

Размерный анализ

Точность технологических операций

Припуски на обработку

Параметры, характеризующие

ТОЧНОСТЬ

- Точность размеров отдельных поверхностей
- Точность расстояний между поверхностями
- Точность формы
- Точность взаимного расположения
- Волнистость
- Шероховатость поверхности

Вопрос: каковы параметры, характеризующие

- Выполнение точностных параметров детали достигается выполнением комплекса технологических операций
- Точность технологической операции характеризуют величиной погрешности, возникающей на операции
- Чем меньше погрешность, возникающая на операции, тем выше ее точность
- Для определения точности технологической операции пользуются таблицами, содержащими статистические данные для различных методов обработки

- Параметры, характеризующие точность, задаются на чертеже в виде допусков на размер, шероховатости и технических требований.

Вопрос: перечислите технические требования, проставляемые на чертежах деталей.

«технические требования» – это допуски расположения, заданные в виде условных знаков или текстом.

Количество технических требований должно быть достаточным для задания определенного положения поверхности относительно баз

Припуски и напуски

Припуск – это часть материала, удаляемого с поверхности заготовки, для обеспечения выполнения заданных требований чертежа по точности и качеству поверхностей, обрабатываемых резанием

Напуск – это часть материала заготовки, необходимость удаления которой вызвана упрощением формы заготовки по отношению к форме готовой детали

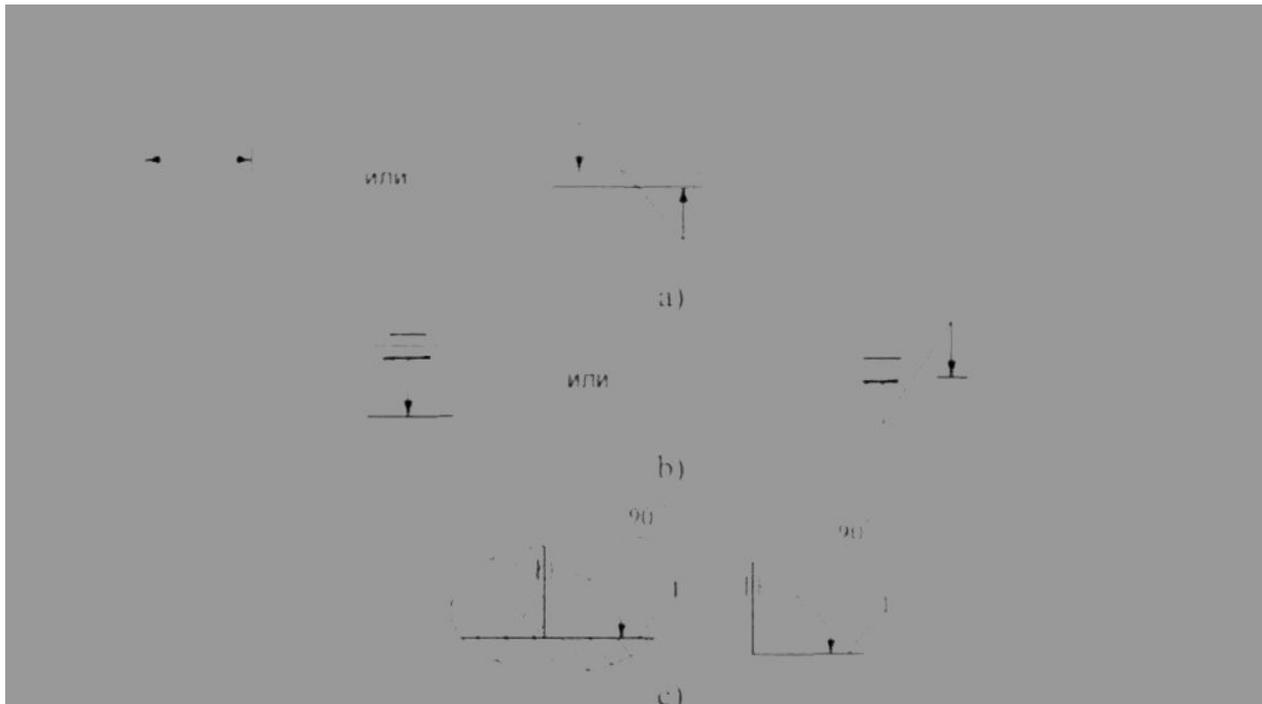
Вопрос: назовите методы назначения припусков на обработку. Что лежит в основе ЭТИХ методов.

