

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина  
Ю.А.» в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А.  
в г. Петровске  
 Е.А. Бесшапошникова  
\_\_\_\_\_ 2023 г.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине  
ОП.03 «Метрология, стандартизация и сертификация»  
специальности  
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой) комиссии  
общепрофессиональных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2023 года, протокол №12

Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2023

## **Пояснительная записка.**

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля.

ПК 1.2. Создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать ее элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели).

ПК 3.1. Диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

ПК 3.2. Организовывать и осуществлять техническое обслуживание и текущий ремонт механических элементов установок для аддитивного производства.

ПК 3.3. Заменять неисправные электронные, электронно-оптические, оптические и прочие функциональные элементы установок для аддитивного производства и проводить их регулировку.

Целью освоения учебной дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является:

- приобретение знаний в области стандартизации и сертификации производства для дальнейшего использования в практической деятельности с целью обеспечения качества продукции и её конкурентоспособности на основе применения знаний, полученных при изучении основ метрологии, как базовой дисциплины, обеспечивающей качество производственных процессов и контроля готовой продукции;
- изучение современных требований по стандартизации и сертификации производства и услуг, по метрологическому обеспечению производства.

При выполнении практических работ студент должен **знать:**

- основные положения и цели стандартизации, сертификации и технического регулирования;
- требования качества в соответствии с действующими стандартами;
- технические регламенты;
- метрология и технические измерения: основные понятия, единая терминология;
- виды, методы, объекты и средства измерений;
- устройство, назначение, правила настройки и регулирования контрольно-измерительных инструментов и приборов;
- основы взаимозаменяемости и нормирование точности;
- система допусков и посадок;
- качества и параметры шероховатости;
- методы определения погрешностей измерений;
- основные сведения о сопряжениях в машиностроении.

При выполнении практических работ студент должен **уметь:**

- выбирать средства измерений;
- выполнять измерения и контроль параметров изделий;
- определять предельные отклонения размеров по стандартам, технической документации;
- определять характер сопряжения (группы посадки) по данным чертежей, по выполненным расчетам;
- применять требования нормативных документов к производимой продукции и производственным процессам;

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» содержит 8 практических занятий.

**Перечень практических работ  
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»**

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1.**

**Тема:** 1. Проведение измерений штангенинструментом.  
2. Проведение измерений микрометрическим инструментом

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.**

**Тема:** Вычисление допусков, определение годности детали, расчёт посадок с зазором, натягом и переходных: построение полей допусков, выполнение чертежей конкретных деталей автомобиля с указанием размеров и отклонений.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.**

**Тема:** 1. Определение отклонений и размеров по ГОСТ 25346- 89, 25347-89.  
2. Определение системы, выполнение сборочного чертежа двух сопрягаемых деталей автомобиля

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.**

**Тема:** Расчёт посадки вала с внутренним кольцом подшипника и посадки внешнего кольца подшипника с корпусом: выполнение сборочного чертежа с указанием посадок

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.**

**Тема:** Определение предельных размеров, расчёт допусков, построение полей допусков.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.**

**Тема:** Расчёт посадки шпоночных и шлицевых соединений, построение полей допусков

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.**

**Тема:** Изучение приборов для контроля зубчатых колес и методов контроля норм точности зубчатых колес

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.**

**Тема:** Проведение расчётов размерных цепей.

## **ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов:

### **1. Работа с измерительными инструментами**

- Прежде, чем приступить к выполнению практической работы, ознакомьтесь с измерительными приборами и их конструкцией;
- с правилами обращения с измерительными устройствами;
- с последовательностью настройки измерительных приборов;
- с правилами отсчета результатов измерения.

Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде, чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

1. Разбирать инструменты студентам не разрешается.
2. Все измерения производить осторожно, с небольшим усилием, не допуская порчи инструмента.

После окончания измерений инструменты необходимо положить в футляр.

### **2. Ответы на поставленные вопросы (с аргументацией)**

Прочитайте вопрос и вникните в него.

Для удобства подчеркните ту, фразу, которая, по вашему мнению, является главной. Это поможет вам быстрее сориентироваться при ответе на вопрос.

Если вы считаете, что можете ответить на вопрос без помощи лекции и дополнительной литературы – приступайте. Если же вопрос заставляет вас сомневаться, откройте лекционную тетрадь (учебник или дополнительную литературу), прочитайте необходимый пункт, вникните в содержание и после этого приступайте за работу.

**ГЛАВНОЕ!** Не переписывайте отрывки лекции в рабочую тетрадь! Четко отвечайте на ПОСТАВЛЕННЫЙ вопрос!

Не забудьте привести аргументацию (обоснование) вашей позиции, если вопрос предполагает личностное отношение к проблеме.

#### **Правила оформления практической работы.**

Практические работы оформляются в отдельной, соблюдая следующие требования:

- записывается дата выполнения работы, название работы, цель, объекты и результаты исследования;
- если предусмотрено оформление результатов исследования в таблице, то все результаты заносятся в таблицу;

-после каждого задания должно быть сделано заключение, вывод с обобщением, систематизацией или обоснованием результатов.

Работа выполняется четко, грамотно, пастой синего или черного цвета.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1.

**Тема:** .Проведение измерений штангенинструментом.

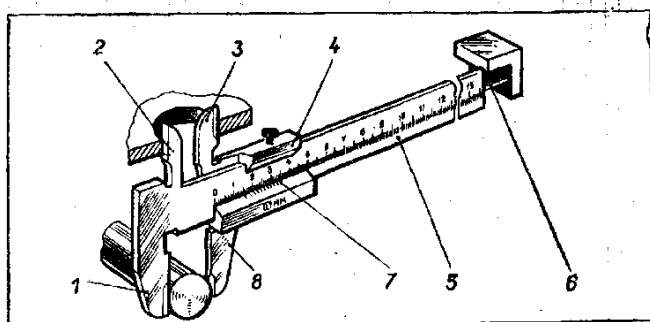
Проведение измерений микрометрическим инструментом

**Цель:** Ознакомиться с устройством и работой штангенциркуля. Научиться определять размеры деталей с точностью до 0,1 мм. Ознакомиться с устройством и работой микрометра. Научиться определять размеры деталей с точностью до 0,1 мм.

**Оборудование:** Штангенциркуль с точностью отсчета 0,1 мм, образцы для измерения, микрометр, образцы для измерения.

**Справочный материал:**

**Содержание работы:**



**Рисунок 1 - Штангенциркуль с точностью измерения до 0,1 мм:**

1, 2 — неподвижные губки; 3, 8 — подвижные губки; 4 — подвижная рамка; 5 — штанга; 6 — глубиномер; 7 — нониус.

1. Линейкой можно определить размеры деталей с точностью до 1 мм. Для измерения с большей точностью (до 0,1. мм) применяется специальный инструмент, называемый штангенциркулем (рис. 1). С его помощью можно определить и проконтролировать линейные наружные и внутренние размеры деталей (диаметр изделия, длину и глубину отверстия и т. д.).

Штангенциркуль состоит из штанги с неподвижными губками, по которой перемещается рамка с подвижными губками.

Рамку можно закреплять в нужном положении стопорным винтом. На штанге нанесены деления, которые образуют миллиметровую шкалу. Цена ее деления — 1 мм. Длина миллиметровой шкалы — 150 мм. На подвижных губках нанесена вспомогательная шкала, называемая нониусом (рис.2). Она разделена на 10 равных частей, но вся длина нониусной шкалы составляет 19 мм.

Для того чтобы проверить штангенциркуль на точность, надо совместить губки инструмента. При этом нулевые риски обеих шкал должны совпасть. Одновременно должен совеститься десятый штрих нониуса с девятнадцатым штрихом миллиметровой шкалы.

При измерении штангенциркулем целые миллиметры отсчитываются по миллиметровой шкале, а десятые доли — по шкале нониуса, начиная от



нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо риской миллиметровой шкалы (рис. 3).

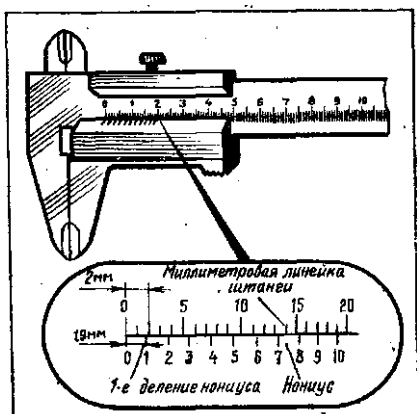


Рисунок 2 - Нониус штангенциркуля

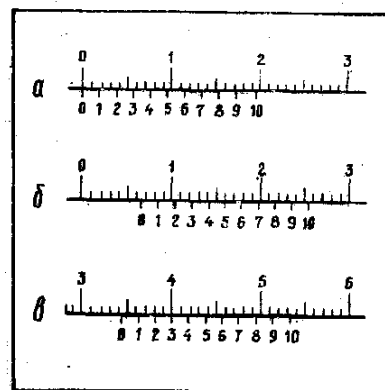
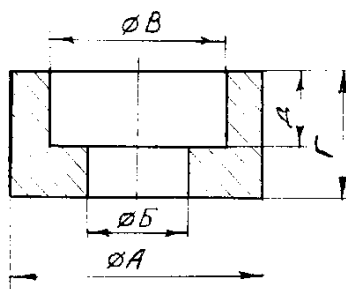


Рисунок 3- Положение шкал штангенциркуля при отсчете размеров:  
а)-0,9мм; б) – 6,5 мм; в) – 34,3 мм.

**Задание 1.** Начертить эскиз измеряемой детали.



**Задание 2.** Подготовить рабочую таблицу:

№ измерения	Результаты измерений:				

**Задание 2.** Осмотреть штангенциркуль и проверить его точность. Измерить размеры А, Б, В, Г, Д.

**Примечание.** Каждое измерение проводить три раза.

**Задание 3.** Определить среднее арифметическое каждого измеренного размера и результаты занести в таблицу.

1. Проставить полученные размеры на эскизе.

**Контрольные вопросы.**

1. С какой целью применяют штангенциркуль?
2. Сколько шкал имеет штангенциркуль?
3. Как проводится отсчет целых и десятых долей миллиметра?

2. Микрометрические измерительные инструменты основаны на использовании точной винтовой пары (винт-гайка), которая преобразует вращательные движения микровинта в поступательные. К микрометрическим инструментам относятся: микрометры, микрометрические глубиномеры, микрометрические нутромеры. Микрометрические инструменты предназначены для абсолютного контактного метода измерения. Цена деления прибора 0.01 мм. Погрешность измерения зависит от пределов измерения микрометра и составляет: от 3 мкм для микрометров 0-25 мм до 50 мкм для микрометров с пределами измерения 400-500 мм. Принцип микрометрической пары используется в конструкциях многих измерительных приборов.

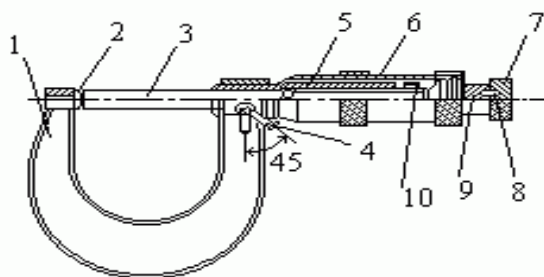


Рис. 1

Устройство микрометра. Общий вид микрометра показан на рис.1. Корпусом инструмента служит скоба 1, в которую запрессованы с одной стороны пятка 2, с другой - стебель 5, на котором закреплена микрогайка и нанесена продольная шкала. Одной измерительной поверхностью является торец микрометрического винта 3, выдвигающегося из стебля, второй - торец пятки 2. Микровинт связан с корпусом барабана 6, имеющим на конусном конце круговую шкалу. Заканчивается барабан резьбой, на которую навинчивается гайка 9, являющаяся корпусом механизма трещетки. Основное назначение - трещетки обеспечивать постоянство измерительного усилия за счет храповика 7 и подпружиненного стержня 8. Микрометр снабжен устройством 4, позволяющим стопорить микровинт и гайкой 10 для регулировки зазора в паре микровинт - микрогайка.

**Отсчет показаний микрометрических инструментов.** Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из двух шкал (рис. 1). Продольная шкала имеет два ряда штрихов с интервалом 1 мм, расположенных по обе стороны горизонтальной линии и смещенных относительно друг друга на 0.5 мм. Таким образом, оба ряда штрихов образуют одну продольную шкалу с ценой деления 0.5 мм.

