими заданию на проектирование.

Структура и объем пояснительной записки и графической части курсового проекта устанавливаются кафедрой, исходя из характера проекта и учебной дисциплины, по которой выполняется проект, а также времени, отводимого на самостоятельную работу студентов по данной дисциплине.

В общем случае, в соответствии с заданием к курсовому проекту по специальной дисциплине, рекомендуется следующий состав и порядок расположения материала в пояснительной записке:

- титульный лист стандартного образца;
- задание на выполнение курсового проекта (работы) стандартного образца;
- содержание;

- введение (цели проекта (работы));
- техническое описание и критический анализ объекта проектирования;
- проектные решения архитектурно-планировочного, конструкторского, технологического или программно-информационного характера с результатами расчетов;
- проектные решения организационного, социального, экономического характера (если таковые заданы) с программами и результатами расчетов;
- выводы и рекомендации:
- перечень, краткая характеристика или спецификация чертежей;
- список использованных источников, в т.ч. нормативных, проектных и справочных материалов.

Допускается также иное содержание пояснительной записки и иной порядок расположения материала при условии, что они будут более подробно раскрывать тему курсового проекта.

Пояснительная записка к курсовой работе по общенаучным и общепрофессиональным дисциплинам, как правило, содержит лишь часть указанных выше разделов.

2 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К КУРСОВОЙ РАБОТЕ ПО НОРМИРОВАНИЮ ТОЧНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ

2.1 Общие положения

Пояснительная записка, включающая эскизы, расчетные схемы и таблицы, является одним из основных документов, содержащих систематизированные сведения о выполнении курсового проекта и выполняемых по требованиям ГОСТ 2.105-95 «ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМ».

Общими требованиями к пояснительной записке являются:

- четкость и логическая последовательность изложения материала;
- обоснованность рекомендаций при выборе необходимых коэффициентов для расчета;
- точность формулировок, используемых при расчетах параметров и коэффициентов;
- конкретность в изложении результатов расчетов.

2.2 Структура пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- задание на выполнение курсового проекта;
- содержание;
- введение;
- основную часть (расчеты);
- список используемых источников;
- приложения.

Титульный лист (см. приложения) является первой страницей пояснительной записки. Заполняется рукописным или машинописным способом и после выполнения курсового проекта подписывается руководителем проекта.

Задание на курсовое проектирование оформляется на бланке единого образца (см. приложения), располагается после титульного листа. Бланк задания, заверенный подписью, выдается студенту на кафедре преподавателем, ведущим курсовой проект (работу), с указанием даты выдачи и сроков окончания выполнения курсового проекта (работы).

Содержание – часть пояснительной записки, где проставляются номера и наименования разделов, подразделов и пунктов (если последние имеются) с указанием номеров страниц, на которых располагается начало текста разделов (подразделов) пояснительной записки

Содержание располагается после задания на курсовое проектирование. Заголовок его, выполненный прописными буквами, размещают сверху симметрично по тексту на расстоянии не менее одного интервала от текста (см. приложения).

Наименование основных элементов пояснительной записки (введение, разделы, список используемых источников и приложения) выполняются прописными буквами. Наименование подразделов и подпунктов выполняются строчными буквами (кроме начальной прописной).

Введение должно содержать краткую характеристику целей курсовой работы. Необходимо описать основные методики, применяемые для нормирования точности деталей и соединений, входящих в проектируемый подшипниковый узел. Указать значимость выполнения курсовой работы.

Основная часть состоит из разделов, которые могут в свою очередь состоять из подразделов, пунктов и подпунктов. Заголовки, а также их содержание, определяются заданием на курсовое проектирование. В качестве примера при выполнении курсовой работы по НТиТИ могут быть использованы следующие основные разделы:

- 1 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения.
- 2 Выбор универсальных средств измерения для контроля соединения.
- 3 Расчет и конструирование предельных калибров для контроля соединения.
- 4 Выбор посадок для подшипника качения.
- 5 Назначение и выбор посадок шлицевого соединения.
- 6 Расчет предельных калибров для контроля шлицевого соединения.
- 7 Расчет точности осевых размеров деталей, входящих в сборочный узел.
- 8 Расчет и нормирование точности и вида сопряжения зубчатой передачи.
- 9 Выбор посадок ответственных соединений.

Список использованных источников должен содержать перечень литературы, использованной при выполнении расчетной и графической частей курсовой работы (см. приложение). Источники в списке располагаются в порядке появления ссылок на них в тексте записки и нумеруются арабскими цифрами с точкой. Нумерация их выполняется сквозной в пределах всей пояснительной записки. Сведения об источниках, включенных в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

Материал, дополняющий текст записки, допускается помещать в приложениях. Приложениями могут быть графические материалы, таблицы и схемы большого формата и т.д.

Приложения располагаются после списка использованных источников.

3 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка выполняется по формам 5 и 5а ГОСТ 2.106-68, на писчей нелинованной бумаге формата А4 с одной стороны одним из следующих способов:

- рукописным - с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью;

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88).

Текст пояснительной записки выполняется в редакторе MS Word, шрифтом Times New Roman размером 14 пунктов, выравнивание по ширине страницы, автоматическая расстановка переносов, междустрочный интервал – одинарный, абзацный отступ – 1,25 мм, поля: верхнее, нижнее и правое – 25 мм, левое – 30 мм, расстояние от края до колонтитулов – 20 мм.

Нумерация пояснительной записки начинается со страницы 3 (титальный лист и задание не нумеруются). Номер страницы проставляется в штампе.

Текст должен быть отпечатан на одной стороне стандартного листа формата А4.

Опечатки, опiski и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графика) машинописным способом или черными чернилами рукописным способом.

Повреждения листов пояснительной записки, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графика) не допускаются.

Сокращения слов или словосочетаний допускается только общепринятые (по ГОСТ 7.12-93).

3.1 Построение записки (ГОСТ 2.105-95)

Текст записки при необходимости разделяют на разделы и подразделы

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Раз-

дела, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

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

1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДКИ ДЛЯ ГЛАДКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

1.1 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным натягом

1.2 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным зазором

2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ

Если документ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДКИ ДЛЯ ГЛАДКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

1.1 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным натягом

1.1.1

1.1.2

1.2 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным зазором

1.2.1

1.2.2

...

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Если текст документа подразделяется только на пункты, они нумеруются порядковыми номерами в пределах документа.

Пункты, при необходимости, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2 и т.д.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления.

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

Пример:

- а) _____;
- б) _____:
- 1) _____;
- 2) _____;
- в) _____.

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Разделы, подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

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

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении документа машинописным способом должно быть равно 3,4 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел текстового записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В записке на первом (заглавном) листе содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов (страниц). Содержание включают в общее количество страниц.

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

В конце записки приводится список литературы, которая была использована при ее составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.32-91. Список литературы включают в содержание документа.

Нумерация страниц документа и приложений, входящих в состав этого документа, должна быть сквозная.

3.2 Изложение текста пояснительной записки

3.2.1 Оформление формул

Формулы в тексте набираются с помощью встроенного в MS Word редактора формул Microsoft Equation, стиль математический, размер «по умолчанию». Параметры для Microsoft Equation при наборе формул следующие: шрифт Times New Roman; величины переменных набираются курсивом. При использовании кириллицы и греческих букв для написания обычного текста и текста нижних индексов, начертание букв – прямое (кроме переменных). При написании цифр дробная часть от целой отделяется запятой, начертание – прямое. Размер обычный – 14 пунктов, крупный индекс – 10 пунктов, мелкий индекс – 8 пунктов, крупный символ – 21 пункт, мелкий символ – 15 пунктов.

Например:

$$p = \frac{R}{dl}, \quad (13)$$

где R – радиальная нагрузка на подшипник, $R = 6000$ Н (см. исходные данные); l – длина посадочного участка подшипника, $l = 0,06$ м (см. исходные данные),

$$p = \frac{6000}{0,07 \cdot 0,06} = 1428571,4 \text{ Па.}$$

Каждая формула, впервые используемая в расчетах, должна быть расшифрована и пронумерована. Формулы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках.

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

3.2.2 Оформление иллюстраций

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту записки (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Схемы, рисунки и чертежи сканируются

с разрешением не менее 300 dpi, черно-белое изображение, либо выполняются при помощи графических редакторов. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается «Рис.1».

Например:

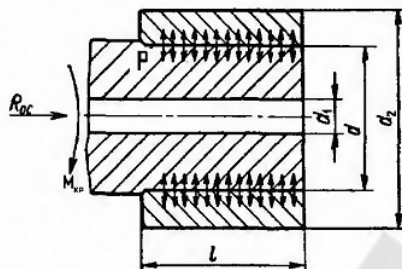


Рисунок 1– Эскиз соединения вала со втулкой

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

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2» при сквозной нумерации и 2... в соответствии с рисунком 1.2» при нумерации в пределах раздела.

Подрисуночная подпись должна быть набрана при помощи текстового редактора. Представленные графические материалы должны соответствовать требованиям ЕСКД.

3.2.3 Оформление таблиц

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Таблица располагается непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице и должна иметь заголовок и нумерацию. Нумерация таблиц выносится в правый ряд набора и выделяется курсивом. Заголовок размещают непосредственно над таблицей, и выделяется шрифтом полужирного начертания.

Например:

Таблица 1 – Исходные данные

Диаметр соединения, d , мм	Внутренний диаметр, d_1 , мм	Наружный диаметр штулки, d_2 , мм	Длина соединения, l , мм	Осевая сила, R_{oc} , кН	Крутящий момент, $M_{кр}$, Н·м	Вал		Втулка	
						Материал	Шероховатость, R_{zd} , мкм	Материал	Шероховатость, R_{zd} , мкм
120	60	160	80	60	80	Сталь 45	3,2	СЧ 28	6,3

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы. Перенесенную часть таблицы подписывают, как «Продолжение таблицы 1».

Например:

Таблица 1 – Размеры калибра-пробки и калибра-кольца

Определяемые параметры калибра		Калибр-пробка		Калибр-кольцо	
		Размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Размер, мм	Предельные отклонения, мкм
Центрирующий диаметр, D	D_k	$D_{\min} - Z_D$	$\pm \frac{H_D}{2}$	$D_{\max} + Z_{1D}$	$\pm \frac{H_{1D}}{2}$
	D_{k-W}	$D_{\min} - Y_D$	–	$D_{\max} + Y_{1D}$	–

Продолжение таблицы 6

Нецентрирующий диаметр, d	d_k	$d - 0,1$	$h8$	$d - 0,1$	$H8$
Размер, b	b_k	$b_{\min} - Z_b$	$\pm \frac{H_b}{2}$	$b_{\max} + Z_{1b}$	$\pm \frac{H_{1b}}{2}$
	b_{k-W}	$b_{\min} - Y_b$	–	$b_{\max} + Y_{1b}$	–

На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят.

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в основном тексте.

3.2.4 Оформление ссылок на литературу

Ссылки на документы (книги, справочники, ГОСТ и т. п.) следует указывать порядковым номером по списку использованных источников, выделяя их квадратными скобками. При необходимости после номера источника указываются уточняющие данные (страница, рисунок, таблица и т. п.).

Например: [1, с. 140, табл. П2.1], [5, с. 87, рис. 12.1].

4. СПЕЦИФИКАЦИИ

Дополнительно пояснительная записка должна иметь приложения, которые представляют собой спецификации к сборочным чертежам.

Спецификация представляет самостоятельный конструкторский документ и выполняется на отдельных листах бумаги формата А4 (допускается иногда выполнять на поле чертежа). Текст спецификации может быть написан от руки или с помощью ЭВМ. В спецификацию вносят: номера позиций, обозначения, наименования и количество составных частей, входящих в специфицируемое изделие. Основная надпись спецификации выполняется по ГОСТ 2.104–68.

Спецификация к чертежу в общем случае состоит из разделов: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наличие разделов определяется составом изделия. Название каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают. После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей и по одной строке после каждого заголовка.

Графы спецификации заполняют:

Форм. – формат на котором выполнен чертеж детали (если чертежи не выпущены, то ставят БЧ); Зона – для сложных чертежей больших размеров указывается номер зоны, в которой находится деталь; Поз. (позиция) – указывают порядковые номера составных деталей изделия; Обозначение – записывают обозначения конструкторских документов. Наименование – указывают наименование изделия и его составных частей; Кол. (количество) – указывают количество составных частей в изделии; Прим. (примечание) – дают дополнительные данные, например, для деталей, на которые не выпущены чертежи, – массу. Стандартные изделия записывают в алфавитном порядке с теми наименованиями и обозначениями, которые им присвоены соответствующими стандартами. В разделе «Прочие изделия» вносят нестандартные изделия, изготавливаемые по отраслям. Более подробно о заполнении спецификации см. ГОСТ 2.108-68.

5. ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Каждый лист пояснительной записки должен содержать рамку и штамп. Поля штампа заполняют в соответствии с обозначением конструкторской документации:

КР.ХХХХ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ СБ

┌┐┌┐┌┐┌┐┌
1 2 3 4 5 6 7 8

1 – Курсовая работа.

2 – Курс НТТИ (нормирование точности и технические измерения), МСОС (метрология, стандартизация и оценка соответствия);

3 – ХХ – номер схемы (01...10).

4 – ХХ – номер варианта (01...100).

5 – 00 – сборочные узлы.

6 – 00 – сборочные единицы.

7 – 00 – детали.

8 – ПЗ – пояснительная записка, СБ – сборочный чертеж, ОВ – общий вид.

Например, КР.НТТИ.05.05.00.00.00 ПЗ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

ПРИМЕР ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Машиностроительный факультет

Кафедра: «Механика»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения»

на тему: «Расчет точности размеров деталей, входящих в сборочный узел»

Выполнил студент гр. _____

Принял преподаватель

Гомель, 20__



Наименование факультета _____
Кафедра: « _____ »
Дисциплина «Нормирование точности и технические измерения»

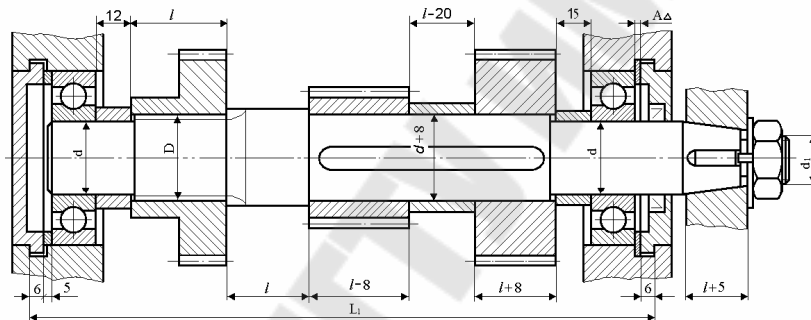
«Утверждаю»
Зав кафедрой _____
« _____ » _____ 202__ г.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Студенту группы _____

- Тема проекта «Расчет точности размеров деталей, входящих в сборочный узел»
- Сроки сдачи студентом законченного проекта _____
- Исходные данные к курсовой работе:

- Вариант № 7
- Схема сборочного узла № 7, $k=l=45$ мм, $A_{\Delta} = 3 \pm 0,8$ мм



*неуказанные линейные и диаметральные размеры принять исходя из особенностей конструкции и функционального назначения;

3.3 Параметры для расчета посадки гладкого цилиндрического соединения с гарантированным натягом

d, мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	l, мм	Осевая сила R _{ос} , кН	Крутящий момент Мкр, Н·м	Вал		Втулка	
						Материал	Шероховатость, R _{зд} , мкм	Материал	Шероховатость, R _{зд} , мкм
120	60	160	80	60	80	Сталь 45	3,2	СЧ 28	6,3

3.4 Параметры для расчета посадки гладкого цилиндрического соединения с гарантированным зазором

d, мм	l, мм	Марка масла промышленного	Радиальная нагрузка, R, Н	Частота вращения вала, об/мин	Шероховатость поверхности, R _a , мкм		Рабочая температура, °С
					Вала	Ступицы	
70	60	20	6000	1800	0,8	0,8	65

3.5 Параметры для выбора посадки подшипника качения и шлицевого соединения

Тип подшипника	Нагрузка, Н	Виды нагружения колец		Наружный диаметр шлицевого соединения d ₂ , мм	Способ центрирования
		Внутреннее	Наружное		
209	1600	Местное	Циркуляционное	50	D
		Циркуляционное	Местное		

3.6 Параметры для расчета точности зубчатых колес

m, мм	Z ₁	Z ₂	Частота вращения n, об/мин	Рабочая температура передачи, °С	Рабочая температура корпуса, °С
3	19	57	1950	80	60

*Правила оформления таблиц и рисунков смотреть выше в подразделах 3.2.1–3.2.3.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	22
1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДКИ ДЛЯ ГЛАДКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ	
1.1 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным натягом	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным зазором	Ошибка! Закладка не определена.
2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ	34
3 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ	
3.1 Расчет калибра–скобы	35
3.2 Расчет калибра–пробки.....	38
4 ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ....	41
5 НАЗНАЧЕНИЕ И ВЫБОР ПОСАДОК ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ	52
6 РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ	57
7 РАСЧЕТ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ	
7.1 Метод полной взаимозаменяемости (max–min)	67
7.2 Расчет методом регулирования с применением неподвижного компенсатора.....	70
8 РАСЧЕТ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ВИДА СОПРЯЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ.....	75
9 ВЫБОР ПОСАДОК ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ СБОРОЧНОГО УЗЛА.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	81

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Пояснительная записка ГГТУ им. П.О. Сухого зр.		
Разраб.							
Провер.							
Реценз.							
Н. Контр.							
Чтвренл.					Лит.	Лист	Листов
					И		

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – закрепление и углубление знаний, полученных при изучении основных разделов дисциплины, а также приобретение навыков работы со справочной литературой, государственными и отраслевыми стандартами при назначении параметров точности деталей и сборочных единиц, освоение принципов оформления конструкторской документации на разрабатываемые изделия машиностроения.

С учетом служебного назначения составлены и обоснованы технические требования, предъявляемые к точности изготовления основных деталей и соединений. Принята система отверстия и вала назначения посадок, расчетным путем выбрана посадка с натягом и зазором, с учетом класса точности выбраны посадки подшипников качения, шпоночных и шлицевых соединений. Назначен и обоснован комплекс для контроля зубчатого колеса.

Разработан сборочный чертеж узла, рабочие чертежи вала, зубчатого колеса и крышки подшипника, схемы расположения полей допусков соединений.

Технические требования. Допуски, посадки, предельные калибры, подшипники, размерные цепи, метод достижения точности замыкающего звена, предельные отклонения размера, отклонения расположения поверхности.

