

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
К.И.САТПАЕВА

Институт металлургии и полиграфии им. А. Буркитбаева

Кафедра «Металлургические машины и оборудование»



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ДИСЦИПЛИНЫ СТУДЕНТА

по дисциплине «Основы взаимозаменяемости»
для специальности 050724 «Технологические машины и
оборудование» (Металлургические машины и оборудование)

Алматы 2008

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Основы взаимозаменяемости» для студентов КазНТУ имени К.И.Сатпаева по специальности 050724 «Технологические машины и оборудование» (Металлургические машины и оборудование)

Составитель: кафедра ММиО, Алматы: КазНТУ, 2008 г.

Составитель: *Бортебаев Сайын Абыльханович*

Старший преподаватель кафедры ММиО, кандидат технических наук

АННОТАЦИЯ

Для динамично развивающейся РК в развитии металлургического машиностроения большое значение имеет организация производства машин и других изделий на основе взаимозаменяемости, создание и применение надежных средств технических измерений и контроля.

Данный УМК дает студентам тот минимум знаний, который необходим для квалифицированного подхода к решению технических задач в области металлургического машиностроения.

1. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ – SYLLABUS

Данные о преподавателях:

Преподаватель, ведущий занятия Бортебаев Сайын Абильханович
Старший преподаватель кафедры ММиО, кандидат технических наук
Контактная информация тел. : 257-70-69 (73-50)
Время пребывания на кафедре с 9.00-17.00 ауд. ТТК-411

Данные о дисциплине:

Название: Основы взаимозаменяемости
Количество кредитов - 2 (90)
Место проведения: аудитории и лаборатории кафедры ММиО (ТТК)

Таблица 1

Выписка из учебного плана

Курс	Семестр	Кре- диты	Академических часов в неделю					Форм а контр оля	
			Лекции	Лаб. за нятия	Практ.занятия /семин. занят.	СРС*	СРСП *		Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	2	1	1	-	2	2	6	Экзамен (тест)

Пререквизиты:

- математика;
- физика;
- начертательная геометрия и инженерная графика;
- стандартизация сертификация и технические измерения, информатика.

1.4 Постреквизиты:

- основы конструирования и детали машин;
- конструирования металлургических машин;
- САПР технологических машин;
- проектирование металлургических цехов.

1.5 Краткое содержание дисциплины:

При современном развитии науки и техники, при организованном массовом производстве взаимозаменяемость является одним из наиболее эффективных средств, способствующих развитию во всех областях хозяйственной деятельности. Курс «Основы взаимозаменяемости» ставит своей целью закрепление теоретических положений курса, излагаемых лекциях, привитие навыков в пользовании справочным материалом, а также ознакомление студентов с основными типами расчетов, связанных с выбором посадок, классов точности, с вероятностными расчетами и размерным анализом.

Целью преподавания дисциплины является усвоения основ и методов стандартизации, методов контроля и управления качеством и привития студентам навыков применения этих методов при проектировании технологических машин.

Задачи дисциплины: В результате изучения дисциплины студент должен:

- выработать навык к анализу влияния входных параметров на функциональные показатели изделия и его частей, а также к технико-экономическому обоснованию выбора допусков входных параметров;
- ознакомиться со спецификой выбора параметров полей допусков и посадок сопрягаемых узлов (а также подшипников, резьб, зубчатых колес и передач) с выбором допусков формы и расположения, с выборами параметров шероховатости;
- обязательно использовать стандарты, грамотно оформлять чертежи.

1.6 Перечень и виды заданий и график их выполнения:

Таблица 2

Виды заданий и сроки их выполнения

Виды контроля	Вид работы	Тема работы	Ссылки на рекомендуемую литературу с указанием страниц	Сроки сдачи
1	2	3	4	6
Текущий контроль	Лабораторная работа 1	Измерение конструктивных параметров деталей	2 осн.[1-5] 1 доп.[78-111]	2 нед.
	СРС 1	Допуски и посадки.	1 осн. [45-47] 2 осн. [23-28] 3 осн. [12-14]	3 нед.
	Лабораторная работа 2	Измерение шероховатости поверхности деталей	2 осн.[1-8] 1 доп.[78-111]	4 нед.
	СРС 2	Определение вероятности получения посадки с зазором и натягом в переходной посадке.	1 осн. [48-52] 1 доп. [63-70]	5 нед.
	Лабораторная работа 3	Измерение размеров деталей с помощью предельных калибров	2 осн.[7-11] 1 доп.[151-190]	6 нед.
	Реферат	Зубчатые передачи	1 осн.[281-290] 1 доп.[124-127]	6 нед.
	СРС 3	Определение размеров гладких калибров.	2 осн. [287-297] 3 осн. [128-137] 3 доп. [214-224]	7 нед.
Рубежный контроль	Тестирование	Тест из 10 вопросов		8 нед.
Текущий контроль	Лабораторная работа 4	Измерение элементов резьбы	2 осн.[4-9] 1 доп.[102-107]	9 нед.
	СРС 4	Методы расчета размерных цепей	4 осн. [264-366]	10 нед.
	Лабораторная работа 5	Методы и средства контроля угловых размеров.	2 осн.[5-9] 1 доп.[82-113]	11 нед.

	СРС 5	Основные отклонения отверстий и валов в системе ISO	2 осн. [289-292] 3 осн. [130-131]	12 нед.
	Лабораторная работа 6	Выбор посадок цилиндрических соединений	1 осн.[42-46] 1 доп.[14-28]	13 нед.
	Реферат	Размерные цепи	4 осн. [264-366]	14 нед.
	Лабораторная работа 7	Определение допусков размеров, входящих в размерные цепи	4 осн.[264-366]	14 нед.
Рубежный контроль	Тестирование	Тест из 10 вопросов		15 нед.
Итоговый контроль	Экзамен (тест)			

1.7 Список литературы

Основная:

1. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1987.
2. Допуски и посадки. Справочник в 2-х томах/ под ред. Мягков В., Л.: Машиностроения, 1982.
3. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. М.: Издательство стандартов, 1991.
4. Основы стандартизации в машиностроении/Под ред. В.В. Бойцова. М.: Издательство стандартов, 1983.
5. Журавлев А.Н. Допуски и технические измерения. М.: Машиностроение, 1981.

Дополнительная:

1. Данильченко В.П., Егошин Р.Д. Метрологическое обеспечение промышленного производства. Справочник. Киев: Техника, 1982.
2. Селиванов М.Н., Фридман А.Э., Кудряшова Ж.Ф. Качество измерений: Метрологическая справочная книга. Л.: Лениздат, 1987.
3. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. М.: Машиностроение, 1987.
4. Асташенков А.И., Немчинов Ю.В., Лысенко В.Г. Теория и практика поверки и калибровки. М.: Издательство стандартов, 1994.
5. Н.Н. Зябрева, Е.И. Перельман, М.Я. Шегал Пособие к решению задач по курсу взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Высшая шк., 1977.
6. Методические указания по дисциплине «Основы взаимозаменяемости», Мендебаев Т.М., Усупов С.С., Алматы, КазНТУ, 2002.

1.8 Контроль и оценка знаний

Таблица 3

Распределение рейтинговых процентов по видам контроля

№ вариантов	Вид итогового контроля	Виды контроля	%
1	Экзамен (тест)	Итоговый контроль	100
		Рубежный контроль	100
		Текущий контроль	100

**Календарный график сдачи всех видов контроля
по дисциплине «Основы взаимозаменяемости»**

Недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Количество контроле		1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Виды контроле		Л1	СР	Л2	СР	Л3, Р	СР	РК	Л4	СР	Л5	СР	Л6	Л7, Р	РК
<i>Виды контроле: Л – лабораторная работа; Р-реферат; СР-самостоятельная работа; РК - рубежный контроле.</i>															

Оценка знаний студентов

Оценка	Буквенный эквивалент	Рейтинговый балл (в процентах %)	В баллах
Отлично	A	95-100	4
	A-	90-94	3,67
Хорошо	B+	85-89	3,33
	B	80-84	3,0
	B-	75-79	2,67
Удовлетворительно	C+	70-74	2,33
	C	65-69	2,0
	C-	60-64	1,67
	D+	55-59	1,33
	D	50-54	1,0
Неудовлетворительно	F	0-49	0

Перечень вопросов для проведения контроле по модулям и промежуточной аттестации

Модуль 1

1. Понятие о взаимозаменяемости и ее видах.
2. Расчет и выбор посадок с натягом.
3. Допуски метрической резьбы. Обозначение точности и посадок метрической резьбы.
4. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах.
5. Область применения посадок с натягом. Привести примеры.
6. Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений.
7. Понятие о предельных отклонениях.
7. Допуски и посадки подшипников качения.
8. Классификация отклонений геометрических параметров.
9. Принципы построения систем допусков и посадок для типовых соединений деталей машин.
10. Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпус.
11. Отклонения и допуски форм. Отклонения форм цилиндрических поверхностей.
12. Методы выбора допусков и посадок.
13. Гладкие калибры. Виды и конструктивные исполнения. Маркировка калибров.
14. Отклонения формы плоских поверхностей и расположения поверхностей.

15. Основные эксплуатационные требования и система допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.

Промежуточная аттестация

1. Допуски калибров. Расчет исполнительных калибров. Схемы расположения их полей допусков.
2. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей.
3. Методика построения посадок. Обозначение предельных отклонений и посадок на чертежах.
4. Система допусков углов и конических соединений.
5. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения поверхностей деталей.
6. Расчет и выбор посадок с зазором в подшипниках скольжения.
7. Требования к резьбовым соединениям. Основные параметры и характеристика крепежных цилиндрических резьб.
8. Определение основных параметров шероховатости поверхности.
9. Область применения рекомендуемых посадок с зазором. Привести примеры.
10. Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей.
11. Отклонение шага, угла профиля резьбы и их диаметральной компенсация.
12. Расчет и выбор переходных посадок.
13. Приведенный средний диаметр резьбы. Суммарный допуск среднего диаметра резьбы.
14. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.
15. Область применения различных переходных посадок.

Модуль 2

1. Посадки резьбовых деталей с зазором.
2. Выбор параметров шероховатости и их числовых значений.
3. Взаимозаменяемость.
4. Виды конических соединений. Допуски на угловые размеры.
5. Средства контроля зубчатых и червячных передач.
6. Классификация и основные эксплуатационные требования к зубчатым передачам.
7. Основные эксплуатационные требования к шпоночным и шлицевым соединениям с эвольвентным профилем (ГОСТ 6033-80).
8. Классификация размерных цепей.
9. Методы решения размерных цепей.
10. Обозначение допусков и посадок шпоночных и шлицевых соединений.
11. Дать определение понятию взаимозаменяемость изделия?
12. Что называется принципом взаимозаменяемости?
13. Что такое полное взаимозаменяемость?
14. Чем характеризуется уровень взаимозаменяемости?
15. Дать определение о нормальном действительном и предельном размерах?

1.9 Политика и процедура

В обязанности студента входит посещение всех видов занятий. Согласно календарному графику учебного процесса сдавать все виды контроля. Пропущенные практические и лабораторные занятия отрабатывать по назначенному преподавателем времени. По лекционным занятиям (независимо от причин) пропуск отрабатывается в виде реферата по пропущенной тематике. Обязательность посещения занятий обуславливается ограниченным количеством учебно-методического материала.

2 СОДЕРЖАНИЕ АКТИВНОГО РАЗДАТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

2.1 Тематический план курса

Тематический план курса

№	Наименование темы	Количество академических часов			
		Лекция	Лабораторные	СРСП	СРС
1	Введение. Основные понятия о взаимозаменяемости и системах допусков и посадок	2	2	4	4
2	Система нормирования отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей деталей.	2	2	4	4
3	Взаимозаменяемость гладких цилиндрических и конических соединений.	3	3	5	5
4	Взаимозаменяемость, методы и средства контроля, резьбовых соединений. Система допусков и посадок метрической резьбы.	2	2	5	5
5	Взаимозаменяемость, методы и средства контроля зубчатых и червячных передач.	2	2	4	4
6	Взаимозаменяемость, методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений.	2	2	4	4
7	Основные положения теории практики расчета размерных цепей. Термины и определения. Классификация.	2	2	4	4
Всего (часов)		15	15	30	30

2.2 Конспект лекционных занятий

Лекция №1

Тема лекции: Введение. Основные понятия о взаимозаменяемости и системах допусков и посадок .

В развитии машиностроения большое значение имеет организация производства машин и других изделий на основе взаимозаменяемости, создание и применение надежных средств технических измерений и контроля.

Взаимозаменяемость изделий (машин, узлов, механизмов и тд.) и их частей или других продукции (сырья, материалов, полуфабрикатов называют их свойство равномерной замены при использовании любой из множества экземпляров изделий, их частей или иной

продукции другим однотипным экземпляром). Наиболее широко применяют полную взаимозаменяемость, которая обеспечивает возможность беспригоночной сборки.

Полная взаимозаменяемость возможна только тогда, когда размеры, форма, механические электрические и др. количественные и качественные характеристики деталей и сборных единиц после изготовления находятся в заданных пределах и собранные изделия, удовлетворяющие техническим требованиям.

Принципом взаимозаменяемости называется комплекс научно-технических исходных положений, выполнение которых при конструировании производстве и эксплуатации обеспечивает взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц и изделий.

Не полная взаимозаменяемость применяется в том случае, когда необходимо изготавливать детали и сборочные единицы с малым технически трудно-выполнимыми допусками. В тех случаях для получения требуемой точности применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулировку, пригонку и др. дополнительные технические мероприятия.

Внешняя взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость кооперируемых изделий(монтируемых в другие, более сложные изделия) и сборочные единицы по эксплуатационным показателям, а также размерам и форме соединительных поверхностей.

Внутренняя взаимозаменяемость – распространяется на детали и сборочные единицы и механизмы, входящие изделие (например, в подшипниках качения внутренних размеров, взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца)

Уровень взаимозаменяемости производства характеризуется коэффициентом взаимозаменяемости K_v , равном отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления изделий.

Совместимость – это свойство объектов занимать свое место в сложном готовом изделии и выполнять требуемые функции при совместной или последовательной работе этих объектов и сложного изделия в заданных эксплуатационных условиях.

Объект – это автономные блоки, приборы или другие изделия, входящие в сложные изделия.

Номинальные, действительные и предельные размеры.

Номинальный размер (D, d, l и др.)- размер, который служит началом отсчета и относительно которого определяют предельные размеры.

Номинальные размеры находят расчетом их на прочность и жесткость, а также исходя из совершенства геометрических форм и обеспечении технологичности конструкций изделий.

Для сокращения числа типоразмеров заготовок и деталей, а также для облегчения типизации технологических процессов значения размеров, полученные расчетом, следует округлить в соответствии со значениями, указанными в ГОСТ 6636-39 (СТ СЭВ 514-77). Ряды нормальных линейных размеров построены на базе рядов предпочтительных чисел (ГОСТ 8032-56), но с некоторым округлением их значений.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Этот термин введен потому, что невозможно изготовить с абсолютно точными требуемыми размерами и измерить их без внесения погрешности.

Предельные размеры детали – два предельных допускаемых размеров, между которыми может быть равен действительный размер годной детали. Большой назначают – наибольшим предельным размером D_{max}, d_{max} .

Меньший – наименьшим предельным размером D_{min}, d_{min} .

ГОСТ 25346-82 устанавливает понятия проходного и непроходного пределов размера.