Микровинт связан с барабаном 6, который на конусном конце имеет круговую шкалу с числом делений  $n=50$ . Учитывая, что шаг резьбы винтовой пары  $S=0,5\text{мм}$ , цена деления круговой шкалы (нониуса) микрометра "С" равна:

$$C = S / n = 0,5 / 50 = 0,01\text{мм}.$$

Размер измеряемой детали с точностью до 0.5 мм отсчитывают по шкале стебля указателем, которым является скошенный край барабана. Сотые доли

миллиметра отсчитывают по круговой шкале барабана, указателем которой является продольный штрих на стебле микрометра.

**Установка микрометра на нуль.** Перед началом измерений микрометрическими инструментами производят их проверку и установку на нуль. Установку микрометров на нуль производят на начальном делении шкалы. Для микрометров с пределом измерений 0-25 мм -на нулевом делении шкалы, для микрометров с пределами измерений 25-50 мм -на делении 25 и т.д. Осторожно вращая микровинт за трещетку, приводят в соприкосновение измерительные поверхности микровинта и пятки. У микровинтов с пределом измерения 25- 50, 50-75 и т.д. микровинт и пятка соединяются между собой через блок концевых мер длины размером 25, 50 мм и т.д. или через специально установочные цилиндрические меры, прилагаемые в комплект к микрометрам.

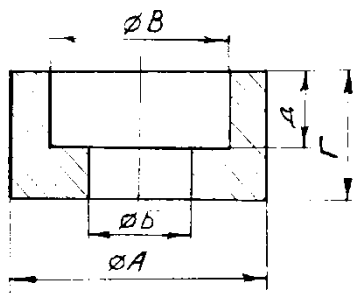
При указанном соприкосновении скошенный край барабана микрометра должен установиться так, чтобы штрих начального деления основной шкалы (нуль или 25, 50 мм и т.д.) был полностью виден, а нулевое деление круговой шкалы барабана совпадало с продольной горизонтальной линией на стебле 5 (рис. 1). Если такого совпадения нет, то стопором 4 необходимо зафиксировать микровинт 3 и, придерживая барабан 6 за накатанный выступ ослабить накидную гайку 9. Затем, поворачивая освобожденный корпус барабана, совмещают нулевое деление на барабане с горизонтальной линией на стебле 5 микрометра, и, придерживая корпус барабана за накатанный выступ, снова закрепляют барабан гайкой 9.

Следует иметь в виду, что при затягивании гайки 9 нулевая установка может снова нарушиться, поэтому нужно снова проверить ее и при необходимости исправить.

**Измерение микрометром.** При измерении микрометром (рис. 1) отводят измерительную поверхность микровинта 3, вращая барабан 6, на необходимое расстояние. Между микровинтом 3 и пяткой 2 помещают измеряемую деталь и при помощи барабана 6 сокращают зазор между измеряемой деталью и измерительными поверхностями до 1-2 мм. Окончательное соприкосновение измерительных поверхностей с деталью производят вращением трещотки 7 и снимают показания прибора.

### Задание 1.

Начертить эскиз измеряемой детали.



**Задание 2.** Подготовить рабочую таблицу:

№ измерения	Результаты измерений:				
	А	Б	В	Г	Д

**Задание 3.** Осмотреть микрометр и проверить его точность.

Измерить размеры А, Б, В, Г, Д.

**Примечание.** Каждое измерение проводить три раза.

**Задание 4.** Определить среднее арифметическое каждого измеренного размера и результаты занести в таблицу.

Проставить полученные размеры на эскизе.

**Контрольные вопросы.**

1. С какой целью применяют микрометр?
2. Сколько шкал имеет микрометр?
3. Как установить микрометр на нуль? Зачем производят установку микрометра на нуль?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.

**Тема:** Вычисление допусков, определение годности детали, расчёт посадок с зазором, натягом и переходных: построение полей допусков, выполнение чертежей конкретных деталей автомобиля с указанием размеров и отклонений.

**Цель:** приобрести навыки графического построения полей допусков «вала» и «отверстия», образующих посадку, построить расположение полей допусков «вала» и «отверстия» исходя из приведённых в таблице 1. посадок.

**Оборудование:** линейка, карандаш.

**Справочный материал:** справочник (Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя. – М., 1985. – с.39-41)

**Содержание работы:**

**Таблица 1.**

№ варианта	посадка	№ варианта	посадка
1	Ø30H7/f7	6	Ø24H7/g6
2	Ø42 H8/e8	7	Ø13H6/p6
3	Ø14E9/h11	8	Ø4H10/b11
4	Ø56F8/h8	9	Ø72H9/c11
5	Ø104H11/d11	10	Ø86H10/m6

### **Задание:**

По таблице 7 справочника (Белкин И.М. Справочник по допускам и посадкам для рабочего машиностроителя. – М., 1985. – с.39-41) определить предельные отклонения для деталей типа «отверстие». Затем по таблице 8-9 (с.45-51) определить предельные отклонения для детали типа «вал», дать заключение о годности детали.

После этого графически изобразить обе детали на чертеже с указанием их номинальных и предельных размеров.

Построить условное графическое изображение полей допусков обеих деталей, образующих данную посадку.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3.

**Тема:** 1. Определение отклонений и размеров по ГОСТ 25346-89, 25347-89.

2. Определение системы, выполнение сборочного чертежа двух сопрягаемых деталей автомобиля

**Цель:** Научиться определять годность деталей типа «вал» и «отверстие»

**Оборудование:** карандаш, линейка.

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок

**Содержание работы:**

**Задача № 1.** Определить величину допуска, наибольший и наименьший предельные размеры по заданным номинальным размерам и предельным отклонениям.

Номинальные размеры и предельные отклонения	2,5 <sup>+0,02</sup>	4 0,04	1,6 <sup>+0,016</sup> <sub>+0,010</sub>	3,2 <sub>-0,08</sub>	12 <sup>-0,045</sup> <sub>-0,105</sub>	4 0,034	30 <sup>+0,047</sup> <sub>-0,030</sub>	25 <sup>+0,013</sup> <sub>-0,008</sub>	50 <sup>+0,150</sup> <sub>+0,040</sub>	15 <sup>-0,007</sup> <sub>-0,032</sub>
Допуск										
Наибольший предельный размер										
Наименьший Предельный размер										

**Задача № 2.** Определить верхние и нижние предельные отклонения вала по заданным номинальным и предельным размерам.

Номинальный размер	4	10	16	5	8	12	25	32	25	0
Наибольший предельный размер	4,009	10	15,980	5,004	8,005	11,940	25,007	31,975	25	0,056
Наименьший предельный размер	4,001	9,984	15,930	4,996	7,972	11,820	24,993	31,950	24,92	0,035
Верхнее отклонение										
Нижнее отклонение										
Размер в чертеже										

**Задача №3.** Изобразить графически поля допусков отверстий и валов

Отверстие  $\varnothing 125$  <sup>+0,040</sup>  
<sub>+0,013</sub> Вал  $\varnothing 200$  <sub>-0,3</sub>

Вал  $\varnothing 320$  <sup>-0,070</sup>  
<sub>-0,125</sub> Отверстие  $\varnothing 450$  <sup>+0,020</sup>  
<sub>-0,020</sub>

**Задача № 4.** Определить годность валов, если известен размер к чертежу и действительные размеры.

$15^{+0,3}_{-0,2}$						
$15^{+0,5}_{+0,3}$	15,6	15,5	15,3	15,0	14,7	14,5
$15^{-0,1}_{-0,3}$						

**Задача №5.** Определить годность отверстий, если известен размер к чертежу и действительные размеры.

$20^{-0,4}_{-0,5}$						
$20^{+0,1}_{+0,4}$	19,4	20,7	20,0	19,5	20,5	19,7
$20^{+0,2}_{+0,2}$						

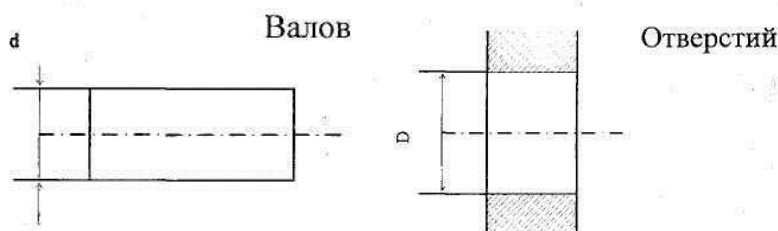
**Задача № 6.** Определить годность валов, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$110^{-0,040}_{-0,075}$	$24_{-0,14}$	$105_{-0,023}$	$75^{-0,11}_{-0,030}$	$85^{+0,260}_{+0,190}$
Действительный размер	109,958	23,98	105,002	74,87	85,2

**Задача № 7.** Определить годность отверстий, по результатам их измерения.

Размер в чертеже	$2^{+0,12}$	$40^{+0,060}$	$71_{-0,03}$	$8^{-0,004}_{-0,020}$	$105^{-0,09}_{+0,04}$	$85^{+0,07}$
Действительный размер	1,95	40,038	71,002	7,965	105,042	85

**Задача №8.** Нанести на чертеже размеры и предельные отклонения диаметров валов и отверстий.



<b>d, мм</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>140</b>	<b>220</b>	<b>180</b>	<b>250 -</b>
es, мкм	+40	0	+14	+230	-50	+45
ei, мкм	+13	-27	-14	+140	-90	+15
<b>D, мм</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>12</b>	<b>80</b>	<b>16</b>	<b>125</b>
ES, мкм	+ 100	+250	-22	+20	-3	+450
EI, мкм	0	+80	-48	-10	-30	+150

**Задача № 9.** Даны предельные размеры.

а) 14.0055 и 13.9945 б) 55,970 и 55,951

Определить предельные отклонения, записать номинальные размеры с предельными отклонениями и начертить схемы расположения полей допусков.



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.

**Тема:** Расчёт посадки вала с внутренним кольцом подшипника и посадки внешнего кольца подшипника с корпусом: выполнение сборочного чертежа с указанием посадок.

**Цель:** приобретение студентом практических навыков проведения расчета посадок при конструировании подшипникового узла на примере шарикового радиального подшипника качения.

**Оборудование:** шариковый однорядный подшипник качения №208

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок.

**Содержание работы:**

### 1. Пример расчета посадок для шарикового радиального подшипника качения

**Исходные данные.** Условия работы однорядного шарикового радиального подшипника с условным обозначением 208 (размеры  $d = 40$  мм,  $D = 80$  мм,  $B = 18$  мм,  $r = 2$  мм), нормального класса точности, следующие: вращается вал, вал сплошной; радиальная нагрузка на опору  $F_r = 12$  кН; нагрузка умеренная, перегрузка до 150%; осевая нагрузка  $F_a$  незначительная; корпус неразъемный.

**Требуется:**

- определить виды нагружения колец подшипника качения;
- выбрать посадки внутреннего кольца с валом и наружного кольца с отверстием корпуса;
- определить предельные отклонения для сопрягаемых поверхностей колец, вала и отверстия корпуса;
- изобразить схемы полей допусков для выбранных посадок и рассчитать характеристики посадок;
- определить требования к шероховатости, допуски формы и расположения посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса;
- указать выбранные посадки подшипников качения с посадочными поверхностями вала и отверстия корпуса на сборочном чертеже;
- указать поля допусков на присоединительные диаметры, требования к точности формы, расположения и шероховатости посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса на их рабочих чертежах.

**Решение.**

1. Определяем вид нагружения колец подшипника: при вращающемся валу и постоянно действующей нагрузке  $F_r$  внутреннее кольцо испытывает циркуляционное нагружение, а наружное кольцо – местное нагружение. и выбираем посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса, строим схемы полей допусков для выбранных посадок рассчитываем их характеристики.

*Посадка внутреннего кольца с валом*

• При циркуляционном нагружении внутреннего кольца рассчитываем интенсивность нагрузки  $P_r$  по формуле

$$P_r = \frac{F_r}{b} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = \frac{12000}{14} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 857 \text{ Н/м},$$

где коэффициенты:  $k_1 = 1$  – нагрузка умеренная, перегрузка до 150% (прил. 6);  $k_2 = 1$  – вал сплошной (прил. 7);  $k_3 = 1$  – подшипник однорядный, осевая нагрузка незначительная (прил. 8);  $b = B - 2r = 18 - 4 = 14$  мм (где  $B = 18$  мм,  $r = 2$  мм);  $F_r$  – радиальная нагрузка на опору,  $F_r = 12000$  Н.

Для сопряжения вала  $\varnothing 40$  с внутренним кольцом, испытывающим циркуляционное нагружение, с нормальным классом точности подшипника и интенсивностью нагрузки  $P_r = 857$  Н/м, выбираем поле до-пуска вала  $k6$  (прил. 9).

Посадка  $\varnothing 40 L0/k6$  – посадка с натягом.

