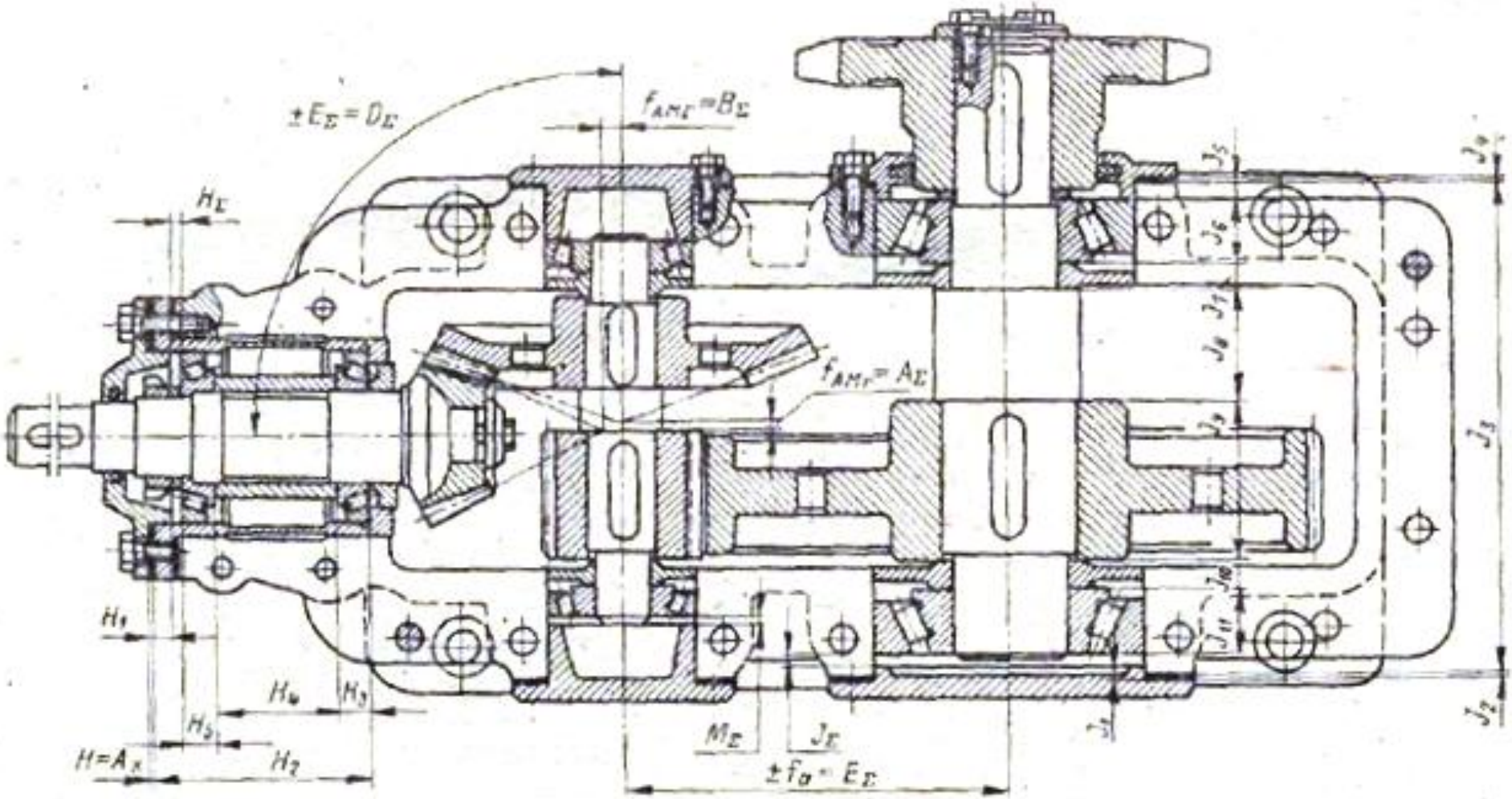
Размерный анализ и функциональная взаимозаменяемость.