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1 РАСЧЕТ И ВЫБОР ПОСАДКИ ДЛЯ ГЛАДКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

1.1 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным натягом

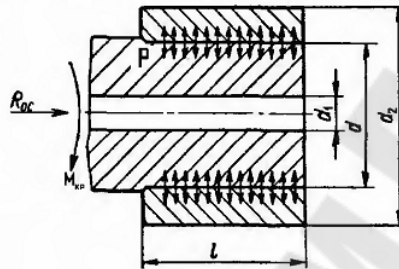


Рисунок 1 – Эскиз соединения вала со втулкой

Таблица 1 – Исходные данные

Диаметр соединения, d , мм	Внутренний диаметр, d_1 , мм	Наружный диаметр втулки, d_2 , мм	Длина соединения, l , мм	Осевая сила, R_{oc} , кН	Крутящий момент, $M_{кр}$, Н·м	Вал		Втулка	
						Материал	Шероховатость, $R_{z,d}$, мкм	Материал	Шероховатость, $R_{z,D}$, мкм
120	60	160	80	60	80	Сталь 45	3,2	СЧ 28	6,3

1. Определяем требуемое минимальное удельное давление на контактных поверхностях соединения [1, с. 333, формулы 1.108, 1.107, 1.109]:

$$[p_{\min}] = \frac{\sqrt{R_{oc}^2 + \left(\frac{2M_{кр}}{d}\right)^2}}{\pi d l f}, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения при установившемся процессе распрессовки или проворачивания. Принимаем по материалу сопрягаемых деталей [1, с.334, табл. 1.104]. для стали-чугун $f=0,1$,

Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата	КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
						5

$$[p_{\min}] = \frac{\sqrt{(60 \cdot 10^3)^2 + \left(\frac{2 \cdot 80}{0,12}\right)^2}}{3,14 \cdot 0,12 \cdot 0,08 \cdot 0,1} = 19,91 \cdot 10^6 \text{ Па} .$$

2. Определяем необходимую величину наименьшего расчетного натяга [1, с. 334, формула 1.110]:

$$N'_{\min} = [p_{\min}] \cdot d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right), \quad (2)$$

где E_1, E_2 – модули упругости материалов, соответственно охватываемой детали (вала) и охватывающей детали (отверстия), МПа [1, с. 335, табл. 1.106]:

$$E_1 = 1,98 \cdot 10^{11} \text{ Па}, E_2 = 0,9 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

c_1, c_2 – коэффициенты Ляме, определяемые по формулам [1, с.334, формула 1.111]:

$$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} - \mu_1, c_2 = \frac{1 + \left(\frac{d}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2} + \mu_2; \quad (3)$$

где μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона соответственно для охватываемой и охватывающей детали [1, с.335, табл. 1.106]:

$$\mu_1 = 0,3, \mu_2 = 0,25.$$

Получаем,

$$c_1 = \frac{1 + \left(\frac{60}{120}\right)^2}{1 - \left(\frac{60}{120}\right)^2} - 0,3 = 1,37, c_2 = \frac{1 + \left(\frac{120}{160}\right)^2}{1 - \left(\frac{120}{160}\right)^2} + 0,25 = 3,82;$$

$$N'_{\min} = 19,91 \cdot 10^6 \cdot 0,12 \cdot \left(\frac{1,37}{1,98 \cdot 10^{11}} + \frac{3,82}{0,9 \cdot 10^{11}} \right) = 1,179 \cdot 10^{-4} \text{ м} \approx 118 \text{ мкм}.$$

3. Определяем с учетом поправок N'_{\min} величину минимального допустимого натяга [1, с. 335, формула 1.112]:

$$[N_{\min}] = N'_{\min} + \gamma_{\text{ш}} + \gamma_t + \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{п}}, \quad (4)$$

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		6

где $\gamma_{ш}$ – поправка, учитывающая смятие микронеровностей при запрессовке деталей, [1, с.335, ф-ла 1.113]:

$$\gamma_{ш} = 1,2(R_{zd} + R_{zd}); \quad (5)$$

γ_t – поправка, учитывающая различие рабочей температуры деталей и температуры сборки, $\gamma_t = 0$, т.к. температуры равны между собой [1, с.335];

$\gamma_{ц}$ – поправка, учитывающая ослабление натяга под действием центробежных сил, принимаем $\gamma_{ц} = 0$, т.к. детали не вращаются;

$\gamma_{п}$ – добавка, компенсирующая уменьшение натяга при повторных запрессовках $\gamma_{п} = 10$ мкм.

Получаем,

$$\gamma_{ш} = 1,2(3,2 + 6,3) = 11,4 \text{ мкм},$$

$$[N_{\min}] = 118 + 11,4 + 0 + 0 + 10 \approx 140 \text{ мкм}.$$

4. Определяем максимально допустимое удельное давление $[p_{\max}]$, при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей. В качестве $[p_{\max}]$ берется наименьшее из двух значений, Па [1, с.336, ф-ла 1.115, 1.116]:

$$p_1 = 0,58 \cdot \sigma_{T1} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^2 \right]; \quad p_2 = 0,58 \cdot \sigma_{T2} \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{d_2} \right)^2 \right], \quad (6)$$

где σ_{T1} и σ_{T2} – пределы текучести материалов охватываемой и охватываемой деталей, Па [2, с. 8, табл. 3.2]: $\sigma_{T1} = 353 \cdot 10^6$ Па, $\sigma_{T2} = 280$ Па,

Получаем,

$$p_1 = 0,58 \cdot 353 \cdot 10^6 \cdot \left[1 - \left(\frac{60}{120} \right)^2 \right] = 153,6 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$p_2 = 0,58 \cdot 280 \cdot 10^6 \cdot \left[1 - \left(\frac{120}{160} \right)^2 \right] = 71,05 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Следовательно, $[p_{\max}] = p_2 = 71,05$ МПа.

5. Определяем величину наибольшего расчетного натяга [1, с. 336, формула 1.117]:

$$N'_{\max} = [p_{\max}] \cdot d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right), \quad (7)$$

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ доким.	Подпись	Дата		7

$$N'_{\max} = 71,05 \cdot 10^6 \cdot 0,12 \cdot \left(\frac{1,37}{1,98 \cdot 10^{11}} + \frac{3,82}{0,9 \cdot 10^{11}} \right) = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ М} \approx 420 \text{ мкм},$$

6. Определяем величину максимального допустимого натяга [1, с. 336, формула 1.118]:

$$[N_{\max}] = N'_{\max} \cdot \gamma_{\text{уд}} + \gamma_{\text{ш}} - \gamma_t; \quad (8)$$

где $\gamma_{\text{уд}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение удельного давления у торцов охватываемой детали при $l/d < 1$, [1, с. 336, рис. 1.68]: при $l/d = 80/120 = 0,67$ и $d_1/d = 60/120 = 0,5$, принимаем $\gamma_{\text{уд}} = 0,825$,

$$[N_{\max}] = 420 \cdot 0,825 + 11,4 - 0 \approx 358 \text{ мкм}.$$

7. Подбираем посадку из таблиц системы допусков и посадок [1, с. 153, таблица 1.49]:

$$\text{Ø } 120 \frac{H8}{x8} \begin{pmatrix} +0,054 \\ 0,264 \\ 0,210 \end{pmatrix}$$

При выборе посадки следуем следующим условиям [1, с.336, формула 1.119, 1.120]:

$$N_{\max} \leq [N_{\max}], \quad N_{\min} \geq [N_{\min}]; \quad (9)$$

$$1. \quad N_{\max} = 264 \leq [N_{\max}] = 358 \text{ мкм};$$

$$2. \quad N_{\min} = 156 \geq [N_{\min}] = 140 \text{ мкм}.$$

8. Определяем предельные размеры, допуски, строим схему расположения полей допусков, определяем характеристики посадки методом «max-min» и вероятностным:

Предельные размеры вала:

$$d_{\max} = d_{\text{н}} + es = 120 + 0,264 = 120,264 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d_{\text{н}} + ei = 120 + 0,210 = 120,210 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия:

$$D_{\max} = D_{\text{н}} + ES = 120 + 0,054 = 120,054 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = D_{\text{н}} + EI = 120 + 0 = 120 \text{ мм}.$$

Допуск размера вала и отверстия:

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = 120,264 - 120,210 = 0,054 \text{ мм},$$

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		8

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = 120,054 - 120 = 0,054 \text{ мм.}$$

Предельные натяги:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 120,264 - 120 = 0,264 \text{ мм,}$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = 120,210 - 120,054 = 0,156 \text{ мм.}$$

Допуск посадки:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = 0,264 - 0,156 = 0,108 \text{ мм.}$$

Вероятностные предельные зазоры:

$$N_{\max}^B = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} + \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2}}{2} = \frac{0,264 + 0,156}{2} + \frac{\sqrt{(0,054)^2 + (0,054)^2}}{2} = 0,248 \text{ мм,}$$

$$N_{\min}^B = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2} - \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2}}{2} = \frac{0,264 + 0,156}{2} - \frac{\sqrt{(0,054)^2 + (0,054)^2}}{2} = 0,172 \text{ мм.}$$

Схема расположения полей допусков:

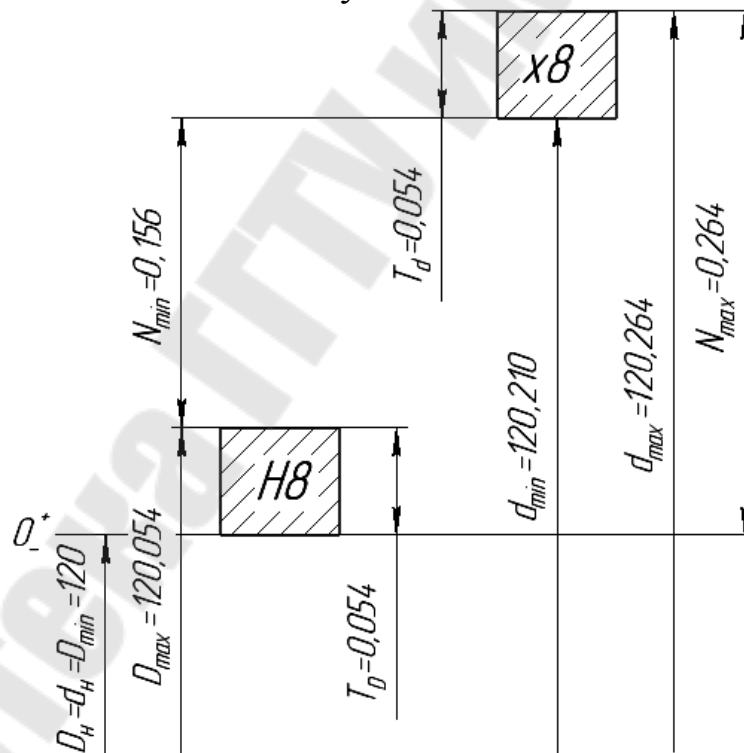


Рисунок 2 – Схема расположения полей допусков

					КРНТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата		9

1.2 Расчет и выбор посадки для гладкого цилиндрического соединения с гарантированным зазором

Подобрать посадку для подшипника скольжения, работающего в условиях жидкостного трения при следующих исходных данных:

Таблица 2 – Исходные данные

Диаметр соединения, d , мм	Длина соединения, l , мм	Марка масла индустриального	Радиальная нагрузка, R , Н	Частота вращения вала, n , об/мин	Шероховатость поверхности, R_a , мкм		Рабочая температура, t °С
					Вала	Ступицы	
70	60	20	6000	1800	0,8	0,8	65

Подшипник разъемный половинный (угла охвата 180°), имеются масляные канавки в плоскости разъема, материал вкладыша подшипника – бронза БрАЖ9-4, материал вала — сталь 40.

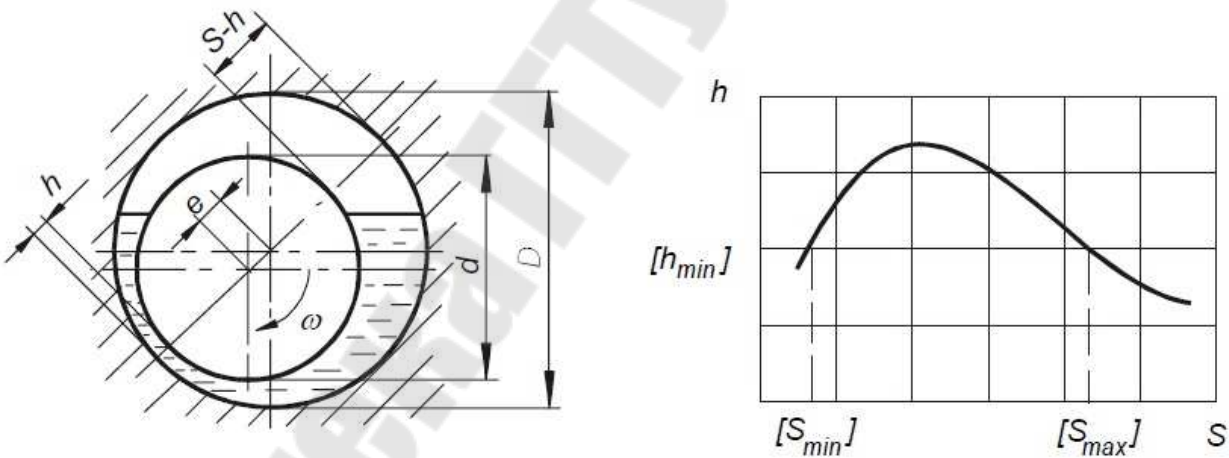


Рисунок 3 – Подшипник скольжения с гидродинамическим режимом работы и график зависимости толщины масляного слоя h от величины зазора S

1. Определяем оптимальный зазор $S_{\text{опт}}$, обеспечивающий максимальную толщину масляного слоя, [2, с. 10] мм,

$S_{\text{опт}} = \varphi_{\text{опт}} d$, (10)				
КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
				19

где d – номинальный диаметр соединения, $d = 70$ мм (см. исходные данные); $\varphi_{\text{опт}}$ – оптимальный относительный зазор, [2, с. 10],

$$\varphi_{\text{опт}} = 0,293 K_{fe} \sqrt{\frac{\mu n}{p}}, \quad (11)$$

где μ – динамическая вязкость масла, Па·с, [2, с. 12],

$$\mu = \mu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^m, \quad (12)$$

где μ_{50} – динамическая вязкость, при рабочей температуре масла $t = 50$ °С, $\mu_{50} = 0,018$ Па·с [2, с. 11, таблица 3.3]; t – фактическая температура масла, $t = 65$ °С (см. исходные данные); m – показатель степени, зависящий от кинематической вязкости масла $\nu = 20 \cdot 10^6$ м²/с [2, с. 11, таблица 3.3], принимаем по [2, с. 12, таблица 3.5], $m = 1,9$,

$$\mu = 0,018 \left(\frac{50}{65} \right)^{1,9} = 0,011 \text{ Па·с};$$

n – частота вращения, $n = 1800$ об/мин (см. исходные данные); K_{fe} – коэффициент, учитывающий угол охвата и отношение $l/d = 60/70 = 0,86$, $K_{fe} = 0,912$ [2, с. 11, таблица 3.4]; p – среднее давление на опору, [2, с.12], Па,

$$p = \frac{R}{dl}, \quad (13)$$

где R – радиальная нагрузка на подшипник, $R = 6000$ Н (см. исходные данные); l – длина посадочного участка подшипника, $l = 0,06$ м (см. исходные данные),

$$p = \frac{6000}{0,07 \cdot 0,06} = 1428571,4 \text{ Па},$$

$$\varphi_{\text{опт}} = 0,293 \cdot 0,912 \sqrt{\frac{0,011 \cdot 1800}{1428571,4}} = 0,001,$$

$$S_{\text{опт}} = 0,001 \cdot 70 = 0,07 \text{ мм}.$$

2. Определяем максимально возможную толщину масляного слоя между поверхностями скольжения, [2, с. 12], мм:

$$h_{\text{max}} = H_{\text{max}} d, \quad (14)$$

где $H_{\text{max}} = 0,252 \varphi_{\text{опт}}$ – максимально возможная для данного режима относительная толщина масляного слоя (безразмерная величина),

$$H_{\text{max}} = 0,252 \cdot 0,001 = 0,000252,$$

				$h_{\text{max}} = 0,000252 \cdot 70 = 0,0176 \text{ мм}$	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	12

3. Рассчитываем средний зазор при нормальной температуре (20°C) для выбора посадки из стандартных полей допусков, [2, с. 12]:

$$S_{\text{cp}} = S_{\text{опт}} - S_i, \quad (15)$$

$$S_i = (\alpha_A - \alpha_B)(t_{\text{п}} - 20^\circ)d, \quad (16)$$

где α_A и α_B – коэффициенты линейного расширения материалов вкладыша и вала соответственно, $\alpha_A = 17,8 \cdot 10^{-6}$ и $\alpha_B = 12,4 \cdot 10^{-6}$ [3, с. 47, таблица III-4]; $t_{\text{п}}$ – температура подшипника, принимаем $t_{\text{п}} = t = 65^\circ\text{C}$,

$$S_i = (17,8 \cdot 10^{-6} - 12,4 \cdot 10^{-6})(65^\circ - 20^\circ)70 = 0,017 \text{ мм},$$

$$S_{\text{cp}} = 0,07 - 0,017 = 0,053 \text{ мм}.$$

4. По таблицам ГОСТ 25347-82 [1, с. 145, таблица 1.47] выбираем такую стандартную посадку, у которой средний зазор $S_{\text{ср.табл.}}$ наиболее близок к расчетному $S_{\text{ср}}$:

$$\text{Ø } 70 \frac{F7}{h5} \begin{pmatrix} +0,06 \\ +0,03 \\ -0,013 \end{pmatrix} \text{ или } \text{Ø } 70 \frac{H6}{f6} \begin{pmatrix} +0,019 \\ -0,030 \\ -0,049 \end{pmatrix},$$

для которых:

– $\text{Ø } 70 \frac{F7}{h5}$: $S_{\text{max}} = 0,073 \text{ мм}$, $S_{\text{min}} = 0,030 \text{ мм}$,

$$S_{\text{ср.табл.}} = \frac{0,073 + 0,030}{2} = 0,0515 \text{ мм},$$

$$T_s = 0,073 - 0,030 = 0,043 \text{ мм};$$

– $\text{Ø } 70 \frac{H6}{f6}$: $S_{\text{max}} = 0,068 \text{ мм}$, $S_{\text{min}} = 0,030 \text{ мм}$,

$$S_{\text{ср.табл.}} = \frac{0,068 + 0,030}{2} = 0,049 \text{ мм},$$

$$T_s = 0,068 - 0,030 = 0,038 \text{ мм}.$$

И коэффициент относительной точности i максимален [2, с.12]:

$$i = \frac{S_{\text{ср}}}{T_s} > 1, \quad (17)$$

– $\text{Ø } 70 \frac{F7}{h5}$: $i = \frac{0,053}{0,043} = 1,23 > 1$;

– $\text{Ø } 70 \frac{H6}{f6}$: $i = \frac{0,053}{0,038} = 1,4 > 1$ – максимальное значение.

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		13

Выбираем посадку, которая удовлетворяет всем рекомендациям и условиям: $\varnothing 70 \frac{H6}{f6}$.

5. Определяем действующие максимальный и минимальный зазоры с учетом шероховатости и температурных деформаций, [2, с. 13], мкм:

$$S_{д.мин} = S_{мин} + S_t + 8(R_{aA} + R_{aB}); \quad (18)$$

$$S_{д.маx} = S_{маx} + S_t + 8(R_{aA} + R_{aB}), \quad (19)$$

где R_{aA} и R_{aB} – среднее арифметическое отклонение профиля вкладыша и вала соответственно, $R_{aA} = 0,8$ мкм и $R_{aB} = 0,8$ мкм (см. исходные данные),

$$S_{д.мин} = 30 + 17 + 8(0,8 + 0,8) = 59,8 \text{ мкм};$$

$$S_{д.маx} = 68 + 17 + 8(0,8 + 0,8) = 97,8 \text{ мкм}.$$

6. Для выбранной посадки определяем действующую толщину масляного слоя, [2, с. 13], мкм,:

$$h_{д.мин} = \frac{S_{д.мин}}{2} (1 - \varepsilon'); \quad (20)$$

$$h_{д.маx} = \frac{S_{д.маx}}{2} (1 - \varepsilon''), \quad (21)$$

где ε' и ε'' – значения относительного эксцентриситета, выбираем из [2, с.13, таблица 3.6] в зависимости от коэффициента нагруженности подшипника C_R [2, с. 13]:

$$C'_R = 9,4 \frac{p \varphi_{д.мин}^2}{\mu l}; \quad (22)$$

$$C''_R = 9,4 \frac{p \varphi_{д.маx}^2}{\mu l}, \quad (23)$$

где $\varphi_{д.мин} = \frac{S_{д.мин}}{d}$ и $\varphi_{д.маx} = \frac{S_{д.маx}}{d}$, [2, с. 13], мм.