Проходной предел – один из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала детали:

к нижнему пределу для отверстия (D_{min}) и верхнему пределу для вала (d_{max}).

Непроходной предел – это один из двух предельных размеров, которым соответствует минимальному количеству материала детали и проверяется непроходным калибром: к

верхнему пределу для вала (d_{min}). Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера:

Верхнее предельное отклонение ES, es – алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами.

Нижнее предельное отклонение EI, ei – алгебраическая разность между наименьшим предельным отклонением и номинальным размерами.

Для отверстия: $ES = D_{max} - D_n$; $EI = D_{min} - D_n$;

Для вала: $es = d_{max} - d_n$; $ei = d_{min} - d_n$.

Действительным отклонением – называется алгебраическая разность между действительным размерами.

Отклонения могут быть положительными (+) и отрицательными (-).

В машиностроительных чертежах размеры и отклонения проставляются в миллиметрах без указания размерности, угловые размеры и их предельные отклонения – в градусах, минутах или секундах с указанием единиц $0^\circ 30' 40''$.

Допуском T (от латинского *Tolerance* – допуск) – называют разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми значениями того или иного параметра. Допуск – величина всегда положительная. Он определяет допускаемое поле рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления.

Для упрощения допуски можно изображать графически в виде полей допусков.

Поле допуска – поле ограниченное верхним и нижним отклонениями.

Нулевая линия – соответствует номинальному размеру.

Соединения.

Две или несколько подвижно или неподвижно соединенных детали называют сопрягаемыми.

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть охватывающие и охватываемые поверхности.

Вал – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов (поверхностей) деталей.

Отверстие – термин, применяемый для обозначения внутренних (обхватывающих) элементов (поверхностей) деталей.

Основной вал – вал, верхнее отклонение которого равен 0 ($es = 0$).

Основное отверстие – отверстие, нижнее отклонение которого равно 0 ($EI = 0$).

TD – допуск отверстия, Td – допуск вала.

Посадки.

Посадкой – называют характер соединений деталей, определяемый величину получающихся в нем разоров или натягов.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадки могут быть: с зазором, с натягом или переходной.

Зазор S – разность размеров отверстия или вала, если размер отверстия больше размера вала.

$S_{max} = D_{max} - d_{min}$; $S_{min} = D_{min} - d_{max}$;

$S_{cp} = (S_{max} + S_{min})/2$

Натяг N – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

$N_{max} = d_{max} - D_{min}$; $N_{min} = d_{min} - D_{max}$;

$N_m = (N_{max} - N_{min})/2$

Посадка с зазором – посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении, а также когда $S_{min} = 0$.

Посадка с натягом – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора так и натяга.

Допуск посадки – разность между наибольшим и наименьшим допусками зазорами (допуск зазора TS в посадках с зазором), или наибольшим и наименьшим допускаемыми натягами (допуск натяга TN в посадках с натягами):

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; TN = N_{\max} - N_{\min}.$$

Для всех типов посадок допуск посадок численно равен сумме допусков отверстия и вала, т.е.

$$TS (TN) = TD + Td.$$

Пример обозначения посадки: 40H7/g6.

Или 40H7- g6 мм 40H7/g6.

Погрешность Δx - это разность между действительным значением X_g и расчетным $X_{\text{расч}}$. Размерами: $\Delta x = X_g - X_{\text{расч}}$.

Расчетным размером для валов считают наибольший предельный размер, для отверстия наименьший предельный размер, т.е. проходной предел.

Точность изготовления назначает степень приближения.

Единые принципы построения системы допусков

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов.

Система предназначена для выбора минимальных необходимых, но достаточных для практика варианта допусков и посадок типовых соединений

Деталей машин, дает возможность стандартизировать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемых изделий и их частей, а также повышает их качества.

Предусмотрены посадки в системе отверстия (СА) и системе вала (СВ).

Посадки в системе отверстия – посадки, которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом.

1. поле допусков отверстий.
2. поле допусков основного вала.

Преимущественное распространение получила система отверстия.

Для построения системы допусков устанавливают единицу допуска $i(I)$, которая, отражает влияние технологических, конструктивных и метрологических факторов, выражает зависимость допуск от номинального размера, ограничиваемую допуском и является мерой точности.

Под квалитетом (qualite - качество) понимают совокупность допусков, характеризуемой постоянной относительной точностью (определяемый коэффициентом a) для всех номинальных размеров данного диапазона.

Точность в пределах одного квалитета зависит только от номинального размера. Установлено 19 квалитетов: 0,1 , 0 , 1 ... 17.

Основная литература стр. 151 – 206, [1].

Дополнительная литература стр. 142 – 144, [14].

Контрольные вопросы:

1. Виды взаимозаменяемости и их сущность.
2. Виды размеров.
3. Что такое квалитет?
4. Виды посадок.

Лекция № 2

Тема лекции: Система нормирования отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей деталей.

Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности

(номинального профиля). Шероховатость поверхности не включают в отклонение формы, волнистость включают в отклонение формы. В обоснованных случаях допускается нормировать отклонение формы, включая шероховатость поверхности, а волнистость нормировать отдельно (или нормировать часть отклонения формы без учета волнистости).

В основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

Прилегающая прямая – это прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 1, а).

Прилегающая окружность – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (рис. 1, б) или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 1, в).

Прилегающая плоскость – это плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающий цилиндр – это цилиндр минимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором. При измерении прилегающими поверхностями служат рабочие поверхности контрольных плит, интерференционных стекол, лекальных и поверочных линеек, калибров, контрольных оправок и т.п. Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием Δ от точек реальной поверхности (профиля) по нормали к последней.

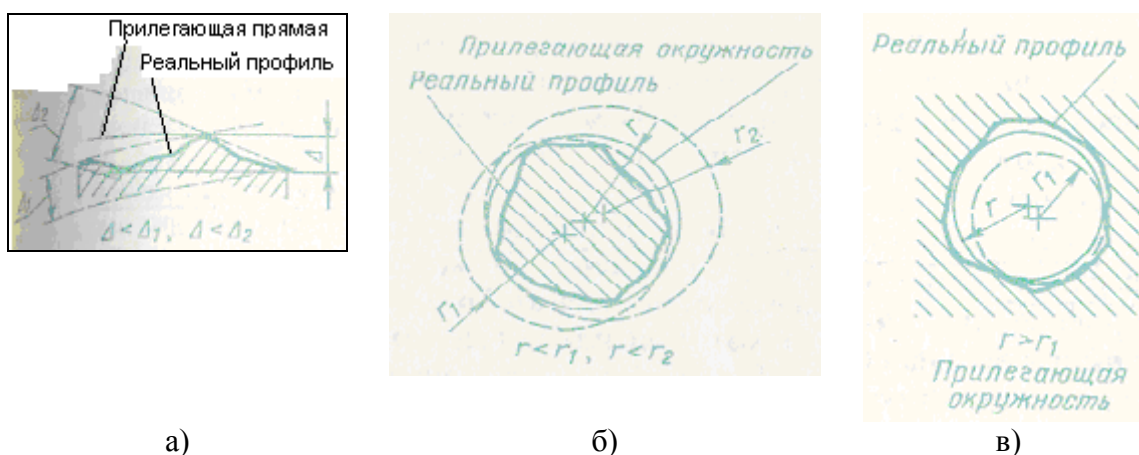


Рисунок 1 - Прилегающая прямая (а) и окружность радиусом r (б, в)

При анализе геометрических параметров деталей различают поверхности: номинальные (идеальные, не имеющие отклонений формы и размеров), форма которых задана чертежом, и реальные (действительные), которые ограничивают деталь, отделяя ее от окружающей среды.

Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля).

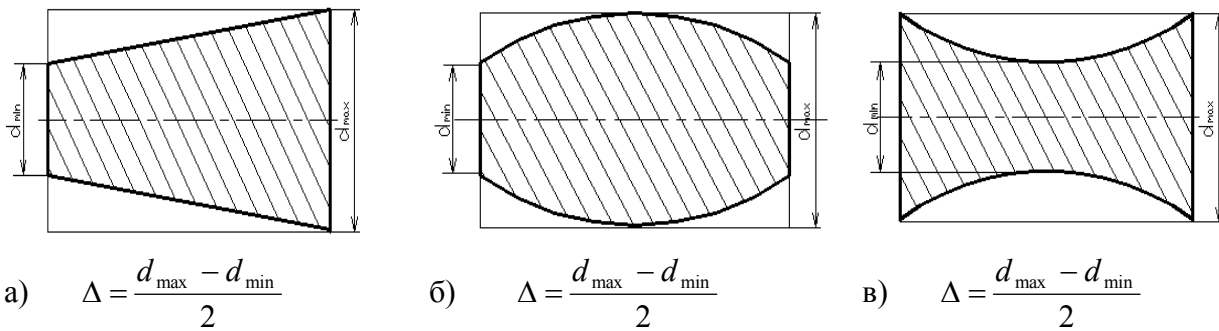


Рисунок 2 - Виды отклонения от цилиндрической формы

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (Рис.2, а).

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (Рис. 2, б).

Седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (Рис. 2, в).

Отклонения формы и расположения поверхностей деталей определяют как универсальными, так и специальными измерительными средствами. Овальность и четную огранку измеряют двухконтактными приборами. Овальность равна половине разности между наибольшими и наименьшим диаметрами детали, измеренными в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Огранка с нечетным числом граней приборами с двухточечным контактом не обнаруживается. Ее можно измерить в кольце или трехконтактными измерительными устройствами, например на призме (два опорных неподвижных контакта) с индикатором.

Отклонение от круглости наиболее точно может быть измерено на приборах – кругломерах, которые делят на приборы с вращающимся наконечником преобразователя и приборы с вращающимся столом, на котором устанавливают проверяемую деталь.

Для измерения отклонений от плоскостности и от прямолинейности применяют уровни различных конструкции, оптические линейки, оптические струны и плоскомеры. Применяют также приспособления с измерительной головкой. Плоскостность можно определять поверочными плитами на краску (по установленному наименьшему числу пятен на единицу площади). Отклонение от прямолинейности можно определять по профилограмме. Для контроля точности расположения поверхностей применяют специальные приспособления.

Измеряют шероховатость контактным методом щуповыми приборами (профилометрами и профилографами) и бесконтактным – оптическими приборами (микродифрактометрами, двойными микроскопами, иммерсионно-репликовыми микроинтерферометрами и др.).

Шероховатостью поверхности (по СТ СЭВ 638 – 77 и ГОСТ 2789 – 73, которые соответствуют требованиям рекомендации ISO P468) называют совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине l . Базовой длиной l называют длину базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров.

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

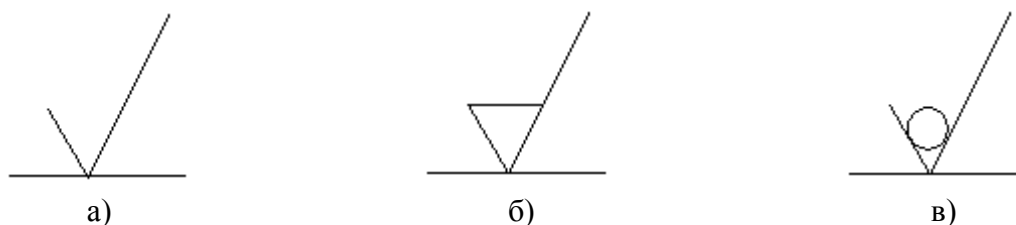


Рисунок 3 - Знаки обозначения шероховатости поверхности (а, б, в).

Допуски расположения, устанавливаемые для валов и отверстий, могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимым называется переменный допуск расположения (указывают в чертеже минимальное значение), который допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера поверхности деталей от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия). Зависимые допуски расположения назначают главным образом в тех случаях, когда необходимо обеспечить собираемость деталей, сопрягающихся одновременно по нескольким поверхностям с заданными зазорами или натягами.

Независимыми называется допуск расположения (или формы), величина которого постоянна для всех деталей, изготовленных по данному чертежу, и не зависит от действительных отклонений размеров рассматриваемых поверхностей, например, когда необходимо выдержать соосность посадочных гнезд под подшипники качения, ограничить колебание межосевых расстояний в корпусах редукторов и т.п.

Основная литература стр. 151 – 206, [1].

Дополнительная литература стр. 142 – 144, [14].

Контрольные вопросы:

1. Методы и средства измерений и контроля.
2. Виды отклонений.
3. Обозначения шероховатости поверхности на чертежах.
4. Какие существуют виды отклонения от геометрической формы поверхностей деталей.

Лекция №3

Тема лекции. Взаимозаменяемость гладких цилиндрических и конических соединений.

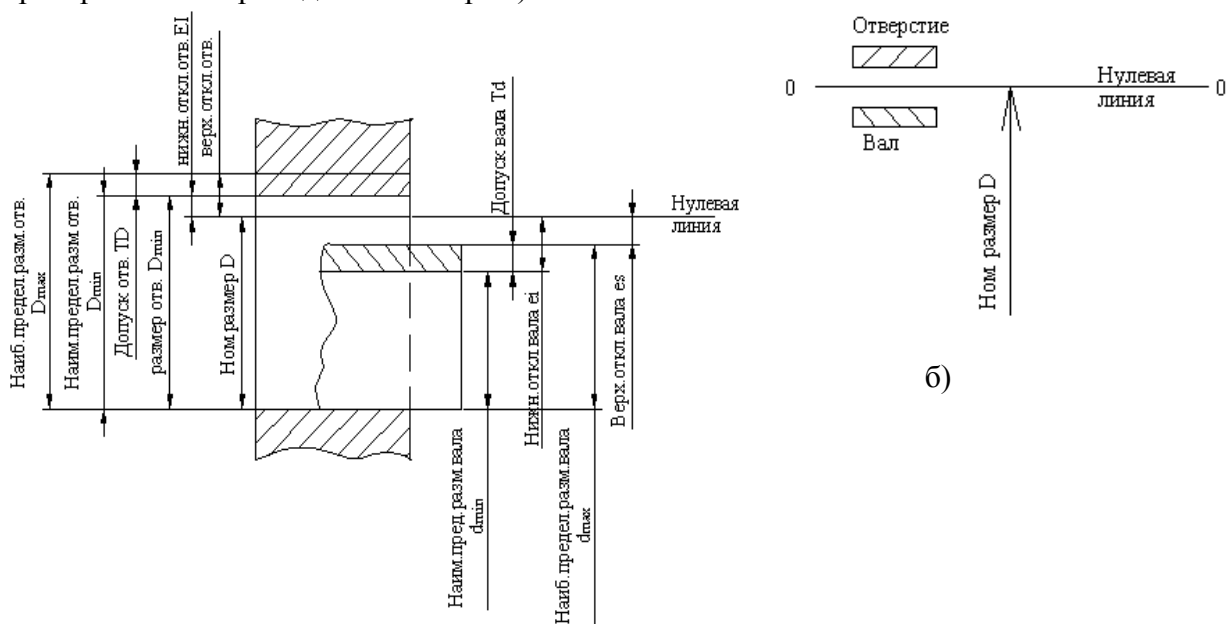
Номинальный размер (D , d , l и др.) – размер, который служит началом отсчета отклонений и относительно которого определяют предельные размеры.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Этот термин введен, потому что невозможно изготовить деталь с абсолютно точными требуемыми размерами и измерить их без внесения погрешности.