±E_Σ = D_Σ
f_AMΣ = B_Σ
H_Σ
J_5
J_9
J_6
J_7
J_8
f_AMΣ = A_Σ
J_4
J_3
J_10
J_11
H_1
H_4
H_3
H_5
H = A_Σ
H_2
M_Σ
J_Σ
±f_Σ = E_Σ
J_1
J_2

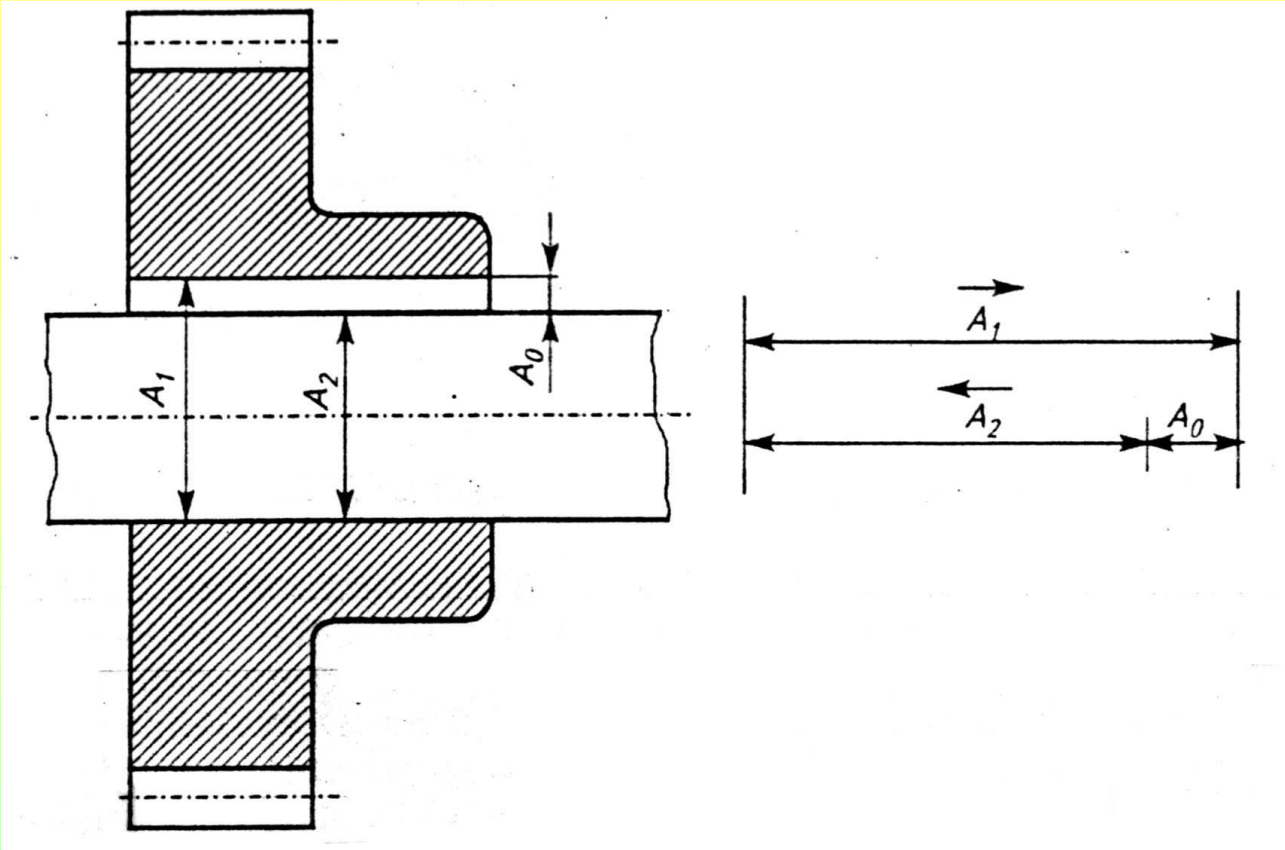
ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Размерной цепью **называется совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное положение поверхностей или осей одной детали - детальная размерная цепь или нескольких деталей - сборочная размерная цепь.**

Размеры, образующие размерную цепь, называют *звеньями размерной цепи*.
Звеньями размерной цепи делят на *составляющие и одно замыкающее*.