• Определяем предельные отклонения среднего диаметра  $d_m$  отверстия внутреннего кольца подшипника качения нормального к точности по ГОСТ 520-2011 [4] (прил. 5) и рассчитываем предельные размеры:

верхнее отклонение  $ES_{dm} = 0$ ; нижнее отклонение  $EI_{dm} = -0,012$  мм.  $d_{max} = d_m + ES_{dm} = 40,0 + 0 = 40,0$  мм;

$d_{min} = d_m + EI_{dm} = 40,0 + (-0,012) = 39,988$  мм.

• Определяем предельные отклонения для вала  $\varnothing 40k6$  по ГОСТ 25346-89(прил.12,13)и рассчитываем предельные размеры: верхнее отклонение  $es = +0,018$  мм;

нижнее отклонение  $ei = +0,002$  мм;

$d_{max} = d + es = 40,0 + (+0,018) = 40,018$  мм;  $d_{min} = d + ei = 40,0 + (+0,002) = 40,002$  мм.

• Строим схему полей допусков для выбранной посадки

+0,018

+0,002

Рассчитываем характеристики посадки с натягом  $\varnothing 40 L0/k6$ : Наибольший натяг  $N_{max} = d_{max} - d_{min} = 40,018 - 39,988 = 0,030$  мм. Наименьший натяг  $N_{min} = d_{min} - d_{max} = 40,002 - 40,0 = 0,002$  мм. Средний натяг  $N_m = (N_{max} + N_{min})/2 = (0,030 + 0,002)/2 = 0,016$  мм. Допуск натяга  $T_N = N_{max} - N_{min} = 0,030 - 0,002 = 0,028$  мм.

*Посадка наружного кольца с корпусом*

• При местном нагружении наружного кольца подшипника нормального класса точности, при неразъемном корпусе, учитывая, что нагрузка умеренная и перегрузка до 150%, для диаметра отверстия корпуса  $D = 80$ мм выбираем поле допуска  $H7$  (прил.11)

Посадка  $\varnothing 80 H7/l0$  – посадка с зазором.

• Определяем предельные отклонения среднего диаметра  $D_m$  наружного диаметра наружного кольца подшипника качения нормального класса точности по ГОСТ 520-2011 [4] (см. прил. 5) и рассчитываем предельные размеры: верхнее отклонение  $es_{Dm} = 0$ ; нижнее отклонение  $ei_{Dm} = -0,013$  мм;

• Определяем предельные отклонения для отверстия  $\varnothing 80 H7$  корпуса по ГОСТ 25346-89 (прил. 12, 14) и рассчитываем предельные размеры:

верхнее отклонение  $ES = +0,030$  мм; нижнее отклонение  $EI = 0$ .

- Строим схему полей допусков для выбранной посадки (рис. 1).

Рассчитываем характеристики посадки с зазором  $\varnothing 80 H7/l0$ : Наименьший зазор  $S_{min} = D_{min} - D_{max} = 80 - 80 = 0$  мм. Наибольший зазор  $S_{max} = D_{max} - D_{min} = 80,03 - 79,987 = 0,043$  мм. Средний зазор  $S_m = (S_{max} + S_{min})/2 = (0,043 + 0)/2 = 0,0215$  мм. Допуск зазора  $T_S = S_{max} - S_{min} = 0,043 - 0 = 0,043$  мм.

## **2. Определяем требования к шероховатости, допуски формы и расположения посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипник качения нормального класса точности**

*Для вала:*

- параметр шероховатости  $R_a = 1,25$  мкм для посадочной поверхности вала  $d = 40$  мм (прил. 2);
- параметр шероховатости  $R_a = 2,5$  мкм для торцов заплечиков вала  $d = 40$  мм (см. прил. 2);
- допуск круглости  $TFK = 0,004$  мм для посадочной поверхности вала  $d = 40$  мм (прил. 3);
- допуск профиля продольного сечения  $TFP = 0,004$  мм для посадочной поверхности вала  $d = 40$  мм (см. прил. 3);
- допуск торцового биения  $TCA = 0,025$  мм для заплечиков вала  $d = 40$  мм (прил. 4).

*Для отверстия корпуса:*

- параметр шероховатости  $R_a = 1,25$  мкм для посадочной поверхности отверстия  $D = 80$  мм (см. прил. 2);
- параметр шероховатости  $R_a = 2,5$  мкм для торцов заплечиков отверстия  $D = 80$  мм (см. прил. 2);
- допуск круглости  $TFK = 0,0075$  мм для посадочной поверхности отверстия  $D = 80$  мм (см. прил. 3);
- допуск профиля продольного сечения  $TFP = 0,0075$  мм для посадочной поверхности отверстия  $D = 80$  мм (см. прил. 3);
- допуск торцового биения  $TCA = 0,046$  мм для заплечиков отверстия  $D = 80$  мм (см. прил. 4).

## **3. Указываем:**

- обозначение посадок подшипника качения с валом и отверстием корпуса (рис. 5, а);
- обозначение полей допусков и значения предельных отклонений диаметров, допуски формы и расположения, требования к шероховатости посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипник качения (рис. 2, б).

## **Задание:**

Пользуясь данными методических указаний, ознакомиться с основными положениями по выбору посадок для подшипников качения.

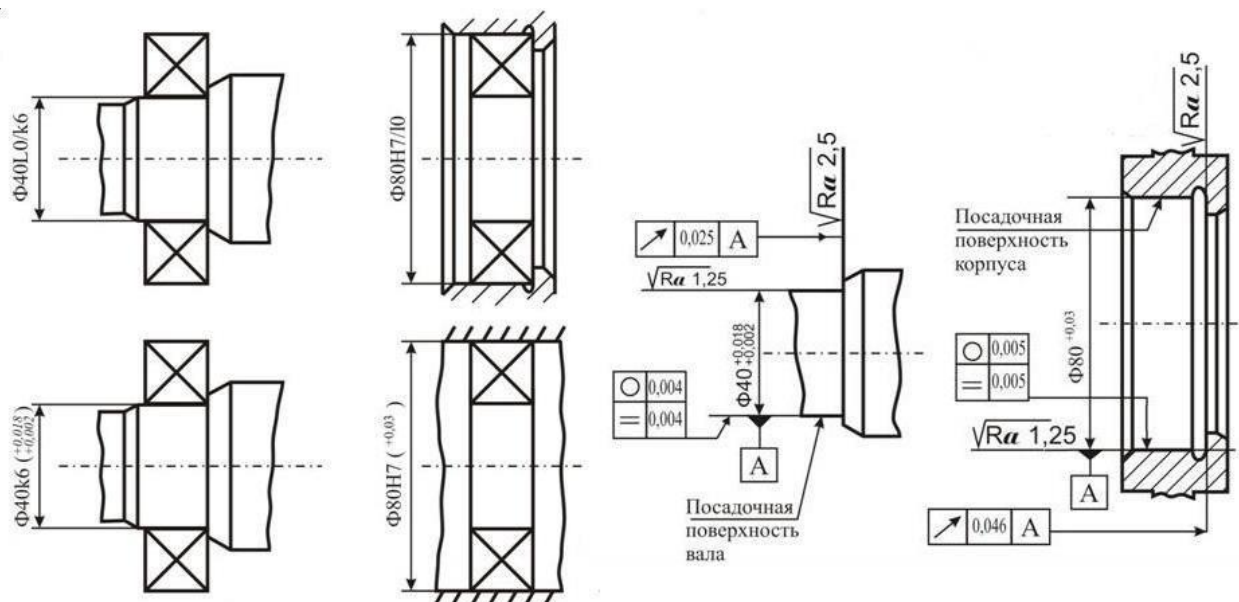


Рис.2. Обозначение посадок подшипника качения на сборочном чертеже (а) и требования к геометрическим параметрам посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипник качения на рабочих чертежах (б)

Для заданного варианта задания (прил. 15):

- 1) определить виды нагружения колец подшипника
- 2) выбрать посадки для наружного и внутреннего колец подшипника с валом и отверстием корпуса, определить предельные отклонения сопрягаемых поверхностей для выбранных посадок, построить для них схемы полей допусков и рассчитать характеристики выбранных посадок;
- 3) определить требования к шероховатости, допуски формы и расположения посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипник качения;
- 4) указать обозначение выбранных посадок подшипникового узла на сборочном чертеже и требования к геометрическим параметрам посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипники качения на рабочих чертежах.

#### 4. Методика выполнения работы

Определить виды нагружения колец подшипника.

Выбрать посадки для подшипника качения с валом и отверстием корпуса (прил. 9–11).

Определить предельные отклонения и предельные размеры посадочных поверхностей колец по средним диаметрам для заданного подшипника качения по ГОСТ 520-2011 [4] (см. прил. 5).

Определить предельные отклонения и предельные размеры посадочных мест вала и отверстия корпуса по ГОСТ 25346-89 [8] (прил. 12–14).

Построить схемы полей допусков для выбранных посадок подшипника качения с валом и отверстием корпуса и рассчитать характеристики посадок.

Определить требования к шероховатости, допуски круглости, профиля продольного сечения для посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса,

допуск торцового биения заплечиков вала и отверстия корпуса, и указать их на рабочих чертежах вала и отверстия корпуса (см. прил. 2–4).

Указать обозначение посадок подшипникового узла на сборочном чертеже и требования к геометрическим параметрам посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипник качения.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как нормируется точность подшипников качения?
2. Какие классы точности установлены для подшипников качения?
3. Какие факторы влияют на выбор посадок подшипников качения?
4. Какие виды нагружения различают для колец подшипников качения?
5. Как местное, циркуляционное и колебательное нагружения колец влияют на характер посадок в подшипниковом узле?
6. От чего зависят требования к точности геометрических параметров посадочных поверхностей вала и отверстия корпуса под подшипники качения?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5.

**Тема:** Определение предельных размеров, расчёт допусков, построение полей допусков.

**Цель работы:** освоение приемов контроля углов с помощью универсального угломера, изучить конструкцию универсального угломера, рассмотреть порядок отсчета показаний и определения результатов измерения по шкалам основания и нониуса; провести измерение углов на конкретной детали и записать их значения; определить допуски на наружный и внутренний диаметр резьбы, предельные размеры резьбы.

**Оборудование:** универсальный угломер, изделие с поверхностями, расположенными под углами друг к другу, эскиз или чертеж изделия.

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок цилиндрический соединений.

### **Содержание работы:**

1. Ознакомиться с правилами безопасности при выполнении работы.
2. Повторить названия элементов универсального угломера, используя при этом макет универсального угломера и средства измерения — универсальный угломер, а также дополнительные устройства к нему.
3. Повторить порядок отсчета показаний по шкалам основания и нониуса.
4. Изучить эскиз измеряемой детали.
5. Подготовить инструмент и деталь к измерению.
6. Провести измерение углов универсальным угломером и записать их значения.
7. Составить отчет.

### **СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ**

1. Универсальный угломер состоит из съемного угольника 2 (рис. 4.1), который фиксируется на съемной линейке 1, подвижного транспортира 4 с основной шкалой и постоянной линейкой 8, зажима 3 и сектора 6 со шкалой нониуса 7. Угол, образованный линейками 1 и 8, будет равен измеряемому углу. Величина угла определяется по шкалам транспортира 4 (градусы) и нониуса 7 (минуты). Транспортир фиксируется в нужном положении стопорным винтом 5. Цена деления основной шкалы —  $1^\circ$ , а шкалы нониуса —  $2'$ . Показания угломера в градусах отсчитывают по шкале основания 4, выбирая штрих, ближайший к нулевому штриху нониуса.

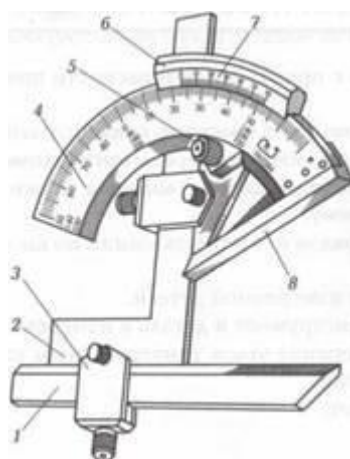
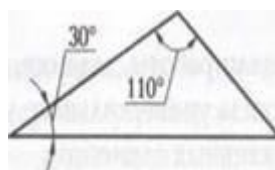


Рис. 4.1 Универсальный угломер

Показания в минутах отсчитывают по шкале нониуса: находят штрих на шкале нониуса, совпадающий со штрихом шкалы основания, отсчитывают его порядковый номер и умножают на цену деления шкалы нониуса 2'. Результат измерения определяется суммированием показаний, определяемых по шкалам основания (в градусах) и нониуса (в минутах).