Предельные размеры детали – два предельно допускаемых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Большой из них называют наибольшим предельным размером, меньший – наименьшим предельным размером. Обозначим их D_{\max} и D_{\min} для отверстия, d_{\max} и d_{\min} – для вала (Рис. 4, а). Сравнение действительного размера с предельными дает возможность судить о годности детали.

Проходной предел – термин, применяемый к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, а именно верхнему пределу для вала и нижнему пределу для отверстия (при применении предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом проходным калибром). Непроходной предел – термин, применяемый к тому из двух предельных размеров, который соответствует минимальному

количеству материала, а именно нижнему пределу для вала и верхнему пределу для отверстия (при применении предельных калибров речь идет о предельном размере, проверяемом непроходным калибром).



а)

Рисунок 4 - Поля допусков отверстия и вала при посадке с зазором (отклонения отверстия положительны, отклонения вала отрицательны)

Допуском T (от лат. Tolerance - допуск) называют разность между наибольшим и наименьшим допускаемыми значениями того или иного параметра.

Для упрощения допуски можно изображать графический в виде полей допусков (рис. 4, б).

Поле допуска – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями.

Вал – термин, применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов (поверхности) деталей. Отверстие - термин, применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов (поверхностей) деталей.

Посадкой называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Зазор S – разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения собранных деталей.

Натяг N – разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия.

Посадка с зазором – посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала).

Посадка с натягом – посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала).

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

Системой допусков и посадок называют совокупность рядов допусков и посадок, закономерно построенных на основе опыта, теоретических и экспериментальных исследований и оформленных в виде стандартов. Система предназначена для выбора минимально необходимых, но достаточных для практики вариантов допусков и посадок типовых соединений деталей машин, дает возможность стандартизовать режущие инструменты и калибры, облегчает конструирование, производство и достижение взаимозаменяемости изделий и их частей, а также обуславливает повышению их качества. В

нашей стране ранее применяли системы допусков и посадок, оформленные рядом общесоюзных (ОСТ) и государственных (ГОСТ) стандартов. В настоящее время большинство стран мира применяют в системы допусков и посадок ИСО. Системы ИСО созданы для унификации национальных систем допусков и посадок с целью облегчения международных технических связей в металлообрабатывающей промышленности.

Система допусков и посадок ИСО и ЕСДП для типовых деталей машин построены по единым принципам. Предусмотрены посадки в системе отверстия (СО) и в системе вала (СВ).

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием (рисунок 5,а), которые обозначают (Н). Посадки в системе вала - посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных отверстий с основным валом (рисунок 5, б), который обозначают h.

Для всех посадок в системе отверстий нижнее отклонение отверстия $EI = 0$, т.е. нижняя граница поля допуска основного отверстия всегда совпадает с нулевой линией. Для всех посадок в системе вала верхнее отклонение основного вала $es = 0$, т.е. верхняя граница поля допуска вала всегда совпадает с нулевой линией. Поля допуска основного отверстия откладывают вверх, поле допуска основного вала вниз от нулевой линии, т.е. в материал детали. Такую систему допусков называют односторонней предельной. Характер одноименных посадок (т.е. предельные зазоры и натяги) в системе отверстия и в системе вала примерно одинаков. Выбор систем отверстий и вала для той или иной посадки определяется конструктивными, технологическими и технологическими соображениями.

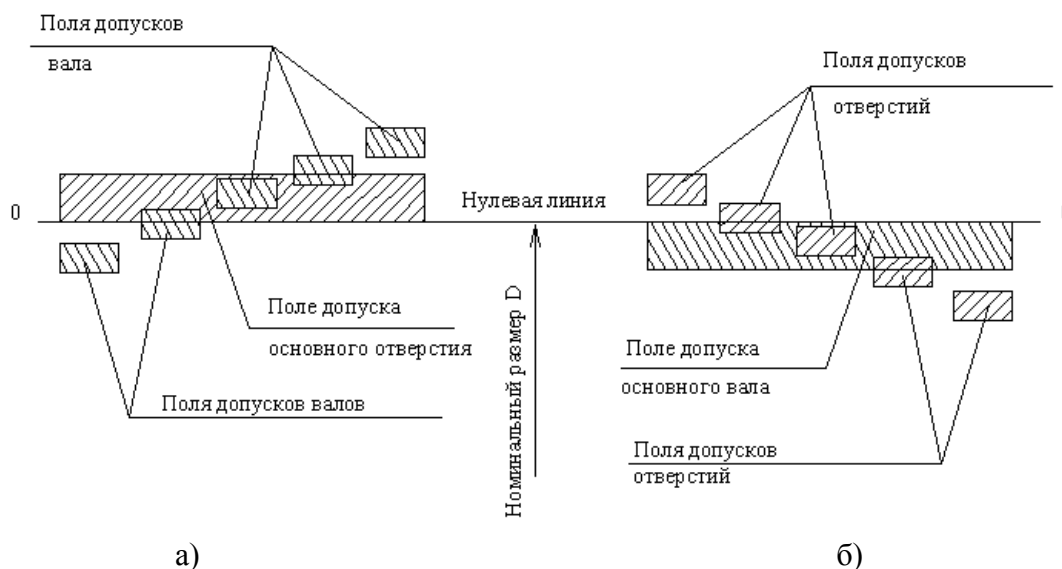


Рисунок 5 - Примеры расположения полей допусков для посадок в системе отверстия (а) и в системе вала (б)

В настоящее время применяют три метода выбора допусков и посадок.

1. Метод прецедентов (метод аналогов) заключается в том, что конструктор отыскивает в однотипных или других машинах, ранее сконструированных и находящихся в эксплуатации, случаи применения сборочной единицы, подобной проектируемой, и назначает такие же или аналогичные допуск и посадку.

2. Метод подобия по существу является развитием метода прецедентов. Он возник в результате классификации деталей машин по конструктивным и эксплуатационным признакам и выпуска справочников с примерами применения посадок. Для выбора допусков и посадок этим методам устанавливают аналогию конструктивных признаков и условий

эксплуатации проектируемой сборочной единицы с признаками, указанными в справочниках.

3. Расчетный метод является наиболее обоснованным методом выбора допусков и посадок. Выбирая этим методом качества (степени точности), допуски и посадки при проектировании машин и других изделий, стремятся удовлетворить эксплуатационно-конструктивные требования, предъявляемые к детали, к сборочной единице и изделию в целом.

Функциональный допуск T_F размера несопрягаемых поверхностей равен разности между наибольшим и наименьшим допускаемыми значениями этого размера, определенными исходя из допускаемого изменения эксплуатационных показателей изделия:

$$T_F = D_{\max F} - D_{\min F} \quad (1)$$

Функциональный допуск T_{FS} посадки с зазором равен разности между наибольшими и наименьшими допускаемыми зазорами, определенными исходя из допускаемого изделия эксплуатационных показателей машины или ее части:

$$T_{FS} = S_{\max F} - S_{\min F} \quad (2)$$

Функциональные допуски T_F и T_{FS} должны быть наибольшими, но такими, при которых изделие еще будет работать с допускаемыми эксплуатационными показателями.

Подшипники качения являются наиболее распространенными стандартными узлами, изготавливаемыми на специализированных заводах. Они обладают полной внешней взаимозаменяемостью по присоединительным поверхностям, определяемым наружным диаметром D наружного и внутренним диаметром d внутреннего колец, и неполной внутренней взаимозаменяемостью между телами качения и кольцами. Вследствие малых допусков зазоров и малой допустимой разноразмерности комплекта шариков тела качения и кольца подшипников подбирают селективным методом. Полная взаимозаменяемость по присоединительным поверхностям позволяет быстро монтировать, а также заменять изношенные подшипники качения при сохранении хорошего качества узлов; при соблюдении полной взаимозаменяемости качество подшипниковых узлов ухудшается. Качество подшипников при прочих равных условиях определяется: 1) точностью присоединительных размеров d , D , ширины колец B , а для роликовых радиально-упорных подшипников еще и точностью монтажной высоты T ; точностью формы и взаимного расположения поверхностей колец подшипников и их шероховатостью; точностью формы и размеров тел качения в одном подшипнике и шероховатостью их поверхностей; 2) точностью вращения, характеризуемой радиальным и осевым биением дорожек качения и торцов колец.

Класс точности подшипников выбирают исходя из требований, предъявляемых к точности вращения и условиям работы механизма. Для большинства механизмов общего назначения применяют подшипники класса точности 0 (нормального). Подшипники более высоких классов точности применяют при больших частотах вращения и в тех случаях, когда требуется высокая точность вращения вала (например, для шпинделей шлифованных и других прецизионных станков, для авиационных двигателей и приборов и т.п.). Класс точности указывается через тире перед условным обозначением подшипника; например, 6 – 205. Здесь цифра 6 – класс точности подшипника. Для гироскопических и других прецизионных приборов и машин используется подшипники класса 2 и точнее.

Для всех классов верхнее отклонение при соединительных диаметрах принято равным нулю. Таким образом, диаметры наружного D_m и внутреннего d_m колец принято соответственно за диаметры основного вала и основного отверстия а следовательно посадки наружного кольца с корпусом осуществляют по системе вала, а посадки внутреннего кольца с валом по системе отверстия.

Посадку подшипника качения на вал в корпус выбирают в зависимости от и типа и размера подшипника условия его эксплуатации, величины и характера действующих на него нагрузок и виды нагружения колец. Различают три вида нагружения колец: местное, циркуляционное, и колебательное.

Годность деталей с допусками от IT6 до IT17 особенно при массовом и крупносерийном производствах наиболее часто проверяют предельными калибрами. Этими калибрами проверяют размеры гладких цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых деталей, глубины и высоты уступов, а также расположения поверхностей и другие параметры.

Комплект рабочих предельных калибров для контроля размеров гладких цилиндрических деталей состоит из: 1) проходного калибра ПР, номинальный размер которого равен наибольшему предельному размеру вала или наибольшему предельному размеру отверстия. Им контролируется предельный размер соответствующи максимуму материала проверяемого объекта; 2) непроходного калибра НЕ номинальный размер которого равен наименьшему предельному размеру вала или наибольшему предельному размеру отверстия им контролирует предельный размер соответствующи минимуму проверяемого объекта. Таким образом калибры это измерительные инструменты, предназначенные не для определения числового значения измеряемых параметров, а для определения того, выходит ли величина контролируемого параметра за нижний и верхний предел или находится между двумя допустимыми пределами.

Система допусков на гладкие калибры устанавливают допуски на изготовление: H_s рабочих калибров (пробок) для отверстия (H_s – тех же калибров но со сферическими измерительными поверхностями; H_1 – калибров (скоб) для валов и H_p – контрольных калибров для скоб.

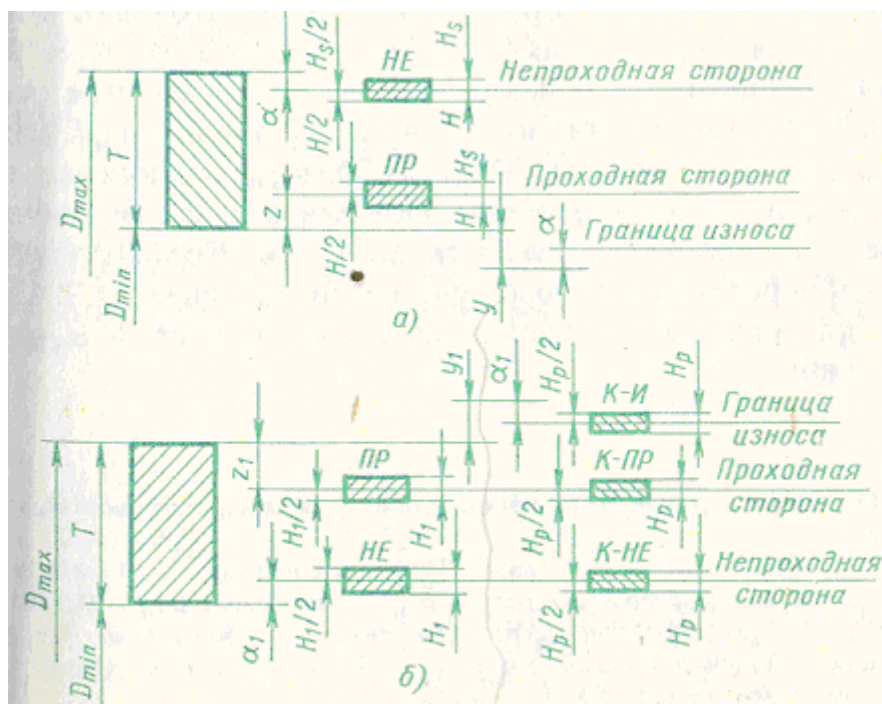


Рисунок 6 - Схема расположения полей допусков калибров:
а – для отверстия; б – для вала

Допуски на точность размеров и формы калибров увеличиваются с увеличением номера качества контролируемого изделия.

Конические соединения. Допуски на угловые размеры.

Конус (наружный, внутренний) характеризуется диаметром большого основания D , диаметром малого основания d , углом конуса α , углом наклона $\alpha/2$, длиной конуса L . Угол наклона $\alpha/2$ связан с размерами D , d и L соотношением

$$\frac{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}}{L} = \operatorname{tg} \alpha / 2 \text{ или } \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha / 2 = C, \quad (3)$$

где $2 \operatorname{tg} \alpha / 2 = C$ – конусность, $i = \frac{C}{2} = \operatorname{tg} \alpha / 2$ – уклон.

Взаимосвязь между размерами D , d , α и L учитывают при назначении допусков.

Плоскость поперечного сечения конуса, в котором задают номинальный диаметр конуса, называют *основной плоскостью*. Плоскость, служащую для определения осевого положения основной плоскости (или данного конуса относительно сопрягаемого с ним конуса), называют базовой плоскостью. Осевое расстояние между основной и базовой плоскостями конуса называют *базорасстоянием конуса*.

Установлено два способа нормирования допуска диаметра конуса. По первому способу устанавливают допуск диаметра T_D , одинаковый в любом поперечном сечении конуса и определяющий два предельных конуса, между которыми должны находиться все точки поверхности действительного конуса. Допуск T_D ограничивает также отклонения угла конуса и отклонения формы конуса, если эти отклонения не ограничены меньшими допусками. По второму способу устанавливают допуск T_{D_s} только в заданном сечении конуса. Этот допуск не ограничивает отклонения угла и формы конуса. Допуск формы F_T есть сумма допусков круглости поперечного сечения конуса и прямолинейности его образующих.

Установлены посадки с зазором, с натягом и переходные. По способу фиксации взаимного осевого расположения сопрягаемых конусов посадки разделяются на посадки с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов конусов (базовых плоскостей); посадки с фиксацией по заданному осевому смещению конусов и посадки с фиксацией по заданной силе запрессовки (посадки с натягом). Первые два типа посадок нужно назначать в системе отверстия с полями допусков сопрягаемых конусов одинакового качества. Подвижные посадки применяют в узлах, где необходимо регулировать зазор между сопрягаемыми деталями (например, соединения конусной шейки шпинделя станка с конусными вкладышами подшипника скольжения). К подвижным соединениям относят также соединения, обеспечивающие герметичность и разобщение одного пространства от другого как в покое, так и при взаимном перемещении соединяемых деталей (например, арматурные краны).

Неподвижные конические соединения могут быть получены путем приложения осевой силы, создающей соответствующий натяг, необходимый при передаче крутящего момента (например, соединения конусов режущего инструмента шпинделя станка). Под влиянием осевой силы происходит самоцентрирование деталей (оси сопрягаемых деталей совпадают). Конусные соединения обеспечивают более легкую по сравнению с цилиндрическими соединениями разборку, позволяют регулировать натяг в процессе работы.