Замыкающим **называют размер (A_0), который получается последним в процессе обработки детали, сборки узла машины или измерения.**

Звено сборочной размерной цепи, которое определяет функционирование механизма, называют ***исходным*** (функциональным) ***размером***. (например, зазор, натяг и пр.). Зная предельные значения этого размера, рассчитывают допуски и отклонения всех остальных размеров цепи. В процессе сборки исходный размер, как правило, становится замыкающим.



Увеличивающиеся звенья **– это звенья, при увеличении которых увеличивается и замыкающее звено.**

Уменьшающие звенья **– это звенья, при увеличении которых уменьшается замыкающее звено.**

Классификация размерных цепей

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определяет 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

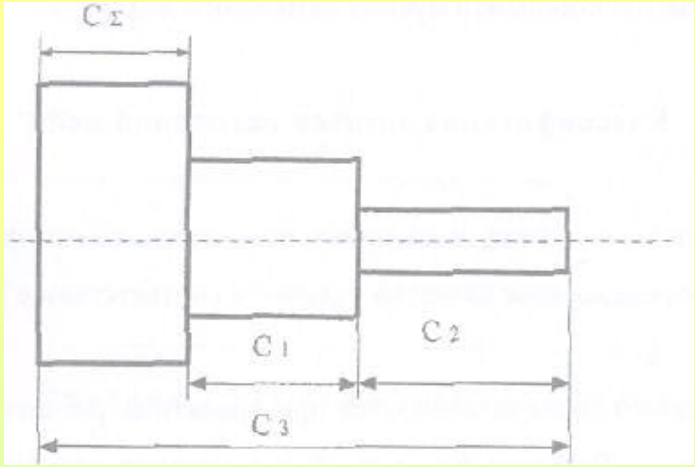
Виды размерных цепей

- ***Конструкторская размерная цепь*** – размерная цепь, определяющая расстояние или угол поворота между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии.

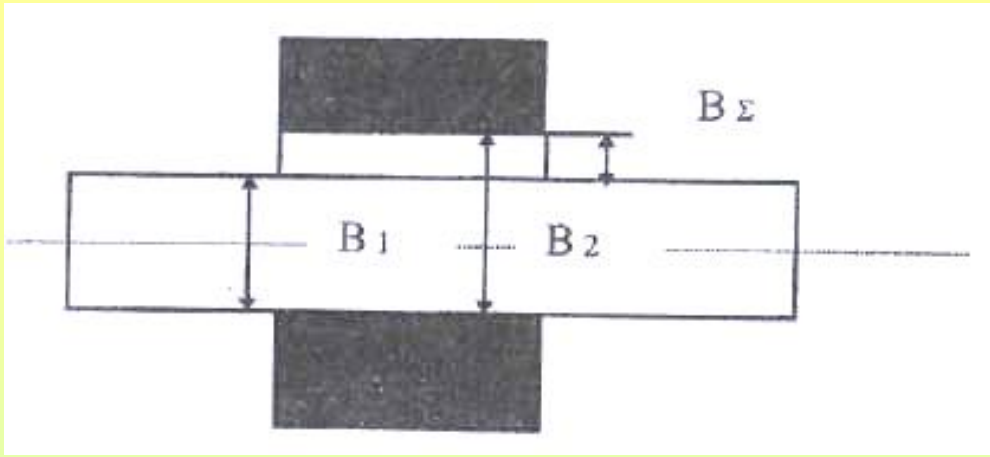
- ***Технологическая размерная цепь*** – размерная цепь, обеспечивающая требуемое расстояние или относительный поворот между поверхностями изготавливаемого изделия при выполнении операции или ряда операций сборки, обработки, при настройке станка, при расчете межпереходных размеров.

- ***Измерительная размерная цепь*** – размерная цепь, позволяющая решать задачу измерения величин, характеризующих точность изделия.