Получаем,

$$\varphi_{д.мин} = \frac{0,0598}{70} = 0,00085, \quad \varphi_{д.маx} = \frac{0,0978}{70} = 0,0014;$$

$$C'_R = 9,4 \frac{1428571,4 \cdot (0,00085)^2}{0,011 \cdot 1800} = 0,49,$$

$$C''_R = 9,4 \frac{1428571,4 \cdot (0,0014)^2}{0,011 \cdot 1800} = 1,32,$$

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		14

принимаям $\varepsilon' = 0,43$ и $\varepsilon'' = 0,65$,
тогда

$$h_{д.мин} = \frac{59,8}{2}(1 - 0,43) = 17,04 \text{ мкм},$$

$$h_{д.мах} = \frac{97,8}{2}(1 - 0,65) = 17,11 \text{ мкм}.$$

7. Для обеспечения запаса надежности жидкостного трения проверяем условие неразрывности масляного слоя, [2, с.14]:

$$K_{ж.т.} = \frac{h_{д.мин}}{4(R_{dA} + R_{dB}) + \Delta_d} \geq 2, \quad (24)$$

где Δ_d – добавка, учитывающая влияние прогиба вала и другие неучтенные факторы, $\Delta_d = (2-3)$ мкм,

$$K_{ж.т.} = \frac{17,04}{4(0,8 + 0,8) + 2} = 2,03 \geq 2.$$

8. Рассчитываем выбранную посадку методом «max-min» и вероятностным, строим схему расположения полей допусков с обозначением предельных отклонений и зазоров.

$$\varnothing 70 \begin{matrix} H6 \\ f6 \\ \left(\begin{array}{c} +0,019 \\ -0,030 \\ -0,049 \end{array} \right) \end{matrix}$$

Предельные размеры вала:

$$d_{max} = d_H + es = 70 + (-0,030) = 69,97 \text{ мм},$$

$$d_{min} = d_H + ei = 70 + (-0,049) = 69,951 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия:

$$D_{max} = D_H + ES = 70 + 0,019 = 70,019 \text{ мм},$$

$$D_{min} = D_H + EI = 70 + 0 = 70 \text{ мм}.$$

Допуск размера вала и отверстия:

$$T_d = d_{max} - d_{min} = 69,97 - 69,951 = 0,019 \text{ мм},$$

$$T_D = D_{max} - D_{min} = 70,019 - 70 = 0,019 \text{ мм}.$$

Предельные зазоры:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 70,019 - 69,951 = 0,068 \text{ мм},$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 70 - 69,97 = 0,030 \text{ мм}.$$

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		15

Допуск посадки:

$$T_s = S_{\max} - S_{\min} = 0,068 - 0,03 = 0,038 \text{ мм.}$$

Вероятностные предельные зазоры:

$$S_{\max}^B = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} + \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2}}{2} = \frac{0,068 + 0,03}{2} + \frac{\sqrt{(0,019)^2 + (0,019)^2}}{2} = 0,0624 \text{ мм,}$$

$$S_{\min}^B = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} - \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2}}{2} = \frac{0,068 + 0,03}{2} - \frac{\sqrt{(0,019)^2 + (0,019)^2}}{2} = 0,035 \text{ мм.}$$

Схема расположения полей допусков:

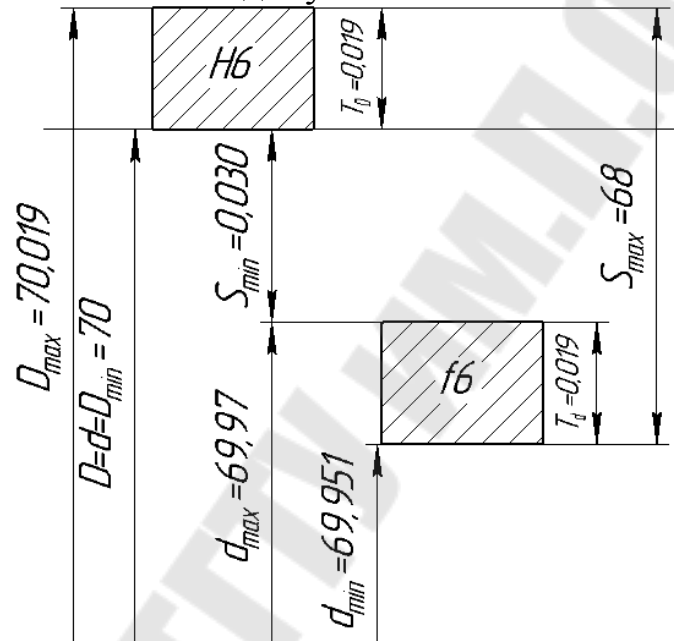


Рисунок 4 – Схема расположения полей допусков

2 ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ

Выбор измерительного инструмента для контроля размера отверстия $\varnothing 120H8$ и размера вала $\varnothing 120x8$ производится в соответствии со следующим условием, [2, с. 15]:

$$\delta_{\text{инстр}} \leq [\delta_{\text{изм}}], \quad (25)$$

где $\delta_{\text{инстр}}$ – погрешность измерения инструмента; $[\delta_{\text{изм}}]$ – допускаемая погрешность измерения;

Для отверстия $\varnothing 120H8$ выбираем по ГОСТ 8.051–8: IT = 54 мкм; $[\delta_{\text{изм}}] = 12$ мкм.

Учитывая условие (25), принимаем по [4, с. 9, таблица 1] инструмент для контроля отверстия $\varnothing 120H8$: нутромер микрометрический ГОСТ 10–88 с $\delta_{\text{инстр}} = 6$ мкм.

Для вала $\varnothing 120 x 8$ выбираем по ГОСТ 8.051–8: IT = 54 мкм; $[\delta_{\text{изм}}] = 12$ мкм.

Учитывая условие (25), принимаем по [4, с. 9, таблица 1] инструмент для контроля отверстия $\varnothing 120H8$: микрометр гладкий ГОСТ 6507–90 с $\delta_{\text{инстр}} = 3$ мкм.

Характеристики инструмента сведем в таблицу 3.

Таблица 3 Характеристики инструмента

Наименование	Предел измерений, мм	Цена деления основной шкалы, мм	Предел допускаемой погрешность, мм
Микрометр гладкий 1-го класса ГОСТ 6507-90	100–125	0,01	$\pm 0,003$
Нутромер микрометрический ГОСТ 10-88	75–175	0,01	$\pm 0,006$

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		16

3 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОЕДИНЕНИЯ

3.1 Расчет калибра-скобы

Расчет производим для $\varnothing 120 \times 8$.

Исполнительным размером калибра-скобы называется наименьший предельный размер калибра с отклонением в «+», равным допуску на его изготовление.

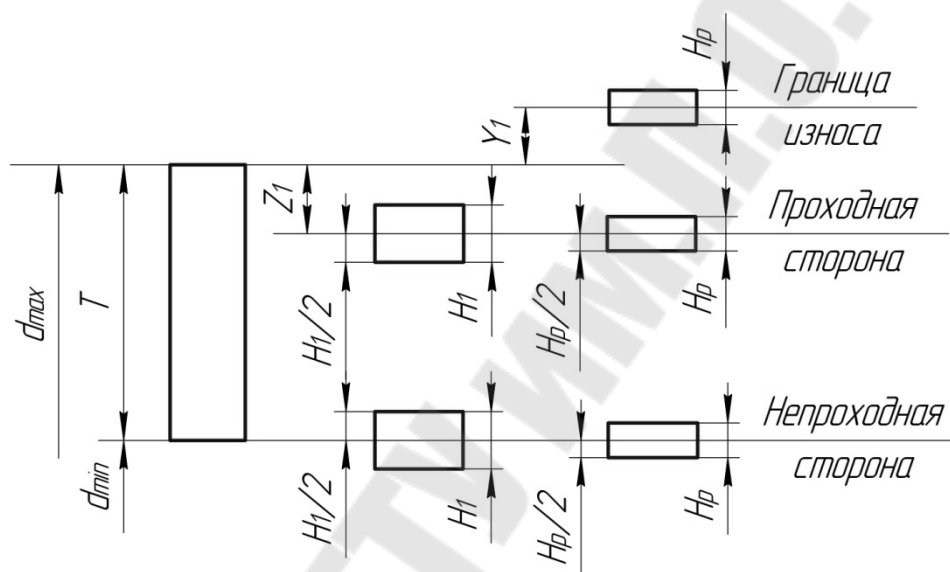


Рисунок 5 – Схема расположения полей допусков калибров-скоб

В соответствии с расчетными схемами наименьшие предельные размеры проходной и непроходной скоб рассчитываются по формулам [5, стр. 24, табл. 8] или по ГОСТ 21401–75 [6]:

$$P - ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2}, \text{ мм}, \quad (26)$$

$$P - НЕ_{\min} = d_{\min} + \alpha_1 - \frac{H_1}{2}, \text{ мм}, \quad (27)$$

где d_{\max} , d_{\min} – предельные размеры вала, (см. п. 1.1): $d_{\max} = 120,264$ мм, $d_{\min} = 120,210$ мм; Z_1 – отклонение середины поля допуска проходного калибра относительно наибольшего предельного размера вала, [5, стр. 22, табл. 7]: $Z_1 = 8$ мкм; H_1 – допуск на изготовление калибра-скобы, [5, стр. 22, табл. 7]: $H_1 = 10$ мкм; α_1 – величина сдвига поля допуска непроходного калибра, учитываемая при $d \geq 180$ мм, [5, стр. 22, табл. 7]: $\alpha_1 = 0$.

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		17

Тогда:

$$P - \text{ПР}_{\min} = 120,264 - 0,008 - \frac{0,01}{2} = 120,251 \text{ мм},$$

$$P - \text{НН}_{\min} = 120,210 - \frac{0,01}{2} = 120,205 \text{ мм}.$$

Размер предельно изношенной проходной скобы определяется по формуле [5, стр. 24, табл. 8] или по ГОСТ 21401-75 [6]:

$$P - \text{ПР}_{\text{изн}} = d_{\max} - \alpha_1 + Y_1, \text{ мм}, \quad (28)$$

где Y_1 – допускаемый выход размера изношенной проходной скобы за верхнюю границу поля допуска вала, [5, стр. 22, табл. 7]: $Y_1=6$ мкм.

Тогда:

$$P - \text{ПР}_{\text{изн}} = 120,264 + 0,006 = 120,270 \text{ мм}.$$

Определяем размеры контрольных калибров для скобы, контролирующей размер $\text{Ø}120 \times 8$ по формулам [5, стр. 24, табл. 8]:

$$K - \text{И} = d_{\max} + Y_1 + \frac{H_p}{2} - \alpha_1, \text{ мм}, \quad (29)$$

$$K - \text{ПР} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2}, \text{ мм}, \quad (30)$$

$$K - \text{НН} = d_{\min} + \frac{H_p}{2} + \alpha_1, \text{ мм}, \quad (31)$$

где H_p – допуск на изготовление контрольного калибра, [5, стр. 22, табл. 7]: $H_p=4$ мкм.

Тогда:

$$K - \text{И} = 120,264 + 0,006 + \frac{0,004}{2} = 120,272 \text{ мм},$$

$$K - \text{ПР} = 120,264 - 0,008 + \frac{0,004}{2} = 120,258 \text{ мм},$$

$$K - \text{НН} = 120,210 + \frac{0,004}{2} = 120,212 \text{ мм}.$$

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		18

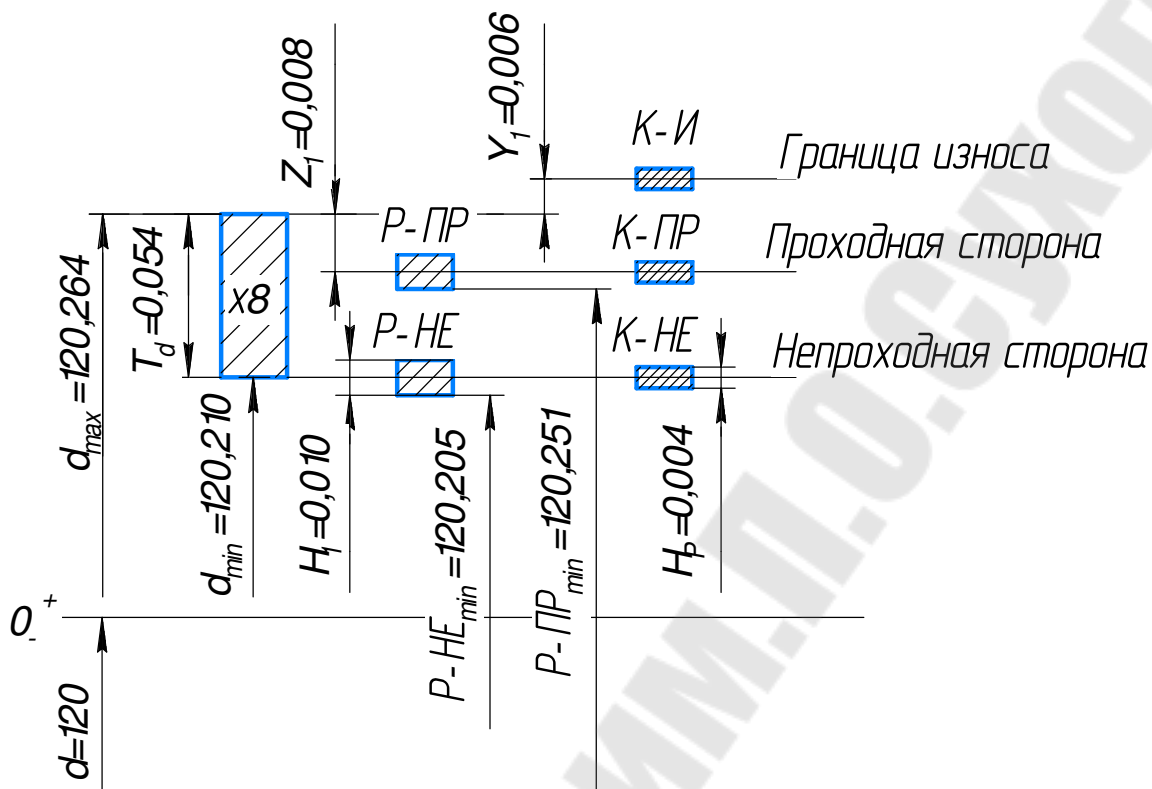


Рисунок 6 – Схема расположения полей допусков рабочих и контрольных калибров

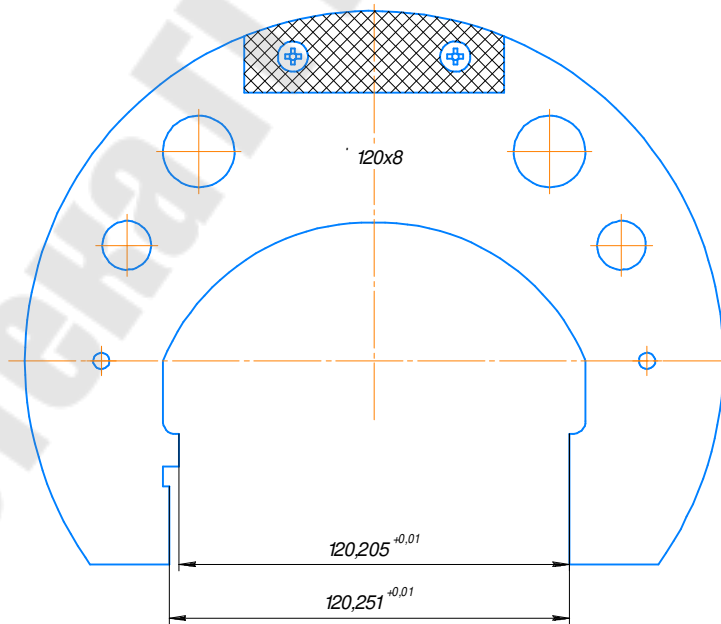


Рисунок 7 – Эскиз калибра-скобы

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

3.2 Расчет калибра-пробки

Рассчитываем для размера $\text{Ø}120\text{H}8$.

Исполнительным размером калибра-скобы называется наибольший предельный размер калибра с отклонением в «-», равным допуску на его изготовление.

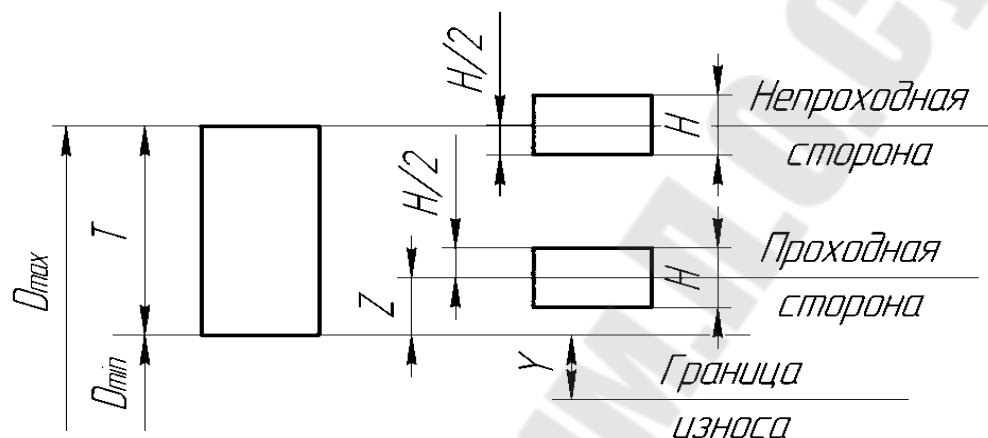


Рисунок 8 – Схема расположение полей допусков калибров-пробок

В соответствии с расчетными схемами наибольшие предельные размеры проходной и непроходной скоб рассчитываются по формулам [5, стр. 24, табл. 8] или по ГОСТ 21401-75 [6]:

$$P - \text{ПР}_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2}, \text{ мм}, \quad (32)$$

$$P - \text{НН}_{\max} = D_{\max} - \alpha + \frac{H}{2}, \text{ мм}, \quad (33)$$

где D_{\max} , D_{\min} – предельные размеры вала, (см. п. 1.1): $D_{\max}=120,054$ мм, $D_{\min}=120$ мм; H – допуск на изготовление калибра-пробки, [5, стр. 22, табл. 7]: $H=6$ мкм, мкм; Z – отклонение середины поля допуска проходного калибра относительно наименьшего предельного размера отверстия, [5, стр. 22, табл. 7]: $Z=8$ мкм; α – величина сдвига поля допуска непроходного калибра, учитываемая при $D \geq 180$ мм, [5, стр. 22, табл. 7]: $\alpha=0$.

Тогда:

$$P - \text{ПР}_{\max} = 120 + 0,008 + \frac{0,006}{2} = 120,011 \text{ мм},$$

$$P - \text{НН}_{\max} = 120,054 + \frac{0,006}{2} = 120,057 \text{ мм}.$$

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		20

Размер предельно изношенной проходной части калибра определяем по формуле [5, стр. 24, табл. 8] или по ГОСТ 21401–75 [6]:

$$P - \text{ПР}_{\text{изн}} = D_{\text{min}} - Y + \alpha, \text{ мм}, \quad (32)$$

где Y – допускаемый выход размера изношенной проходной пробки за нижнюю границу поля допуска отверстия, [5, стр. 22, табл. 7]: $Y_1=6$ МКМ.