### ИЗМЕРЯЕМАЯ ДЕТАЛЬ

Выбранное для измерения изделие (рис.4.2) имеет острые и тупой углы. Это может быть, например, резец или специальный шаблон с острыми и тупым углами. В этом случае для измерения углов можно использовать универсальный угломер со съемными дополнительными принадлежностями - угольником и линейкой.



Ra 6,3

Рис.4.2

### ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ

1. Протереть поверхности контролируемых углов измеряемой детали.
2. Подобрать необходимые дополнительные съемные принадлежности — угольник или съемную линейку — в зависимости от величины контролируемого угла детали.
3. Протереть угломер и дополнительные устройства, особое внимание обратить на поверхности измерительных линеек.
4. Собрать в требуемый комплект угломер и дополнительные устройства с учетом типа детали и величины измеряемого угла.

### ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Если измеряются углы от 0 до 50°, то к поверхностям измеряемой детали прикладывают измерительные поверхности угломера, т.е. поверхности постоянной линейки 8 и съемной линейки /. Если требуется измерить наружные углы от 50 до 180° или внутренние углы от 130 до 180°, то пользуются угломером со съемным угольником 2. Если же нужно измерить внутренние углы от 40 до 130°, то применяют угломер без съемных линейки 1 и

угольника 2. Результаты измерений записывают. Погрешности показаний угломера не должны превышать величины отсчета по нониусу.

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Указание темы, цели работы, задания, средства измерения.
2. Изображение эскиза универсального угломера с описанием названий его конструктивных элементов.
3. Указание цены деления основной шкалы и шкалы нониуса.
4. Запись порядка отсчета показаний угломеров: целых градусов по основной шкале, минут по шкале нониуса и полной величины угла.
5. Изображение эскиза контролируемой детали.
6. Указание значений измеренных углов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как устроены угломеры?
2. Каким образом проводится определение долей градусов в минутах?
3. Как определяется результат измерения по угломеру?
4. В каких случаях необходимо использовать съемный угольник и съемную линейку при измерениях?
5. Какие дополнительные устройства входят в комплект угломера?

2. Резьба должна сопрягаться только по сторонам резьбового профиля (исключение составляют паронепроницаемые резьбы), поэтому основным параметром, определяющим характер посадки резьбовой пары, является средний диаметр. Допуски на наружный и внутренний диаметры устанавливают таким образом, чтобы исключить возможность защемления по вершинам и впадинам резьбы.

В бывшем СССР стандартизованы посадки с зазором (ГОСТ 16093—81), переходные (ГОСТ 24834—81) и с натягом (ГОСТ 4608—81).

Наиболее распространена посадка с зазором, при которой номинальный средний диаметр равен наибольшему среднему диаметру резьбы гайки. Расположение полей допусков метрической резьбы в посадках с зазором показано на (рис. 1). Отклонения (ГОСТ 16093—81) отсчитываются от линии номинального профиля резьбы в направлении, перпендикулярном оси резьбы.



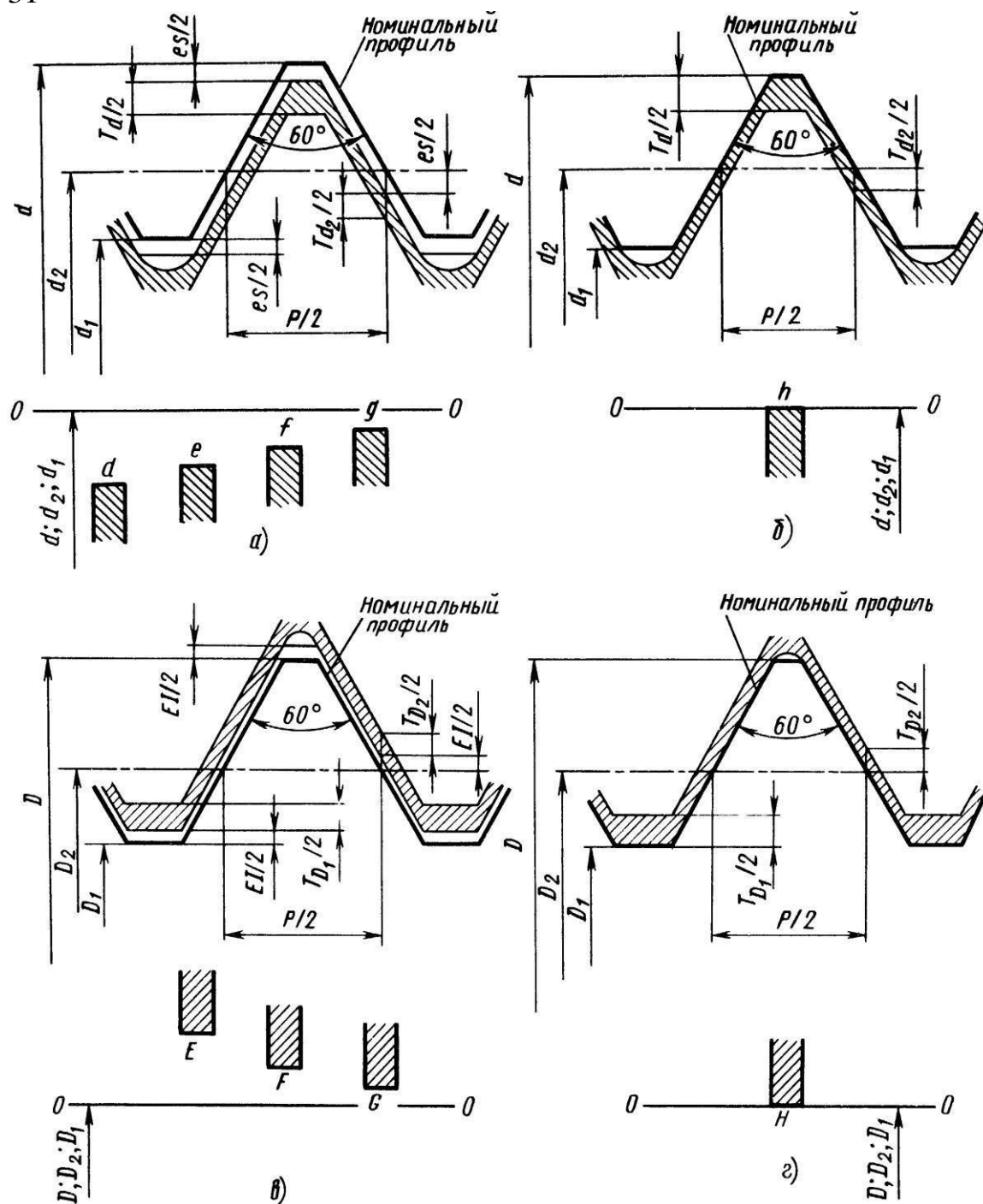


Рис. 1 Схемы расположения полей допусков для посадок с зазором наружной (вверху) и внутренней (внизу) метрической резьбы с основными

отклонениями  $d$ ,  $e$ ,  $f$ ,  $g$ , (а);  $h$  (б);  $E$ ,  $F$ ,  $G$ , (в);  $H$  (г)

Допуски для диаметров резьбы болтов и гаек определяются в зависимости от принятой степени точности, обозначаемой числами. Приняты следующие степени точности для диаметров болта и гайки:  $d=4, 6, 8$ ;  $d_2$  — 4, 6, 7, 8;  $D_1$  — 5, 6, 7;  $D_2$  — 4, 5, 6, 7. Допуски диаметров  $d_1$  и  $D$  — не устанавливаются.

Установлены ряды основных отклонений — верхних  $es$  для наружной

резьбы (болтов) и нижних EI для внутренней резьбы (гаек), которые

определяют расположение полей допусков диаметров резьбы относительно номинального профиля.

Значения допусков диаметров зависят от степени точности и шага резьбы (допуск среднего диаметра зависит еще и от номинального диаметра резьбы). Стандартом регламентированы допуски среднего диаметра  $Td2$ ,  $TD2$ , наружной и внутренней резьб, наружного диаметра  $Td$  наружной резьбы и внутреннего диаметра  $TD2$ , внутренней резьбы.

Допуски средних диаметров являются суммарными, включающими отклонения собственно среднего диаметра и диаметральные компенсации отклонений шага и половины угла профиля.

Поле допуска резьбы образуется сочетанием поля допуска среднего диаметра с полем допуска диаметра выступов (диаметра  $d$  для болтов и диаметра  $D1$  для гаек).

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, означающей основное отклонение.

Обозначение поля допуска резьбы включает в себя обозначение поля допуска среднего диаметра, помещаемого на первом месте, и обозначения поля допуска наружного диаметра для болтов (внутреннего диаметра для гаек).

Если обозначение поля допуска диаметра по вершинам резьбы совпадает с обозначением поля допуска среднего диаметра, то его в обозначении поля допуска резьбы не повторяют.

Примеры обозначения:

**резьбы с крупным шагом:**

болт M10 — 6g;

гайка M10 — 6H;

**резьбы с мелким шагом:**

болт M10 X 1 — 6g;

гайка M10 X 1 — 6H.

Посадки резьбовых деталей обозначают дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска гайки, а в знаменателе — обозначение поля допуска болта. Например: M10 — 6H/6g и M10×1 — 6H/6g.

В зависимости от требований, предъявляемых к точности резьбового соединения, поля допусков резьбы болтов и гаек установлены в трех условных классах точности (знаком \* отмечены поля допусков предпочтительного применения):

класс	Точный	Средний	Грубый
болт	4h	6h; 6g*; 6e; 6d	8h; 8g*
гайка		4H; 5H	6H*; 6G

Согласно ГОСТ 16093—81 допускаются любые сочетания полей допусков резьбы болтов и гаек, но сочетание полей допусков разных классов точности на средний и наружный (или внутренний для гаек) диаметры резьбы должно быть обосновано.

В соединениях шпилек с корпусами, а также при наличии специальных требований к резьбовым соединениям применяют переходные посадки, а также посадки с натягом. Неподвижность и прочность соединения обеспечиваются при посадках с натягом за счет натяга по среднему диаметру, при переходных посадках — за счет применения дополнительных элементов заклинивания: конического сбega, плоского бурта или цилиндрической цапфы.

Схема расположения полей допусков для посадок с натягом показана на (рис. 2, а). По наружному и внутреннему диаметрам предусмотрены зазоры, компенсирующие пластическое течение материала к вершинам резьбы. Для образования полей допусков в посадках с натягом установлены основные отклонения диаметров резьбы в зависимости от степени точности.

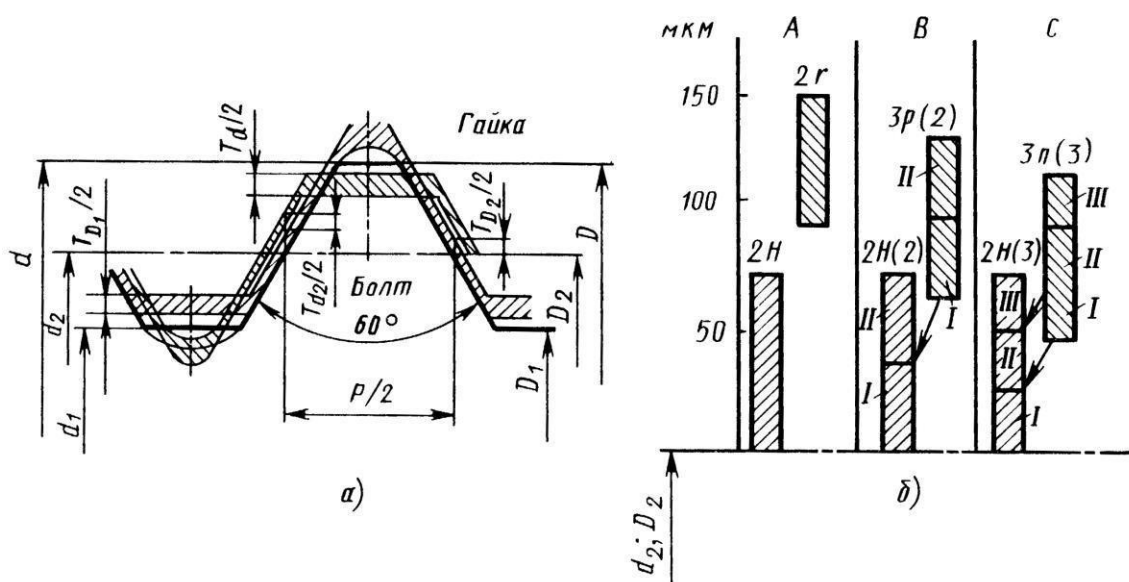


Рис. 2 - Схемы расположения полей допусков диаметров (а) и среднего диаметра (б) резьбы с натягом

При малых натягах не исключается вывинчивание шпилек в эксплуатации, а при чрезмерно больших натягах возможно скручивание шпилек и разрушение резьбы в корпусах при монтаже, поэтому на средние диаметры резьб деталей стандартом установлены более высокие степени точности: 3-я и 2-я — для шпилек, 2-я — для гнезд.