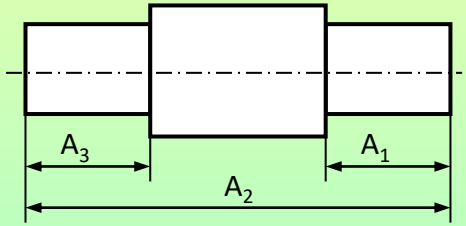
Виды размерных цепей



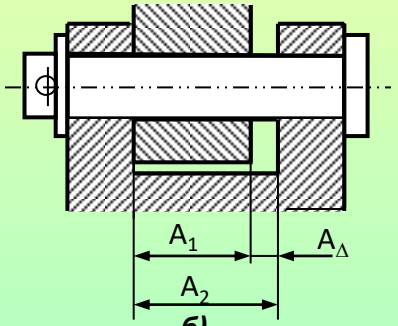
Детальная размерная цепь



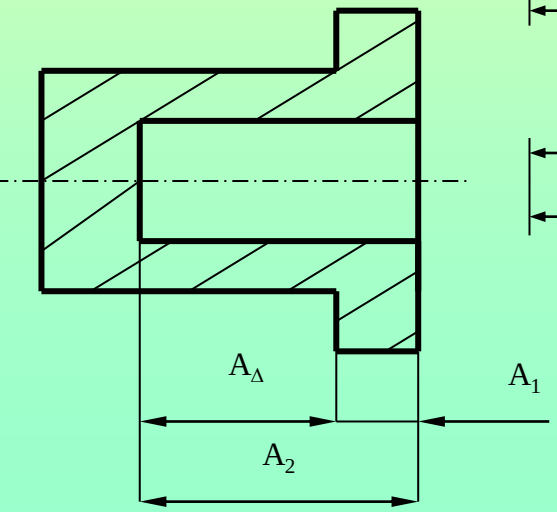
Сборочная размерная цепь

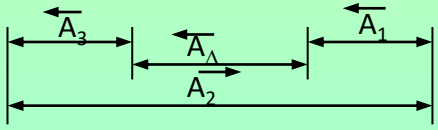


а)

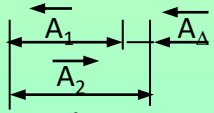


б)

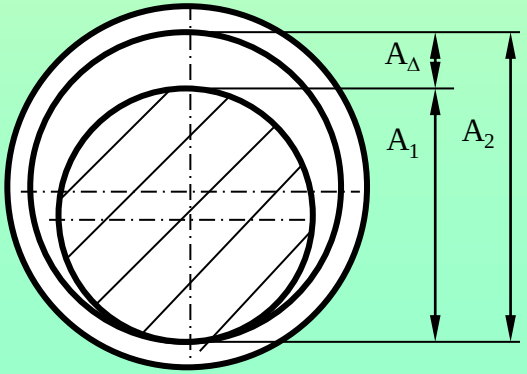




в)



г)



СХЕМЫ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Схемы плоской размерной цепи