Методика размерного анализа предусматривает расчет операционных размеров с использованием теории размерных цепей

Основные понятия о размерных цепях

Размерная цепь – это совокупность размеров непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур

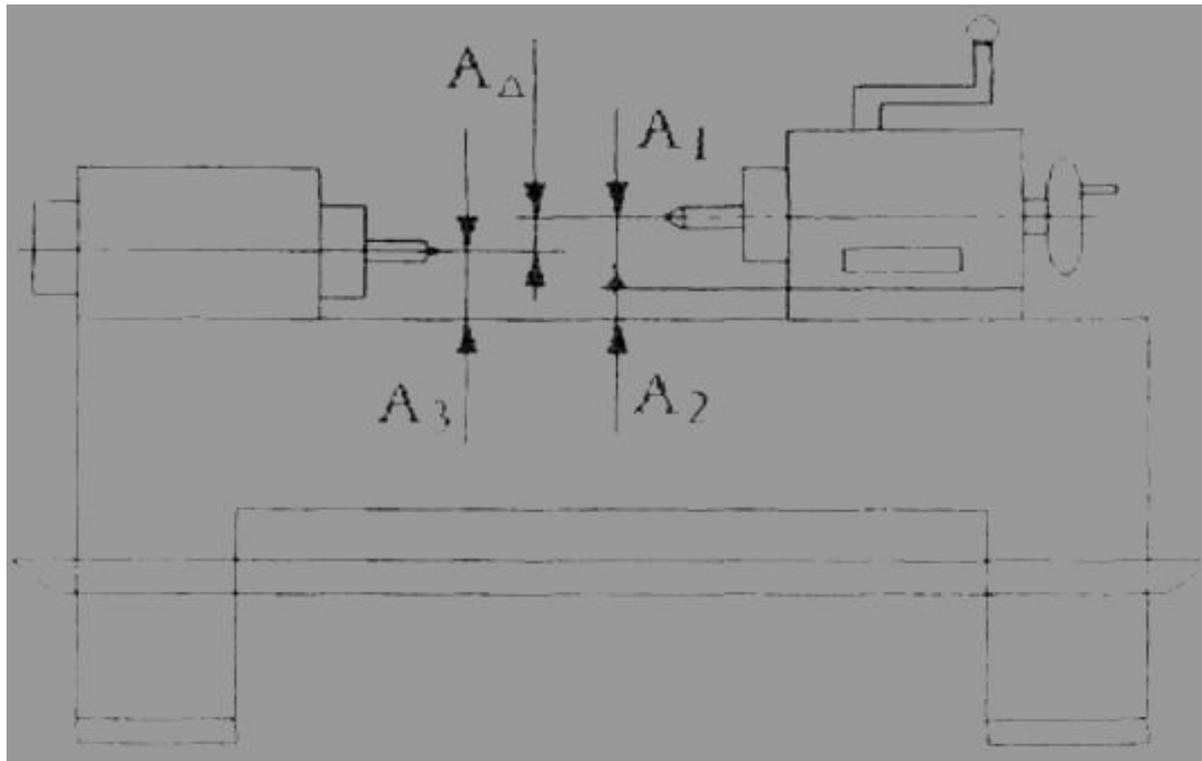
Графическое изображение цепи принято называть схемой размерной цепи



Условные обозначения звеньев размерной цепи

а – линейные размеры, б – параллельность (стрелка направлена к базе),

с – перпендикулярность (стрелка направлена к базе)



Размерная цепь токарного станка

В токарном станке при сборке необходимо обеспечить совпадение осей шпинделя и задней бабки

Вопрос: почему может возникнуть несопадение осей.

Классификация размерных цепей

Конструкторская – размерная цепь, определяющая положение деталей в изделии

Технологическая – размерная цепь, обеспечивающая положение детали при выполнении операции обработки или сборки

Измерительная – размерная цепь, используемая при определении относительного расположения поверхностей изготавливаемой или изготовленной детали