Для обеспечения более однородных натягов в партии соединений резьбовые детали сортируют на группы.

На (рис. 2, б) в качестве примера показаны схемы расположения полей допусков среднего диаметра резьбы M14×1,5 с натягом при сборке без

сортировки на группы (случай А), а также с сортировкой на две (В) и три (С) группы. Номера сортировочных групп обозначены цифрами I , II , III .

Посадки с натягом предусмотрены только в системе отверстия, что обеспечивает технологические преимущества. Рекомендуемые поля допусков и посадки приведены в табл. (ГОСТ 4608—81).

### Образец выполнения практической работы.

Дано: резьбовое соединение М38-7Н/8g.

Определяем номинальные значения диаметров внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (болта) по ГОСТ 24705-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры»:

$$d=D=38 \text{ мм};$$

$$d_2=D_2=D-0,6495P=38,0-0,6495 \cdot 1,5=37,026 \text{ мм};$$

$$d_1=D_1=D-1,0825P=38,0-1,0825 \cdot 1,5=36,376 \text{ мм};$$

$$P=1,5 \text{ мм}.$$

Предельные отклонения диаметров резьбовых деталей с внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (болта) выбираем по ГОСТ 16093-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Посадки с зазором», и результаты представляем в виде таблицы 1.

**Таблица 1. Предельные отклонения диаметров резьбовых поверхностей**

Номинальный диаметр резьбы, мм	Предельные отклонения болта, мкм	Предельные отклонения гайки, мкм		
	es (верхнее)	ei (нижнее)	ES (верхнее)	EI (нижнее)
d=D=38,000	-32	-407	не ограничено	0
d <sub>2</sub> =D <sub>2</sub> =37,026	-32	-268	+250	0
d <sub>1</sub> =D <sub>1</sub> =36,376	-32	Не ограничено	+375	0

Определяем предельные размеры внутренней резьбы (гайки) и наружной резьбы (болта) и результаты представляем в виде таблицы 10

**Таблица 2. Предельные размеры резьбовых поверхностей (по диаметрам)**

Предельный размер, мм	БОЛТ	ГАЙКА					
	d, мм	d <sub>2</sub> , мм	d <sub>1</sub> , мм	D, мм	D <sub>2</sub> , мм	D <sub>1</sub> , мм	
М38-7Н/8g	наибольший	38,000	37,026	36,376	не ограничен	37,026	36,376

		-	-	-		+0,250	+0,375
		0,032=	0,032=	0,032=		=37,276	=36,751
		37,968	36,994	36,344			
	наименьший	38,000	37,026	не ограничен	16,0	37,026	36,376
		-	-		00		
		0,407=	0,268=				
		37,593	36,758				

Рассчитываем предельные значения зазоров в резьбовой посадке:

по D (d):

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 38,000 - 37,968 = 0,032 \text{ мм},$$

$S_{\max}$  не нормируется;

по D2 (d2):

$$S_{2\min} = D_{2\min} - d_{2\max} = 37,026 - 36,994 = 0,032 \text{ мм},$$

$$S_{2\max} = D_{2\max} - d_{2\min} = 37,276 - 36,758 = 0,518 \text{ мм};$$

по D1 (d1)

$$S_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max} = 38,000 - 37,968 = 0,032 \text{ мм},$$

$S_{1\max}$  не нормируется.

### Форма отчёта

Отчёт по выполнению практической работы №4 «Расчет допусков и посадок резьбовых соединений» выполняется, в соответствии с ГОСТ 2.106-68, как конструкторский документ рукописным или машинописным способом на стандартных листах формата А4, сшитых в тетрадь с плотной обложкой. Образец титульного листа приведен в приложении 2. Если отчет выполняется на ПК то шрифт должен быть 12 Times New Roman интервал 1. Если отчет выполняется рукописным способом, то он должен быть выполнен черной пастой. Отчет выполняется с одной стороны листа. Нумерация страниц сверху листа.

В отчете необходимо отразить следующие пункты.

1. Записать тему, цели практической работы.
2. Выполнить расчет задания согласно варианта
3. Начертить схему полей допусков
4. Ответить на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

1. Какой принцип образования полей допусков, принятый в ЕСДП СЭВ?
2. Какие основные условия образования посадок?
3. Расшифровать М38х2,5 - 7Н/8g.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6.

**Тема:** Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений

**Цель:** соединения выбрать посадки шпонки в паз вала и паз втулки. Найти численные значения предельных отклонений ширины шпонки и пазов, допуски и предельные отклонения; по заданному условному обозначению дать расшифровку прямобочного шлицевого соединения и определить номинальные размеры его элементов.

**Оборудование:** вал, втулка, шпонка призматическая, шлицевое соединение.

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок шпоночных соединений, таблица допусков и посадок шлицевых соединений.

**Содержание работы:**

1. В общем машиностроении, а также в автотранспортном и сельскохозяйственном машиностроении наиболее широкое распространение получили шпоночные соединения с призматической и сегментной шпонками.

Размеры элементов шпоночных соединений зависят от диаметра вала и регламентируются соответствующими стандартами. Для шпоночных соединений с призматической шпонкой размеры элементов установлены стандартом СЭВ СТ СЭВ 189-75, а система допусков и посадок – стандартами СТ СЭВ 57-73 и ГОСТ 23360-78. Размеры и система допусков элементов шпоночных соединений с сегментной шпонкой установлены СТ СЭВ 647-77 и ГОСТ 24071-80.

Сочетание полей допусков пазов с полем допуска шпонки должно быть таким, чтобы образовывались три следующих вида соединений:

а) свободное соединение. Обеспечивающее относительное осевое перемещение втулки на валу (шпонка направляющая) или применяемое для образования неподвижных соединений втулок свалами при затрудненных условиях сборки и действие небольших по величине равномерных нагрузок;

б) нормальное соединение, используемое при благоприятных условиях сборки для обеспечения относительной неподвижности соединяемых между собой втулок и валов, работающее без нагрузок или с небольшими неперевесными нагрузками;

в) плотное соединение, применяемое для получения неподвижных соединений втулок и валов, не требующее частых разборок и работающее со значительными знакопеременными нагрузками; это соединения характеризуется наличием между шпонкой и пазами примерно одинаковых натягов.

**Образец выполнения практического задания**

**Дано:** диаметр вала 45 мм., шпонка призматическая, соединение свободное. Выбираем основные конструктивные размеры элементов шпоночного соединения с призматической шпонкой диаметр вала  $\Phi 45$ .

Сечение шпонки  $b \times h = 14 \times 9$

Длина шпонки  $l=100\text{мм}$

Глубина паза вала  $t_1=5.5\text{мм}$

паза втулки  $t_2=3.8\text{мм}$

Устанавливаем посадки шпонки в паз вала и паз втулки. Согласно СТ СЭВ 57-73 ширина шпонки и пазов при свободном соединении имеет следующие поля допусков:

Шпонки –  $b=14h9$

Паз вала –  $b=14H9$

Паз втулки –  $b=14D10$

Тогда посадки шпонки в паз вала и паз втулки в общем виде можно записать так:

В паз вала –  $14 \frac{H9}{h9}$

В паз втулки –  $14 \frac{D10}{h9}$

Численные значения предельных отклонений ширины шпонки и пазов выбираем из таблицы стандарта СТ СЭВ 144-75:

Для шпонки –  $14h9(-0,043)$

Для паза вала –  $14H9(+0,043)$

Для паза втулки –  $14D10 \begin{pmatrix} +0,120 \\ +0,050 \end{pmatrix}$

Допуски и предельные отклонения несопрягаемых размеров элементов шпоночного соединения находим из таблицы

Высота шпонки  $h=9h9-0,036$

Длина шпонки  $l=100h14-0,87$

Длина паза вала  $l_1=100H15^{+1,4}$

Глубина паза вала  $t_1=5.5^{+0,1}$

Глубина паза втулки  $t_2=3.8^{+0,1}$

Произведем расчет предельных значений всех основных размеров и получаемых в соединении шпонки с пазами зазоров или натягов. Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Параметры:

Ширина шпонки –  $14h9 \begin{pmatrix} +0 \\ -0,043 \end{pmatrix}$ ;  $es=0$ ;  $ei=-43$ ;  $Td=-43$  мкм.  $\begin{pmatrix} +0,043 \\ -0 \end{pmatrix}$

Ширина паза вала –  $14H9$ ;  $ES=43$ ;  $EI=0$ ;  $TD=43$  мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$S_{\max}=ES - ei = +43 - (-43)=86$  мкм

$S_{\min}=EI - es=0 - 0=0$  мкм.

Допуск посадки:

$TS=S_{\max} - S_{\min} = 86 - 0=86$  мкм

$TS=ES - ei - EI + es=TD+Td$ ;

$TS=43+(-43)=86$  мкм

Параметры:

Ширина шпонки –  $14h9 \begin{pmatrix} +0 \\ -0,043 \end{pmatrix}$ ;  $es=0$ ;  $ei=-43$ ;  $Td=43$  мкм.

Ширина паза втулки –  $14D10 \begin{pmatrix} +0,120 \\ +0,050 \end{pmatrix}$ ;  $ES=120$ ;  $EI=50$ ;  $TD=70$  мкм.



Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max} = ES - ei = 120 - 43 = 77 \text{ мкм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 50 - 0 = 50 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 77 - 50 = 27 \text{ мкм}$$

$$TS = ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS = 70 + 43 = 27 \text{ мкм}$$

Строим схему взаимного расположения полей допусков (рис. 5).

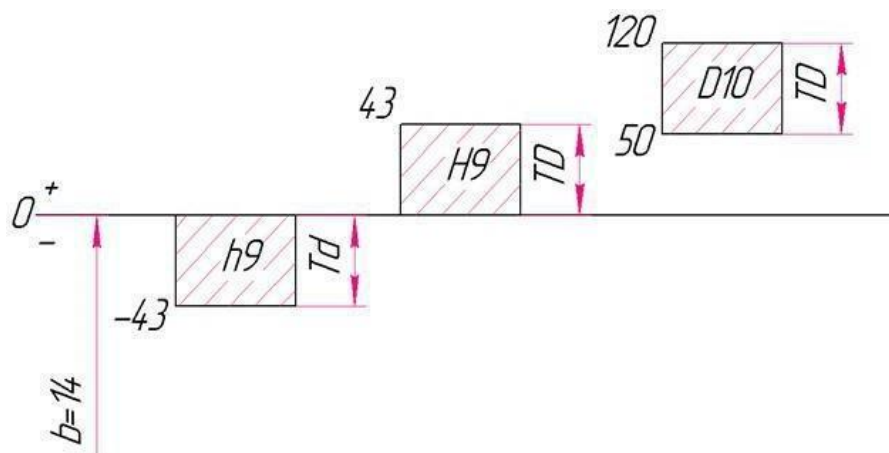
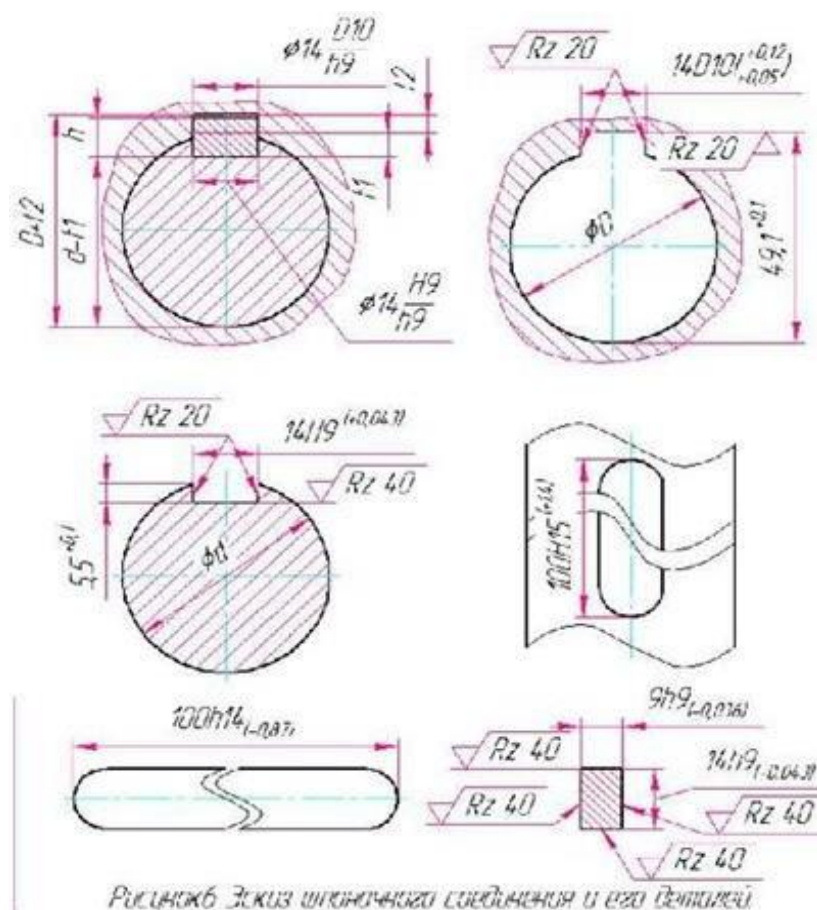


Рис.5 Схема полей допусков шпоночного соединения.