Тогда:

$$P - \text{ПР}_{\text{изн}} = 120 - 0,006 = 119,994 \text{ мм.}$$

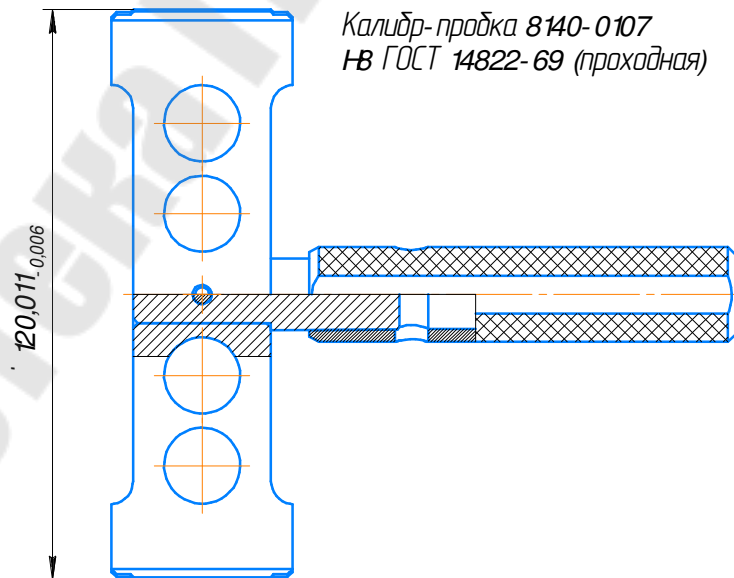
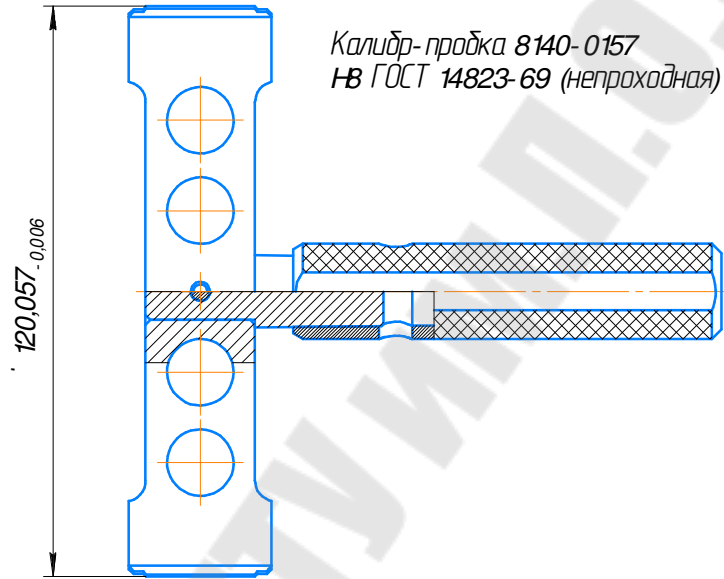


Рисунок 9 – Эскиз калибра-пробки

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ доким.	Подпись	Дата		21

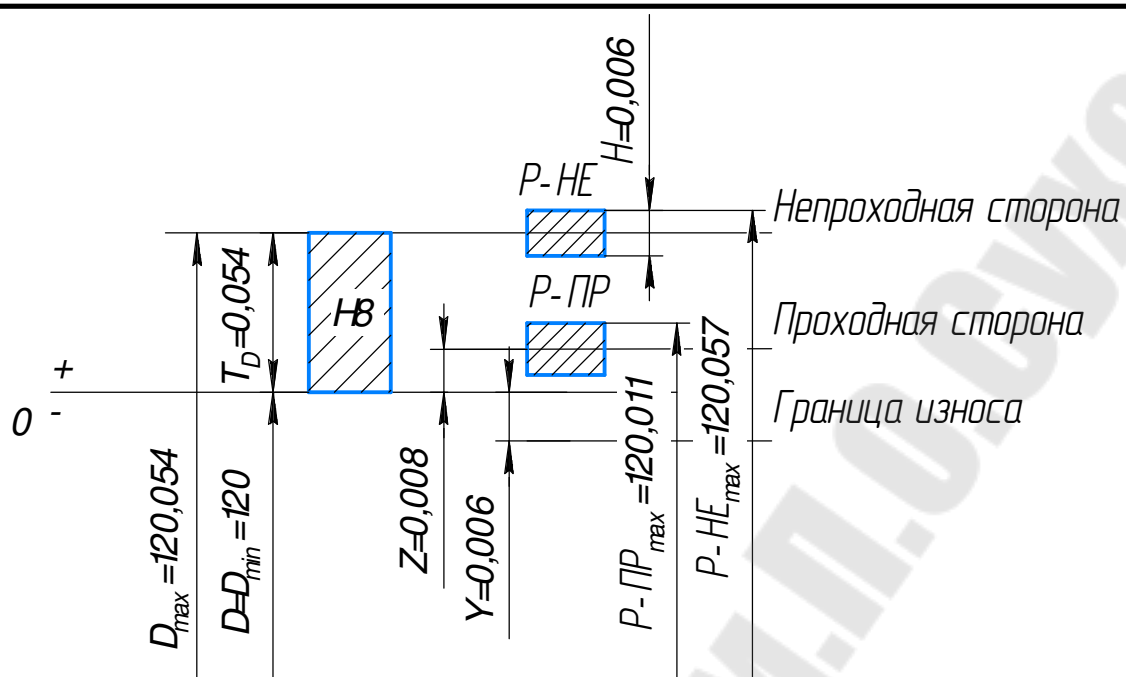


Рисунок 10 – Схема расположения полей допусков рабочих калибров

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		22

4 ВЫБОР ПОСАДОК ДЛЯ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Исходные данные

Тип подшипника	Нагрузка, R , Н	Виды нагружения колец	
		Внутреннее	Наружное
209	1600	Местное	Циркуляционное
		Циркуляционное	Местное

Основные размеры и характеристики подшипника 209 ГОСТ 8338–75: подшипник шариковый радиальный, нормальной (0) степени точности; диаметр внутреннего кольца $d = 45$ мм, диаметр наружного кольца $D = 85$ мм, ширина подшипника $B = 19$ мм, размер закругления фаски наружного кольца $r = 2$ мм; статическая грузоподъемность $C_0 = 18600$ Н, динамическая грузоподъемность $C = 33200$ Н.

1. Определяем режим работы подшипника качения по ГОСТ 3325–85 [7, таблица 9] в зависимости от отношения $\frac{P_r}{C}$, где P_r – интенсивность нагрузки, рассчитываемая по формуле [8, стр. 283, формула 4-25]:

$$P_r = \frac{R}{B - 2r} \cdot K_{\Pi} \cdot F \cdot F_A, \quad (33)$$

где K_{Π} – динамический коэффициент посадки, зависящий от характера нагрузки (при умеренных толчках и вибрации, перегрузке до 150% $K_{\Pi} = 1$; при сильных ударах и вибрации, перегрузке до 300% $K_{\Pi} = 1,8$); F – коэффициент, учитывающий степень ослабления посадочного натяга при полом вале или тонкостенном корпусе, для вала F изменяется от 1 до 3, для корпуса – от 1 до 1,8; при сплошном вале и массивном толстостенном корпусе $F = 1$; F_A – коэффициент неравномерности распределения радиальной нагрузки R между рядами роликов в двухрядных конических роликоподшипниках или между сдвоенными шарикоподшипниками при наличии осевой нагрузки A на опору (коэффициент F_A изменяется в пределах от 1 до 2, а при отсутствии осевой нагрузки $F_A = 1$);

На основании исходных данных значения коэффициентов принимаем равными единице, и получим:

$$P_r = \frac{1600}{19 - 2 \cdot 2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 107 \text{ Н/мм};$$

					КР.НТ.ТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист Лист
Изм.	Исполн.	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\frac{P_r}{C} = \frac{107}{33200} = 0,003.$$

Так как $\frac{P_r}{C} = 0,003 < 0,07$, то режим работы принимаем *легким*.

2. Виды нагружения колец заданного подшипника:

1) т.к. вращается корпус, а вал неподвижен, то наружное кольцо подшипника будет испытывать циркуляционное нагружение, а внутренне – местное;

2) т. к. вращается вал, а корпус неподвижен, то наружное кольцо подшипника будет испытывать местное нагружение, а внутренне – циркуляционное.

3. Выбираем посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса:

1) *Посадка наружного кольца с корпусом*. Для сопряжения корпуса $\varnothing 85$ с наружным кольцом, испытывающим циркуляционное нагружение, с 0 классом точности подшипника и интенсивностью нагрузки $P_r = 107$ Н/мм, выбираем поле допуска отверстия корпуса $K7$ [9, с. 47, таблица П.1.3].

$$\text{Посадка } \varnothing 85 \frac{K7}{10}.$$

Посадка внутреннего кольца с валом. При местном нагружении внутреннего кольца подшипника 0 класса точности, при неразъемном корпусе, учитывая, что нагрузка умеренная и перегрузка до 150%, для диаметра вала $\varnothing 45$ мм выбираем поле допуска $h6$ [9, стр. 48, табл. П.1.4].

$$\text{Посадка } \varnothing 45 \frac{L0}{h6}.$$

2) *Посадка наружного кольца с корпусом*. Для сопряжения корпуса $\varnothing 85$ с наружным кольцом, испытывающим местное нагружение, с 0 классом точности подшипника, при неразъемном корпусе, учитывая, что нагрузка умеренная и перегрузка до 150%, выбираем поле допуска $H7$ [9, стр. 48, табл. П.1.4].

$$\text{Посадка } \varnothing 85 \frac{H7}{10}.$$

Посадка внутреннего кольца с валом. При циркуляционном нагружении внутреннего кольца подшипника 0 класса точности, при неразъемном корпусе и интенсивностью нагрузки $P_r = 107$ Н/мм, для диаметра вала $\varnothing 45$ мм выбираем поле допуска $js6$ [9, с. 47, таблица П.1.2].

Посадка $\text{Ø}45 \frac{L0}{js6}$.

4. Рассчитываем посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса.

1) Посадка внутреннего кольца с валом

$$\text{Ø}45 \frac{L0}{h6} \begin{pmatrix} -0,012 \\ -0,016 \end{pmatrix}$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 45 - 0,012 = 44,988 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_h + es = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_h + ei = 45 - 0,016 = 44,984 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0 - (-0,012) = 0,012 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,016) = 0,016 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

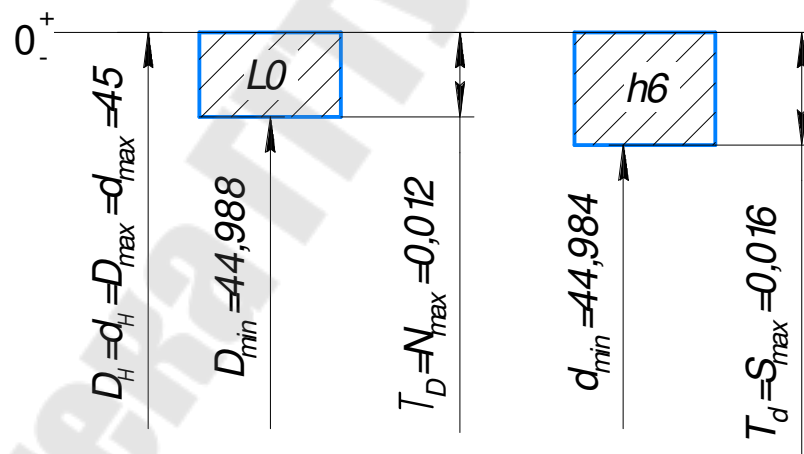


Рисунок 11 – Схема расположения полей допусков для местно-нагруженного внутреннего кольца

Определяем предельные зазоры и натяги, и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 45 - 44,984 = 0,016 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 45 - 44,988 = 0,012 \text{ мм};$$

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		25

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,012 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,016 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,012 - (-0,016) = 0,012 + 0,016 = 0,028 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,016 - (-0,012) = 0,012 + 0,016 = 0,028 \text{ мм}.$$

Определяем средний зазор и натяг:

$$S_c = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} = \frac{0,016 - 0,012}{2} = 0,002 \text{ мм};$$

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,012 - 0,016}{2} = -0,002 \text{ мм}.$$

Определяя вероятность получения зазора в посадке, принимаем, что распределение погрешностей подчиняется нормальному закону и допуск деталей равен величине зоне рассеивания [2, с. 60], т. е.

$$T = 3\sigma_T, \quad (34)$$

где σ_T – среднее квадратичное отклонение, мм

$$\sigma_T = \sqrt{\left(\frac{T_D}{6}\right)^2 + \left(\frac{T_d}{6}\right)^2}.$$

Получаем,

$$\sigma_T = \sqrt{\left(\frac{0,012}{6}\right)^2 + \left(\frac{0,016}{6}\right)^2} = 0,0033 \text{ мм},$$

$$T = 3 \cdot 0,0033 = 0,01 \text{ мм}.$$

Кривая распределения зазоров-натягов показана на рисунке 12:

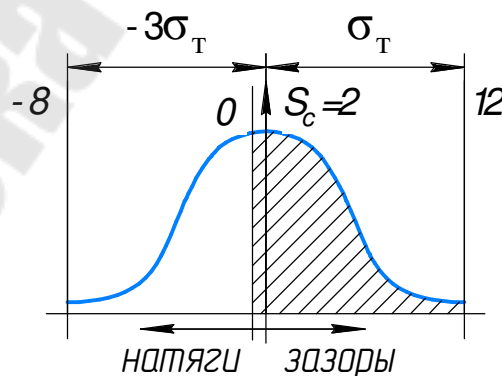


Рисунок 12 – Кривая распределения зазоров-натягов для посадки $\text{Ø}45 \frac{L0}{h6}$

Определяем вероятности получения зазора и натяга:

					КРШНПТИЛХХХХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Вероятность зазора в пределах от 0 до 12 мкм можно определить, как сумму от 0 до 2 мкм и от 2 до 12 мкм с помощью функции Лапласа $\Phi(z)$, где $z = \frac{x}{\sigma_T}$, значение которой находим из [9, стр. 49, табл. П.1.5]:

$$P_{\text{зазор}} = \Phi\left(\frac{10}{3,3}\right) + \Phi\left(\frac{2}{3,3}\right) = 0,4987 + 0,2258 = 0,7245 \approx 72,5\%,$$

$$P_{\text{натяг}} = 100 - 72,5 = 27,5\%.$$

Посадка применима, так как имеет 72,5% зазора.

Посадка наружного кольца с корпусом

$$\text{Ø}85 \frac{K7}{10} \begin{pmatrix} +0,010 \\ -0,025 \\ -0,015 \end{pmatrix}.$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\text{max}} = D_{\text{н}} + ES = 85 + 0,010 = 85,010 \text{ мм};$$

$$D_{\text{min}} = D_{\text{н}} + EI = 85 - 0,025 = 84,975 \text{ мм};$$

$$d_{\text{max}} = d_{\text{н}} + es = 85 + 0 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\text{min}} = d_{\text{н}} + ei = 85 - 0,015 = 84,985 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,010 - (-0,025) = 0,035 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,015) = 0,015 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

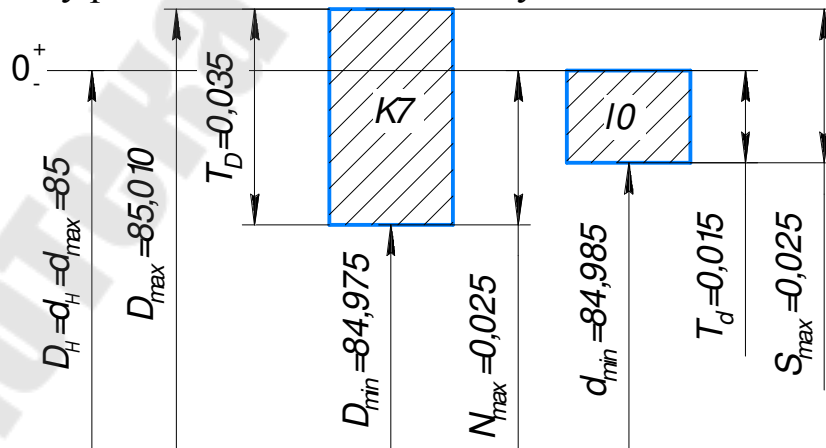


Рисунок 13 – Схема расположения полей допусков для циркуляционно-нагруженного наружного кольца

Определяем предельные зазоры и натяги, и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 85,010 - 84,985 = 0,025 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 85 - 84,975 = 0,025 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = -0,025 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,025 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,025 - (-0,025) = 0,035 + 0,015 = 0,050 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,025 - (-0,025) = 0,035 + 0,015 = 0,050 \text{ мм}.$$

Определяем средний зазор и натяг:

$$S_c = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} = \frac{0,025 - 0,025}{2} = 0 \text{ мм};$$

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,025 - 0,025}{2} = 0 \text{ мм}.$$

Процентное содержание зазоров и натягов в посадке $\text{Ø}85 \frac{K7}{10}$ определяется равномерно 50/50. Посадка применима, так как имеет 50% зазора.

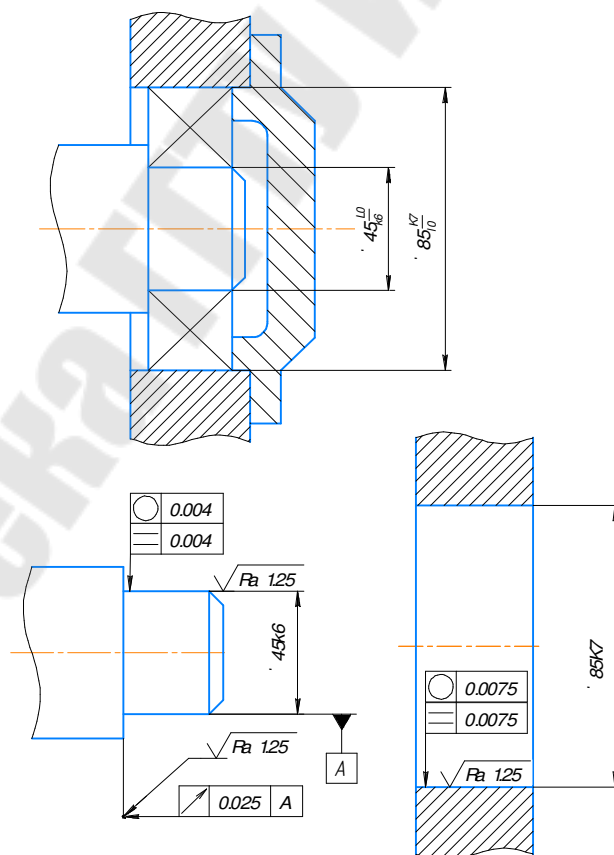


Рисунок 14 – Эскиз подшипникового узла и деталей, входящих в него

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

2) Посадка внутреннего кольца с валом

$$\text{Ø}45 \frac{L0}{js6} \begin{pmatrix} -0,012 \\ +0,008 \\ -0,008 \end{pmatrix}$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 45 + 0 = 45 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 45 - 0,012 = 44,988 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_h + es = 45 + 0,008 = 45,008 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_h + ei = 45 - 0,008 = 44,992 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0 - (-0,012) = 0,012 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0,008 - (-0,008) = 0,016 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

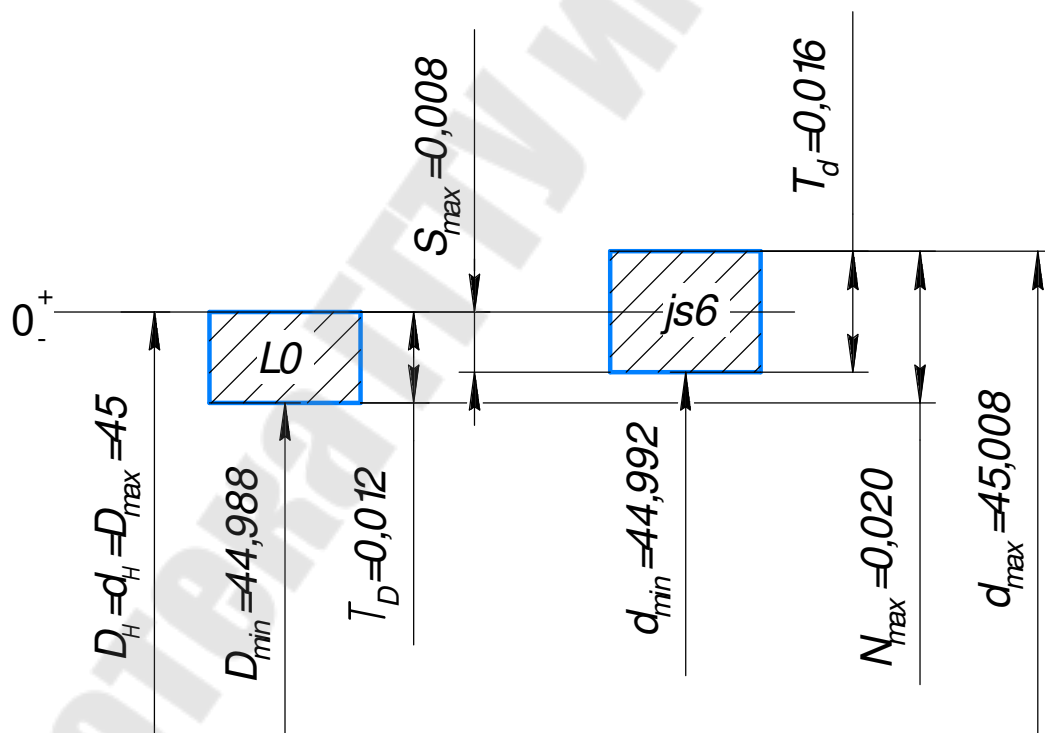


Рисунок 15 – Схема расположения полей допусков для циркуляционно-нагруженного внутреннего кольца

Определяем предельные зазоры и натяги, и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 45 - 44,992 = 0,008 \text{ мм};$$

					КР.НТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		29

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 45,008 - 44,988 = 0,020 \text{ мм};$$

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

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,008 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0,020 - (-0,008) = 0,012 + 0,016 = 0,028 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,008 - (-0,020) = 0,012 + 0,016 = 0,028 \text{ мм}.$$

Определяем средний зазор и натяг:

$$S_c = \frac{S_{\max} - N_{\max}}{2} = \frac{0,008 - 0,020}{2} = -0,006 \text{ мм};$$

$$N_c = \frac{N_{\max} - S_{\max}}{2} = \frac{0,020 - 0,008}{2} = 0,006 \text{ мм}.$$

Определяем вероятность получения натяга в посадке:

$$\sigma_T = \sqrt{\left(\frac{0,012}{6}\right)^2 + \left(\frac{0,016}{6}\right)^2} = 0,0033 \text{ мм},$$

$$T = 3 \cdot 0,0033 = 0,01 \text{ мм}.$$

Кривая распределения зазоров-натягов показана на рисунке 16:

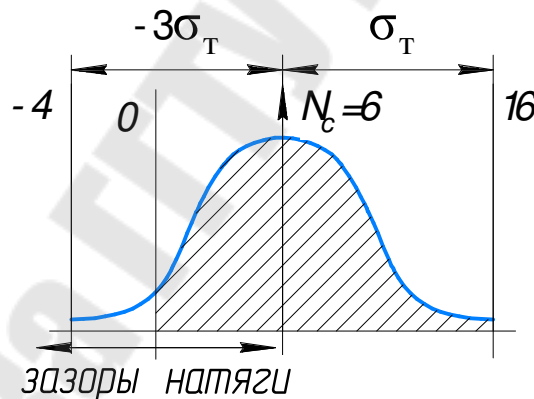


Рисунок 16 – Кривая распределения зазоров-натягов для посадки $\text{Ø}45 \frac{L0}{js6}$

Определяем вероятности получения зазора и натяга:

Вероятность натяга:

$$P_{\text{натяг}} = \Phi\left(\frac{10}{3,3}\right) + \Phi\left(\frac{6}{3,3}\right) = 0,4987 + 0,4641 = 0,9628 \approx 96,3\%,$$

$$P_{\text{зазор}} = 100 - 96,3 = 3,7\%.$$

						КРНТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата			30

Так как процент зазора меньше натяга, то проверим посадку для циркуляционно-нагруженного кольца подшипника на наличие радиального посадочного зазора.