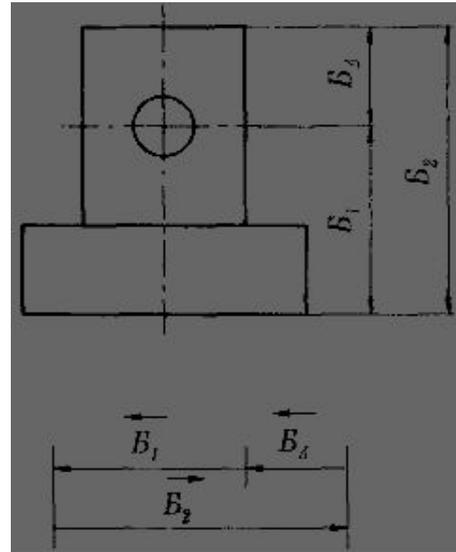
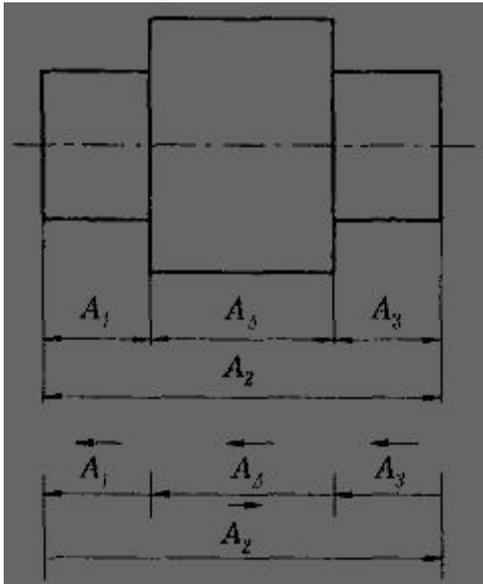
Линейная