Для получения различных посадок установлены следующие основные отклонения: d , e , f , q , h , j_s , k , m , n , p , r , s , t , u , x , z для наружных конусов и H , J_s , b , N – для внутренних конусов. Эти основные отклонения в сочетании с 4 – 12-м качествами образуют поля допусков.

Для метрических конусов и конусов Морзе установлено пять степеней точности: АТ4, АТ5, . . . , А8. Для каждой степени установлены пределы отклонения угла конуса (в микрометрах на длине конуса), предельные отклонения от прямолинейности образующей и от круглости. Отклонения угла от номинального размера располагают в плюс для наружных и в минус – для внутренних конусов.

Существуют сравнительный и тригонометрический методы контроля углов. В основу первого метода положено сравнение контролируемых углов с угловыми мерами,

угольниками и угловыми шаблонами. С помощью угловых мер устанавливают величину наибольшего просвета между сторонами измеряемого угла и самой меры.

Для измерения углов с точностью до $2'$ и грубее применяют угломер с нониусом, универсальный и оптический угломеры. Для проверки центральных (углов, образованных двумя радиусами), а также для точных угловых делений при обработке деталей используют оптические делительные головки с ценой деления 5, 10 и $60''$. Разрабатывают делительные головки, имеющие цену деления $5''$, с отчетом на экране. Углы между двумя гранями измеряют гониометрами, а малые угловые отклонения от горизонтали и вертикали – уровнями. Выпускают также электроиндуктивные головки конструкции С.С. Подлазова, наибольшая погрешность деления которых в пределах 360° не превышает $2''$.

Гладкие конические детали можно контролировать калибрами. В этом случае определяют, лежит ли отклонение базорасстояния в нормированных пределах. Допускается также контроль по окраске с определением пятна контакта.

Основная литература стр. 218 – 223, [1]. 162 – 190, [1].

Дополнительная литература стр. 136 – 139, [14]. 57 – 72, [14].

Контрольные вопросы:

1. Служебное назначение калибров.
2. Основные виды нагружения колец подшипника качения.
3. Основные классы точности подшипников качения.
4. Что называют основной и базовой плоскостью конуса?
5. Какие методы существуют для контроля углов?
6. Средства контроля конических деталей.

Лекция № 4

Тема лекции. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля, резьбовых соединений. Система допусков и посадок метрической резьбы.

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении (в большинстве современных машин свыше 60% всех деталей имеют резьбу). По эксплуатационному назначению различают резьбы общего применения и специальные, предназначенные для соединения одного типа деталей определенного механизма. К первой группе относятся резьбы:

а) крепежные (метрическая, дюймовая), применяемые для разъемного соединения и сохранить плотность (нераскрытие) стыка в процессе длительной эксплуатации;

б) кинематические (трапецеидальная и прямоугольная), применяемые для ходовых винтов, винтов суппортов станка и столов измерительных приборов и т.п., главное требование к которым – обеспечить точное перемещение при наименьшем трении, и (упорная) для преобразования вращательного движения в прямолинейное в процессах и домкратах, главное требование к которой – обеспечить плавность вращения и высокую нагрузочную способность;

в) трубные и арматурные (трубные цилиндрическая и коническая, коническая метрическая), применяемые для трубопроводов и арматуры разнообразного назначения, главное требование к которым – обеспечить герметичность соединений. Эксплуатационные требования к резьбам зависят от назначения резьбовых соединений. Общими для всех резьб являются требования надежности, долговечности и свинчиваемости без подгонки независимо изготовленных резьбовых деталей при сохранении эксплуатационных качеств соединений.

Параметры цилиндрической резьбы (рис.6.1): профиль, средний $d_2(D)$ (D – диаметр резьбы гайки), наружный $d(D)$ и внутренний $d_1(D_1)$ диаметры, шаг P (и ход $P_n = Pn$ для многозаходной резьбы, n – число заходов), угол профиля α , высота исходного треугольника

H , угол наклона сторон профиля β и γ , угол подъема резьбы ψ , а также длина свинчивания l . Определение параметров резьбы дано в РС 4439 – 74. Профиль и номинальные размеры диаметров, P , α и H_1 являются общими как для наружной (болта, шпильки, винта и др.), так и для внутренней (гайки, гнезда и др.) резьб. Метрическая резьба имеет международную унификацию.

Профиль метрической резьбы регламентирован СТ СЭВ 180 – 75. Предусмотрены срезы вершин резьбы, равные $H/4$ у гайки и $H/8$ у болта, а также радиус закругления впадины резьбы болта, номинальное значение которого $R = \frac{H}{6} \cdot 0,144337567P$.

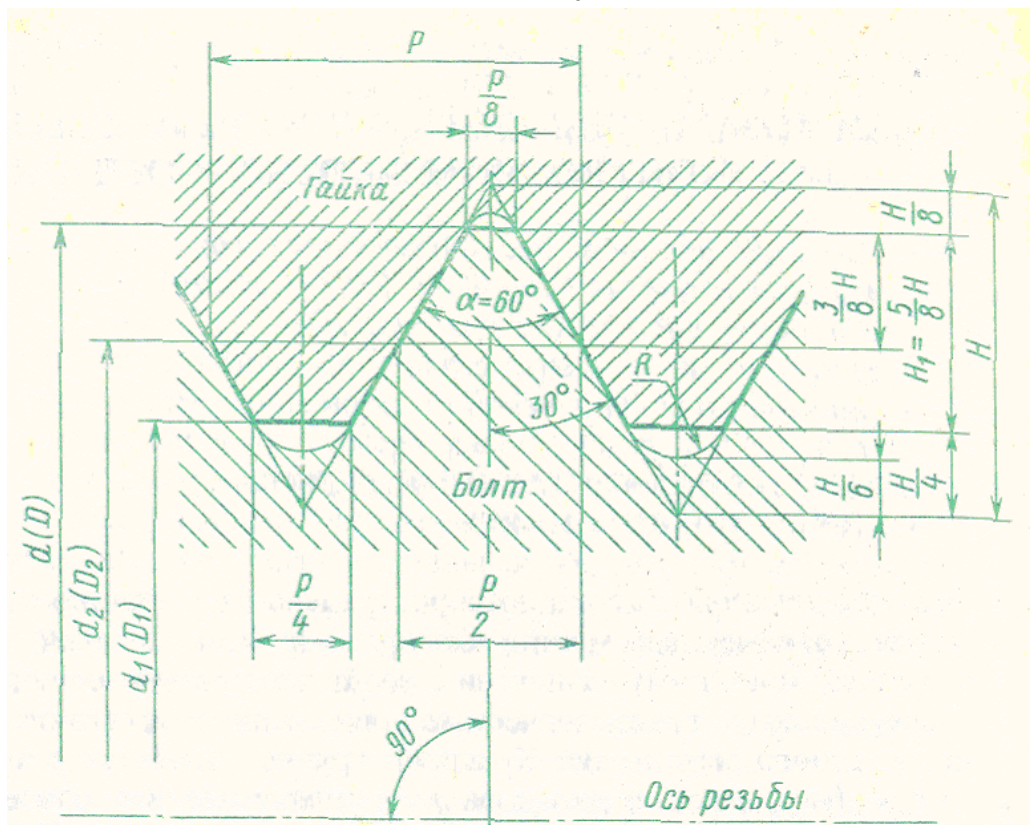


Рисунок 7- Профиль и основные параметры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600мм по СТ СЭВ 180 – 75 ($H = 0,866025404 P$; $H_1 = \frac{5}{8} H \cdot 0,541265877P$)

У резьбы с мелкими шагами одному и тому же наружному диаметру могут соответствовать разные шаги. Метрические резьбы с мелкими шагами применяют при соединении тонкостенных деталей, ограниченной длине свинчивания, а также в тех случаях, когда требуется повышенная прочность соединения (особенно при переменных нагрузках).

Системы допусков и посадок, обеспечивающие взаимозаменяемость метрической, трапецеидальной, упорной, трубной и других цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля, построены по единым принципам; они учитывают особенности конструкции резьбовых деталей и наличие взаимосвязи погрешностей отдельных параметров резьбы.

При изготовлении резьбовых деталей неизбежны погрешности профиля резьбы и ее размеров, возможны неконцентричность диаметральных сечений и другие отклонения, которые могут нарушить свинчиваемость и ухудшить качество соединений. Для обеспечения свинчиваемости и качества соединений действительные контуры свинчиваемых деталей, определяемые действительными значениями диаметров, угла и шага резьбы, не должны выходить на предельные контуры на всей длине свинчивания. Соблюдение номинального контура лучше всего проверять проходными калибрами (они должны свинчиваться с проверяемой резьбой).

Наименьший предельный контур болта ($d_{2\ min}$ и d_{\min}) и наибольший гайки ($D_{2\ max}$ и $D_{1\ min}$) контролируют непроходными резьбовыми калибрами (они не должны свинчиваться или проходить) или определяют эти диаметры универсальными измерительными средствами.

У всех цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля отклонения шага и угла профиля для обеспечения свинчивания могут быть скомпенсированы соответствующим изменением действительного среднего диаметра резьбы.

Отклонением шага резьбы ΔP называют разность между действительным и номинальным расстоянием в осевом направлении между двумя средними точками любых одноименных боковых сторон профиля в пределах длины свинчивания или заданной длины.

Внутренние и наружные резьбы общего назначения, а также большинство специальных резьб соединяются по боковым сторонам профиля. Возможность контакта по вершинам и впадинам резьбы исключается соответствующим расположением полей допусков по $d(D)$ и $d_1(D_1)$. В зависимости от характера сопряжения по боковым сторонам профиля (т.е. по среднему диаметру) различают посадки с зазором, натягом и переходные посадки.

Переход на систему допусков ISO завершает работу по международной унификации метрической резьбы: ее профиля, диаметров, допусков и посадок. Переход на систему допусков резьбы по ISO, помимо большого значения международной унификации, позволяет получить следующие преимущества: более широкое внедрение резьб с зазорами, которые облегчают сборку соединений, обеспечивают возможность нанесения антикоррозионных покрытий, а также повышают циклическую прочность резьбовых соединений, испытывающих переменные нагрузки. Эта система устанавливает также более четкие правила учета и обозначения длин свинчивания резьб при выборе допусков и др.

Для получения посадок резьбовых деталей с зазором предусмотрено пять основных отклонений для наружной и четыре – для внутренней резьб. Эти отклонения одинаковы для d (d_2 , d и $D(D_2, D_1)$). Отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы (показанного на рис. 7.2 толстой линией) в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

При сочетании основных отклонений H/h образуется посадка с наименьшим зазором, равным нулю (рис. 7.2, в); при сочетании H с q , f , e , d , а также G , E , F с h , q , f , e , d образуется посадки с гарантированным зазором.

Указанные основные отклонения для наружной резьбы определяют верхние отклонения, а внутренней – нижние отклонения диаметров резьбы. Второе предельное отклонение определяют по принятой степени точности резьбы. Величины основных отклонений H и h равны нулю. Величины остальных отклонений можно определить по формулам:

для болтов

$$es_q = - (15 + 11P); \quad (4)$$

$$es_f = - (30 + 11P); \quad (5)$$

$$es_e = - (50 + 11P) \text{ кроме } P \leq 0,75 \text{ мм};$$

$$es_d = - (80 + 11P); \quad (6)$$

для гаек

$$EI_G = + (15 + 11P); \quad (7)$$

$$EI_F = + (30 + 11P);$$

$$EI_E = + (50 + 11P); \text{ кроме } P \leq 0,75 \text{ мм}.$$

где es – верхнее отклонение болтов, мкм; EI – нижнее отклонение гаек, мкм; P – шаг резьбы, мм.

Для выбора степени точности в зависимости от длины свинчивания резьбы и требований к точности соединений установлены три группы свинчивания S – малые, N – нормальные и L – большие. Во многих странах практикой поля допусков сгруппированы в трех классах точности: точном, среднем, и грубом. Точный класс рекомендуют для ответственных статистически нагруженных резьбовых соединений, а также когда требуются малые колебания характера посадки; средний класс – для резьб общего применения и грубый – при нарезании резьб на горячекатаных заготовках, в длинных глухих отверстиях и т.п. При одном и том же классе точности допуск среднего диаметров при длине свинчивания L рекомендуется увеличивать, а при длине S уменьшать на одну степень по сравнению с допусками установленными для нормальной длины свинчивания N; например, для длины S брать 5-ю степень, для N – 6-ю, а для L – 7-ю. Такая система позволяет выбирать точность резьбы в зависимости от конструктивных и технологических требований. Допуск резьбы, если нет особых оговорок, относится к наибольшей нормальной длине свинчивания или ко всей длине резьбы, если она меньше наибольшей нормальной длины свинчивания.

Допуск среднего диаметра резьбы является суммарным. Основным рядом допусков для всех диаметров, в соответствии с рекомендацией ISO, принят ряд по 6-й степени точности. Допуски диаметров резьбы для 6-й степени точности при нормальной длине свинчивания определяют по формулам:

для d_2

$$T_{d_2}(6) = 90P^{0,4}d^{0,1}; \quad (8)$$

для d

$$T_d(6) = 180\sqrt[3]{P^2} - \frac{3,15}{\sqrt{P}}; \quad (9)$$

для D_1

$$T_{D_1}(6) = 433P - 190P^{1,22}; \text{ при } P \leq 0,8 \text{ мм}; \quad (10)$$

$$T_{D_1}(6) = 230P^{0,7} \text{ при } P \geq 1 \text{ мм};$$

для D_2

$$T_{D_2}(6) = 1,32T_{d_2}(6), \quad (11)$$

где P надо брать в миллиметрах; d – среднее геометрическое крайних значений интервала номинальных диаметров; T – в микрометрах.

Допуски остальных степеней точности определяют умножением допуска 6-й степени точности, найденного соответственно по формулам (8) – (11), на следующие коэффициенты:

Степень точности	3	4	5	7	8	9	10
Коэффициент	0,5	0,63	0,8	1,25	1,6	2	2,5

Из формулы (11) следует, что допуск T_{D_2} на 1/3 больше допуска T_{d_2} при одной и той же степени точности резьбы, что является обоснованным. В отечественной системе, действовавшей до введения новой международной системы, допуски средних диаметров резьбы болта и гайки одинаковы.

Допуски на внутренний диаметр d_1 наружной резьбы и наружный диаметр D внутренней резьбы не устанавливаются. Верхнее отклонение d_1 попутно контролируют проходным резьбовым кольцом; нижнее отклонение d_1 косвенно ограничивается формой впадины резьбы болта. Нижнее отклонение D попутно контролируют проходной резьбовой пробкой; верхнее отклонение D не назначают.

Методы и средства контроля точности цилиндрических резьб.

Точность резьбы контролируют дифференцированным (поэлементным) или комплексными методами.

Дифференцированный метод контроля применяют в том случае, когда допуски даны отдельно на каждый параметр резьбы. При этом отдельно проверяют собственно средний диаметр, шаг и половину угла профиля. Заключение о годности дают также по каждому параметру отдельно. Этот метод сложен, трудоемок, а потому его используют главным образом для контроля точных резьб (калибр-пробок, резьбообразующего инструмента и т.п.). Отдельные параметры проверяют у шпилек, а также других деталей при исследованиях причин брака и наладке технологического процесса. Его можно применять и тогда, когда допуск на средний диаметр является суммарным. Годность резьбового изделия в этом случае определяют по приведенному среднему диаметру резьбы, подсчитываемому по результатам измерения отдельных параметров.