Величину радиального посадочного зазора определяем по формуле [3, стр. 83]:

$$g = g_{н.ср.} - \Delta d_{1нб}, \text{ мкм}, \quad (35)$$

где $g_{н.ср.}$ – начальный радиальный зазор [3, с. 196, приложение VII], мкм,

$$g_{н.ср.} = \frac{g_{н.нб.} - g_{н.нм.}}{2}, \quad (36)$$

где $g_{н.нб.}$, $g_{н.нм.}$ – наибольший и наименьший радиальный зазор [3, с. 196, приложение VIII], $g_{н.нб.}=43$ мкм, $g_{н.нм.}=23$ мкм;

$\Delta d_{1нб}$ – величина деформации [3, стр. 82, ф-ла III-24], мкм,

$$\Delta d_{1нб} = \Delta_{эф} \cdot \frac{d}{d_0}, \quad (37)$$

где d_0 – приведенный наружный диаметр внутреннего кольца, мм,

$$d_0 \approx d + \frac{D - d}{4}, \quad (38)$$

$\Delta_{эф}$ – эффективный натяг, мкм,

$$\Delta_{эф} = 0,85 \cdot \Delta_{нб}, \quad (39)$$

где $\Delta_{нб}$ – измеренный натяг, $\Delta_{нб}=20$ мкм;

Тогда:

$$\Delta_{эф} = 0,85 \cdot 20 = 17 \text{ мкм},$$

$$D_0 \approx 45 + \frac{85 - 45}{4} = 55 \text{ мм},$$

$$\Delta d_{1нб} = 17 \cdot \frac{45}{55} = 13,9 \text{ мкм},$$

$$g_{н.ср.} = \frac{43 - 23}{2} = 10 \text{ мкм},$$

$$g = 10 - 13,9 = -3,9 \text{ мкм}.$$

Величина радиального зазора не достаточна, соответственно необ-

ходимо заменить посадку. Принимаем $\text{Ø}45 \frac{L0}{k6} \left(\begin{array}{c} -0,012 \\ +0,018 \\ +0,002 \end{array} \right)$, с посадкой в

					КР.НТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		31

натяг внутреннего кольца подшипника на вал: $N_{\max} = 0,030$ мм;
 $N_{\min} = -0,002$ мм.

Посадка наружного кольца с корпусом

$$\varnothing 85 \frac{H7}{10} \begin{pmatrix} +0,035 \\ \text{---} \\ -0,015 \end{pmatrix}.$$

Определяем предельные размеры и допуски вала и отверстия:

$$D_{\max} = D_H + ES = 85 + 0,035 = 85,035 \text{ мм};$$

$$D_{\min} = D_H + EI = 85 + 0 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d_h + es = 85 + 0 = 85 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d_h + ei = 85 - 0,015 = 84,985 \text{ мм};$$

$$T_D = ES - EI = 0,035 - 0 = 0,035 \text{ мм};$$

$$T_d = es - ei = 0 - (-0,015) = 0,015 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков:

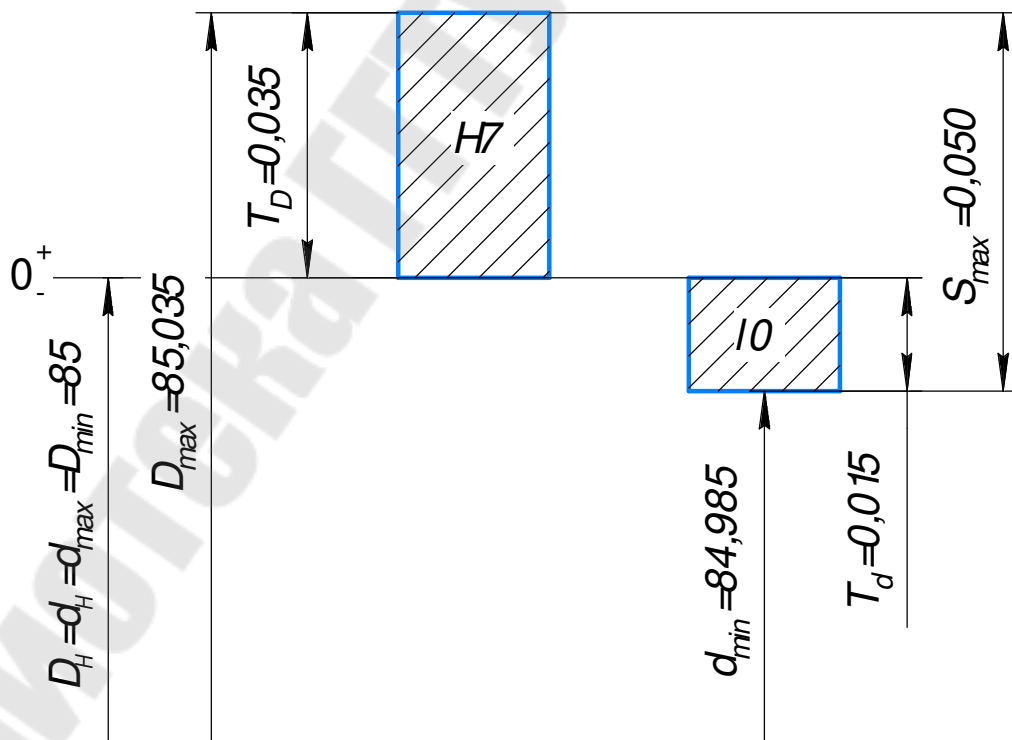


Рисунок 17 – Схема расположения полей допусков для местно-нагруженного наружного кольца

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Определяем предельные зазоры и натяги, и допуски посадки:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 85,035 - 84,985 = 0,050 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 85 - 85 = 0 \text{ мм};$$

$$S_{\min} = -N_{\max} = 0 \text{ мм};$$

$$N_{\min} = -S_{\max} = -0,050 \text{ мм}.$$

Допуск натяга и зазора:

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d = 0 - (-0,050) = 0,035 + 0,015 = 0,050 \text{ мм};$$

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D + T_d = 0,050 - 0 = 0,035 + 0,015 = 0,050 \text{ мм}.$$

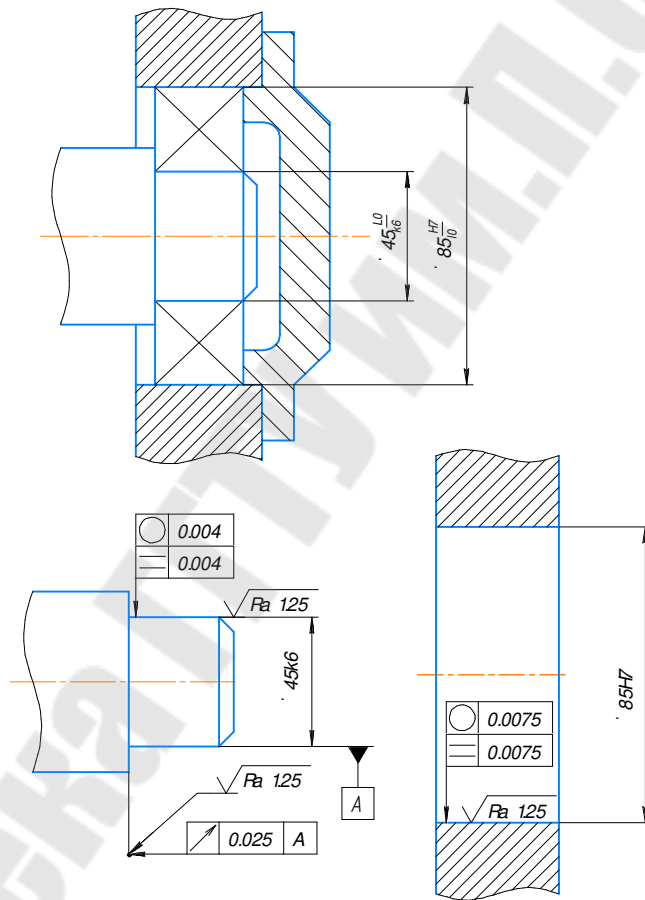


Рисунок 18 – Эскиз подшипникового узла и деталей, входящих в него

Посадка применима, так как имеет 100% зазор.

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		33

5 НАЗНАЧЕНИЕ И ВЫБОР ПОСАДОК ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Исходные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5

Исходные данные

Наружный диаметр шлицевого соединения, мм	Способ центрирования
50	D

1. Определяем параметры шлицевого соединения [8, с. 250, таблица 4.71].

Условное обозначение шлицевого соединения записываем по схеме:

$$X-zx d \times D \times b$$

где X – способ центрирования; z – количество зубьев; d – внутренний диаметр; D – наружный диаметр; b – ширина шлица.

Посадки на размеры назначаем по [8, с. 252–253, таблица 4.72, 4.74, 4.75].

Тогда:

$$D - 8 \times 46 \frac{H11}{a11} \times 50 \frac{H7}{f7} \times 9 \frac{F8}{f8}.$$

2. Записываем условное обозначение шлицевого вала, определяем размеры и допуски.

$$D - 8 \times 46 a 1 1 \times 50 f 7 \times 9 f 8$$

Рассчитываем предельные размеры и поле допуска:

- для внутреннего диаметра $\varnothing 46 a 1 1$:

$$es = -320 \text{ мкм}, ei = -480 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.с.}} = d_{\text{н}} + es = 46 + (-0,320) = 45,680 \text{ мм},$$

$$d_{\text{min.с.}} = d_{\text{н}} + ei = 46 + (-0,480) = 45,520 \text{ мм},$$

$$T_{d.с.} = d_{\text{max.с.}} - d_{\text{min.с.}} = 45,680 - 45,520 = 0,160 \text{ мм};$$

- для наружного диаметра $\varnothing 50 f 7$:

$$es = -25 \text{ мкм}, ei = -50 \text{ мкм};$$

$$D_{\text{max.с.}} = D_{\text{н}} + es = 50 + (-0,025) = 49,975 \text{ мм},$$

$$D_{\text{min.с.}} = D_{\text{н}} + ei = 50 + (-0,05) = 49,95 \text{ мм},$$

$$T_{D.с.} = D_{\text{max.с.}} - D_{\text{min.с.}} = 49,975 - 49,95 = 0,025 \text{ мм};$$

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					35	

- для боковых поверхностей 9f8:

$$es = -13 \text{ мкм}, ei = -35 \text{ мкм};$$

$$b_{\text{max.}\epsilon} = b_{\text{н}} + es = 9 + (-0,013) = 8,987 \text{ мм},$$

$$b_{\text{min.}\epsilon} = b_{\text{н}} + ei = 9 + (-0,035) = 8,965 \text{ мм},$$

$$T_{b.\epsilon} = b_{\text{max.}\epsilon} - b_{\text{min.}\epsilon} = 8,987 - 8,965 = 0,022 \text{ мм}.$$

3. Записываем условное обозначение шлицевого отверстия, определяем размеры и допуски.

$$D - 8 \times 46H11 \times 50H7 \times 9F8$$

Рассчитываем предельные размеры и поле допуска:

- для внутреннего диаметра $\varnothing 46H11$:

$$ES = 160 \text{ мкм}, EI = 0 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.омв.}} = d_{\text{н}} + ES = 46 + 0,16 = 46,16 \text{ мм},$$

$$d_{\text{min.омв.}} = d_{\text{н}} + EI = 46 + 0 = 46 \text{ мм},$$

$$T_{d.\text{омв.}} = d_{\text{max.омв.}} - d_{\text{min.омв.}} = 46,16 - 46 = 0,160 \text{ мм};$$

- для наружного диаметра $\varnothing 50H7$:

$$ES = 25 \text{ мкм}, EI = 0 \text{ мкм};$$

$$D_{\text{max.омв.}} = D_{\text{н}} + ES = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм},$$

$$D_{\text{min.омв.}} = D_{\text{н}} + EI = 50 + 0 = 50 \text{ мм},$$

$$T_{D.\text{омв.}} = D_{\text{max.омв.}} - D_{\text{min.омв.}} = 50,025 - 50 = 0,025 \text{ мм};$$

- для боковых поверхностей 9F8:

$$ES = 35 \text{ мкм}, EI = 13 \text{ мкм};$$

$$b_{\text{max.омв.}} = b_{\text{н}} + ES = 9 + 0,035 = 9,035 \text{ мм},$$

$$b_{\text{min.омв.}} = b_{\text{н}} + EI = 9 + 0,013 = 9,013 \text{ мм},$$

$$T_{b.\text{омв.}} = b_{\text{max.омв.}} - b_{\text{min.омв.}} = 9,035 - 9,013 = 0,022.$$

4. Строим схемы расположения полей допусков и рассчитываем характеристики посадки:

- посадка по не центрирующему элементу $\varnothing 46 \frac{H11}{a11}$:

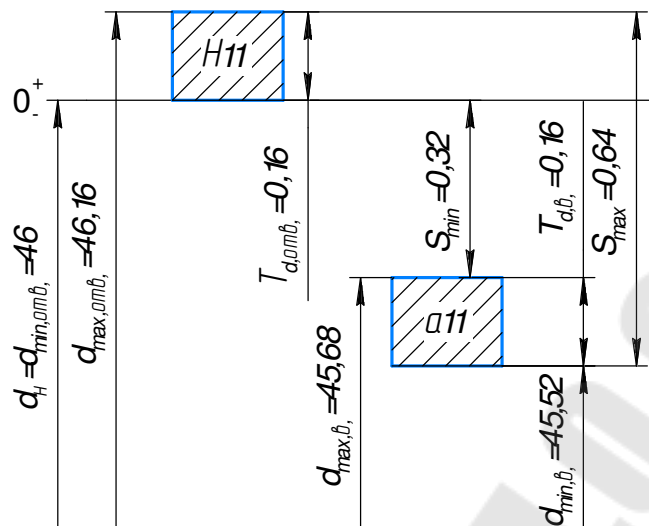


Рис. 19 – Схема расположения полей допусков $\varnothing 46 \frac{H11}{a11}$

Характеристики посадки:

$$S_{\max} = d_{\max.\text{омб.}} - d_{\min.\text{в.}} = 46,16 - 45,52 = 0,64 \text{ мм,}$$

$$S_{\min} = d_{\min.\text{омб.}} - d_{\max.\text{в.}} = 46 - 45,68 = 0,32 \text{ мм,}$$

$$S_{\text{ср}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,64 + 0,32}{2} = 0,48 \text{ мм.}$$

- посадка по центрирующему элементу $\varnothing 50 \frac{H7}{f7}$:

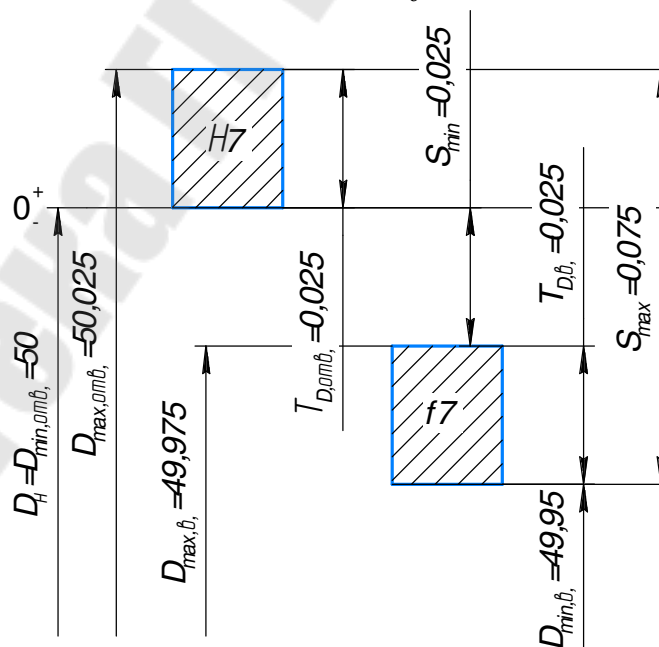


Рисунок 20 – Схема расположения полей допусков $\varnothing 50 \frac{H7}{f7}$

					КР.НТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		
					36	

Характеристики посадки:

$$S_{\max} = D_{\max.омв.} - D_{\min.е.} = 50,025 - 49,95 = 0,075 \text{ мм,}$$

$$S_{\min} = D_{\min.омв.} - D_{\max.е.} = 50 - 49,975 = 0,025 \text{ мм,}$$

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,075 + 0,025}{2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Вероятностные предельные зазоры:

$$S_{\max}^B = S_{\text{cp}} + \frac{\sqrt{T_{D.омв.}^2 + T_{D.е.}^2}}{2} = 0,05 + \frac{\sqrt{(0,025)^2 + (0,025)^2}}{2} = 0,068 \text{ мм,}$$

$$S_{\min}^B = S_{\text{cp}} - \frac{\sqrt{T_{D.омв.}^2 + T_{D.е.}^2}}{2} = 0,05 - \frac{\sqrt{(0,025)^2 + (0,025)^2}}{2} = 0,032 \text{ мм.}$$

посадка по не центрирующему элементу $9 \frac{F8}{f8}$:

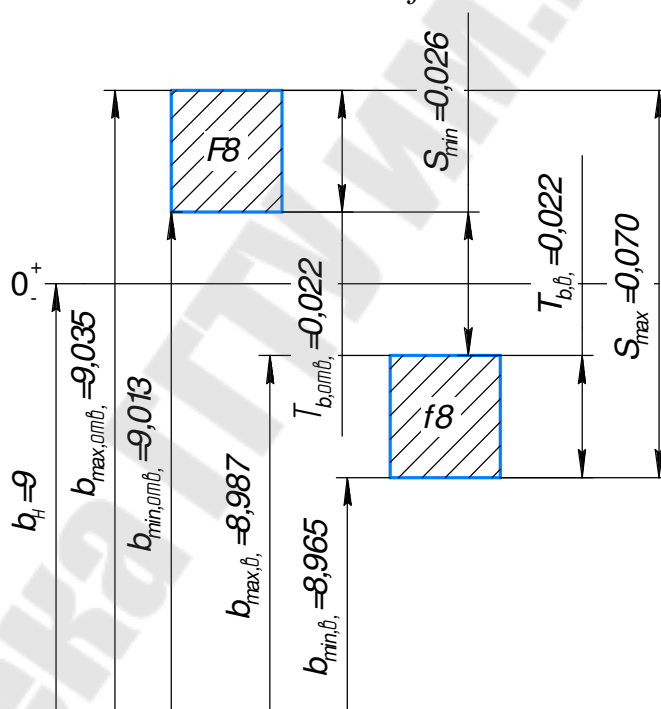


Рисунок 21– Схема расположения полей допусков $9 \frac{F8}{f8}$

Характеристики посадки:

$$S_{\max} = b_{\max.омв.} - b_{\min.е.} = 9,035 - 8,965 = 0,07 \text{ мм,}$$

$$S_{\min} = b_{\min.омв.} - b_{\max.е.} = 9,013 - 8,987 = 0,026 \text{ мм,}$$

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} = \frac{0,07 + 0,026}{2} = 0,048 \text{ мм.}$$

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		37

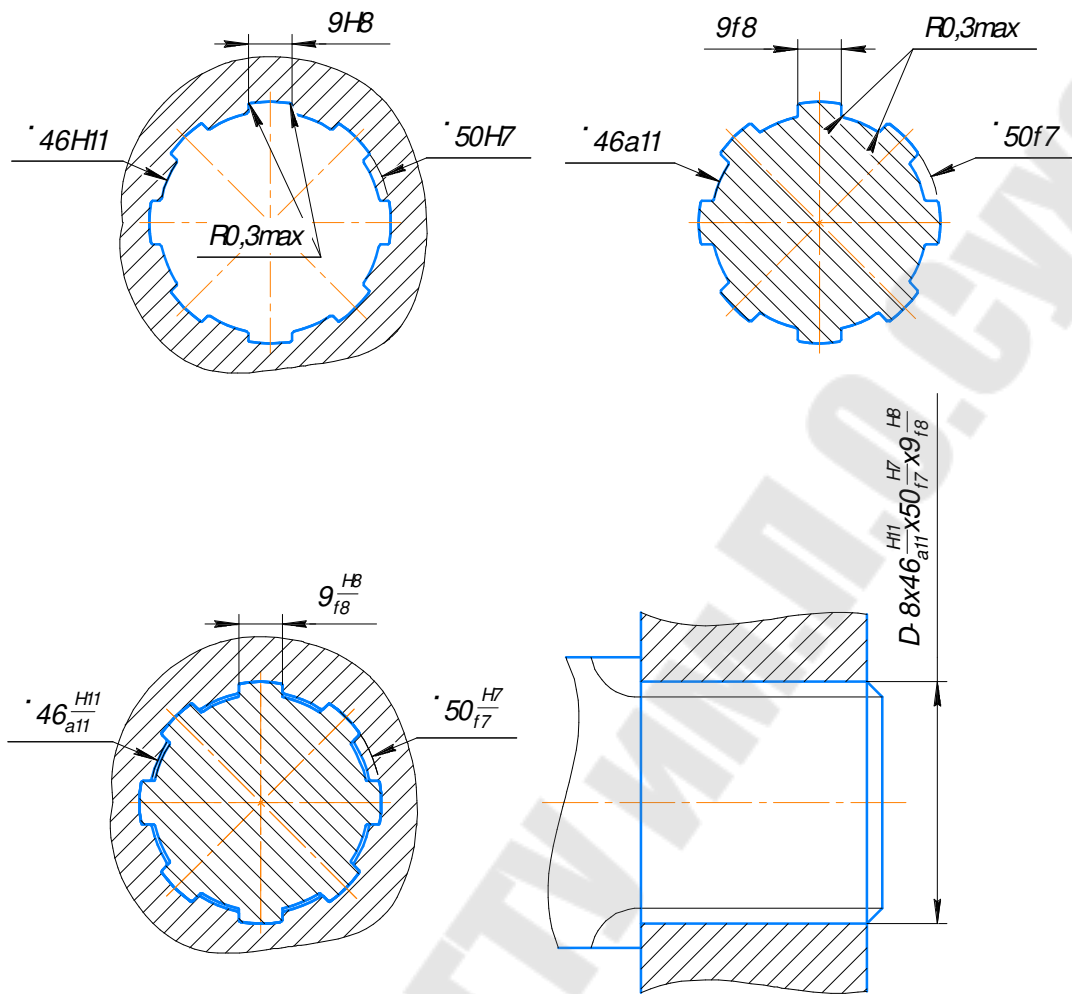


Рисунок 22 – Эскиз шлицевого соединения

Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата

КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ

Лист

38

6 РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНЫХ КАЛИБРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Контролируемое соединение:

$$D - 8 \times 46 \frac{H11}{a11} \times 50 \frac{H7}{f7} \times 9 \frac{F8}{f8}.$$

Размеры калибра-пробки и калибра-кольца определяем по формулам, указанным в таблице 6 [10, с. 2, таблица 1].

Таблица 6

Размеры калибра-пробки и калибра-кольца

Определяемые параметры калибра		Калибр-пробка		Калибр-кольцо	
		Размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Размер, мм	Предельные отклонения, мкм
Центрирующий диаметр, D	D_k	$D_{\min} - Z_D$	$\pm \frac{H_D}{2}$	$D_{\max} + Z_{ID}$	$\pm \frac{H_{ID}}{2}$
	D_{k-W}	$D_{\min} - Y_D$	-	$D_{\max} + Y_{ID}$	-
Нецентрирующий диаметр, d	d_k	$d - 0,1$	$h8$	$D - 0,1$	$H8$
Размер, b	b_k	$b_{\min} - Z_b$	$\pm \frac{H_b}{2}$	$b_{\max} + Z_{Ib}$	$\pm \frac{H_{Ib}}{2}$
	b_{k-W}	$b_{\min} - Y_b$	-	$b_{\max} + Y_{Ib}$	-

где b – номинальная толщина зуба вала и ширина паза втулки;

b_k – номинальная толщина зуба калибра-пробки и ширина паза калибра-кольца;

b_{k-W} – предельные размеры изношенной толщины зуба калибра-пробки и изношенной ширины паза калибра-кольца;

b_{\min} – наименьшая ширина паза;

b_{\max} – наибольшая толщина зуба;

D – номинальный наружный диаметр вала и втулки;

D_k – номинальный наружный диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;

					КР.НТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		39

D_{k-W} – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;

D_{\max} – наибольший диаметр D вала;

D_{\min} – наименьший диаметр D втулки;

d – номинальный наружный диаметр вала и втулки;

d_k – номинальный наружный диаметр калибра-пробки и калибра-кольца;

d_{k-W} – предельные размеры изношенных наружных диаметров калибра-пробки и калибра-кольца;

d_{\max} – наибольший диаметр d вала;

d_{\min} – наименьший диаметр d втулки;

H_b – допуск на изготовление калибра-пробки по толщине зуба b ;

H_{Ib} – допуск на изготовление калибра-кольца по ширине паза b ;

H_D – допуск на изготовление калибра-пробки по центрирующему диаметру D ;

H_{ID} – допуск на изготовление калибра-кольца по центрирующему диаметру D ;

Y_b, Y_D – допустимый выход размера изношенного калибра-пробки за границу поля допуска втулки;

Y_{Ib}, Y_{ID} – допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границу поля допуска вала;

Z_b, Z_D – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-пробки до соответствующего наименьшего предельного размера втулки;

Z_{Ib}, Z_{ID} – расстояние от середины поля допуска на изготовление калибра-кольца до соответствующего наибольшего предельного размера вала.

1. Для контроля шлицевого отверстия $D - 8 \times 46H11 \times 50H7 \times 9F8$ – используется шлицевая калибр-пробка.

а) Определяем размеры номинального внутреннего диаметра калибра-пробки:

$$d_k = d - 0,1, \text{ мм}, \quad (40)$$

Тогда:

$$d_k = 46 - 0,1 = 45,9 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения по $h8$: $es = 0$ мкм, $ei = -39$ мкм.

Предельные размеры:

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		40

$$d_{k\max} = d_k + es = 45,9 + 0 = 45,9 \text{ мм};$$

$$d_{k\min} = d_k + ei = 45,9 + (-0,039) = 45,861 \text{ мм};$$

Приведем схему расположения полей допусков нецентрирующего диаметра d калибра-пробки:

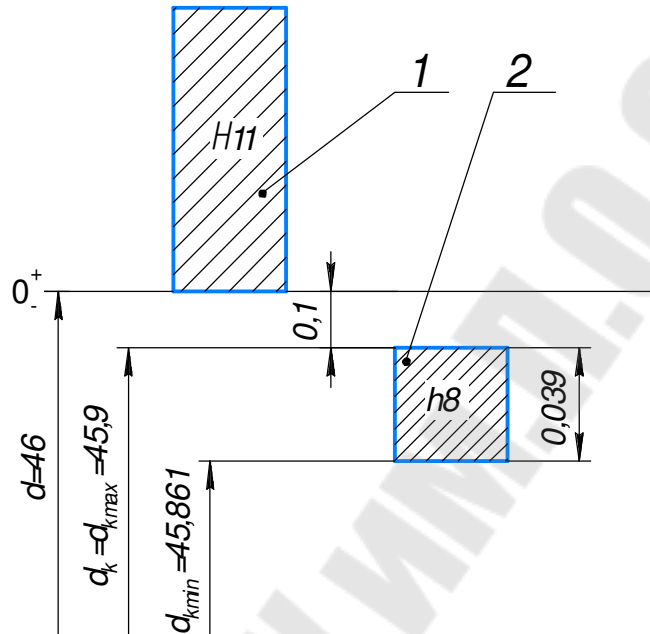


Рисунок 23 – Схема расположения полей допусков, нецентрирующего диаметра d калибра-пробки:

1 – поле допуска размера d втулки; 2 – поле допуска d_k на изготовление калибра-пробки.

б) Определяем размеры номинального наружного диаметр калибра-пробки:

$$D_{k\max} = D_{\min} - Z_D + \frac{H_D}{2}, \quad (41)$$

$$D_{k\min} = D_{\min} - Z_D - \frac{H_D}{2}. \quad (42)$$

По [10, стр. 4, табл. 2]: $Z_D = 7$ мкм, $H_D = 4$ мкм. $D_{\min} = D_{\min.\text{отв.}} = 50$ мм (см. п.5)

Тогда:

$$D_{k\max} = 50 - 0,007 + \frac{0,004}{2} = 49,995 \text{ мм},$$

$$D_{k\min} = 50 - 0,007 - \frac{0,004}{2} = 49,991 \text{ мм}.$$

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		41

Допустимый выход размера изношенного калибра пробки за границы поле допуска втулки $Y_D=0,013$ мм [10, стр. 4, табл. 2].

Тогда предельный размер изношенного наружного диаметра калибра-пробки: $D_{k-w} = D_{\min} - Y_D = 50 - 0,013 = 49,987$ мм.

Приведем схему расположения полей допусков центрирующего наружного диаметра D калибра-пробки:

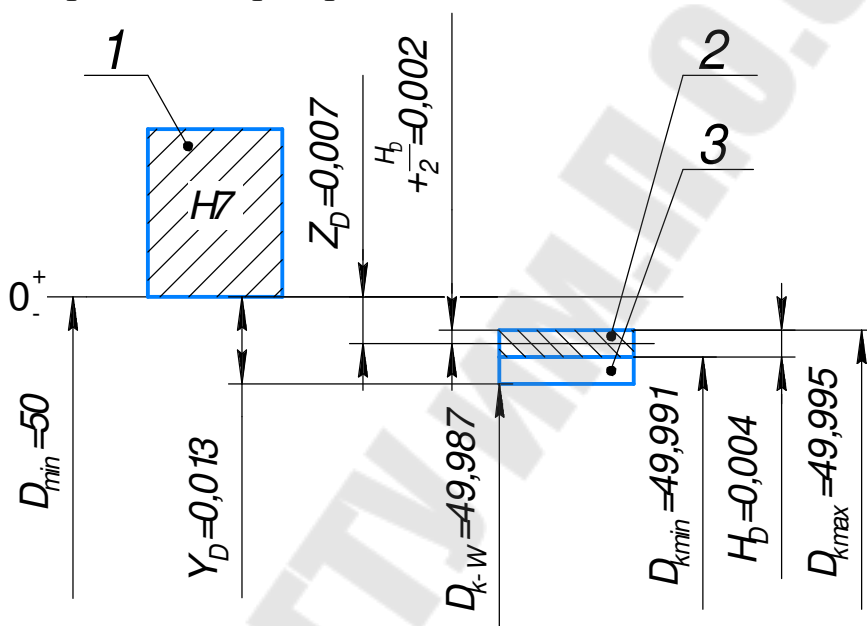


Рисунок 24 – Схема расположения полей допусков диаметра D калибра пробки: 1 – поле допуска диаметра D втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки.

в) Определяем размеры номинальной толщины зуба калибра-пробки:

$$b_{k \max} = b_{\min} - Z_b + \frac{H_b}{2}, \quad (43)$$

$$b_{k \min} = b_{\min} - Z_b - \frac{H_b}{2}. \quad (44)$$

По [10, стр. 4, табл. 3]: $Z_b=12$ мкм, $H_b=4$ мкм. $b_{\min} = b_{\min.отв.} = 9,013$ мм (см. п.5)

Тогда:

$$b_{k \max} = 9,013 - 0,012 + \frac{0,004}{2} = 9,003 \text{ мм,}$$

Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ

Лист

42

$$b_{k\min} = 9,013 - 0,012 - \frac{0,004}{2} = 8,999 \text{ мм.}$$

Допустимый выход размера изношенного калибра пробки за границы поле допуска втулки $Y_b=0,018$ мм [10, стр. 4, табл. 3]. Тогда предельный размер изношенной толщины зуба калибра-пробки: $b_{k-w} = b_{\min} - Y_b = 9,013 - 0,018 = 8,995$ мм.

Приведем схему расположения полей допусков, нецентрирующего размера b калибра-пробки:

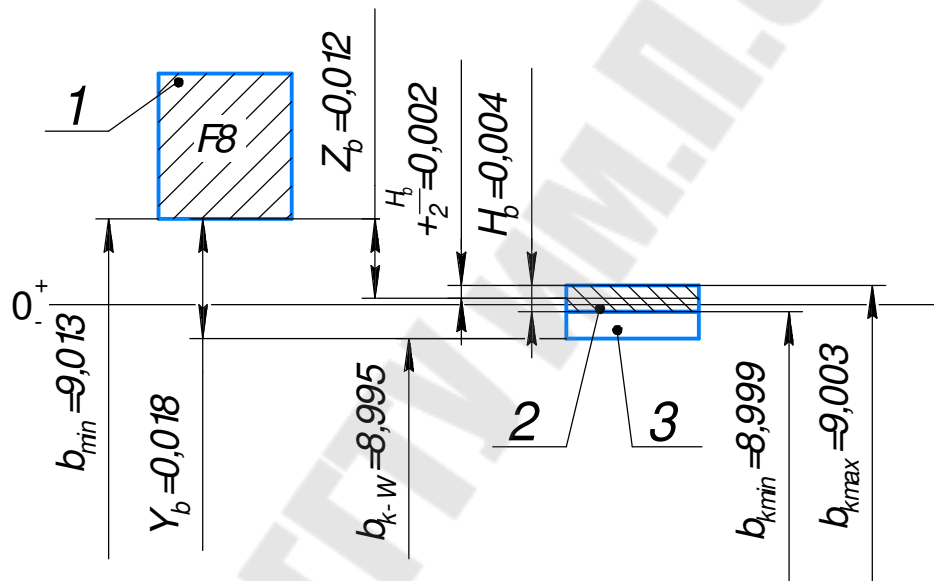


Рисунок 25– Схема расположения полей допусков, нецентрирующего размера b калибра-пробки: 1 – поле допуска размера b втулки; 2 – поле допуска на изготовление калибра-пробки; 3 – поле износа калибра-пробки.

						КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			43

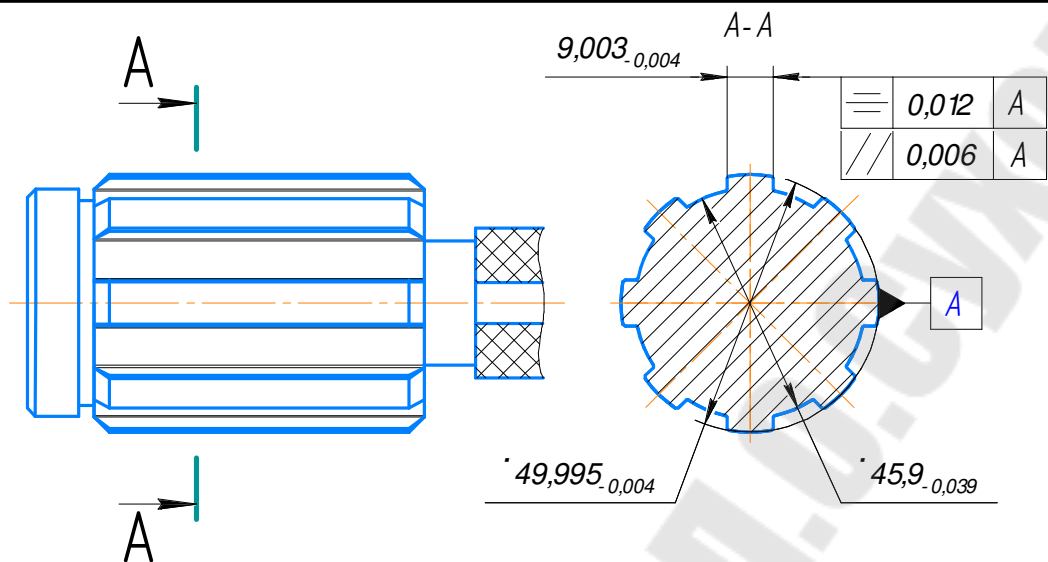


Рисунок 26 – Эскиз калибра для контроля шлицевой втулки.

Допуск симметричности зуба и параллельности боковой стороны зуба калибр-пробки или паза калибр-кольца относительно оси поверхности D_k [10, стр. 7, табл. 8]: $T_S=12$ мкм, $T_P=6$ мкм.

2. Для контроля шлицевого вала $D - 8 \times 46a11 \times 50 f7 \times 9 f8$ – используется шлицевое калибр-кольцо.

а) Определяем размеры номинального внутреннего диаметра калибра-пробки:

$$d_k = d - 0,1, \text{ мм,}$$

Тогда:

$$d_k = 46 - 0,1 = 45,9 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения по H8: $ES=39$ мкм, $EI=0$ мкм.

Предельные размеры:

$$d_{k\max} = d_k + ES = 45,9 + 0,039 = 45,939 \text{ мм;}$$

$$d_{k\min} = d_k + EI = 45,9 + 0 = 45,9 \text{ мм.}$$

Приведем схему расположения полей допусков нецентрирующего диаметра d калибра-кольца:

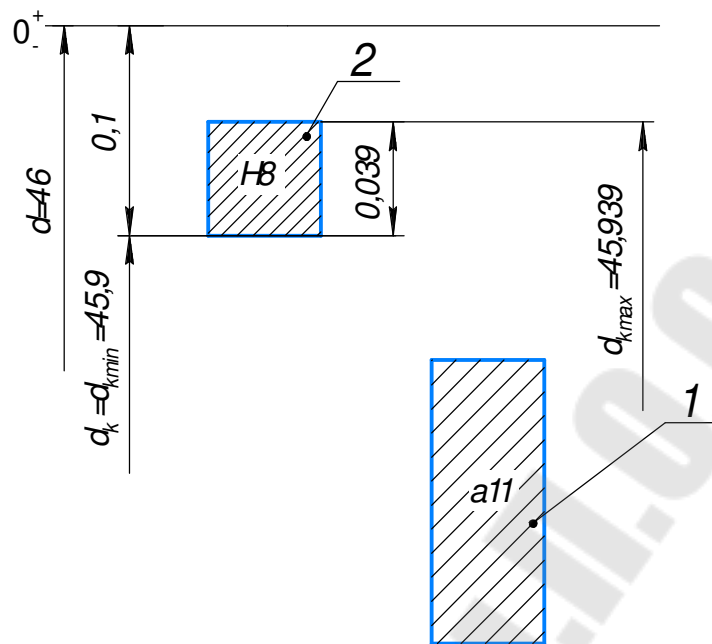


Рисунок 27– Схема расположения полей допусков, нецентрирующего диаметра d калибра–кольца: 1 – поле допуска размера d вала; 2 – поле допуска d_k на изготовление калибра-кольца.