Угловая

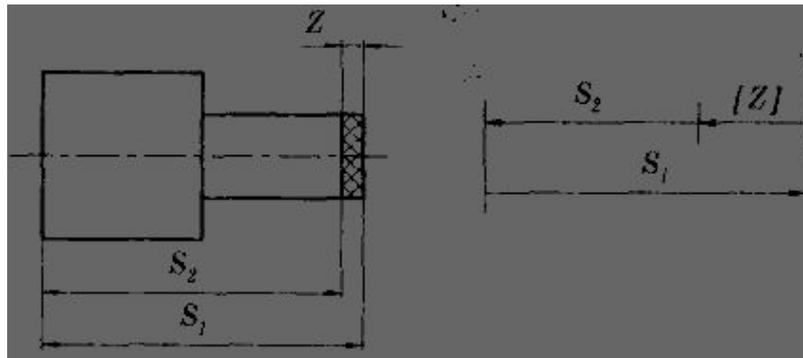
Пространственная

Звенья размерных цепей

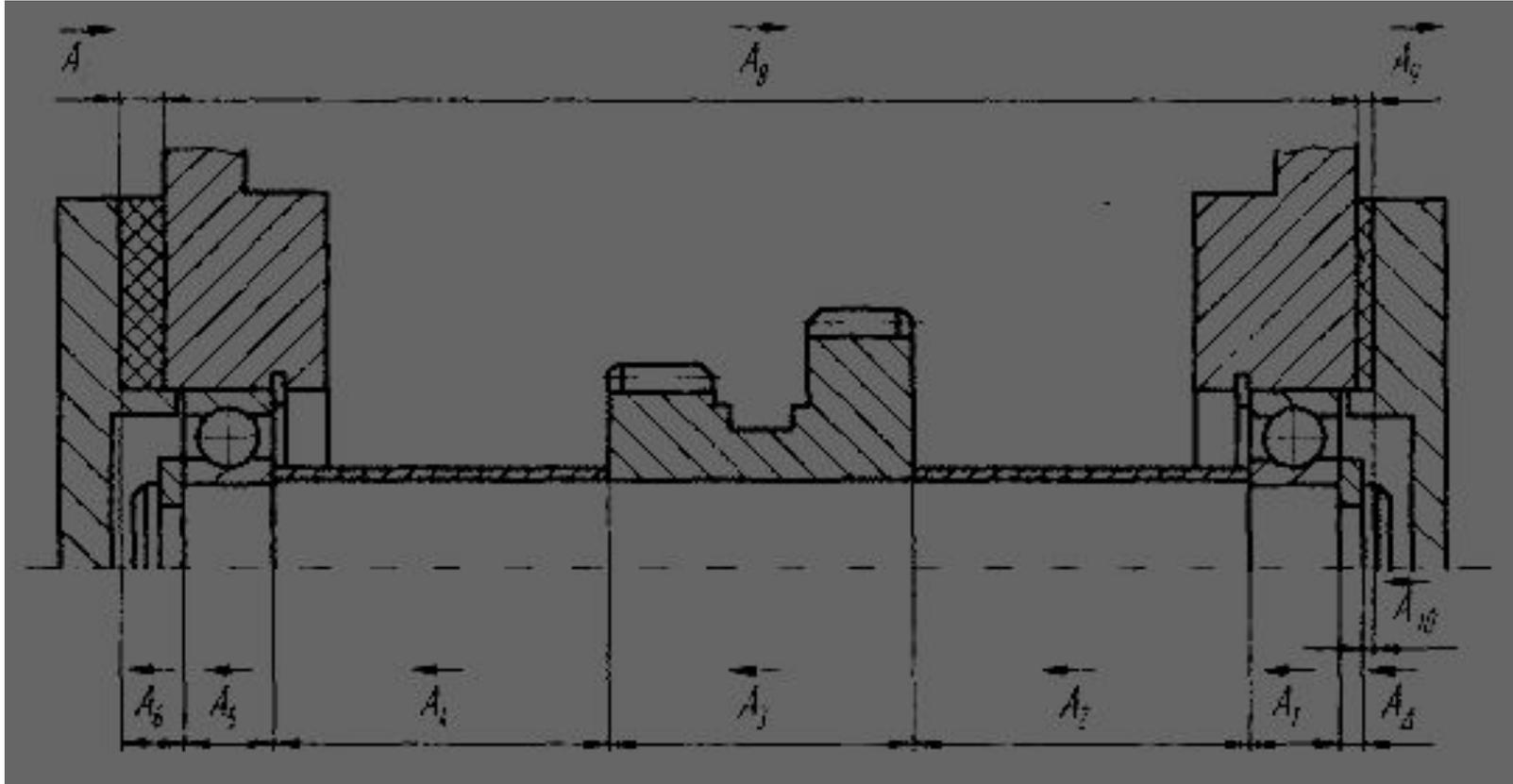
- *Замыкающее* – звено размерной цепи, являющиеся исходным при постановке задачи или получающиеся в результате ее решения
- *Составляющее* - звено размерной цепи, связанное с замыкающим звеном.
- *Увеличивающее* – составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается
- *Уменьшающее* - составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается
- *Компенсирующее* – звено размерной цепи, изменением значения которого, достигается требуемая точность замыкающего звена