Комплексный метод контроля применяют для резьбовых деталей, допуск среднего диаметра которых является суммарным. Он основан на одновременном контроле среднего диаметра, шага, половины угла профиля, а также внутреннего и наружного диаметров резьбы путем сравнения действительного контура резьбовой детали с предельными. Это достигается с помощью предельных калибров, а для резьб малых размеров – с помощью проекторов, когда действительный контур проверяемой резьбы сравнивается с предельными на всей длине свинчивания.

Из-за трудностей дифференцированного контроля (особенно внутренних резьб) контроль калибрами применяют как в массовом и серийном, так и в мелкосерийном и единичном производствах (за исключением резьб малыми шагами).

Система калибров и допусков для них разработана для резьбы 4 – 8-й степеней точности диаметром от 1 до 600 мм при посадках Н/н и с зазорами. В комплект для контроля цилиндрических резьб входят рабочие проходные (ПР) и непроходные (НЕ) калибры. Контролерам и представителям заказчика рекомендуется пользоваться частично изношенными проходными и новыми непроходными рабочими калибрами. Контрольные калибры (контркалибры) применяют для проверки или регулирования (установки) размеров рабочих калибр-колец или скоб.

Проходные резьбовые калибры должны свинчиваться с проверяемой резьбой. Свинчиваемость калибра с гайкой означает, что приведенный средний и наружный диаметры резьбы гайки не входят за установленные наименьшие предельные размеры. Свинчиваемость калибра с болтом свидетельствует, что приведенный средний и внутренний диаметры резьбы болта не выходят за установленные наибольшие предельные размеры. Непроходные резьбовые калибры проверяют только собственно средний диаметр резьбы. Эти калибры не должны свинчиваться с проверяемой резьбой, за исключением первых двух витков у болта и гайки (у сквозной резьбы с каждой стороны). При коротких резьбах (до трех витков у болта и до четырех у гайки) свинчивание калибра НЕ с болтом или гайкой не допускается.

Резьбу рабочих калибр-пробок контролируют универсальными измерительными средствами. Контркалибров для них не изготавливают.

По конструкции резьбовые калибр пробки выполняют для резьбы диаметром от 1 до 100 мм в виде вставок, а для диаметров свыше 50 мм – в виде вставок и насадок; для диаметров свыше 100 мм – только в виде насадок. Непроходные резьбовые калибр пробки имеют один или два цилиндрических пояса, которые являются направляющими в процессе контроля, а также облегчают доводку калибров.

Наряду с резьбовыми калибр-кольцами применяют резьбовые регулируемые скобы с измерительными губками в виде гребенок или роликов (с дополнительным выборочным контролем кольцами). Преимущество резьбовых скоб состоит в большом сроке службы, в возможности измерения изделий в центрах станка и в снижении времени контроля.

Для контроля и сортировки резьбы по собственно среднему диаметру применяют различные индикаторные приборы.

Шаг, половину угла и высоту профиля внутренних резьб проверяют также на универсальном или инструментальном микроскопе по слепку, получаемому путем заливки внутренней резьбы специальными сплавами с низкой температурой плавления. Чтобы

повысить производительность контроля резьбовых изделий, применяют различные индикаторные приспособления. Для ускорения процесса свинчивания-развинчивания резьбового калибра используют ручные и механизированные приспособления и реверсивные головки.

Существуют и автоматические средства контроля резьбы. В качестве примера можно указать автомат БВ-538 для сортировки (на годные и брак) корпусов запальных свечей, построенный на контактом принципе контроля приведенного среднего диаметра. Измерительными наконечниками в автомате служат резьбовые полукольца. На некоторых машиностроительных заводах применяют устройства для контроля резьб в процессе их изготовления (контролируют как приведенный, так и собственно средний диаметр).

Основная литература стр. 223 – 249, [1].

Дополнительная литература стр. 89 – 96, [14].

Контрольные вопросы:

1. Классы и степени точности резьбы
2. Характеристики метрических и трубных резьб?
3. Допуски на внутренний диаметр наружной резьбы?
4. По какому назначению различают резьбы?
5. Параметры цилиндрической резьбы?
6. Отклонение шага резьбы?

Лекция № 5

Тема лекции. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля зубчатых и червячных передач.

Зубчатые передачи широко применяют как в машинах, так и приборах. По эксплуатационному назначению их можно разделить на четыре основные группы: отчетные, скоростные, силовые и общего назначения.

К отчетным относятся зубчатые передачи измерительных приборов, дополнительных механизмов металлорежущих станков и делительных машин, счетно-решающих механизмов и т.п. В большинстве случаев колеса этих передач имеют малый модуль, и работают при малых нагрузках и скоростях. Основным эксплуатационным показателем делительных и других отчетных передач является высокая кинематическая точность, т. е. точное согласованность углов поворота ведущего и ведомого колес передачи. Скоростными являются зубчатые передачи турбинных редукторов двигателей турбо винтовых самолетов и т.д. Окружные скорости зубчатых колес таких передач могут достигать 60 м/с при сравнительно большой передаваемой мощности (до 40 тыс. кВт.). Их основной эксплуатационный показатель плавность работы, т.е. отсутствие циклических погрешностей многократно повторяющихся за оборот колеса. С ростом скорости вращения требования к плавности работы повышается. Передача должна работать бесшумно и без вибрации, что может быть достигнуто при минимальных погрешностях формы и взаимного расположения зубьев. Для тяжело нагруженных скоростных зубчатых передач имеет значение также полнота контакта зубьев. К силовым относятся зубчатые передачи, передающие значительные крутящие моменты и работающие при малых числах оборотов (зубчатые передачи шестеренных клетей прокатных станков, подъемно-транспортных механизмов и др.). Колеса для таких передач изготавливают с большим модулем. Основное точностное требование к ним – обеспечение более полного использования активных боковых поверхностей зубьев т.е. получение наибольшего пятна контакта зубьев.

Следовательно, точностные требования к передачам нужно устанавливать исходя из служебного назначения. Исходное положение использованы при разработке новой системы допусков для эвольвентных цилиндрических зубчатых передач которая была оформлена ГОСТ 1643 – 72, а с 1977 г.. СТ СЭВ 641 – 77. Эта система охватывает колеса внешнего и

внутреннего зацепления с прямыми, косыми и шевронными зубьями с диаметром делительной окружности до 6300 мм, модулем от 1 до 55 мм шириной венца или полушеврона до 1250 мм. Она соответствует рекомендации ISO1328 «Точность цилиндрических зубчатых передач эвольвентного зацепления».

Установлено 12 степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания с 1-й по 12-ю. Для 1-й и 2-й степеней отклонения в стандарте не даны (они предусмотрены для будущего развития). Приведенные нормы относятся к окончательно изготовленным зубчатым колесам и передачам. Для каждой степени установлены независимые нормы допустимых отклонений параметров, определяющих кинематическую точность колес и передачи, плавность работы и контакт зубьев передачи, что позволяет назначать различные нормы и степени точности для передач в соответствии с их эксплуатационным назначением и учитывать отличие технологических способов обеспечения требуемой точности.

Для обеспечения кинематической точности предусмотрены нормы, ограничивающие кинематическую погрешность передачи и кинематическую погрешность колеса.

Кинематической погрешностью передачи $F_{к.п.п}$ называют разность между действительным $\varphi_{2д}$ и минимальный (расчетным) $\varphi_{2н}$ углами поворота ведомого зубчатого колеса передачи; она выражается в линейных величинах длиной дуги его делительной окружности. Таким образом, погрешность передачи $F_{к.п.п} = (\varphi_{2д} - \varphi_{2н}) r$, где r – радиус делительной окружности ведомого колеса; $\varphi_{2н} = \varphi_1 \cdot \frac{z_1}{z_2}$, где φ_1 – действительный угол поворота ведущего колеса; z_1 и z_2 – числа зубьев ведущего 1 и ведомого 2 колес.

Кинематической погрешностью зубчатого колеса $F_{к.п.к}$ называют разность между действительным и номинальным (расчетным) углами поворота зубчатого колеса на его рабочей оси (все другие нормы точности установлены также как колес находящихся на рабочих осях), ведомого точным (измерительным) колесом при отсутствии отклонения от параллельности и перекося осей вращения этих колес; ее выражают в линейных величинах длины дуги делительной окружности.

Наибольшая кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{ir} – наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса в пределах его полного оборота.

Накопленная погрешность k шагов F_{pkr} – кинематическая погрешность зубчатого колеса при номинальном его повороте на k целых угловых шагов:

$$F_{pkr} = \left(\varphi - \frac{2\pi}{z} k \right) r, \quad (12)$$

где φ – действительный угол поворота колеса, соответствующий k угловым шагам; z – число зубьев колеса; r – радиус делительной окружности; $\frac{2\pi}{z} k$ – номинальный угол поворота колеса.

Накопленная погрешность шага по зубчатому колесу F_{pr} наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей, найденных для всех значений k в пределах от 2 до $\frac{z}{2}$.

Также существует и другие параметры погрешности зубчатого колеса, влияющие на его кинематическую точность: радиальное биение; постоянная хорда; длина общей нормали; измерительное межосевое расстояние колебание его за оборот колеса.

В зависимости от поставленной цели контроль зубчатых колес делят на приемочный (окончательный) и технологический. При *приемочном контроле* устанавливают соответствие точности колеса предъявляемым требованиям, зависящим от назначения передачи. Желательно, чтобы этот контроль был комплексным, и выполняли его в условиях, близких к эксплуатационным, при совмещении измерительной базы детали с эксплуатационной

(монтажной). Если соответствующие средства для комплексного контроля отсутствуют, то применяют поэлементный (дифференцированный) контроль.

Технологический контроль используют при наладке технологических операции и для выявления причин брака. При этом контроле измерительную базу надо совмещать с технологической. Прямой поэлементный приемочный контроль зубчатых колес наиболее трудоемок, он требует большого числа наименований измерительных приборов и его целесообразно применять только в индивидуальном и мелкосерийном производствах.

Существование связей между погрешностями зубчатых колес и передач с дефектами технологического оборудования позволяет заменить прямой контроль точности изделий косвенным. Последний заключается в контроле таких погрешностей станка, инструмента и приспособлений, по которым можно судить о точности зубчатых колес. Косвенный контроль сокращает трудоемкость контрольных операции и потребность в измерительных средствах. Однако это достигается только при обоснованной системе контроля, охватывающей все элементы производства и устанавливающей виды контрольных проверок, методы, средства и периодичность их проведения.

В последнее время применяют *активный контроль* зубчатых колес, результаты которого используют для управления ходом технологического процесса (его подналадки, переключения режимов обработки и др.). Например, прибор БВ-4011 является подналадчиком к зубофрезерному станку ЭНИМС 5312. Он контролирует смещение исходного контура и изменение положения переходной поверхности у корня зуба. Результаты контроля используют для радиального заглубления и осевого перемещения червячной фрезы. Прибор БВ-5014 предназначен для контроля осевого шага колес на зубошвинговальном станке КЗТС 5076 (с модулем от 2 до 12 мм) и для подналадки технологического процесса.

Все подобные приборы разделяют на станковые (СЦ) с устройствами для базирования проверяемых колес и накладные (НЦ), которые при контроле располагают на колесе. По назначению приборы делят на приборы для контроля кинематической погрешности и обката; накопленные погрешности шага по колесу, радиального биения зубчатого венца; колебания длины общей нормали; отклонение шага зацепления; профиль зубьев колес; размер зубьев; смещение исходного контура и толщины зуба по постоянной хорде и т.д.

По точности измерения приборы должны иметь классы А, АВ и В. По каждому классу приборов установлены метрологические показатели и предельные допустимые погрешности измерения.

Например, контроль отклонения шага зацепления. Отклонение шага зацепления от нормального измеряют с помощью соответствующих шагомеров. Рассмотрим шагомер Ленинградского инструментального завода с тангенциальными наконечниками. Измерительный наконечник подвешен на плоских пружинах; его перемещение фиксируется отчетным устройством с ценой деления 0,001 мм. Второй измерительный наконечник можно устанавливать в нужном положении в винтом. Опорный наконечник поддерживает прибор при измерении и обеспечивает расположение линии измерения от нормали к профилям. Наконечники со стороны измерительных поверхностей армированы твердым сплавом. Шагомер настраивают по блоку концевых мер, размер которых равен номинальному значению основного шара.

Контроль профиля зубьев колес. Профиль зубьев в торцовом сечении проверяют путем сопоставления действительного эвольвентного профиля с его теоретической формой. Для этой цели применяют приборы называемые эвольвентомерами.

Эвольвентомеры снабжают записывающими механизмами, регистрирующими результаты измерения. Эти приборы требуют для каждого размера колеса установки специального съемного диска.

Контроль размеров зубьев определять размеры зубьев, влияющих на боковой зазор в передаче, можно по измерительному межосевому расстоянию, определяемому

межцентрами; отклонению общей нормали, измеряемой нормалемерами или зубемерными микрометрами; смещению исходного контура E_{HS} (E_{Hi}); отклонение толщины зуба по хорде.

Степень точности колес и передач устанавливают в зависимости от требований к кинематической точности, плавности, передаваемой мощности, а также от величины окружной скорости колес. Например при окружной скорости прямозубых колес, равной 10 – 15 м/с, применяют 6 – 7 степень точности, а при скорости 20 – 40 м/с уже 4 – 5-ю степень. Степень точности нужно определять соответствующими расчетами. Например, на основе кинематического расчета погрешностей всей передачи и допустимого угла рассогласования можно найти необходимую степень по нормам кинематической точности; из расчета динамики передачи, вибрации и шумовых явлений выбирают степень точности по нормам плавности работы; расчет на прочность и долговечность дает возможность выбрать степень точности по нормам контакта.

При выборе степени точности учитывают опыт эксплуатации аналогичных передач и обязательно используют принцип комбинирования норм точности т.е. для конкретной передачи в зависимости от ее назначения устанавливают различные степени точности (по нормам кинематической точности плавности работы и контакта зубьев). Комбинирование норм позволяет устанавливать повышенную точность только тех параметров колес, которые важны для удовлетворения эксплуатационных требований; остальные параметры можно выполнить по более грубым допускам. При комбинировании нужно учитывать, что нормы плавности работы колес и передачи могут быть не более чем на 2 степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев можно назначать точнее норм правильности колес и передач, а также на одну ступень грубее норм плавности. Указанные ограничения вызваны наличием определенной взаимосвязи между показателями точности колес. При назначении допусков кинематической точности и плавности работы колес по разным степеням точности допуск на колебания измерительного межосевого расстояния за оборот зубчатого колеса.

$$(F_i'')_{\text{комб.}} = (F_i'' - f_i'')_F + (f_i'')_f, \quad (13)$$

где допуск, входящий в первое слагаемое, принимают по степени для норм кинематической точности, а допуски, входящие во второе слагаемое – по степени для норм плавности работы это связано с тем, что допуск F_i'' является суммарным и учитывает как кинематическую погрешность, так и погрешность, нарушающую плавность работы.