б) Определяем размеры номинального наружного диаметр калибра-кольца:

$$D_{k \max} = D_{\max} + Z_{1D} + \frac{H_{1D}}{2}, \quad (45)$$

$$D_{k \min} = D_{\max} + Z_{1D} - \frac{H_{1D}}{2}. \quad (46)$$

По [10, стр. 5, табл. 4]: $Z_{1D}=7$ мкм, $H_{1D}=4$ мкм. $D_{\max} = D_{\max.в.} = 49,975$ мм (см. п.5)

Тогда:

$$D_{k \max} = 49,975 + 0,007 + \frac{0,004}{2} = 49,984 \text{ мм,}$$

$$D_{k \min} = 49,975 + 0,007 - \frac{0,004}{2} = 49,98 \text{ мм.}$$

Допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границы поле допуска вала $Y_{1D}=0,013$ мм [10, стр. 5, табл. 4]. Тогда предель-

					КР.НТТИ.ХХХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		45

ный размер изношенного наружного диаметра калибра-кольца:

$$D_{k-w} = D_{\max} + Y_{1D} = 49,975 + 0,013 = 49,988 \text{ мм.}$$

Приведем схему расположения полей допусков центрирующего наружного диаметра D калибра-кольца:

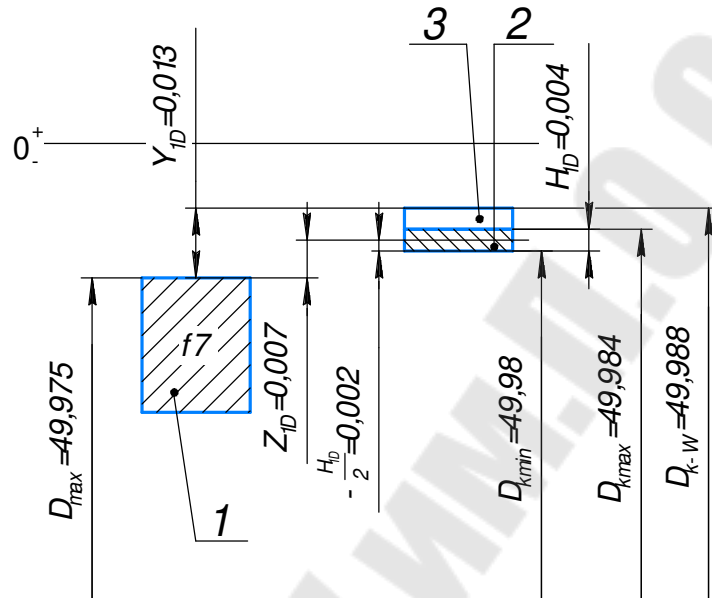


Рисунок 28– Схема расположения полей допусков диаметра D калибра-кольца: 1 – поле допуска диаметра D вала; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца

в) Определяем размеры номинальной толщины паза калибра-кольца:

$$b_{k \max} = b_{\max} + Z_{1b} + \frac{H_{1b}}{2}, \quad (47)$$

$$b_{k \min} = b_{\max} + Z_{1b} - \frac{H_{1b}}{2}. \quad (48)$$

По [10, стр. 6, табл. 5]: $Z_{1b} = 18$ мкм, $H_{1b} = 6$ мкм. $b_{\max} = b_{\max.в.} = 8,987$ мм (см. п.5).

Тогда:

$$b_{k \max} = 8,987 + 0,018 + \frac{0,006}{2} = 9,008 \text{ мм,}$$

$$b_{k \min} = 8,987 + 0,018 - \frac{0,006}{2} = 9,002 \text{ мм.}$$

Допустимый выход размера изношенного калибра-кольца за границы поле допуска вала $Y_{1D} = 0,027$ мм [10, стр. 6, табл. 5]. Тогда предель

Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата	КРНТТИ.XXXX.00.00.00 ПЗ	Лист
						46

ный размер изношенной толщины паза калибра-кольца:

$$b_{k-w} = b_{\max} + Y_{lb} = 8,987 + 0,027 = 9,014 \text{ мм.}$$

Приведем схему расположения полей допусков, нецентрирующего размера b калибра-кольца:

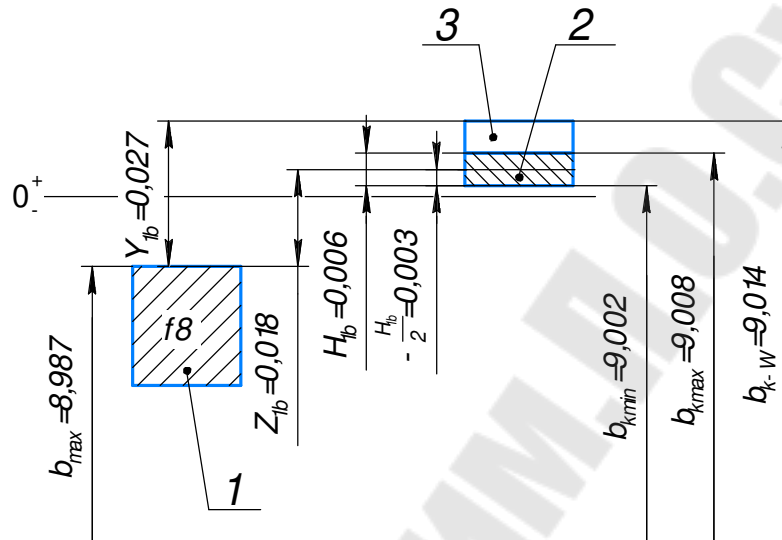
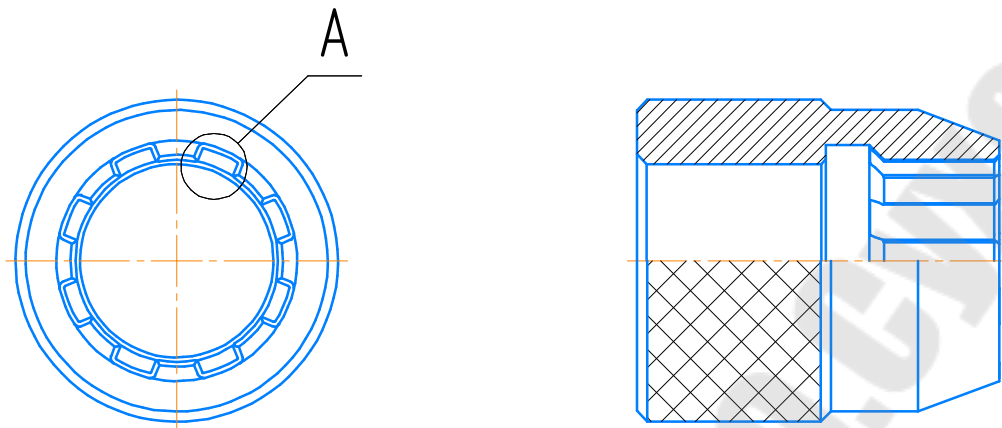


Рисунок 29– Схема расположения полей допусков, нецентрирующего размера b калибра-кольца: 1 – поле допуска размера b вала; 2 – поле допуска на изготовление калибра-кольца; 3 – поле износа калибра-кольца



A^a (увеличено)

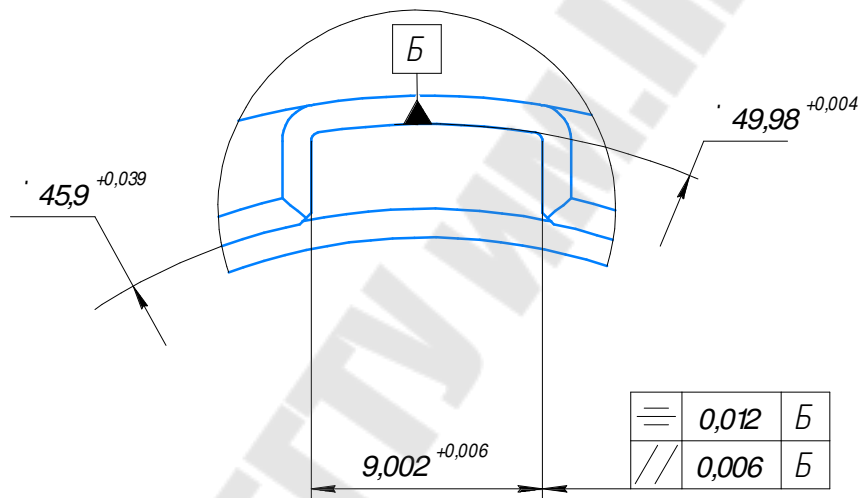


Рисунок 30– Эскиз калибра для контроля шлицевого вала.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ

Лист

47

7 РАСЧЕТ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПИ

7.1 Метод полной взаимозаменяемости (max-min)

Исходные данные для расчета представлены на рисунке 31:

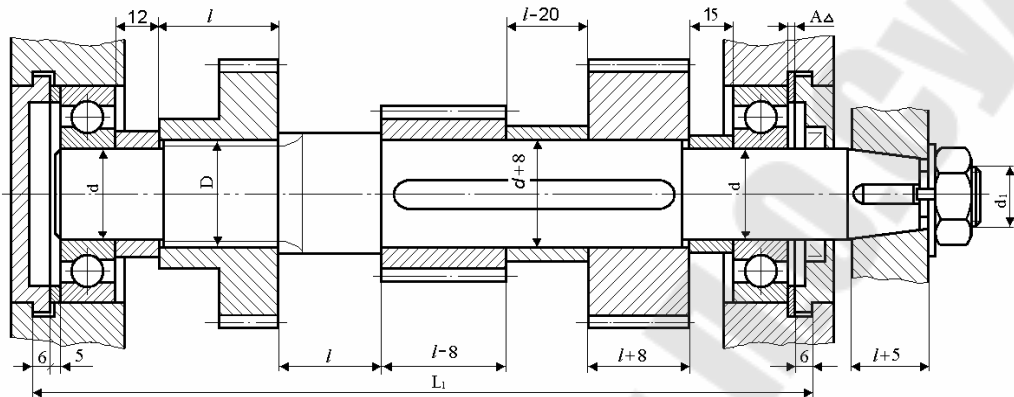


Рисунок 31– Схема сборочного узла: $k = l = 45$ мм, $A_{\Delta} = 3 \pm 0,8$ мм.

1. По схеме сборочного узла строим размерную цепь:

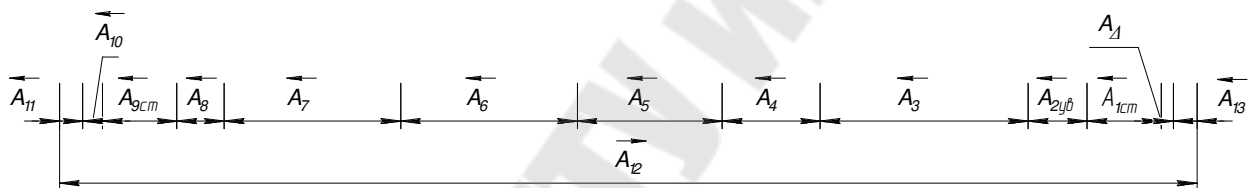


Рисунок 32– Размерная цепь: A_1-A_{11}, A_{13} – уменьшающие звенья; A_{12} – увеличивающее звено; A_{Δ} – замыкающее (исходное) звено

Таблица 7

Расчет размерной цепи методом полной взаимозаменяемости

Звено	Номинальный размер, мм	i	Квалитет	Осн. откл.	Допуск, T , мкм	C , мкм	B/H
A_{Δ}	3	–	–	–	1600	0	+800/-800
$A_{1ст}$	19	–	–	–	120	-60	0/-120
$A_{2уб}$	15	1,08	–	–	432	584	+800/+368
A_3	53	1,86	IT10	h	120	-60	0/-120
A_4	25	1,31	IT10	h	84	-42	0/-84
A_5	37	1,56	IT10	h	100	-50	0/-100
A_6	45	1,56	IT10	h	100	-50	0/-100
A_7	45	1,56	IT10	h	100	-50	0/-100

КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ

Лист

Изм. Лист № док. Подпись Дата

49

Продолжение таблицы 7

$\overset{S}{A}_8$	12	1,08	IT10	h	70	-35	0/-70
$\overset{S}{A}_{9\text{ст}}$	19	-	-	-	120	-60	0/-120
$\overset{S}{A}_{10}$	5	0,73	IT10	h	48	-24	0/-48
$\overset{S}{A}_{11}$	6	0,73	IT10	h	48	-24	0/-48
$\overset{I}{A}_{12}$	290	3,23	IT10	H	210	105	+210/0
$\overset{S}{A}_{13}$	6	0,73	IT10	h	48	-24	0/-48

2. Составим уравнение размерной цепи [11, стр. 24, ф-ла 3.5]:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n \overset{r}{A}_i - \sum_{i=1}^m \overset{s}{A}_i, \quad (49)$$

где $\overset{r}{A}_i, \overset{s}{A}_i$ – величины размеров звеньев в соответствующем направлении обхода цепи.

$$A_{\Delta} = \overset{r}{A}_{12} - (\overset{s}{A}_1 + \overset{s}{A}_2 + \overset{s}{A}_3 + \overset{s}{A}_4 + \overset{s}{A}_5 + \overset{s}{A}_6 + \overset{s}{A}_7 + \overset{s}{A}_8 + \overset{s}{A}_9 + \overset{s}{A}_{10} + \overset{s}{A}_{11} + \overset{s}{A}_{13}),$$

$$A_{\Delta} = 290 - (19 + 15 + 53 + 25 + 37 + 45 + 45 + 12 + 19 + 5 + 6 + 6) = 3 \text{ мм.}$$

Расчетное значение замыкающего звена равно заданному, что свидетельствует о правильности составления цепи.

3. Назначаем значения единиц допуска i [11, стр. 20, табл. 2.2] и сводим их в таблицу 7.

4. Определяем расчетное значение числа единиц допуска [11, стр. 21, ф-ла 2.17]:

$$a_p = \frac{T_{\Delta} - \sum T_{ic}}{\sum i_i}, \text{ мкм,} \quad (50)$$

где T_{Δ} – допуск замыкающего звена, $T_{\Delta}=1600$ мкм; T_c – допуск стандартного звена, $T_c=120$ мкм.

Тогда:

$$a_p = \frac{1600 - (120 + 120)}{1,08 + 1,86 + 1,31 + 1,56 + 1,56 + 1,56 + 1,08 + 0,73 + 0,73 + 3,23 + 0,73} = 88 \text{ мкм.}$$

Всем составляющим звеньям (кроме четырех) назначаем точность их изготовления по IT10 [11, стр. 22, табл. 2.3]. Данные заносим в таблицу 7.

5. Назначаем значения допусков на все составляющие звенья (кроме второго) по ГОСТ 25346-82, данные заносим в таблицу 7. Расчет значение на второе звено определяем по формуле [11, стр. 25, ф-ла 3.11]:

$$T_{\Delta} = \sum T_i. \quad (51)$$

Тогда:

$$T_{\Delta} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13},$$

откуда,

$$T_2 = T_{\Delta} - (T_1 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13}),$$

$$T_2 = 1600 - (120 + 120 + 84 + 100 + 100 + 100 + 70 + 120 + 48 + 48 + 210 + 48) = 432 \text{ мкм.}$$

6. Устанавливаем значение координат середин полей допусков на все составляющие звенья (кроме второго).

Координату середины поля допуска второго звена определяем по формуле [11, стр. 27, ф-ла 3.19], данные заносим в таблицу 7:

$$C_{\Delta} = \sum \overset{\circ}{C}_i - \sum \overset{\circ}{C}_i. \quad (52)$$

Тогда:

$$C_{\Delta} = C_{12} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}),$$

откуда,

$$C_2 = C_{12} - C_{\Delta} - (C_1 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}),$$

$$C_2 = 105 - 0 - (-60 - 60 - 42 - 50 - 50 - 50 - 35 - 60 - 24 - 24 - 24) = 584 \text{ мкм.}$$

7. Верхнее и нижнее отклонения полей допусков определяем по формуле [11, стр. 27, ф-ла 3.22], данные заносим в таблицу 7:

$$B_i = C_i + \frac{T_i}{2}, \quad (53)$$

$$H_i = C_i - \frac{T_i}{2}. \quad (54)$$

Тогда:

$$B_2 = 584 + \frac{432}{2} = 800 \text{ мкм,}$$

$$H_2 = 584 - \frac{432}{2} = 368 \text{ мкм.}$$

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		50

8. Выполняем проверку. Найдем отклонения полей допусков для замыкающего звена [11, стр. 27, ф-ла 3.24]:

$$B_{\Delta} = \sum C_i^r - \sum C_i^s + \frac{\sum T_i}{2}, \quad (55)$$

$$H_{\Delta} = \sum C_i^r - \sum C_i^s - \frac{\sum T_i}{2}. \quad (56)$$

Тогда:

$$B_{\Delta} = C_{12} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}) + \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13}}{2},$$

$$H_{\Delta} = C_{12} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}) - \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13}}{2},$$

$$B_{\Delta} = 105 - (-60 + 584 - 60 - 42 - 50 - 50 - 50 - 35 - 60 - 24 - 24 - 24) + \frac{120 + 432 + 120 + 84 + 100 + 100 + 100 + 70 + 120 + 48 + 48 + 210 + 48}{2} = 800 \text{ мкм},$$

$$H_{\Delta} = 105 - (-60 + 584 - 60 - 42 - 50 - 50 - 50 - 35 - 60 - 24 - 24 - 24) - \frac{120 + 432 + 120 + 84 + 100 + 100 + 100 + 70 + 120 + 48 + 48 + 210 + 48}{2} = -800 \text{ мкм}.$$

Полученные значения совпадают с заданными $A_{\Delta} = 3 \pm 0,8$ мм. Т.о. делаем вывод, что расчет выполнен верно.

7.2 Метод регулирования с применением неподвижного компенсатора

В этом методе требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением компенсирующего звена без снятия слоя металла.

Его суть состоит в том, что избыток поля рассеивания замыкающего звена устраняют путем подбора компенсатора из некоторого количества компенсаторов, заранее изготовленных с различными размерами.

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		51

Смысл расчета заключается в определении наименьшего количества компенсаторов в комплекте.

Введем компенсирующее звено K , тогда схема размерной цепи для заданного сборочного узла будет иметь вид:

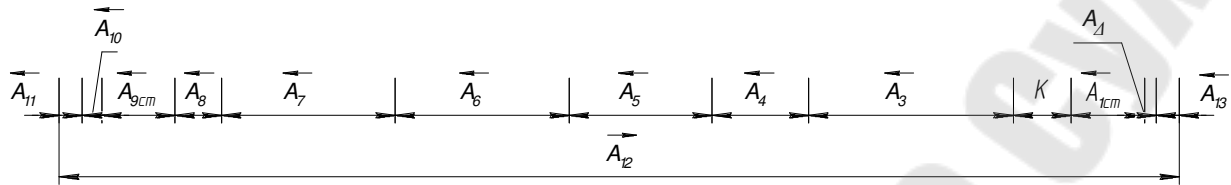


Рисунок 33 – Размерная цепь

Таблица 8

Расчет размерной цепи методом регулирования

Звено	Номинальный мер, мм	раз-	i	Квалитет	Осн. откл.	Допуск, мкм	T,	C, мкм	B/H
A_{Δ}	3		–	–	–	1600		0	+800/–800
$A_{1ст}$	19		–	–	–	120		–60	0/–120
K	15		1,08	–	–	480		1280	+1520/+1040
A_3	53		1,86	IT12	h	300		–150	0/–300
A_4	25		1,31	IT12	h	210		–105	0/–210
A_5	37		1,56	IT12	h	250		–125	0/–250
A_6	45		1,56	IT12	h	250		–125	0/–250
A_7	45		1,56	IT12	h	250		–125	0/–250
A_8	12		1,08	IT12	h	180		–90	0/–180
$A_{9ст}$	19		–	–	–	120		–60	0/–120
A_{10}	5		0,73	IT12	h	120		–60	0/–120
A_{11}	6		0,73	IT12	h	120		–60	0/–120
A_{12}	290		3,23	IT12	H	520		260	+520/0
A_{13}	6		0,73	IT12	h	120		–60	0/–120

По аналогии с методом «максимума-минимума»:

1. Увязываем номинальные размеры всех составляющих звеньев.
2. Назначаем экономически целесообразные (IT12) квалитеты составляющих звеньев кроме компенсирующего, замыкающего и стандартных.