Конструкторские размерные цепи



Технологическая размерная цепь



Сборочная размерная цепь узла редуктора

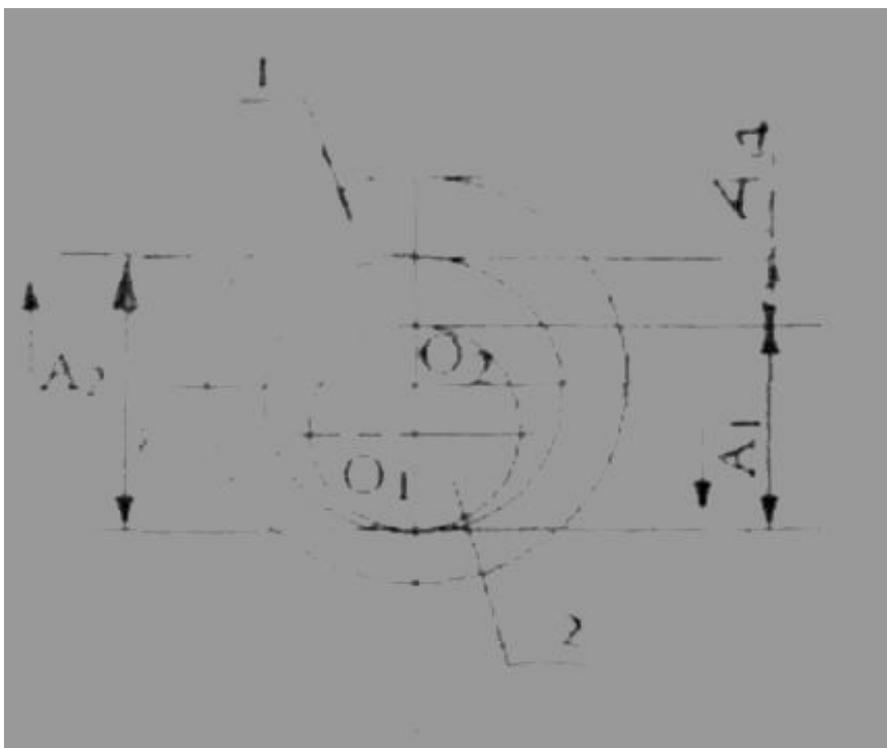


Схема диаметральной
размерной
цепи

1 – втулка

2 - вал

A_{Δ} – зазор

A_1 – уменьшающее звено

A_2 – увеличивающее звено

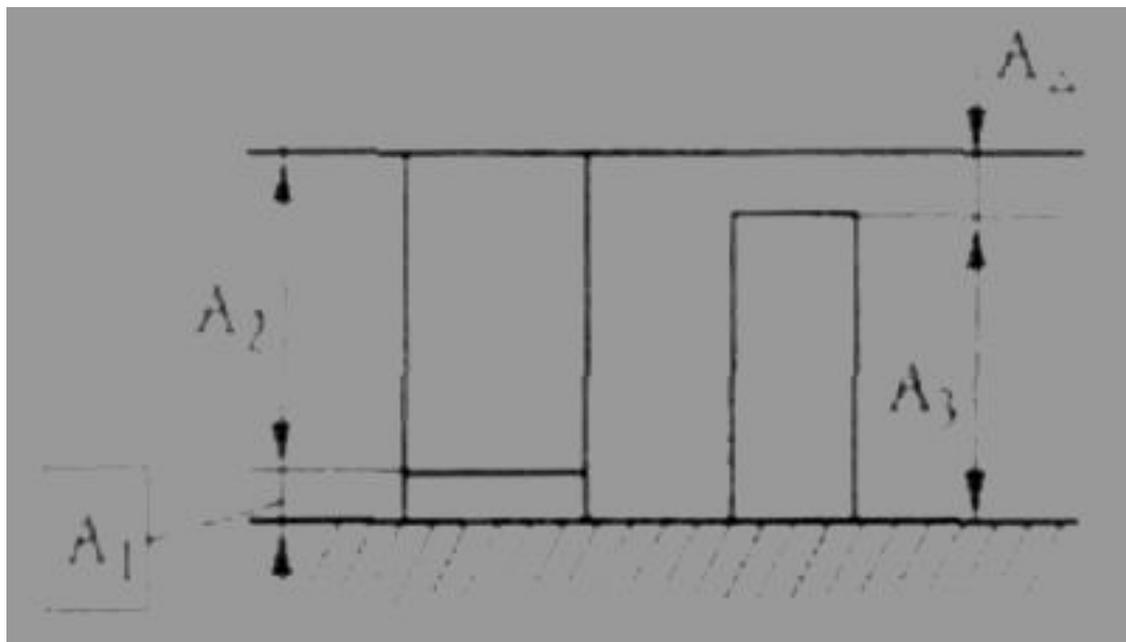


Схема с компенсирующим звеном

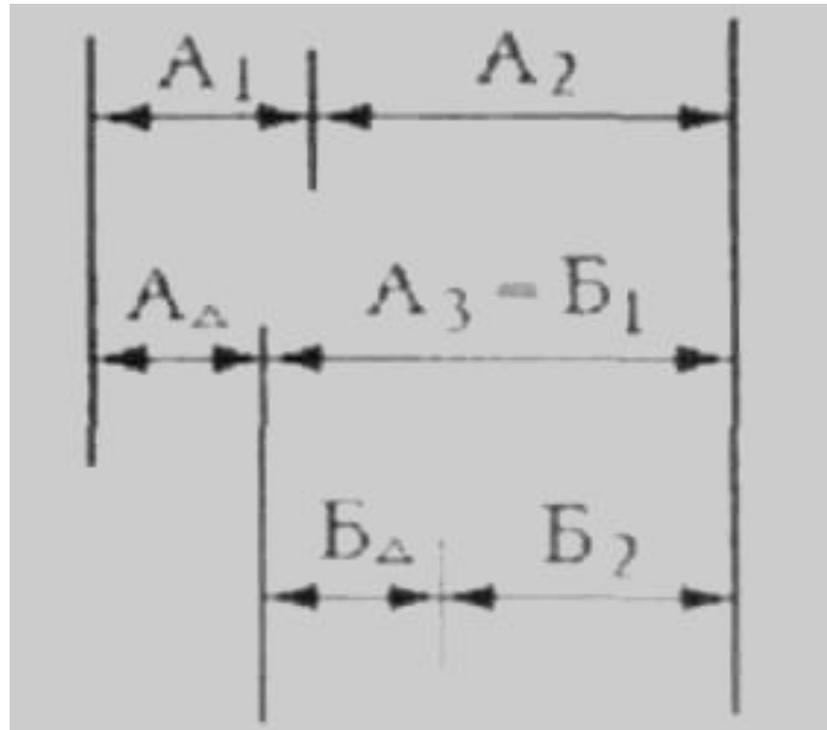


Схема с общим звеном (связанная размерная цепь)