Таблица 3

Наименование размеров элементов шпоночного соединения	Номинал ный размер, мм	Услов- ное обозна- чение поля допуска	Предельные отклонения		Предельные размеры, мм		Допус- к разме- ра, мм	Зазор (натяг), мм	
			Верхн ее	Нижнее	max	min		max	min
Шпонки:									
Ширина	14	h9	0	-0.043	14	13.93	0.043	—	—
Высота	9	h9	0	-0.036	9	8.96	0.036	—	—
Длина	100	h14	0	-0.87	100	99.13	0.87	—	—
Паза вала:									
Ширина	14	H9	+0,043	0	14,043	14	0,043	—	—
Глубина	5,5	—	+0,1	0	5,6	5,5	0,1	—	—
Длина	100	H15	+1,4	0	101,	4	1,1	—	—
Паза втулки:									
Ширина	14	D10	+0.120	+0.050	14,12	14,05	0,07	—	—
Глубина	3.8	—	+0.1	0	3,9	3,8	0,1	—	—
Соединения:									
Шпонка – паз вала	14	—	—	—	—	—	—	0,08 6	0,04 3
Шпонка – паз втулки	14	—	—	—	—	—	—	0,16 5	0,09 3

Вычертим эскизы изображения шпоночного соединения и его деталей (рис.1).



## Форма отчета

Отчёт по выполнению практической работы №6 «Расчет допусков и посадок шпоночных соединений» выполняется, в соответствии с ГОСТ 2.106-68, как конструкторский документ рукописным способом в тетради с плотной обложкой.

В отчете необходимо отразить следующие пункты.

1. Записать тему, цели практической работы.
2. Выполнить расчет задания согласно варианта

## Задание

Таблица 1

№ п/п	Диаметр вала d, мм	Тип шпонки	Вид шпоночного соединения
1	2	3	4
1	30	призматическая	нормальное
2	120	призматическая	свободное
3	25	сегментная	передача крутящих моментов
4	300	призматическая	плотное
5	20	сегментная	фиксация элементов
6	75	призматическая	нормальное

7	80	призматическая	свободное
8	30	сегментная	передача крутящих моментов
9	38	сегментная	фиксация элементов
10	480	призматическая	свободное
11	90	призматическая	плотное
12	36	сегментная	фиксация элементов
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
13	10	сегментная	передача крутящих моментов
14	12	сегментная	фиксация элементов
15	100	призматическая	нормальное
16	18	сегментная	передача крутящих моментов
17	400	призматическая	свободное
18	18	призматическая	плотное
19	20	сегментная	передача крутящих моментов
20	56	призматическая	нормальное
21	32	сегментная	фиксация элементов

3. Начертить схему полей допусков
4. Ответить на контрольные вопросы

#### **Контрольные вопросы**

1. Какой принцип образования полей допусков, принятый в ЕСДП СЭВ?
2. Виды шпонок, преимущество и недостатки шпоночных соединений.
3. Виды шпоночных соединений, их назначение.

## 2. Краткие теоретические основания выполняемого задания

Шлицевые соединения применяются для тех же целей что и шпоночные, но в отличие от последних обладают рядом преимуществ. Соединения этого вида способны воспринимать значительно большие нагрузки и обеспечивают более высокую степень центрирования втулок на валах.

Среди известных типов шлицевых соединений наибольшее распространение, особенно в автотракторном и сельскохозяйственном машиностроении, получили соединения с прямобочным профилем зубьев.

Номинальные размеры и число зубьев шлицевых соединений прямобочного профиля регламентированы стандартом СЭВ СТ СЭВ 188-75 и ГОСТ 1139-80. В зависимости от величины передаваемых нагрузок указанные стандарты устанавливают три серии прямобочных шлицевых соединений: легкую, среднюю и тяжелую. Соединения легкой серии имеют небольшие значения высоты и числа зубьев. К ним относятся неподвижные легконагруженные соединения. Соединения средней серии обладают большими по сравнению с соединениями легкой серии значениями высоты и числа зубьев и применяются для передачи средних нагрузок. Соединения тяжелой серии имеют наибольшую высоту и число зубьев и предназначены для тяжелых условий работы.

Для прямобочных шлицевых соединений, в зависимости от предъявляемых к ним эксплуатационных и технических требований, применяют три способа центрирования втулок на валах: по наружному диаметру  $D$ , по внутреннему диаметру  $d$  и по боковым поверхностям зубьев  $b$ .

### Образец выполнения практического задания.

**Дано:**  $d-16 \times 72H8/e8 \times 82 \times 7F10/f7$

Произведем расшифровку его условной записи используя. Заданное шлицевое соединение центрируется по внутреннему диаметру, имеет число зубьев  $z=16$ , номинальное значение внутреннего диаметра  $d=72$  с посадкой  $H8/e8$ , наружного (не центрирующего) –  $D=82$  мм с посадкой  $H12/a11$ , толщина зуба (ширина впадины) втулки  $b=7$  мм с посадкой  $F10/f7$ .

По таблицам стандарта СТ СЭВ 144-75 (ГОСТ 25347-82), находим предельные отклонения диаметров и размера  $b$  втулки и вала. Имеем:

а) для шлицевой втулки:

внутренний диаметр  $d=72H8^{(+0,046)}$ ;

наружный диаметр  $D=82H12^{(+0,35)}$ ;

ширина впадины  $b=7F10^{(+0,071)}_{-0,012}$ ;

б) для шлицевого вала:

$$\begin{pmatrix} -0,060 \\ -0,106 \\ -0,38 \\ -0,60 \end{pmatrix}$$

внутренний диаметр  $d=72e8$

;

наружный диаметр  $D=82a11$

ширина впадины  $b=7f7 \begin{pmatrix} -0,013 \\ -0,028 \end{pmatrix}$

Вычисляем предельные размеры и допуски всех элементов, а также зазоры, получаемые в соединениях по центрирующему диаметру и боковым поверхностям зубьев. Все размерные характеристики шлицевого соединения заносим в табл. 4.

Параметры:

$$\begin{pmatrix} -0,060 \\ -0,106 \end{pmatrix}$$

внутренний диаметр  $d=72e8$  ;  $es=-60$ ;  $ei=-106$ ;  $Td=46$  мкм.

внутренний диаметр  $d=72H8^{(+0,046)}$ ;  $ES=46$ ;  $EI=0$ ;  $TD=46$  мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max}=ES - ei = +46 - (-106) = 152 \text{ мкм}$$

$$S_{\min}=EI - es = 0 - (-60) = 60 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки:

$$TS=S_{\max} - S_{\min} = 152 - 60 = 92 \text{ мкм}$$

$$TS=ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS=46+46=92 \text{ мкм}$$

Параметры:  $\begin{pmatrix} -0,38 \\ -0,60 \end{pmatrix}$

наружный диаметр  $D=82a11$  ;  $es=-38$ ;  $ei=-60$ ;  $Td=22$  мкм.

наружный диаметр  $D=82H12^{(+0,35)}$ ;  $ES=35$ ;  $EI=0$ ;  $TD=35$  мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max}=ES - ei = 35 - (-60) = 95 \text{ мкм}$$

$$S_{\min}=EI - es = 0 - (-38) = 38 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки:

$$TS=S_{\max} - S_{\min} = 95 - 38 = 57 \text{ мкм}$$

$$TS=ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS=35+22=57 \text{ мкм}$$

Параметры:

ширина впадины  $b=7f7$

$es=-13$ ;  $ei=-28$ ;  $Td=15$  мкм.

ширина впадины  $b=7F10$

$ES=71$ ;  $EI=13$ ;  $TD=58$  мкм.

Наибольший и наименьший зазоры:

$$S_{\max} = ES - ei = 71 - (-28) = 99 \text{ мкм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 13 - (-13) = 26 \text{ мкм.}$$

Допуск посадки:

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 99 - 26 = 73 \text{ мкм}$$

$$TS = ES - ei - EI + es = TD + Td;$$

$$TS = 58 + 15 = 73 \text{ мкм}$$

Строим схемы взаимного расположения полей допусков центрирующего диаметра и размера  $b$  втулки и вала (рис.7)

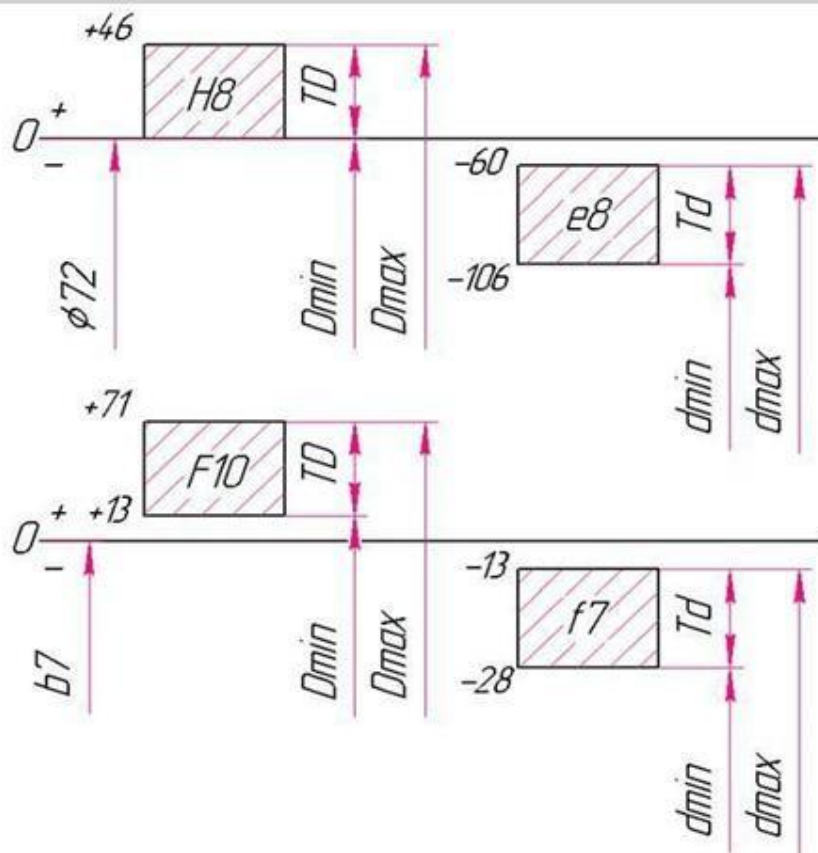


Рис.7 Схема полей допусков шлицевого соединения.

Наименование размеров элементов шпоночного соединения	Номинальный размер в поле допуска, мм	Предельные отклонения		Предельные размеры, мм		Допуск размера , мм	Зазор (натяг), мм	
		Верхн ее	Нижн ее	max	min		max	min
А. Центрирующие элементы								
Внутренний диаметр втулки	72H8	+0.046	0	72,046	72	0,46	—	—
То же вала	72e8	-0.060	-0.106	71,94	71,894	0,046	—	—
Ширина впадины втулки	7F10	+0.071	+0.013	7,071	7,013	0,058	—	—

Толщина зуба вала	7f7	-0.013	-0.028	6,987	6,972	0,015	–	–
Б. Не центрирующие элементы:								
Наружный диаметр втулки	82H12	+0,35	0	82,35	82	0,35	–	–
Тоже вала	82a11	-0,38	-0,60	81,62	81,4	0,22	–	–
В. Соединения:								
По центрирующему диаметру	–	–	–	–	–	–	0,152	0,06
По размеру	–	–	–	–	–	–	0,099	0,013

Вычерчиваем эскизные изображения шлицевого соединения с нанесением на них всех требуемых обозначений (рис.8).