3. Согласно выбранным квалитетам по ГОСТ 25346-82 назначаем допуски на составляющие звенья.

4. В соответствии с видом звена назначаем координаты середин полей допусков составляющих звеньев кроме компенсирующего, замыкающего и стандартных.

5. Устанавливаем верхние и нижние отклонения полей допусков составляющих звеньев кроме компенсирующего, замыкающего и стандартных.

Все значения переносим в таблицу 8.

6. Производим расчет компенсатора.

- допуск компенсирующего звена T_K определяем по формуле [11, с. 25, формула 3.11]:

$$T_K = \sum T_i - T_{\Delta} - \sum T_{ci}. \quad (57)$$

Тогда:

$$T_K = (T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13}) - T_{\Delta} - (T_1 + T_9),$$
$$T_K = (300 + 210 + 250 + 250 + 250 + 180 + 120 + 120 + 520 + 120) - 1600 - (120 + 120) = 480 \text{ мкм.}$$

- середину поля допуска компенсатора C_K определяем по формуле (52):

$$C_{\Delta} = \sum \overset{\uparrow}{C}_i - \sum \overset{\downarrow}{C}_i.$$

Тогда:

$$C_{\Delta} = C_{12} - (C_1 + C_K + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}),$$

откуда,

$$C_K = C_{12} - C_{\Delta} - (C_1 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} + C_{11} + C_{13}),$$

$$C_2 = 260 - 0 - (-60 - 150 - 105 - 125 - 125 - 125 - 90 - 60 - 60 - 60 - 60) = 1280 \text{ мкм.}$$

- верхнее (B_K) и нижнее (H_K) отклонения поля допуска компенсатора C_K определяем по формулам (53, 54):

$$B_K = 1280 + \frac{480}{2} = 1520 \text{ мкм,}$$

$$H_K = 1280 - \frac{480}{2} = 1040 \text{ мкм.}$$

- определяем предельные размеры компенсатора:

						КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата			53

$$K_{\max} = K + B_K, \quad (58)$$

$$K_{\min} = K + H_K. \quad (59)$$

Тогда:

$$K_{\max} = 15 + 1,520 = 16,520 \text{ мм},$$

$$K_{\min} = 15 + 1,040 = 16,040 \text{ мм}.$$

- необходимое число ступеней компенсатора n определяем по формуле [11, с. 47, формула 3.56]:

$$n = \frac{\sum T_i - T_{\Delta}}{T_{\Delta} - T_{CK}} + 1, \quad (60)$$

где T_{CK} – допуск на отдельный компенсатор в комплекте,

$$T_{CK} = (0,1 \dots 0,3) T_{\Delta}.$$

Тогда:

$$T_{CK} = (0,1 \dots 0,3) 1600 = 160 \dots 480 \text{ мкм}.$$

$$n = \frac{(300 + 210 + 250 + 250 + 250 + 180 + 120 + 120 + 520 + 120 + 120 + 120) - 1600}{1600 - 480} + 1 = 1,86.$$

Принимаем $n = 2$.

- величину ступени компенсатора Δn определяем по формуле [11, с. 47, формула 3.57]:

$$\Delta n = \frac{T_K + T_{CK}}{n - 1}, \quad (61)$$

Тогда:

$$\Delta n = \frac{480 + 480}{2 - 1} = 960 \text{ мкм}.$$

- значения размеров компенсатора, принадлежащих к различным ступеням:

$$\text{- для первой ступени: } K_1 = (K_{\min})_{-T_{CK}} = 16,040_{-0,48} \text{ мм};$$

$$\text{- для второй ступени: } K_2 = (K_1 + \Delta n)_{-T_{CK}} = (16,040 + 0,96)_{-0,48} = 17_{-0,48}$$

мм.

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ доким.	Подпись	Дата		54

7. Выполняем проверку. Определяем номинальный размер последней ступени компенсатора K_{in} определяем по формуле:

$$K_{in} = K_{max} + T_{CK}, \quad (62)$$

Тогда:

$$K_2 = 16,52 + 0,48 = 17 \text{ мм.}$$

Полученное значение K_2 равно ранее найденному значению номинального размера второй ступени компенсатора. Это означает, что расчет выполнен верно.

					КРНТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докм.	Подпись	Дата		55

8 РАСЧЕТ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ВИДА СОПРЯЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Исходные данные представлены в таблице 9.

Таблица 9

Исходные данные

m , мм	Z_1	Z_2	Частота вращения, n , об/мин	Рабочая температура передачи, °С	Рабочая температура корпуса, °С
3	19	57	1950	80	60

Колеса цилиндрические прямозубые. Материал колес принимаем Сталь 45 (НВ 295), корпус чугунный.

1. Определяем делительные диаметры шестерни и колеса по формуле [12, стр.3]:

$$d_i = m \cdot Z_i, \quad (63)$$

$$d_1 = m \cdot Z_1 = 3 \cdot 19 = 57 \text{ мм},$$

$$d_2 = m \cdot Z_2 = 3 \cdot 57 = 171 \text{ мм}.$$

2. Определяем межосевое расстояние передачи по формуле [12, с.3]:

$$a_w = \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (64)$$

$$a_w = \frac{57 + 171}{2} = 114 \text{ мм}.$$

3. Определяем окружную скорость передачи по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60000}, \quad (65)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 57 \cdot 1950}{60000} = 5,82 \text{ м/с}.$$

4. По величине окружной скорости назначаем 8 степень точности по нормам плавности [12, с. 40, таблица 2]. Применяв принцип комбинирования, назначаем 9 степень точности по нормам кинематической точности и по нормам контакта.

5. Определяем гарантированный боковой зазор в передаче по формуле [12, стр. 17]:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КР НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
						58

$$j_{n\min} = v + a_w (\alpha_1 \Delta t_1^\circ - \alpha_2 \Delta t_2^\circ) 2 \sin \alpha, \quad (66)$$

где v – толщина слоя смазочного материала между поверхностями зубьев,

$$v = 0,01 \cdot m, \quad (67)$$

$$v = 0,01 \cdot 3 = 0,03 \text{ мм};$$

α_1, α_2 – температурные коэффициенты линейного расширения материала колес и корпуса [12, стр. 20]: $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6}$, $\alpha_2 = 10,5 \cdot 10^{-6}$;

$\Delta t_1^\circ, \Delta t_2^\circ$ – отклонения рабочих температур колеса и корпуса от нормальной (20°C):

$$\Delta t_1^\circ = 80 - 20 = 60^\circ \text{C},$$

$$\Delta t_2^\circ = 60 - 20 = 40^\circ \text{C};$$

α – угол профиля исходного контура ($\alpha=20^\circ$).

Тогда:

$$j_{n\min} = 0,03 + 114 \cdot (12 \cdot 10^{-6} \cdot 60 - 10,5 \cdot 10^{-6} \cdot 40) 2 \sin(20) = 0,0533 \text{ мм} = 53,3 \text{ мкм}$$

Выбираем вид сопряжения [12, с. 41, таблица 3] – D.

6. Руководствуясь рекомендациями [12, с. 48, таблица 11] выбираем показатели для контроля зубчатого колеса ($Z_2 = 57$) и назначаем на них допуск. Результаты выбора показателей и допусков сведены в таблицу 10.

Таблица 10

Показатели и их допуски для контроля зубчатого колеса

Наименование показателей	Норма	Условное обозначение допуска	Величина допуска, мкм
Колебание измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса, [12, стр. 42, табл. 5]	кинематической точности	F_i''	112
Колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе, [12, стр. 43, табл. 6]	плавности	f_i''	40
Суммарное пятно контакта, [12, стр. 45, табл. 8]	полноты контакта	по длине по высоте	40% 30%
Отклонение измерительного межосевого расстояния за оборот колеса, [12, стр. 47, табл. 10]	бокового зазора	$E_{as}'' = +f_i''$ $E_{ai}'' = -T_H$	+40 -140

Выбранные показатели не требуют широкой номенклатуры измерительных средств и характеризуются простотой контроля [12, с. 49, таблица 12].

7. Номинальную длину общей нормали для прямозубых колес с учетом исходного контура ($\alpha=20^\circ$) определяем по формуле [12, стр. 6]:

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$W = m[1,476(2Z_w - 1) + 0,014Z_2], \quad (68)$$

где Z_w – число охватываемых при измерении зубьев,

$$Z_w = 0,011 \cdot Z_2 + 0,5, \quad (69)$$

$$Z_w = 0,011 \cdot 57 + 0,5 = 7,13 \approx 8;$$

$$W = 3[1,476(2 \cdot 8 - 1) + 0,014 \cdot 57] = 68,814 \text{ мм.}$$

8. По [12, с. 46, таблица 9] находим наименьшее отклонение средней длины общей нормали E_{Wms} , состоящее из двух слагаемых: слагаемое I (E_{Wms1}) и слагаемой II (E_{Wms2}).

Определяем слагаемое I [12, с. 46, таблица 9]:

$$E_{Wms1} = 80 \text{ мкм.}$$

Определяем слагаемое II [12, с. 46, таблица 9], при $F_r = 80$ мкм [12, с. 42, таблица 5]:

$$E_{Wms2} = 18 \text{ мкм.}$$

Тогда имеем: $E_{Wms} = E_{Wms1} + E_{Wms2} = 80 + 18 = 98$ мкм.

Затем находим допуск на среднюю длину общей нормали T_{Wm} [12, с. 46, таблица 9] и определяем наибольшее допускаемое отклонение средней длины общей нормали:

$$T_{Wm} = 60 \text{ мкм.}$$

9. Номинальная длина общей нормали с верхним и нижним отклонением: $W_{-(E_{Wms} + T_{Wm})}^{-E_{Wms}}$, следовательно, получаем:

$$68,814_{-0,158}^{-0,098} \text{ мм.}$$

9. ВЫБОР ПОСАДОК ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ СБОРОЧНОГО УЗЛА

Посадки, допуски формы и расположения и шероховатость назначают согласно рекомендациям [8].

Вал.

Допуск цилиндричности посадочных поверхностей для подшипников качения задают, чтобы ограничить отклонения геометрической формы этих поверхностей и тем самым ограничить отклонения геометрической формы дорожек колец подшипников. Допуска цилиндричности на размер $\varnothing 45js6$ составляет 0,008 мм. Допуск цилиндричности посадочных поверхностей валов в местах установки на них с натягом зубчатых колес задают, чтобы ограничить концентрацию давлений.

Допуска цилиндричности на размер $\varnothing 50p6$ составляет 0,008 мм.

Допуск соосности посадочных поверхностей для подшипников качения относительно их общей оси задают, чтобы ограничить перекосяк колец подшипников качения на размер $\varnothing 45js6$ составляет 0,004 мм.

Допуск соосности посадочной поверхности зубчатых колес задают, чтобы обеспечить нормы кинематической точности и нормы контакта зубчатых и передач на размер $\varnothing 50p6$ составляет 0,005 мм.

Допуски симметричности и параллельности шпоночного паза задают для обеспечения возможности сборки вала с устанавливаемой на нем деталью и равномерного контакта поверхностей шпонки и вала. На размер 14P9 составляет: параллельности 0,02 мм; симметричности 0,08 мм.

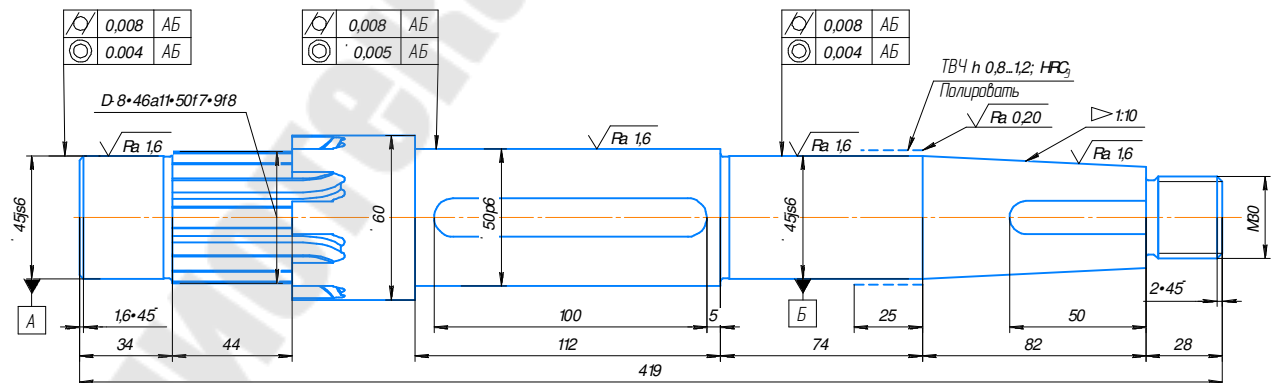


Рисунок 34 – Эскиз вала

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		59

Подшипники.

Посадка $\varnothing 45 \frac{L0}{js6}$ выбрана для внутренних колец подшипников качения, так как они вращаются относительно нагрузки (циркуляционное нагружение). Посадка $\varnothing 85 \frac{H7}{l0}$ выбрана для наружных колец подшипников качения, так как они неподвижны относительно нагрузки (местное нагружение).

Сквозная крышка.

Посадка $\varnothing 85 \frac{H7}{h8}$ выбрана для сквозной крышки, так как данная посадка обеспечивает высокую точность центрирования, легкость сборки и разборки (посадки с натягом).

Допуск параллельности торцов задают, если по торцу крышки базируют подшипник качения. Допуск назначают, чтобы ограничить перекос колец подшипников качения.

На размер $\varnothing 93$: $T_{//}=0,03\text{мм}$.

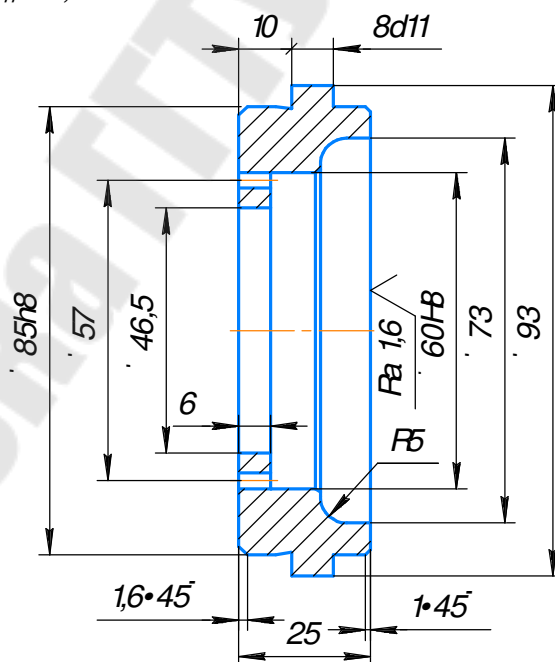


Рисунок 35 – Эскиз крышки подшипника

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		60

Зубчатые колеса.

Зубчатые колеса крепятся на валу по посадке $\varnothing 50 \frac{H7}{p6}$ и выбрана так как необходимо обеспечение неподвижности после их установки на вал.

Зубчатое колесо крепится на валу по шлицевому соединению.

Вместо допуска цилиндричности (суммарного допуска) можно назначить допуск круглости и допуск продольного сечения.

На размер $D - 8 \times 46 \frac{H11}{a11} \times 50 \frac{H7}{f7} \times 9 \frac{F8}{f8}$.

Допуски симметричности и параллельности шпоночного паза задают для обеспечения возможности сборки вала с устанавливаемой на нем деталью и равномерного контакта поверхностей шпонки и вала.

На размер 14P9 составляет: параллельности 0,02 мм; симметричности 0,08 мм

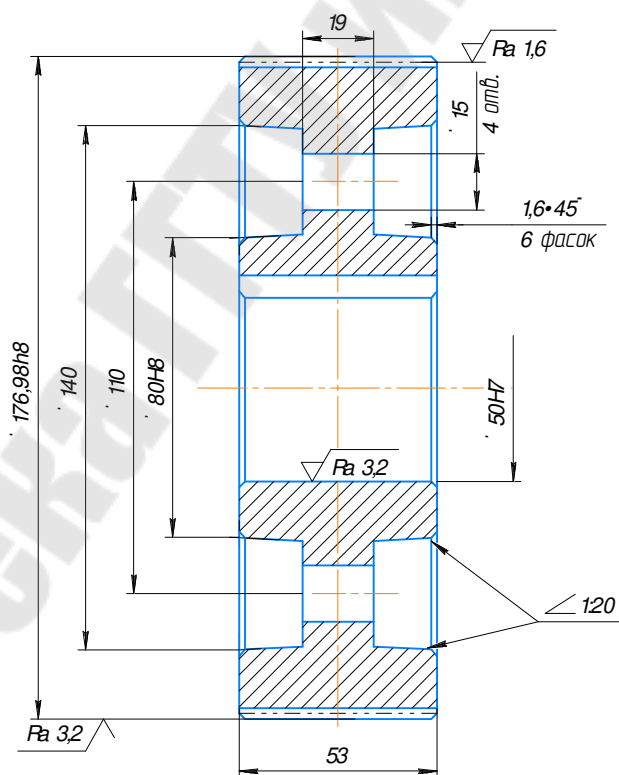


Рисунок 36– Эскиз зубчатого колеса

Шероховатость поверхностей назначаем исходя из назначения поверхности и условия работы. Смотри на чертежах.

					КР.НТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		61

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мягков, В. Д. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. И доп. – Л. : Машиностроение. Ленинград. Отд-ние, 1982. – Ч. 1. 543 с., ил.

2. Кирпиченко, Ю. Е. Нормирование точности и технические измерения : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы для студентов машиностр. специальностей днев. и заоч. форм обучения / Ю. Е. Кирпиченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 52 с.

3. Зябрева, Н. Н. Пособие к решению задач по курсу «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» / Н. Н. Зябрева, Е. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1977. – 282 с.

4. Кирпиченко, Ю. Е. Выбор универсальных средств измерений : практическое руководство по выполнению курсовой работы по курсу «Нормирование точности и технические измерения» для студентов машиностр. специальностей / Ю. Е. Кирпиченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 22 с.

5. Кирпиченко, Ю. Е. Нормирование точности и технические измерения : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов машиностроительных специальностей дневной формы обучения / Ю. Е. Кирпиченко, Н. В. Прядко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – 46 с.

6. ГОСТ 21401–75. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Исполнительные размеры

7. ГОСТ 3325–85. Подшипники качения. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.

8. Мягков, В. Д. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. И доп. – Л. : Машиностроение. Ленинград. Отд-ние, 1982. – Ч. 2. 553 с., ил.

9. Кирпиченко, Ю. Е. Нормирование точности и технические измерения : практикум по одноименной дисциплине для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения / Ю. Е. Кирпиченко, С. И. Прач. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 52 с.

					КРНТТИ.ХХ.ХХ.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		62

10. ГОСТ 7951–80 Калибры для контроля шлицевых прямобочных соединений. Допуски

11. Кирпиченко, Ю. Е. Расчет размерных цепей: методические указания к курсовой работе и практическим занятиям по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения / Ю. Е. Кирпиченко, Н. В. Акулов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 51 с.

12. Кирпиченко, Ю. Е. Расчет и нормирование точности цилиндрических зубчатых передач и колес : учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Нормирование точности и технические измерения» для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» дневной и заочной форм обучения / С. И. Прач, Ю. Е. Кирпиченко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 57 с.

					КРНТТИ.XX.XX.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		63

**Прач Светлана Игоревна
Столяров Александр Игоревич**

**НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсовой работе
для студентов технических специальностей
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 02.05.24.

Пер. № 113Е.
<http://www.gstu.by>