Цель размерного анализа

- Проверка обеспечения заданной точности детали на настроенном оборудовании
- Определение рационального количества технологических переходов, технологических размеров с допусками
- Определение размеров заготовки с минимально допустимыми припусками

Методы расчета размерных цепей

- **Метод максимума-минимума** – учитывает предельные отклонения звеньев цепи и самые неблагоприятные их сочетания
- **Вероятностный метод** – учитывающий рассеяния размеров и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи

Решение размерных цепей

- Прямая задача – определение размеров и предельных отклонений всех составляющих звеньев по известному размеру и отклонениям замыкающего звена
- Обратная задача - определение размеров и предельных отклонений замыкающего звена по известным размерам и отклонениям всех составляющих звеньев

При решении любых задач составляют три основных уравнения

- Уравнение номиналов

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^q A_{iyв} - \sum_{i=1}^m A_{iyм}$$

- Уравнение координат середин полей допусков

$$\Delta_{0A_{\Delta}} = \sum_{i=1}^q A_{iyв} - \sum_{i=1}^m A_{iyм}$$

- Уравнение погрешностей

$$\omega_{A_{\Delta}} = \sum_{i=1}^n T A_i$$

Методы составления размерного анализа

- Построение от заготовки – известны размеры заготовки, необходимо проверить обеспечение точности размера детали
- Построение от готовой детали – определение размеров заготовки

Обязательно прочитать методические пособия

- [Pegashkin_Semikolennyh_Cepi_razmernye.pdf](#)
- [Pegashkin_Semikolennyh_Proektirovanie_tehnologicheskikh_processov.pdf](#)
- [Pegashkin_Semikolennyh_RGR_Proektirovani_e_tehnologicheskogo_processa_obrabotki.pdf](#)

Звенья операционных размерных цепей

- Размеры
- Припуски, снимаемые с поверхности
- Глубины слоев насыщения
- Толщины слоев покрытий
- Величины пластических деформаций
- Отклонения формы
- Отклонения взаимного расположения поверхностей, и др.

Обозначения звеньев размерных цепей

1. Линейные размеры, радиусы цилиндрических поверхностей обозначаются буквами русского алфавита (кроме Т) с индексами, указывающими номер операции на которой выполняется этот размер (верхний индекс) и номер размера (нижний индекс)

$$A_2^{05} \quad B_{25}^{65}$$

2. Диаметры – удвоенный радиус, с индексом номера операции и номера поверхности

$$D_1^{45}$$

3. Пространственные отклонения – цифрами, обозначающими номер поверхности с индексом номера операции

$$\nabla_1^{10}$$

$$1^{20} 2^{35}$$

Вид пространственного отклонения указывается перед цифровым обозначением:

$$\perp$$

неперпендикулярность –

непараллельность –

несоосность -

Обозначения звеньев размерных цепей

4. Припуски с индексами

Z_1^{10}

5. Величины остаточных деформаций (после термообработки) греческими строчными буквами с индексами

$\alpha, \beta, \gamma, \alpha_4^{40}$

6. Шероховатость

Rz_3^{10}

7. Глубина дефектного слоя

T_6^0

8. Допуск размера

TA^{30}

9. Поле рассеяния размера – разность между наибольшим и наименьшим размерами изделий в партии (колебания припуска)

ωZ_1^{20}

10. Замыкающие звенья на схемах заключаются в квадратные скобки

$[A], [Z_1^{20}]$

На операционных эскизах всегда проставляют размеры, являющиеся составляющими звеньями размерных цепей.

Размерные схемы технологического процесса

Виды размерных схем:

1. схемы линейных размеров и пространственных отклонений (непараллельность, неперпендикулярность) для расчета линейных размеров и их отклонений.
2. схемы диаметральных размеров и пространственных отклонений (несоосность, перекос осей) для расчета диаметров тел вращения и их отклонений.
3. комбинированные – для расчета точностных параметров корпусных деталей (размеров и отклонений) строят в трех проекциях и в нескольких сечениях (зависит от направлений размеров и пространственных отклонений).