### Форма отчета

Отчёт по выполнению практической работы №7 «Расчет допусков и посадок шлицевых соединений» выполняется, в соответствии с ГОСТ 2.106-68, как конструкторский документ рукописным или машинописным способом на стандартных листах формата А4, сшитых в тетрадь с плотной обложкой. Образец титульного листа приведен в приложении 2

Если отчет выполняется на ПК то шрифт должен быть 12 Times New Roman интервал 1 .

Если отчет выполняется рукописным способом , то он должен быть выполнен черной пастой.

Отчет выполняется с одной стороны листа. Нумерация страниц сверху листа.

В отчете необходимо отразить следующие пункты.

1. Записать тему, цели практической работы.
2. Выполнить расчет задания согласно варианта
3. Начертить схему полей допусков
4. Ответить на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

1. Какой принцип образования полей допусков, принятый в ЕСДП СЭВ?
2. Виды шлицевых соединений, их назначение.
3. Расшифровать D –25 x 72H9/e8 x 82 x 7F9/f7

№ вар.	Наружный диаметр D, мм	серия	Метод центрирования	Характер посадки
0	30	легкая	По d	переходная
1	32	легкая	По b	с зазором
2	36	легкая	По D	переходная
3	40	легкая	По d	с зазором
4	14	средняя	По b	переходная
5	16	средняя	По D	переходная
6	20	средняя	По d	с зазором
7	22	средняя	По b	переходная

8	25	средняя	По D	с зазором
9	60	тяжелая	По b	с зазором
10	65	тяжелая	По D	переходная
11	72	тяжелая	По d	с зазором
12	78	легкая	По D	с зазором
13	88	легкая	По b	переходная
14	98	легкая	По d	переходная
15	34	средняя	По D	с зазором
16	38	средняя	По b	переходная
17	42	средняя	По d	с зазором
18	36	легкая	По b	с зазором
19	46	легкая	По d	переходная

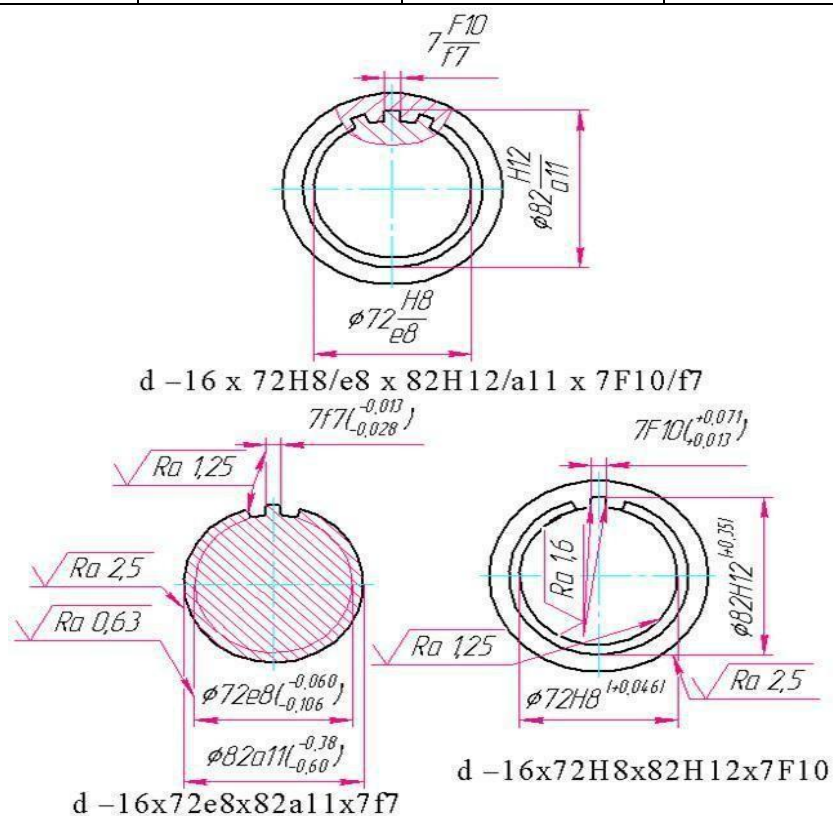


Рисунок 8. Эскиз шлицевого соединения и его деталей.



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.

**Тема:** Изучение приборов для контроля зубчатых колес и методов контроля норм точности зубчатых колес.

**Цель:** По заданному условию рассчитать параметры зубчатого колеса.

**Оборудование:** линейка, карандаш, тетрадь в клеточку, биенер, нормалер.

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок.

**Содержание работы:**

**Краткие теоретические основания выполняемого задания**

Зубчатая передача, механизм, состоящий из колёс с зубьями, которые сцепляются между собой и передают вращательное движение, обычно преобразуя угловые скорости и крутящие моменты. З. п. разделяют по взаимному расположению осей на передачи: с параллельными осями — цилиндрические; с пересекающимися осями — конические, а также редко применяемые цилиндро-конические и плоско-цилиндрические; с перекрещивающимися осями — зубчато-винтовые (червячные, гипоидные и винтовые). Частным случаем З. п. является зубчато-реечная передача, преобразующая вращательное движение в поступательное или наоборот. В большинстве машин и механизмов применяют З. п. с внешним зацеплением, т. е. с зубчатыми колёсами, имеющими зубья на внешней поверхности, реже — с внутренним зацеплением, при котором на одном колесе зубья нарезаны на внутренней поверхности. Зубчатые колёса выполняют: с прямыми зубьями для работ при невысоких и средних скоростях в открытых передачах и в коробках скоростей; с косыми зубьями для использования в ответственных передачах при средних и высоких скоростях (свыше 30% всех цилиндрических зубчатых колёс); с шевронными зубьями для передачи больших моментов и мощностей в тяжёлых машинах; с круговыми зубьями — во всех ответственных конических З. п. Как правило, в машинах и механизмах применяют З. п. с постоянным передаточным числом, где  $w_1, z_1$  и  $w_2, z_2$  — угловая скорость и число зубьев соответственно быстроходного и тихоходного зубчатых колёс. З. п. с переменным передаточным числом осуществляют некруглыми цилиндрическими колёсами, которые ведомому элементу сообщают заданную плавно изменяющуюся скорость при постоянной скорости ведущего. Такие З. п. применяют редко. Передаточное число одной пары колёс в редукторах обычно до 7, в коробках скоростей — до 4, в приводах столов станков — до 20 и более. Окружные скорости для высокоточных прямозубых З. п. — до 15 м/сек, для косозубых — до 30 м/сек, в быстроходных передачах скорости достигают 100 м/сек и более. З. п. являются наиболее рациональным и распространённым видом механических передач. Их применяют для передачи мощностей — от ничтожно малых до десятков тысяч квт, для передачи окружных усилий от долей грамма до 10 Мн (1000 тс). Основные достоинства З. п.: значительно меньшие габариты, чем у др. передач; высокий КПД (коэффициент полезного действия) (потери в точных, хорошо смазываемых передачах 1—2%, в особо

благоприятных условиях 0,5%); большая долговечность и надёжность; отсутствие проскальзывания; малые нагрузки на валы. К недостаткам 3. п. можно отнести шум при работе и необходимость точного изготовления. Зубчатые колёса находятся в т. н. зубчатом зацеплении, основной кинематической характеристикой которого является постоянство мгновенного передаточного отношения при непрерывном контакте зубьев. При этом общая нормаль (линия зацепления) к профилям зубчатых колёс в любой точке их касания должна проходить

через полюс зацепления (рис. 2). В цилиндрических передачах полюсом зацепления является точка касания начальных окружностей зубчатых колёс, т. е. окружностей, которые катятся друг по другу без скольжения. Диаметры начальных окружностей  $d_1$  и  $d_2$  можно определить из соотношений: где  $A$  — межосевое расстояние (расстояние между осями колёс). Указанному условию удовлетворяют многие кривые, в частности эвольвенты, которые наиболее выгодны для профилирования зубьев с точки зрения сочетания эксплуатационных и технологических свойств, поэтому эвольвентное зацепление получило преимущественное применение в машиностроении. Колёса с эвольвентным профилем могут быть нарезаны одним инструментом, независимо от числа зубьев и так, чтобы каждое эвольвентное колесо могло входить в зацепление с колёсами, имеющими любое число зубьев. Профиль зубьев инструмента может быть прямолинейным, удобным для изготовления и контроля. Эвольвентное зацепление мало чувствительно к отклонениям межосевого расстояния. Контакт профилей зубьев происходит в точках линии зацепления, проходящей через полюс зацепления касательно к основным окружностям с диаметрами  $d_{01} = d_1 \cos \alpha$  и  $d_{02} = d_2 \cos \alpha$ , где  $\alpha$  — угол зацепления. Основным размерный параметр эвольвентных и др. зубчатых зацеплений — модуль  $m$ , равный отношению диаметра делительной окружности зубчатого колеса  $d_d$  к числу зубьев  $z$ . Для некорректированных эвольвентных зацеплений и делительные окружности совпадают:  $d_1 = d_{d1} = mz_1$  и  $d_2 = d_{d2} = mz_2$ .

Профиль т. н. производящей рейки при образовании зубчатого колеса очерчивается по исходному контуру основной рейки (рис. 3), которая получается при увеличении числа зубьев нормального эвольвентного зубчатого колеса до бесконечности. Зубья производящей рейки имеют увеличенную высоту  $h = (h' + h'')$  для образования радиального зазора в зацеплении ( $\cos \alpha$ ), толщину по делительной окружности  $s$ , радиус закругления  $r_i$ , шаг зацепления  $t$ , угол зацепления  $\alpha_d$ . В косозубых колёсах исходный контур принимают в сечении, нормальном к линии зуба.

1. конической 3. п. (рис. 4) начальные цилиндры заменяются начальными конусами 1 и 2. Профили зубьев приближённо рассматриваются как линии пересечения боковых поверхностей зубьев с дополнительными конусами 3 и 4, соосными начальным, но с образующими, перпендикулярными образующим начальных конусов. Модуль, начальные и делительные

окружности измеряют на внешнем дополнительном конусе. Для удобства профилирования зубьев дополнительные конусы разворачивают на плоскость 5 и 6. Эвольвентное зацепление может быть улучшено корригированием. Кроме эвольвентного зацепления, в часовых механизмах и некоторых др. приборах применяют циклоидальное зацепление, работающее с меньшими потерями на трение и позволяющее применять зубчатые колёса с малым числом зубьев, но не обладающее указанными достоинствами эвольвентного зацепления. В тяжёлых машинах наряду с эвольвентными передачами применяют круговинтовые передачи (рис. 5), предложенные в 50-х гг. 20 в. М. Л. Новиковым. Профили зубьев колёс в зацеплении Новикова очерчиваются дугами окружностей. Выпуклые зубья одного зубчатого колеса (обычно малого) контактируют с вогнутыми зубьями другого. Начальное касание (без нагрузки) происходит в точке. В передаче Новикова зубчатые колёса косозубые. Точки контакта зубьев перемещаются не по высоте зубьев, а только в осевом направлении, т. е. линия зацепления параллельна осям колёс. К достоинствам таких З. п. относятся: пониженные контактные напряжения, благоприятные условия для образования масляного клина, возможность применения колёс с малым числом зубьев и, следовательно, большие передаточные числа. Несущая способность передач Новикова по критерию контактной прочности существенно выше, чем эвольвентных. Для удовлетворительной работы З. п. необходима достаточная их точность. Для З. п. предусмотрено 12 степеней точности, выбираемых в зависимости от назначения и условий работы передачи. Основные причины выхода из строя З. п. — поломки зубьев, усталостное выкрашивание поверхностных слоев зубьев, абразивный износ, заедание зубьев (наблюдаемое при разрушении масляной плёнки от больших давлений или высоких температур). Основными материалами для зубчатых колёс являются легированные стали, подвергаемые термической или химико-термической обработке: поверхностной закалке, преимущественно токами высокой частоты, объёмной закалке, цементации, нитроцементации, азотированию, цианированию. З. п. из сталей, улучшаемых термообработкой до нарезания зубьев, изготавливают при отсутствии жёстких требований к их габаритам, чаще всего в условиях мелкосерийного и индивидуального производства. При особых требованиях к бесшумности и малых нагрузках одно из зубчатых колёс делают из пластмассы (текстолита, капролона, древеснослоистых пластиков, полиформальдегида), а сопряжённое — из стали. З. п. рассчитывают на прочность по напряжениям изгиба в опасном сечении у основания зубьев и по контактным напряжениям в полюсе зацепления.