В технической документации точность зубчатых колес и передач задают степени точности, указывая вид сопряжения по нормам бокового зазора. Примеры условного обозначения 7 – С СТ СЭВ 641 – 77 – передача со степенью точности 7 по всем трем нормам, с видам сопряжения колес С и неизменным соответствием вида сопряжения в виду допуска на боковой зазор, т.е. с видом допуска с; 8 – 7 – 6 Ва СТ СЭВ 641 – 77 – передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, степенью 7 по нормам плавности работы, степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения колес В видом допуска а на боковой зазор и соответствием между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.

Основная литература стр. 281 – 290, [1].

Дополнительная литература стр. 124 – 127, [14].

Контрольные вопросы:

1. Виды контроля зубчатых колес и передач.
2. Классификация приборов для контроля цилиндрических зубчатых колес.
3. Принцип контроля отклонения шага зацепления.
4. Точностные требования к зубчатым передачам.
5. На какие основные группы зубчатые колеса делятся по эксплуатационному

назначению?

6. Какие существуют параметры и погрешности зубчатых колес влияющие на его кинематическую точность?

Лекция № 6

Тема лекции. Взаимозаменяемость, методы и средства контроля шпоночных и шлицевых соединений.

Шпоночные соединения втулок, шкивов, муфт, ручковок и других деталей машин с валами (рис. 13.1, а) должны передавать заданный крутящий момент; их применяют тогда, когда к точности центрирования соединяемых деталей не предъявляют особых требований. Размеры, допуски и посадки большинства типов шпонок и пазов для них унифицированы для всех стран – членов СЭВ.

Систему допусков и посадок шпоночных соединений рассмотрим на примере соединений с призматическими шпонками. Получившими наибольшее распространение. Для получения различных посадок призматических шпонок СТ 57 – 73 установил поля допусков на ширину b шпонок, пазов валов и втулок (рис. 13.1, б). Шпонки нужно изготавливать только с допуском $h9$, что делает возможным их централизованное изготовление в независимости от посадок. Установлены следующие три типа шпоночных соединений: свободное; нормальное; плотное. Для первого вида установлены поле допусков для паза на валу $H9$ и для паза во втулке $D10$, что даст посадку с зазором; для второго – соответственно $N9$ и J_s9 ; для третьего одинаковые поля для паза на валу и во втулке $P9$. Соединений второго и третьего вида будут иметь переходные посадки.

Контроль элементов шпоночных соединений в массовом и серийном производствах осуществляется предельными калибрами: пластинами для проверки ширины паза b ; пробками для проверки паза втулки по размеру $d + t_2$; кольцами со стержнем для проверки глубины паза t_1 на валу. Центрирование вала и отверстия может осуществляться по внутреннему диаметру d по наружному диаметру D и по боковым сторонам зубьев. Шлицевые изделия проверяют дифференцированным и комплексным способом. Для дифференцированного контроля наружного и внутреннего диаметров и толщины зубьев наружных шлицев применяют предельные калибры скобы, а размеров внутренних шлицев предельные калибры пробки.

При комплексном контроле проверяют суммарное отклонение толщины зубьев валов и ширины впадин втулок переходными калибрами пробками и калибрами кольцами.

Например, калибры пробки выпускаются с одной направляющей для проверки изделий с центрированием по наружному диаметру и боковым сторонам и с двумя направляющими и для изделий с центрированием по внутреннему диаметру. Калибры кольца также имеют шлицевую часть и гладкую направляющую, который их надевают на вал.

Из за смятия и среза шпонок, ослабления сечения валов и втулок пазами и образования концентраторов напряжения шпоночные соединения не могут передавать большие крутящие моменты. В следствие перекосов и смещение пазов, а также контактных деформации от радиальных сил в шпоночных соединениях возможен перекоп втулки на валу. Эти недостатки ограничивают область применения шпоночных соединений, и их все более вытесняют шлицевые соединения, которые передают большие крутящие моменты, имеют большую усталостную прочность и высокую точность центрирования и направления.

В зависимости от профиля зубьев шлицевые соединения делят на прямобочные, эвольвентные и треугольные. Наибольшее распространение получили шлицевые соединения прямобочным профилем зуба имеющие четное число зубьев (6, 8, 10, 16 или 20). Установлены три градации высот и чисел зубьев для одного и того же диаметра. В соответствии с эти соединения делят на легкую, среднюю и тяжелую серий. Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зуба стандартизованы для модулей $m = 0,5 \div 10$ мм, для диаметров $D = 4 \div 500$ и чисел зубьев $z = 6 \div 82$. Угол профиля зуба $\alpha = 30^\circ$.

Шлицевые соединения с эвольвентным профилем зубьев по сравнению с прямобочными обладает существенными преимуществами: они могут передавать большие крутящие моменты, имеют меньшую (на 10 – 40%) концентрацию напряжений у основания зубьев, повышенную циклическую прочность и долговечность, обеспечивает лучшее центрирование и направление детали, проще в изготовлении.

Выбор типа шлицевых соединений связан с их конструктивными и технологическими особенностями. Для точных соединений при центрировании по боковым поверхностям зубьев и соединениям которые должны передавать значительные крутящие моменты и имеют реверсивное движение, целесообразнее принимать соединений с эвольвентным профилем.

Допуски и посадки шлицевых соединений зависит от их назначения и принятой системы центрирования втулки относительно вала. Существует три способа центрирования: по поверхностям диаметрами d или D и по боковым поверхностям зубьев размером b . В шлицевых соединениях механизмов, к которым предъявляют высокие требования по кинематической точности, применяют центрирование по d или D , причем иногда шлицы делают не по всей, а только по части окружности деталей, в количестве необходимом для передачи заданных крутящих моментов. Центрирование по d целесообразно в тех случаях, когда втулка имеет высокую твердость и ее нельзя обработать чистой протяжкой (тогда отверстия шлифуют на обычном внутришлифовальном станке) или когда могут возникнуть значительные искривления длинных валов после термической обработки. Шлицевой участок вала при током центрирования необходимо изготавливать с опорной площадкой a и окончательно обрабатывать на шлицешлифовальном станке. Этот способ обеспечивает точное центрирование; его применяют обычно для подвижных соединений. Центрирование по D рекомендуется, когда втулку термический не обрабатывают или когда твердость ее материала после термообработки допускают калибровку протяжкой, а вал – фрезированием до получения окончательных размеров зубьев. При этом вал по наружному диаметру шлифуют на обычном круглошлифовальном станке. Его применяют для неподвижных соединений, поскольку в них отсутствует износ от осевых перемещений, а также для подвижных, воспринимающих небольшие нагрузки.

Центрирование по боковым поверхностям зубьев размером b целесообразно при передаче знакопеременных нагрузок, больших крутящих моментов, а также при реверсивном движении. Этот метод способствует более равномерному распределению нагрузки между зубьями, но не обеспечивает высокой точности, и по этому его редко применяют.

Основные отклонения и поля допусков для размера d , D и b взяты из СТ СЭВ 145 – 75. Рекомендуемые посадки, например $H7 - f7$, $H7 - q6$ – для d , $D9 - h9$, $F10 - f9$ – для b и $H7 - f7$, $H7 - q6$ – для D , дают соединения с зазором; посадки $H7 - n6$, $H7 - j_6$ – для d и D дают соединения с переходными посадками.

Если основным требованием к соединению является высокая прочность (особенно при переменных нагрузках и реверсивном движении), а точность центрирования втулки не имеет существенного значения, то предусматривают, возможно, меньшие зазоры между боковыми поверхностями зубьев впадин. Например такого соединения – карданное сочетание в автомобилях, где используют центрирование по боковым сторонам зубьев.

Эвольвентные шлицевые соединения имеют тоже назначение, что и прямобочные. Распространенность эвольвентных шлицевых соединений обусловлено рядом преимуществ этих соединений перед прямобочными и другими шлицевыми соединениями: 1) технологичностью (для обработки всех типов размеров валов с определенным модулем требуется только одна червячная фреза; во многих случаях можно обойтись одним фрезированием без последующего шлифования); 2) прочностью (способность к передаче больших крутящих моментов, которая вызвана увеличением прочности элементов из за постепенного утолщения зубьев к основанию, а также из за отсутствия в профиле острых углов – концентраторов напряжений); 3) точностью (детали эвольвентного соединения лучше центрируются и самоустанавливаются под нагрузкой). В эвольвентно шлицевых соединениях втулку относительно вала центрируют по боковым поверхностям зубьев и по наружному

диаметров. Центрирование по внутреннему диаметру не рекомендуется из-за малых размеров опорных площадок во впадинах зубьев. Наибольшее распространение получил способ центрирования по боковым поверхностям зубьев, который обеспечивает высокую точность центрирования. При центрировании по боковым поверхностям зубьев установлено два вида допусков: ширины e впадины втулки и толщины s зуба вала; T_e (T_s) – допуск собственно ширины впадины втулки (толщины зуба вала), контролируемые отдельно в случаях, когда не применяют комплексный калибр; эти допуски указывают на рабочих чертежах; T – суммарный допуск, включающий отклонение размера собственно ширины впадины (толщины зуба), а также отклонение формы и расположение элементов профиля впадины (зуба), контролируемый комплексным калибром. Отклонение размеров e и s отсчитывают от их общего номинального размера по дуге делительной окружности. Для ширины установлено одно основное отклонение Н и 7, 9 и 11-е степени точности; для толщины s зуба вала установлены десять основных отклонений: $a, c, d, f, q, h, k, n, p, r$ и 7 – 11-я степени точности. Посадки по боковым поверхностям зубьев предусмотрены только в системе отверстия. При центрировании по наружному диаметру установлены два ряда полей допусков для центрирующих диаметров окружности впадин втулки D_f и окружности вершин зубьев вала d_2 :

ряд 1 – Н7 для D_f и $p6, js6, h6, q6, f7$ для d_a ;

ряд 2 – Н8 для D_f и $p6, h6, q6, f7$ для d_a .

Первый ряд следует предпочитать второму.

Значения основных отклонений и полей допусков приведены в СТ СЭВ 145 – 75 и 144 – 75.

При этом центрировании поля допусков ширины e впадины втулки должны соответствовать 9Н или 11Н, а толщина s зуба вала – 9h, 9q, 9d, 11c или 11a.

Допуски нецентрирующих диаметров при центрировании по боковым поверхностям зубьев принимают такими, чтобы в соединении исключить контакт по этим диаметрам. Для этого необходимо изготавливать большой диаметр D_f по Н16 по плоской форме дна впадины и обеспечивать $D_{\min} = D$ при закругленной форме дна впадины (D – номинальный диаметр соединения); диаметр окружности вершин зубьев втулки D_a изготавливать по Н11, d_a – по d9 или h12; диаметр окружности впадин вала $d_{\max} = D - 2,2m$ при закругленной форме дна впадины. При центрировании по наружному диаметру принимают для D_a – Н11, для d_f – h16 при плоской форме дна впадины и обеспечивают $d_{\max} = D - 2,2m$.

Обозначение шлицевых соединений валов и втулок (СТ СЭВ 259 - 76) должны содержать номинальный диаметр соединения D ; модуль m ; обозначение посадки соединения (полей допусков вала и отверстия), помещаемое после размеров центрирующих элементов, и номер стандарта.

Например, 1. Обозначение соединения $D = 50$ мм, $m = 2$ мм с центрированием по боковым сторонам зубьев, с посадкой по боковым поверхностям зубьев 9Н/99q: $50 \times 2 \times 9Н/9q$.

Обозначение втулки того же соединения: $50 \times 2 \times 9Н$.

То же, вала: $50 \times 2 \times 9q$.

2. Обозначение соединения $D = 50$ мм, $m = 2$ мм с центрированием по D_f , с посадкой по диаметру центрирования Н7/q6: $50 \times Н7/q6 \times 2/$

Обозначение втулки того же соединения: $50 \times Н7 \times 2$.

То же, вала: $50 \times q6 \times 2$.

Шлицевые соединения, как правило, контролируют комплексными проходными калибрами. При этом поэлементный контроль осуществляют непроходными калибрами или измерительными приборами. В спорных случаях контроль с применением комплексного калибра является решающим. При использовании комплексных калибров отверстия считаются годными, если комплексная калибр-пробка проходит, а диаметры и ширина паза не выходят за установленные верхние и пределы; вал считают годным, если комплексное

калибр кольцо проходит, а диаметры и толщина зуба не входят за установленные нижние пределы.

Расположение полей допусков диаметров и размера b , формула для определения размеров в рабочей части калибров и допуски калибров для контроля шлицевых прямобочных соединений регламентированы СТ СЭВ 355 – 76. Стандарт предусматривает поле допусков на износ калибров, а также устанавливает допустимую накопленную погрешность шага зубьев (впадин) калибров, допуски симметричности и параллельности плоскости симметрии зуба (паза) калибра.

Основная литература стр. 292 – 300, [1].

Дополнительная литература стр. 127 – 131, [14].

Контрольные вопросы:

1. На какие виды шлицевые соединения делят в зависимости от профиля зубьев?
2. Средства контроля шпоночных пазов?
3. Средства контроля применяемые для наружных и внутренних диаметров шлицев?
4. Перечислить основные преимущества эвольвентных шлицевых соединений?
5. Обозначение посадок эвольвентных шлицевых соединений?
6. Контроль точности эвольвентных шлицевых соединений?

Лекция № 7

Тема лекции. Основные положения теории практики расчета размерных цепей.

Термины и определения. Классификация.

Для нормальной работы машин или другого изделия необходимо, чтобы составляющие их детали и поверхности последних занимали одна относительно другой определенное, соответствующее служебному назначению положение. При расчете точности относительно положения деталей и их поверхностей учитывают взаимосвязь многих размеров деталей в изделии. Например, при изменении размеров A_1 и A_2 (рис. 15.1, а) зазоры A_0 также меняются. В зависимости от принятой последовательности обработки поверхностей между действительными размерами отдельной детали также имеется определенная взаимосвязь (рис. 15.1, б). В обоих случаях ее устанавливают с помощью размерных цепей.

Размерной цепью называют совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи. Например, с помощью размерных цепей можно определять точность взаимного расположения осей и поверхностей одной детали (поддетальная размерная цепь) или нескольких деталей в узле или механизме (сборочная размерная цепь). Замкнутость размерного контура – необходимое условие для составления и анализа размерной цепи. Однако на рабочем чертеже размеры следует проставлять в виде незамкнутой цепи; не проставляют размер замыкающего звена, так как для обработки он не требуется. Размеры, образующие размерную цепь, называют *звеньями размерной цепи*.

По взаимному расположению звеньев размерные цепи делят на линейные, плоские и пространственные. Размерную цепь называют *линейной*, если все ее звенья номинально параллельны одно другому и, следовательно, могут проектироваться без изменения их величины на две или несколько параллельных линий. Размерная цепь называется *плоской*, если все звенья ее лежат в одной или нескольких параллельных плоскостях. *Пространственной* называют размерную цепь, все или часть звеньев которой расположены в непараллельных плоскостях. Размерные цепи, звеньями которых являются угловые размеры, называются *угловыми размерными цепями*. При анализе точности электрических и электронных элементов машин и приборов используют цепи, звеньями которых являются величины сопротивлений, емкости, индуктивности, тока, напряжений и других электрических и физических параметров.

Задача обеспечения точности при конструировании изделий решается с помощью *конструкторских* размерных цепей, а при изготовлении деталей – с помощью технологических размерных цепей, выражающих связь размеров обрабатываемой детали по мере выполнения технологического процесса или размеров системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь). Когда решается задача измерения величин, характеризующих точность изделия, используют *измерительные* размерные цепи, звеньями которых являются размеры системы измерительное средство – измеряемая деталь.