- Все данные для построения схемы размерных цепей берутся из операционных эскизов и наладок.
- Технологические размеры представляют из себя направления, т.е. имеют начало отсчета от технологической или измерительной базы.
- Направление задается стрелкой, показывающей обработанную поверхность или координату оси отверстия.
- При составлении схемы диаметральных размеров используют звенья-радиусы.
- При определении глубины резания при обработке цилиндра составляют уравнение: $2Z = D_{\text{черн}} - D_{\text{чист}}$
оно справедливо только если $Z_1 = Z_2 = Z/2$ т.е. нет несоосностей при обработке

В расчеты включают радиус и он равен половине диаметра. При этом допуск тоже делится пополам в соответствии со знаками:

$$D = 20_{0,04}^{0,08}$$

$$D = 40_{-0,1}$$

$$P = 10_{0,02}^{0,04}$$

$$P = 20_{-0,05}$$

Припуски

- $[Z]=A1-A2$
 - При расчете припусков как правило известно:
 - $A1$ – размер заготовки
 - $TA1$ – допуск на размер заготовки (или на размер с предыдущей операции)
 - $TA2$ – допуск определяемый по таблицам точности.
 - $Z_{min}=Rz$ – при удалении следов предыдущей обработки
 - $Z_{min}=Rz+T$ – при удалении следов предыдущей обработки и дефектного слоя.
- В результате расчетов определяются: $A2$, Z_{max} , Z :
- $A2$ – для настройки станка
 - Z_{max} – для определения максимальной силы резания, мощности
 - Z – для назначения режимов резания

Правила составления схем размерного анализа

- При составлении схемы размерного анализа деталь изображают без соблюдения масштаба.
- Допускается увеличение размера фосок, канавок.
- Изображают половину детали.
- Преобразованный эскиз детали вычерчивается в одной или нескольких проекциях.
- Над проекциями выносятся все конструкторские размеры, заданные на чертеже и обозначаются буквой с индексами 1, 2, 3 и т.д.
- Поверхности нумеруют по порядку по часовой стрелке арабскими цифрами в окружности диаметром 6...8 мм (обозначение поверхности соединяют с размерной линией или линией выноски)
- Все поле ниже этой зоны делится горизонтальными линиями на части по количеству операций, начиная с последней технологической операции и до заготовительной операции включительно.
- В зоне каждой операции вносятся технологические размеры и припуски, которые берутся из наладок.
- Направление определяется стрелкой, которая показывает обработанную поверхность или координату оси обрабатываемого отверстия, начало обозначается окружностью диаметром 1...1,2 мм.
- При составлении схемы пользуются принятыми условными обозначениями.
- Схемы линейных и диаметральных размеров строятся как одномерные, т.е. по отдельным проекциям и сечениям. В каждой схеме указываются связи только вдоль одной из координатных осей.
- В схемах линейных размеров в состав одного контура входят межоперационные размеры, припуски, толщины слоев насыщения, покрытия и величины деформаций.
- В схемах диаметральных размеров в состав контура кроме припуска, толщин слоев и деформаций включают радиусы цилиндрических поверхностей (операционные размеры) и отклонения от соосности.
- Корпусные детали могут иметь комбинированные схемы, в которых представлены все перечисленные ранее схемы.

Последовательность составления схемы размерного анализа.

1. Преобразование чертежа.
2. Выбор метода получения заготовки.
3. Составление (определение) последовательности обработки по операциям (наладки).
4. Вычерчивание схемы линейных и радиальных размеров. Если необходимо схему пространственных отклонений)
5. Запись уравнений размерных цепей. Для выявления размерных связей необходимо произвести их обход, начиная с замыкающего звена слева на право, через все составляющие звенья (один раз по каждому) до возвращения к другой стороне замыкающего звена. Обход контуров позволяет записать в той же последовательности расчетное уравнение для каждой расчетной цепи.
6. Определение операционных допусков по таблицам статистической точности. Допуски на размеры заготовки по соответствующему ГОСТу.
7. Проверка обеспечения точности замыкающих звеньев – чертежных размеров.
8. Определение последовательности расчета размерных цепей (по среднему допуску на составляющее звено). Расчет производят в порядке увеличения среднего допуска.
9. Расчет размерных цепей.
10. Определение Z_{min} (из РАМОП, или по справочнику) , расчет размерных цепей, где замыкающим звеном является припуск.
11. Определение размеров заготовки.