З.п. применяют в виде простых одноступенчатых передач и в виде различных сочетаний нескольких передач, встроенных в машины или выполненных в виде отдельных агрегатов. Широко используют З. п. для понижения угловых скоростей и повышения крутящих моментов в редукторах. Редукторы выполняют обычно в самостоятельных корпусах одно-, двух- и трёхступенчатыми с передаточными числами соответственно 1,6—6,3; 8—40;

45—200. Наиболее распространены двухступенчатые редукторы (около 95%). Для получения различных частот вращения выходного вала при постоянной скорости приводного двигателя применяют коробки скоростей. Возможности зубчатых механизмов расширяются с применением планетарных передач, которые используются в качестве редукторов и дифференциальных механизмов. Небольшие габариты и масса планетарных 3. п. обуславливаются распределением нагрузки между несколькими совершающими планетарное движение зубчатыми колёсами (сателлитами) и применением внутреннего зацепления, обладающего повышенной несущей способностью. При переходе от простых передач к планетарным достигается уменьшение массы в 1,5—5 раз. Наименьшие относительные габариты имеют волновые передачи, обеспечивающие передачу больших нагрузок при высокой кинематической точности и жёсткости.

Образей выполнения практического задания.

Дано:

Делительный диаметр колеса 68 мм

Модуль  $m=2$  мм;

Число зубьев  $z=34$ ;

Степень точности 5-6-6-Н

Для оценки метрологических параметров зубчатого колеса необходимо обеспечить его контроль по всем нормам точности (показателю кинематической точности, плавности работы, контакту зубьев и по боковому зазору в передаче). Стандартом регламентированы контрольные комплексы показателей, обеспечивающие проверку соответствия зубчатого колеса всем установленным нормам. Используя табл.32 [4] назначаем контрольный комплекс №2.

Показатель кинематической точности-  $F_{gr}$ -радиальное биение зубчатого венца- называется наибольшая в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура одиночного зуба или впадины, условно наложенного на профили зубьев колеса.

$F_r=16$  мкм.

$F_{gr}$ -накопленная погрешность шага по зубчатому колесу. Наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей  $F_p=20$  мкм.

$F_{pkr}$  -накопленная погрешность  $k$ шагов. Кинематическая погрешность зубчатого колеса при номинальном его повороте на  $k$ целых углов шагов.

$F_{pk}=28$  мкм

Показатель плавности работы-  $f_{ptr}$ - отклонение шага- кинематическая погрешность колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг .

$f_{pt}=\pm 10$  мкм.

отклонения шага зацепления от номинальных значений

$f_{pb}=\pm 9,5$  мкм

Показатель контакта зубьев- *суммарное пятно контакта*- часть активной боковой поверхности зуба колеса, на которой располагаются следы прилегания его к зубьям парного колеса после вращения передачи под нагрузкой.

-по высоте зуба, не менее 50%;

-по длине зуба, не менее 70%.

Показатель боковых зазоров- *EHs*- наименьшее смещение исходного контура от его номинального положения в тело зубчатого колеса, осуществляемое с целью обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора.

$EHs = -12 \text{ мкм}$ ;

*EWms*- наименьшее отклонение средней длины общей нормали.

$EWms = -8 \text{ мкм}$ .

*TH*-допуск на смещение исходного контура. Разность предельных дополнительных смещений исходного контура.

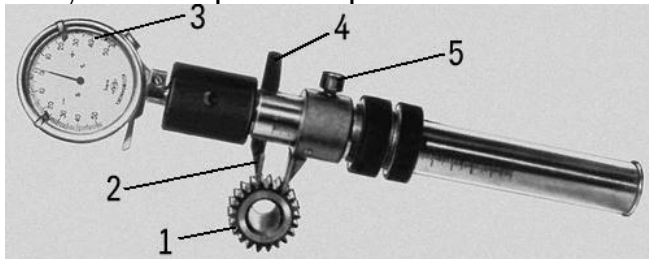
$TH = 40 \text{ мкм}$

Для контроля выбранных показателей применяем следующие приборы и устройства:

1. Биениемер



Рисунок - Нормалемер



Общий вид накладного нормалемера с отсчётной головкой: 1 — контролируемое колесо; 2 — измерительный наконечник; 3 — отсчётная головка; 4 — арретир; 5 — стопор.

## ФОРМА ОТЧЁТА

Отчёт по выполнению практической работы №7 «Расчет зубчатых колес по параметрам» выполняется, в соответствии с ГОСТ 2.106-68, как конструкторский документ рукописным или машинописным способом на

стандартных листах формата А4, сшитых в тетрадь с плотной обложкой. Образец титульного листа приведен в приложении 2

Если отчет выполняется на ПК то шрифт должен быть 12 Times New Roman интервал 1 .

Если отчет выполняется рукописным способом , то он должен быть выполнен черной пастой.

Отчет выполняется с одной стороны листа. Нумерация страниц вверху листа.

В отчете необходимо отразить следующие пункты.

1. Записать тему, цели практической работы.
2. Выполнить расчет задания согласно варианта
3. Начертить схему полей допусков
4. Ответить на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы**

1. Какой принцип образования полей допусков, принятый в ЕСДП СЭВ?
2. Виды зубчатых передач.
3. Почему для зубчатой передачи рекомендуют применять жесткие валы?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8.

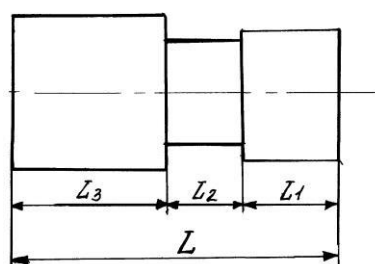
**Тема:** Проведение расчётов размерных цепей.

**Цель:** Закрепить знания, полученные в процессе изучения темы, развить практические навыки в подсчёте отклонений, предельных размеров и допуска замыкающего звена.

**Оборудование:** линейка, карандаш, тетрадь в клеточку.

**Справочный материал:** таблица допусков и посадок.

**Задание:** Начертить схему размерной цепи и рассчитать номинальный размер, предельные размеры, отклонения и допуск замыкающего звена по известным номинальным размерам и отклонениям составляющих звеньев



№ варианта	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	№ варианта	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>
1	100 <sup>+0,5</sup>	30 <sup>-0,3</sup>	40 <sup>-0,2</sup>	30	6	200 <sup>-0,5</sup>	20 <sup>+0,2</sup>	90 <sup>+0,3</sup>	90
2	120 <sup>-0,3</sup>	34	56 <sup>-0,1</sup>	30 <sup>+0,2</sup>	7	37 <sup>+0,1</sup>	17 <sup>+0,1</sup>	12 <sup>-0,4</sup>	8
3	120 <sup>+0,1</sup>	34 <sup>+0,05</sup>	56 <sup>+0,2</sup>	30	8	45 <sup>-0,4</sup>	15 <sup>-0,3</sup>	10	20 <sup>+0,2</sup>
4	45 <sup>+0,3</sup>	15	15 <sup>-0,1</sup>	15 <sup>+0,2</sup>	9	56 <sup>+0,5</sup>	6 <sup>-0,9</sup>	30 <sup>-0,3</sup>	20
5	65 <sup>-0,4</sup>	20 <sup>+0,2</sup>	25	20 <sup>+0,2</sup>	10	89 <sup>+0,75</sup>	19	45 <sup>+0,6</sup>	35 <sup>-0,7</sup>

### Методические указания:

Прежде, чем приступить к решению задачи, необходимо определить виды составляющих звеньев размерной цепи и параметры звеньев размерной цепи.

#### **Пример.**

По заданным размерам и полям допусков составляющих звеньев детали (рисунок 1) рассчитать замыкающее звено.

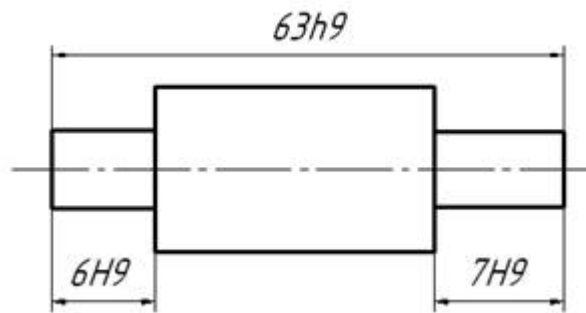


Рисунок 1

Решение.

1. Составляем схему размерной цепи (рисунок 2) из нее устанавливаем, что звенья  $A_2$  и  $A_3$  являются уменьшающими, а звено  $A_1$  – увеличивающее.

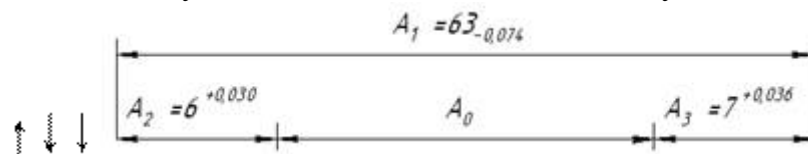


Рисунок 2 – Схема размерной цепи

2. Расчет производим методом максимум-минимум.

А) *Предельные отклонения звеньев, мкм:*

$$ES(A_1) = 0; EI(A_1) = -74;$$

$$ES(A_2) = 30; EI(A_2) = 0;$$

$$ES(A_3) = 36; EI(A_3) = 0;$$

Б) *Допуски звеньев* выписываем из таблицы предельных отклонений полей допусков гладких соединений:

$$TA_1 = 74 \text{ мкм};$$

$$TA_2 = 30 \text{ мкм};$$

$$TA_3 = 36 \text{ мкм}$$

В) *Номинальное значение* замыкающего звена вычисляем по формуле:

$$A_0 = \sum A \uparrow - \sum A \downarrow; A_0 = 63 - (6 + 7) = 50 \text{ мм}$$

где  $n$  – число увеличивающих звеньев,

$p$  – число уменьшающих звеньев.

Г) *Предельные размеры* замыкающего звена выписываем по формулам:

$$A_{0\max} = \sum A_{\max} \uparrow - \sum A_{\min} \downarrow; A_{0\max} = 63 - (6 + 7) = 50 \text{ мм}$$

$$A_{0\min} = \sum A_{\min} \uparrow - \sum A_{\max} \downarrow; A_{0\min} = 69,926 - (6,030 + 7,036) = 49,86 \text{ мм}$$

Д) *Отклонения* замыкающего звена вычисляем по формулам:



$$ES(A_0) = \sum^N ES(A \uparrow) - \sum^P EI(A \downarrow); ES(A_0) = 0 - (0 + 0) = 0 \text{ мм}$$

$$EI(A_0) = \sum^N EI(A \uparrow) - \sum^P ES(A \downarrow); EI(A_0) = -74 - (30 + 36) = -140 \text{ мкм}$$

Е) Допуск замыкающего звена определяем по формуле:

$$TA_0 = ES(A_0) - EI(A_0); TA_0 = 0 - (-140) = 140 \text{ мкм}$$

**Ответ:**  $A_0 = 50_{-0,140}$

### Контрольные вопросы:

1. Что называется размерной цепью?
2. Что называют замыкающим звеном размерной цепи?
3. Какие звенья цепи называются увеличивающимися, какие уменьшающими?
4. Охарактеризуйте принцип расчета обратной задачи.

## **Информационное обеспечение обучения**

### **Печатные и электронные издания**

#### **Основные учебные издания:**

1. Хрусталева, З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: учебное пособие / Хрусталева З.А. — Москва: КноРус, 2021. — 171 с. — ISBN 978-5-406-03241-1. — URL: <https://book.ru/book/937033>. — Текст: электронный.
2. Шишмарев, В.Ю. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Шишмарев В.Ю. — Москва: КноРус, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-406-08290-4. — URL: <https://book.ru/book/940950> — Текст: электронный.
3. Николаева, М. А. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия. Практикум : учебное пособие / М.А. Николаева, Л.В. Карташова, Т.П. Лебедева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 115 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1160867. - ISBN 978-5-16-016472-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1160867>

#### **Дополнительные учебные издания:**

4. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Мельников В.П., под ред., Шулепов А.В., Васильева Т.Ю. — Москва: КноРус, 2021. — 441 с. — ISBN 978-5-406-08785-5. — URL: <https://book.ru/book/940990>. — Текст: электронный.
5. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / Зайцев С.А., под ред., Вячеславова О.Ф., Парфеньева И.Е. — Москва: КноРус, 2020. — 174 с. — ISBN 978-5-406-01901-6. — URL: <https://book.ru/book/938687> — Текст: электронный.

#### **Интернет ресурсы**

6. <http://www.asms.ru/> Академия стандартизации, метрологии и сертификации
7. <http://metro.ru/> Метрология. Метрологическое обеспечение производства
8. <http://www.gost.ru/wps/portal/> Росстандарт

#### **Электронно-библиотечная система:**

9. ЭБС «PROОбразование»
10. ЭБС «Book.ru»
11. ЭБС «Znaniy»