Звенья размерной цепи делят на составляющие и одно замыкающее. Замыкающим называют размер (A_0 на рис. 15.1), который получается последним в процессе обработки детали, сборки узла машины или измерения. Его величина и точность зависят от величины и точности всех остальных размеров цепи, называемых *составляющими*, которые обозначают через A_1, A_2, \dots, A_{m-1} (для цепи А), B_1, B_2, \dots, B_{m-1} (для цепи В) и т.д.

Звено сборочной размерной цепи, которое определяет функционирование механизма и для обеспечения, точности которого решается размерная цепь, называется исходным (функциональным) размером (зазор, натяг, величина перемещения детали, параллельность рабочей плоскости стола оси вращения горизонтально-фрезерного станка и т.п.). Исходя из предельных значений этого размера рассчитывают допуски и отклонения всех остальных размеров цепи. В процессе сборки исходный размер, как правило, становится замыкающим. В поддетальной размерной цепи размер, исходя из точности которого определяют степень точности остальных размеров, также называют исходным.

Замыкающий размер A_0 в трехзвенной цепи зависит от размера A_1 , называемого *увеличивающим* (чем больше его величина, тем больше значение A_0), и размера A_2 , называемого *уменьшающим* (при его увеличении A_0 уменьшается). Замыкающее звено может быть положительным, отрицательным или равным нулю. Размерную цепь можно условно изображать в виде схемы (рис. 15.1, в и 15.2, б). По схеме удобно выявлять увеличивающие и уменьшающие звенья. Первые обозначают стрелками, проставленными над буквенными обозначениями звеньев и направленными вправо, а вторые – стрелками, направленными влево.

При размерном анализе могут встречаться взаимосвязанные размерные цепи с общими звеньями или базами, а также цепи, в которых исходным звеном является одно из составляющих звеньев основной цепи. В последнем случае цепи называют *производными*.

Расчет и анализ размерных цепей позволяет: установить количественную связь между размерами деталей машины и уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров исходя из эксплуатационных требований экономической точности обработки детали и сборки машины;

определить, какой вид взаимозаменяемости (полный или ограниченный) будет наиболее рентабелен;

добиться наиболее правильной простановки размеров на рабочих чертежах;

определить операционные допуски и пересчитать конструктивные размеры на технологические (в случаях несовпадения технологических баз с конструктивными).

Расчет размерных цепей и их анализ – обязательный этап конструирования машин, способствующий повышению качества, обеспечения взаимозаменяемости и снижению трудоемкости их изготовления. Сущность расчета размерной цепи заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев исходя из требований конструкции и технологии. При этом различают две задачи:

1) определение номинального размера и допуска (предельных отклонений) замыкающего звена по заданным номинальным размерами предельным отклонением составляющих звеньев (такая задача возникает в тех случаях, когда требуется проверить соответствие допуска замыкающего размера допускам составляющих размеров, проставленных на чертеже, – проверочный расчет);

2) определение допуска и предельных отклонений составляющих размеров по заданным номинальным размерам всех размеров цепи и заданным предельным размерам исходного размера (такие задачи ставят при проектном расчете размерной цепи).

Размерные цепи классифицируются по ряду признаков.

Классификация размерных цепей

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделия
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделия
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определять точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определять точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу
Расположение звеньев	Линейная	Звенья цепи являются линейными размерами. Звенья расположены на параллельных прямых
	Угловая	Звенья цепи представляют собой угловые размеры, отклонения которых могут быть заданы в линейных величинах, отнесенных к условной длине, или в градусах
	Плоская	Звенья цепи расположены произвольно в одной или нескольких параллельных плоскостях
	Пространственная	Звенья цепи расположены произвольно в пространстве
Характер звеньев	Скалярная	Все звенья цепи являются скалярными величинами
	Векторная	Все звенья цепи являются векторными погрешностями
	Комбинированная	Часть составляющих звеньев размерной цепи – векторные погрешности, остальные – скалярные величины
Характер взаимных связей	Параллельно связанные	Размерные цепи (две или более), имеющие хотя бы одно общее звено
	Независимые	Размерные цепи, не имеющие общих звеньев

Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, размерные цепи рассчитывают по методу максимума и минимума, при котором допуск замыкающего размера определяют арифметическим сложением допусков составляющих размеров. Этот метод обеспечивает заданную точность сборки без какого-либо подбора или подгонки деталей.

Если допустить ничтожно малую вероятность (например, 0,27%) несоблюдения предельных значений замыкающего размера, то можно значительно расширить допуски составляющих размеров и тем самым снизить себестоимость изготовления деталей. На этих положениях и основан *теоретико-вероятностный метод* расчета размерных цепей.

Сущность метода групповой взаимозаменяемости заключается в изготовлении деталей со сравнительно широкими технологически выполненными допусками, выбираемыми из соответствующих стандартов, в сортировке деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборке их (после комплектования) по одноименным группам. Такая сборка называется селективной. Метод групповой взаимозаменяемости применяют тогда, когда средняя точность размеров цепи получается очень высокой и экономически неприемлемой.

Под методом регулирования понимают такой расчет размерных цепей, при котором предписанная точность исходного (замыкающего) размера достигается преднамеренным изменением (регулированием) величины одного из заранее выбранных составляющих размеров, называемого компенсирующим.

Основная литература стр. 197 – 216, [1].

Дополнительная литература стр. 142 – 174, [14].

Контрольные вопросы:

1. Классификация размерных цепей?
2. Расчет размерных цепей по методу максимума и минимума?
3. Основные термины и определения?

2.3 Планы лабораторных занятий

Работа №1. Измерение конструктивных параметров деталей

Задание: с помощью измерительных инструментов определить размеры деталей, разработать эскиз и определить погрешности измерения.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство и методику измерений представленных измерительных инструментов.
2. Ознакомиться с материалами изложенными в теоретической части.
3. Произвести замеры размеров представленных образцов и занести их таблицу по аналогии с таблицей в теоретической части.
4. Произвести оценку ошибок измерений.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике оценки ошибок измерений.
3. Оценка ошибок измерений представленных образцов.

Основная литература: . [2] стр. 1 – 5.

Дополнительная литература: [1] стр. 78 – 111.

Контрольные вопросы:

1. Штангенциркуль, его устройство и назначение, снятие отсчета.
2. Микрометр, его устройство и назначение, снятие отсчета.
3. Понятие о размерах, предельных отклонениях и допусках.

Работа №2. Измерение шероховатости поверхности деталей.

Задание: определить контактным методом основные параметры шероховатости поверхности: среднее арифметическое отклонение профиля R_a ; высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z ; наибольшую высоту неровностей профиля R_{max} ; среднего шага неровностей профиля по вершинам S ; среднего шага неровностей профиля S_m ; относительную опорную длину профиля t_p .

Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство и методику измерения параметра шероховатости с помощью профилографа.
2. Ознакомиться с материалами изложенными в теоретической части.
3. Произвести замеры размеров представленных образцов и занести их таблицу.
4. Произвести оценку ошибок измерений.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике определения параметров шероховатости.
3. Оценка ошибок измерений представленных образцов.

Основная литература: . [2] стр. 1 – 5.

Дополнительная литература: [1] стр. 78 – 111.

Контрольные вопросы:

1. Чем характеризуется шероховатость поверхностей?
2. Каким инструментом измеряется шероховатость?
3. Какие методы применяется для оценки погрешности измерения?

Работа №3. Измерение размеров деталей с помощью предельных калибров

Задание: проверить размеры гладких цилиндрических деталей с помощью гладких цилиндрических калибров. Определить годность деталей. Определить размеры калибров-пробок и калибров-скоб. Выполнить схему полей допусков сторон калибра-скобы с указанием номинальных размеров и предельных отклонений.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методику определения размеров гладких цилиндрических деталей с помощью гладких калибров.
2. Ознакомиться с материалами изложенными в теоретической части.
3. Определить размеры калибров-пробок и калибров-скоб.
4. Построить схему полей допусков калибра.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике определения размеров гладких цилиндрических деталей с помощью гладких калибров.
3. Заключение о годности проходной и непроходной сторон калибров.

Основная литература: [2] стр. 7 – 9. [2] стр. 9 – 11.

Дополнительная литература: [1] стр. 78 – 111. [1] стр. 151 – 190.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и принцип действия калибров.
2. Как определяется действительные размеры пробок.
3. Концевые меры длины, их назначение, разряды и классы.
4. Калибр-скоба, назначение и маркировка.
5. Исполнительный размер калибра-скобы, его расчет.

Работа №4. Измерение элементов резьбы

Задание: проверить основные параметры цилиндрических резьб с помощью калибров. Определить допуски для метрических резьб.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить методику измерения всех основных конструктивных элементов резьбы.
2. Ознакомиться с материалами, изложенными в теоретической части.
3. Определить основные конструктивные параметры резьбы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике определения основных конструктивных элементов резьбы.
3. Заключение о годности резьбы.

Основная литература: [2] стр. 4 – 9.

Дополнительная литература: [1] стр. 102 – 107.

Контрольные вопросы:

1. Микроскоп, его устройство и назначение.
2. Как определяется параметры резьбы.
3. Понятие приведенного среднего диаметра резьбы.

Работа №5. Методы и средства контроля угловых размеров.

Задание: определить угловые размеры деталей с помощью угломеров, найти предельные отклонения.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить устройство угломера и методику определения угловых размеров.
2. Ознакомиться с материалами, изложенными в теоретической части.
3. Произвести замеры угловых размеров представленных образцов.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике измерения угловых размеров и описание конструкций угломеров.
3. Заключение о годности деталей.

Основная литература: [2] стр. 5 – 7.

Дополнительная литература: [1] стр. 82 – 113.

Контрольные вопросы:

1. Что называется допуском угла?
2. В чем выражается допуск угла?
3. Назначение универсального угломера, принцип его работы.
4. Каким образом определяется годность детали?

Работа №6. Выбор посадок цилиндрических соединений

Задание: подобрать посадку для подшипников скольжения и качения, привести схему расположения допусков.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить конструкций подшипников.
2. Ознакомиться с материалами, изложенными в теоретической части.
3. Произвести замеры подшипников качения и подобрать посадку.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по эксплуатации подшипников качения и скольжения.
3. Принципы выбора посадок для подшипников.
4. Заключение.

Основная литература: стр. 42 – 46. [1]

Дополнительная литература: стр. 14 – 28. [15]

Контрольные вопросы:

1. Какие виды существуют посадок?
2. Виды размеров.
3. В каких деталях применяется посадка с зазором.
4. Как определяется поля допусков.

Работа №7. Определение допусков размеров, входящих в размерные цепи

Задание: установить количественную связь между размерами деталей машины и уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров. Определить какой вид взаимозаменяемости будет наиболее рентабелен.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с материалами, изложенными в теоретической части.
2. Произвести замеры деталей редуктора.
3. Посчитать размерную цепь редуктора методом регулирования.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткая теоретическая справка по методике расчета размерных цепей.
3. Заключение.

Основная литература: стр. 42 – 46. [1]

Дополнительная литература: стр. 14 – 28. [15]

Контрольные вопросы:

1. Классификация размерных цепей.
2. Как производится расчет размерных цепей по методу максимума и минимума?
3. Основные термины и определения.

2.4 Планы занятий в рамках самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя (СРСП)

№ п/п	Задание	Форма проведения	Методические рекомендации	Рекомендуемая литература
1	2	3	4	5
1.	Написать доклад о стандартизации и унификации в области металлургического машиностроения.	Тренинг	Изучить основные понятия о стандартизации и унификации в области металлургического машиностроения	1 осн. [45-47] 2 осн. [23-34] 3 осн. [12-14] 1 доп. [58-62]
2.	Построить схему полей допусков в системе отверстия и валов для типовых соединений деталей машин	Выполнить по карточке	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок	1 осн. [46-47] 2 осн. [24-25] 3 осн. [12-14] 1 доп. [58-62]
3.	Определить погрешность	Выполнить по	Изучить основные методы оценки	1 осн. [48-63] 1 доп. [68-74]

	измерения различными методами	карточке	погрешности измерения	
4.	Написать реферат о международной стандартизации	Тренинг	Ознакомиться с принципом международной стандартизации	1 осн. [48-63] 1 доп. [64-67]
5.	Классифицировать отклонений геометрических параметров деталей	Экспресс-опрос	Изучить основные виды отклонений геометрических параметров деталей	1 осн. [57-59] 1 доп. [87-89]
6.	Начертить деталь и обозначить допуск формы и расположения поверхностей	Выполнить по карточке	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок	2 осн. [43-45] 1 доп. [87-89]
7.	Изучить методы измерения шероховатости поверхностей.	Экспресс-опрос	Ознакомиться методами и средствами измерения шероховатости поверхностей	2 осн. [37-46] 1 доп. [87-89]
8.	Обозначить на чертежах предельные отклонения размеров и посадок.	Выполнить по карточке	Изучить методы обозначения предельных отклонений размеров и посадок по ГОСТ	4 осн. [347-355]
9.	Расчитать посадку с зазором, с натягом и переходную посадку.	Выполнить по карточке	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок	4 осн. [348-350]
10.	Написать реферат о системах допусков и посадок конических соединений	Тренинг	Изучить систему допусков и посадок конических соединений	2 осн. [75-85] 3 осн. [23-24] 1 доп. [378-381]
11.	Классифицировать шлицевые соединения и показать схему расположения полей допусков при шлицевом соединении	Экспресс-опрос	Изучить основные виды шлицевых соединений и методы построения полей допусков	1 доп. [90-96] 2 доп. [243-245]
12.	Выбрать посадку для шпоночных соединений.	Выполнить по карточке	Ознакомиться методами выбора посадок для шпоночных соединений.	2 осн. [287-297] 3 осн. [128-137] 1 доп. [181-191]
13.	Написать доклад об унификаций в области машиностроения	Тренинг	Показать роль унификаций в машиностроении.	2 осн. [287-297] 3 осн. [128-137] 1 доп. [181-191]
14.	Изучить систему допусков и посадок метрических резьб.	Экспресс-опрос	Ознакомиться системой допусков и посадок, применяемых для	1 доп. [137-140] 3 доп. [120-135]

			метрических резьб	
15.	Определить кинематические погрешности зубчатых передач	Выполнить по карточке	Изучить основные виды зубчатых передач и методами определения кинематических передач	2 осн.[298-301] 3 осн.[225-228]

2.5 Планы занятий в рамках самостоятельной работы в рамках самостоятельной работы студентов (СРС)

№п/п	Задание	Методические рекомендации	Рекомендуемая литература
1	2	3	4
1.	Для посадок с зазором построить схемы расположения полей допусков отверстия и вала, указав на схемах предельные отклонения. Подсчитать наибольшие и наименьшие размеры отверстия и вала, а также допуск посадки.	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок с зазором и методами расчета предельных размеров отверстия и вала.	1 осн. [45-47] 2 осн. [23-28] 3 осн. [12-14]
2.	Для посадок с натягом построить схемы расположения полей допусков отверстия и вала, указав на схемах предельные отклонения. Подсчитать наибольшие и наименьшие размеры отверстия и вала, а также допуск посадки.	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок с натягом и методами расчета предельных размеров отверстия и вала.	1 осн. [48-52] 1 доп. [63-70]
3.	Для переходной посадки построить схемы расположения полей допусков отверстия и вала, указав на схемах предельные отклонения. Подсчитать наибольшие и наименьшие размеры отверстия и вала, а также допуск посадки.	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и переходных посадок и методами расчета предельных размеров отверстия и вала.	1 осн. [48-57] 2 осн. [37-41] 1 доп. [63-90]
4.	Подобрать посадку для подшипников скольжения с бронзовым вкладышем.	Ознакомиться видами подшипников скольжения и принципом построения допусков и посадок.	1 осн. [52-57] 2 осн. [39-40]
5.	Выбрать посадку радиального однорядного подшипника №308 класса точности 0.	Ознакомиться конструкцией подшипников качения и принципом построения допусков и посадок.	1 осн. [52-57]
6.	Написать реферат о размерных цепях.	Характеризовать размерные цепи. Основные виды размерных цепей: линейные, плоские и пространственные.	4 осн. [336-338]