Выполнение расчетов

- В размерной цепи должно быть только одно замыкающее звено.
- Общее число уравнений должно соответствовать числу конструкторских размеров и межоперационных припусков.
- Если какой-либо контур не замыкается, это свидетельствует о неправильной простановке размеров в наладках.
- Если одно и тоже замыкающее звено выражается несколькими уравнениями – допущена ошибка.
- Расчеты начинают с уравнений для проверки обеспечения конструкторских размеров, которые непосредственно не выполняются при обработке (не совпадают с технологическими).
- Определяют метод расчета, который зависит от типа производства и числа составляющих звеньев (более пяти – уравнения решают вероятностным способом).
- Для расчета необходимо назначить допуски на составляющие технологические размеры с учетом экономической точности метода обработки.
- При расчете операционных размерных цепей замыкающими звеньями являются припуски. Расчеты производятся от минимального припуска, который необходимо снять с обрабатываемой поверхности.
- Расчеты выполняются последовательно, начиная с уравнения в котором одно неизвестное составляющее звено
- При расчете размеров заготовки допуски принимаются по ГОСТ для выбранного метода получения заготовки.

Особенности расчетов операционных диаметральных размеров:

- Расчеты производятся от радиусов.
- Замыкающие звенья – минимальные операционные припуски.
- Составляющие звенья – операционные радиусы и несоосности.
- После расчетов производится пересчет размера на диаметр.

Возможные корректировки

- При решении уравнений по методу максимума минимума поле допуска конструкторского размера должно быть равно сумме полей допусков технологических размеров (составляющих звеньев).
- Если это условие не выполняется, т.е. поле рассеяния допуска замыкающего звена выходит за пределы заданного допуска, годность детали не гарантируется, необходимо проанализировать причины и дать конкретные предложения по обеспечению заданной точности, для этого необходимо произвести корректировку технологического процесса и расчеты новых размерных цепей.
- Возможные варианты вносимых изменений:
 - Ужесточение операционных допусков составляющих звеньев в пределах экономической или статистической точности применяемого оборудования и метода обработки,
 - Применение более точного оборудования,
 - Введение дополнительных операций или переходов,
 - Введение операции, на которой непосредственно выполняется данный чертежный размер,
 - Уменьшение числа составляющих звеньев размерной цепи с изменением схемы базирования,
 - Повышения точности наладки,
 - Повышения точности изготовления заготовки.

Точность расчетов и округление размеров

- Размеры определяемых звеньев рассчитываются до третьего знака после запятой.
- После расчетов производится округление операционных размеров с последующим пересчетом операционных припусков.
- Рекомендуется округлять:
 - Размеры 16, 17 квалитетов до одного знака после запятой,
 - Размеры с 15 по 11 квалитет – до двух знаков после запятой,
 - Остальные до трех знаков после запятой.

- Схемы и результаты размерного анализа (представленные в виде таблиц) выносятся на листы формата А1.
- Все необходимые расчеты, пояснения, ссылки производятся подробно в пояснительной записке.
- Результаты расчетов должны быть представлены в таблицах:

Для линейного размерного анализа

1. Линейные размерные цепи. Обеспечение конструкторских размеров.
2. Межоперационные размерные цепи.
3. Технологические размеры, припуски, размеры заготовки.

Для диаметрального размерного анализа:

1. Уравнения для расчета диаметральных размеров.
2. Результаты расчетов

Таблица 2. межоперационные размерные цепи.

Исходный размер	Исходное уравнение	Определяемый технологический размер
$[Z_{20}^{50}]$	Л19-Л22	Л19
$[Z_{15}^{45}]$	Л12-Л13	Л13

Таблица 3. технологические размеры, припуски, размеры заготовки

Технологические размеры		Припуски		Размеры заготовки	
Обозначение	Размер, допуск	Обозначение	Размер, допуск	Обозначение	Размер, допуск
Л1		$[Z_{20}^{50}]$		31	

Таблица 4. уравнения для расчета диаметральных размеров

Уравнение размерной цепи	Определяемый радиус

Таблица 5. Результаты расчетов.

Технологические размеры		Припуски, напуски		Размеры заготовки	
Обозначение	Размер, допуск	Обозначение	Размер, допуск	Обозначение	Размер, допуск