7.	Определить допуски составляющих размеров деталей узла и составить схему размерных цепей.	По чертежам узла оборудования составить схему и рассчитать допуск.	4 осн. [264-366]
8.	Написать реферат о резьбовых соединениях	Перечислить основные параметры и дать характеристику к резьбовым соединениям.	4 осн. [366-367] 3 доп. [233-243]
9.	Определить приведенный средний диаметр для резьбы, зазор в резьбовом соединении и подобрать допуск.	С помощью измерительных инструментов замерить необходимые для расчета параметры резьбы и определить допуск.	4 осн. [369-393] 1 доп. [90-96] 2 доп. [243-248]
10.	Написать доклад о методах контроля резьбы	Описать методы контроля резьбы калибрами и привести схему проверки.	4 осн. [387-390] 1 доп. [93-95]
11.	Определить кинематическую погрешность цилиндрической зубчатой передачи	Ознакомиться типами цилиндрических зубчатых передач и методами определения кинематической погрешности	3 осн. [68-78] 2 доп. [146-148]
12.	Определить погрешности червячных цилиндрических передач.	Ознакомиться типами червячных передач и методами определения погрешности	3 осн. [70-78] 2 доп. [143-148]
13.	Определить размеры калибров-пробок и калибров скоб и построить схему расположения полей допусков калибров	Ознакомиться методами определения размеров отверстий и валов с помощью калибров-пробок и калибров скоб.	2 осн. [287-297] 3 осн. [128-137] 3 доп. [214-224]
14.	Составить схемы полей допусков к расчету посадок с зазором, с натягом и переходных посадок.	Ознакомиться с принципом построения систем допусков и посадок с зазором, с натягом и переходной посадки.	2 осн. [298-301] 3 доп. [225-229]
15.	Написать реферат об основных отклонениях отверстий и валов в системе ISO	Изучить основные отклонения отверстий и валов в системе ISO	2 осн. [289-292] 3 осн. [130-131]

2.6 Тестовые задания для самоконтроля

- Установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области
 - стандарт
 - технические условия
 - стандартизация
 - унификация
 - агрегатирование
- Какой нормативно технический документ по стандартизации устанавливает комплекс требований к конкретному изделию, его изготовлению и контролю

- A) стандарт
- B) правила
- C) закон
- D) технические условия
- E) отраслевой стандарт

3. Комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации

- A) государственные стандарты
- B) государственная система обеспечения единства измерений
- C) государственная система стандартизации
- D) комплексная стандартизации
- E) комплексные системы стандартов

4. Научно-технический принцип стандартизации

- A) обеспечение функциональной взаимозаменяемости
- B) симплификация
- C) типизация конструкций изделий
- D) опережающая стандартизация
- E) обеспечение единства измерений

5. Ряды предпочтительных чисел строятся на основе

- A) арифметической прогрессии
- B) геометрической прогрессии
- C) арифметической и геометрической прогрессии
- D) рядов Фурье
- E) Рядов Тейлора

6. Укажите основные стандартные ряды предпочтительных чисел

- A) R5; R20; R40; R80
- B) R10; R20; R40; R60
- C) R20; R40; R60; R80
- D) R5; R10; R20; R40
- E) R10; R20; R40; R60; R80

7. Укажите дополнительные стандартные ряды предпочтительных чисел

- A) R70; R40
- B) R160; R120
- C) R80; R160
- D) R40; R80
- E) R 20;R80

8. Метод стандартизации, заключающийся в рациональном сокращении видов, типов и размеров изделий одинакового функционального назначения

- A) унификация
- B) сиплификация
- C) стандартизация
- D) типизация
- E) агрегатирование

9. Метод создания и эксплуатации машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных унифицированных узлов

- A) унификация
- B) сиплификация
- C) стандартизация
- D) типизация
- E) агрегатирование

10. Какой из указанных стандартов входит в группу базовых стандартов, устанавливающих порядок нормирования метрологических характеристик средств измерений

- A) ГОСТ 8.009
- B) ГОСТ 8.010
- C) ГОСТ 8.002
- D) ГОСТ 8.001
- E) ГОСТ 8.310

11. Укажите какое обозначение стандарта соответствует 5 группе, 2классу, с порядковым номером 03

- A) ГОСТ 03.25
- B) ГОСТ 0.325
- C) ГОСТ 2.503
- D) ГОСТ 5.203
- E) ГОСТ 2.035

12. По какой формуле определяется показатель унификации – коэффициент применяемости (в формулах n – общее число деталей в изделии, n₀ –число оригинальных деталей, n_y – число унифицированных деталей)

A) $K_{np} = \frac{n - n_0}{n_0} \cdot 100\%$

B) $K_{np} = \frac{n - n_y}{n} \cdot 100\%$

C) $K_{np} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100\%$

D) $K_{np} = \frac{n - n_y}{n_y} \cdot 100\%$

E) $K_{np} = \frac{n_o - n_y}{n_o} \cdot 100\%$

13. Наука об измерениях физических величин, методах и средствах обеспечения и способах достижения требуемой точности

- A) взаимозаменяемость
- B) квалиметрия
- C) стандартизация
- D) эргономика
- E) метрология

14. Как называют значения физической величины, найденное при измерении

- A) истинным
- B) измеренным
- C) действительным
- D) номинальным
- E) предельным

15. Какая из указанных государственных систем предназначена для обеспечения единства измерений
- A) ГСС
 - B) ГСИ
 - C) СИ
 - D) ИСО
 - E) ГКИ
16. Какие средства измерений используют для измерения физических величин
- A) рабочие средства измерений
 - B) эталоны
 - C) меры
 - D) образцовые средства измерений
 - E) все перечисленные
17. Каким методом измерения определяют отклонения контролируемого диаметра детали на оптиметре
- A) прямое измерение
 - B) дифференциальное
 - C) относительное
 - D) косвенное
 - E) абсолютное
18. Разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы прибора
- A) цена деления шкалы
 - B) длина деления шкалы
 - C) градуировочная характеристика
 - D) диапазон измерений
 - E) диапазон показаний
19. Что служит для воспроизведения единиц физических величин в общегосударственном и международном масштабе
- A) меры
 - B) эталоны
 - C) образцовые средства измерения
 - D) рабочие средства измерения
 - E) все перечисленные
20. Какую цену деления имеют нониусные шкалы микрометра
- A) 0,01 мм
 - B) 1 мм
 - C) 0,5 мм
 - D) 0,001 мм
 - E) 0,05 мм
21. Какой принцип гласит: минимальные погрешности измерения возникают, если контролируемый, геометрический элемент и элемент сравнения находятся на одной линии – линии измерения
- A) принцип Тейлора
 - B) принцип инверсий
 - C) принцип совмещения

- D) принцип Коши
- E) принцип Аббе

22. Для чего предназначен автотолератор

- A) для изменения характера процесса
- B) для автоматической настройки
- C) для защиты устройства
- D) для остановки процесса
- E) для автоматического включения устройства

23. Размер, который служит началом отсчета отклонений, определяемый расчетом на прочность и жесткость

- A) максимальный
- B) истинный
- C) действительный
- D) номинальный
- E) предельный

24. Разность между наибольшим и наименьшим допускаемым и значениями

- A) допуск
- B) размер
- C) отклонение
- D) поле допуска
- E) посадка

25. Посадки, в которых различные зазоры и натяги получаются соединением различных валов с основным отверстием

- A) система отверстия
- B) система вала
- C) система допусков
- D) система посадок
- E) система нулевой линии

26. Для всех посадок в системе вала

- A) $ES=0$
- B) $es=0$
- C) $EI=0$
- D) $ei=0$
- E) $es=0, ei=0$

27. Как определяется допуск ?

- A) $i = 0,45 \sqrt{D_{cp}} + 0,01D_{cp}$
- B) $i = 0,45 \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,1D_{cp}$
- C) $i = 0,45 \sqrt[3]{D_{cp}}$
- D) $i = 0,45 \sqrt[3]{D_{cp}} + 0,01D_{cp}$
- E) $i = 0,45 \sqrt{D_{cp}}$

28. Для всех полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основным отклонением является

- А) нижнее отклонение
- В) верхнее отклонение
- С) величина допуска
- Д) координата середины поля допуска
- Е) нет основного отклонения

29. Какие основные отклонения в системе ЕСДП предназначены для образования полей допусков в посадках с зазорами

- А) $J_s - N (j_s - n)$
- В) $F - N (f - n)$
- С) $P - Z_c (p - z_c)$
- Д) $A - H (a - h)$
- Е) $D - M (d - m)$

30. Укажите посадку в системе вала

- А) $\frac{G7}{h6}$
- В) $\frac{H7}{k6}$
- С) $\frac{L0}{k6}$
- Д) $\frac{H7}{h6}$
- Е) $\frac{L6}{m6}$

Коды правильных ответов

№ вопроса	Уровень сложности	Правильный ответ
1	1	С
2	1	Д
3	1	С
4	1	А
5	1	С
6	1	Д
7	1	С
8	1	А
9	1	Е
10	1	А
11	1	С
12	1	С
13	1	Е
14	2	С
15	1	В
16	1	А
17	1	В
18	1	А
19	1	В
20	1	А
21	1	Е
22	1	А
23	1	Д
24	1	А
25	1	А
26	2	В

27	1	D
28	1	B
29	1	D
30	1	D

2.9 Экзаменационные вопросы по курсу

1. Понятие о взаимозаменяемости и ее видах.
2. Расчет и выбор посадок с натягом.
3. Допуски метрической резьбы. Обозначение точности и посадок метрической резьбы.
4. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах.
5. Область применения посадок с натягом. Привести примеры.
6. Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений.
7. Понятие о предельных отклонениях.
8. Допуски и посадки подшипников качения.
9. Классификация отклонений геометрических параметров.
10. Принципы построения систем допусков и посадок для типовых соединений деталей машин.
11. Выбор посадок подшипников качения на валы и в корпус.
12. Отклонения и допуски форм. Отклонения форм цилиндрических поверхностей.
13. Методы выбора допусков и посадок.
14. Гладкие калибры. Виды и конструктивные исполнения. Маркировка калибров.
15. Отклонения формы плоских поверхностей и расположения поверхностей.
16. Основные эксплуатационные требования и система допусков и посадок гладких цилиндрических соединений.
17. Допуски калибров. Расчет исполнительных калибров. Схемы расположения их полей допусков.
18. Суммарные отклонения и допуски формы и расположения поверхностей.
19. Методика построения посадок. Обозначение предельных отклонений и посадок на чертежах.
20. Система допусков углов и конических соединений.
21. Обозначение на чертежах допусков формы и расположения поверхностей деталей.
22. Расчет и выбор посадок с зазором в подшипниках скольжения.
23. Требования к резьбовым соединениям. Основные параметры и характеристика крепежных цилиндрических резьб.
24. Определение основных параметров шероховатости поверхности.
25. Область применения рекомендуемых посадок с зазором. Привести примеры.
26. Параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей.
27. Отклонение шага, угла профиля резьбы и их диаметральная компенсация.
28. Расчет и выбор переходных посадок.
29. Приведенный средний диаметр резьбы. Суммарный допуск среднего диаметра резьбы.
30. Обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.
31. Область применения различных переходных посадок. Привести примеры.
32. Посадки резьбовых деталей с зазором.
33. Выбор параметров шероховатости и их числовых значений.
34. Взаимозаменяемость.
35. Виды конических соединений. Допуски на угловые размеры.
36. Средства контроля зубчатых и червячных передач.
37. Классификация и основные эксплуатационные требования к зубчатым передачам.

38. Основные эксплуатационные требования к шпоночным и шлицевым соединениям с эвольвентным профилем (ГОСТ 6033-80).
39. Классификация размерных цепей.
40. Методы решения размерных цепей.
41. Обозначение допусков и посадок шпоночных и шлицевых соединений.
42. Дать определение понятию взаимозаменяемость изделия.
43. Что называется принципом взаимозаменяемости?
44. Что такое полное взаимозаменяемость?
45. Чем характеризуется уровень взаимозаменяемости?
46. Дать определение о нормальном действительном и предельном размерах.
47. Отклонение и его виды.
48. Принципы построения системы допусков и посадок.
49. Что такое квалитет?
50. Классификация отклонений геометрических параметров деталей.
51. Система нормирования отклонений формы.
52. Отклонение формы цилиндрических поверхностей.
53. Отклонение формы плоских поверхностей.
54. Отклонение расположения поверхностей.
55. Суммарное отклонение и допуски формы и расположения поверхностей.
56. Зависимый и независимый допуски расположения.
57. Допуски расположения оси отверстия для крепежных деталей.
58. Основные отклонения полей допусков.
59. Предпочтительные поля допусков и предпочтительные посадки.
60. Условное обозначение посадок и предельное отклонение на чертежах.
61. Выбор предельных посадок с зазором. Область применения.
62. Система допусков и посадок для подшипников качения.
63. Назначение допусков на изготовление и износ предельных калибров.
64. Методы и средства контроля резьбовых соединений.
65. Основные понятия цилиндрических резьб. Их погрешность.
66. Система допусков и посадок метрической резьбы.
67. Краткие характеристики метрических и трубных резьб.
68. Виды степеней точности резьбы.
69. Виды резьб.
70. Система допусков и посадок метрических резьб.
71. Методы и средства контроля точности цилиндрических резьб.
72. Как определяется предельные отклонения размеров отверстий и валов?

ГЛОССАРИЙ

Стандартизация – это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности.

Стандарт – нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом.

Унификация – это рациональное сокращение числа объектов одинакового функционального назначения.

Типизация конструкций изделий – разработка и установление типовых конструкции, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий, их составных частей и деталей.

Типизация технологического процесса – разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий той или иной классификационной группы.

Качество продукции – совокупность свойств и показателей, определяющих пригодность изделий для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с их назначением.

Эксплуатационные показатели – это характеристики, определяющие качество выполнения изделием заданных функций.

Надежность – свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Выходные сведения:

УМК обсужден на заседании кафедры
металлургические машины и оборудование
Протокол № ___ «___» _____ 2008г.
УМК одобрен на заседании научно-методического
совета Института металлургии и полиграфии
им. А. Буркитбаева
Протокол № ___ «___» _____ 2008г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ СТУДЕНТА

по дисциплине «Основы взаимозаменяемости»
для специальности 05074 “Технологические машины и
оборудование” (Металлургические машины и оборудование)

Составитель: Бортебаев С.А.

Подписано в печать ____.____.200__ г. Формат 60x84 1/16. Бумага книжно-
журнальная. Объем ____ уч.-изд.л. Тираж ____ экз. Заказ № ____.

Опечатано в типографии издательства КазНТУ имени К.И. Сатпаева
г.Алматы, ул.Ладыгина, 32