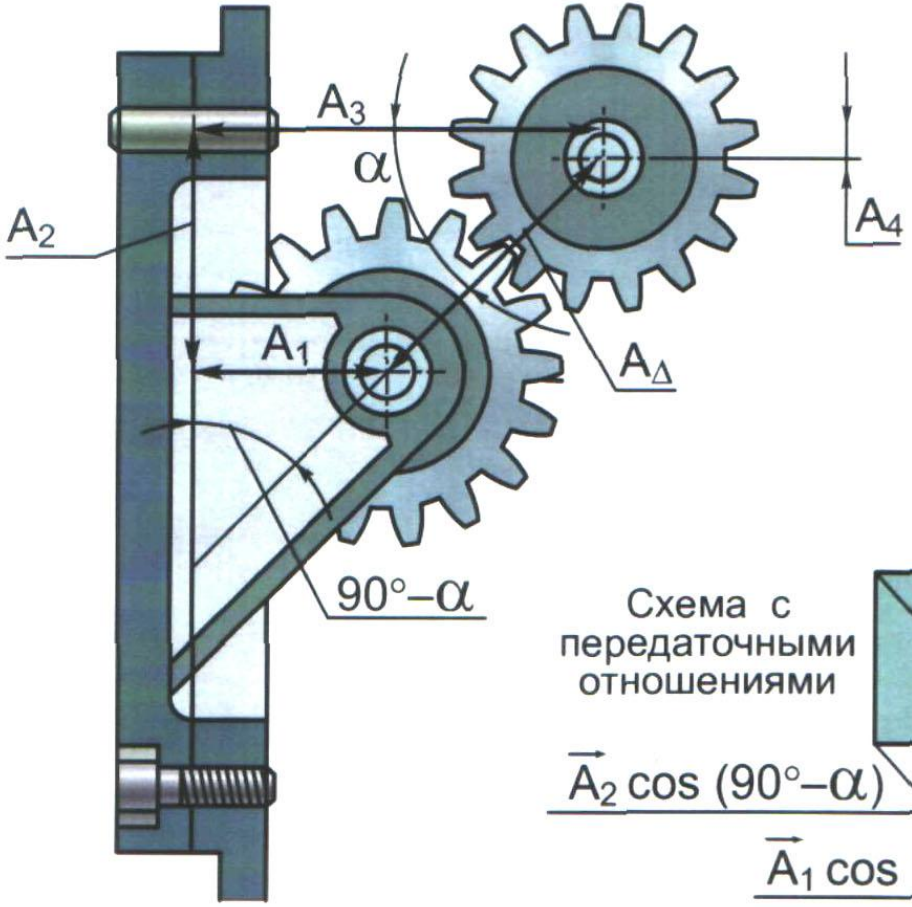


Схема номинальная

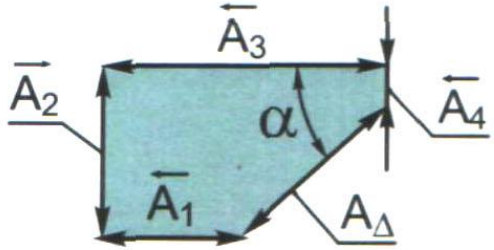
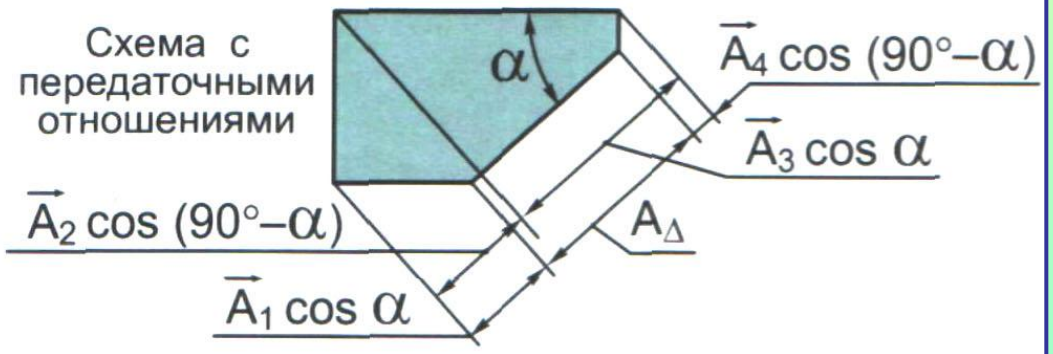


Схема с передаточными отношениями



Методы расчета размерных цепей

Сущность расчета размерной цепи заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев исходя из требований конструкции и технологии.

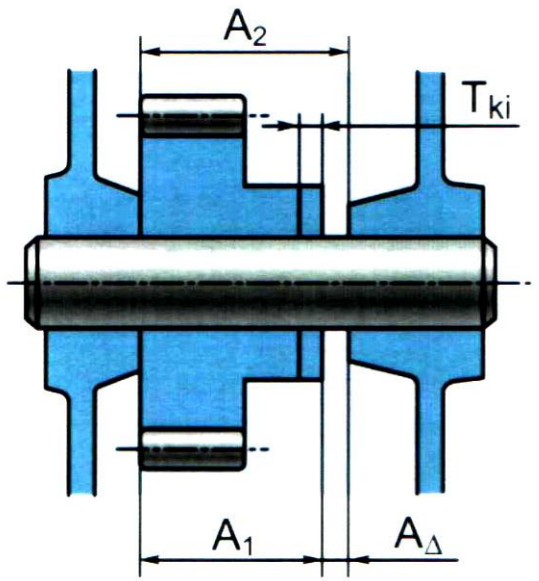
Прямая задача. По заданным номинальному размеру и допуску (отклонениям) исходного звена определить номинальные размеры, допуски и предельные отклонения всех составляющих звеньев размерной цепи. Такая задача относится к *проектному расчету* размерной цепи.

Обратная задача. По установленным номинальным размерам, допускам и предельным отклонениям составляющих звеньев определить номинальный размер, допуск и предельные отклонения замыкающего звена. Такая задача относится к поверочному расчету размерной цепи.

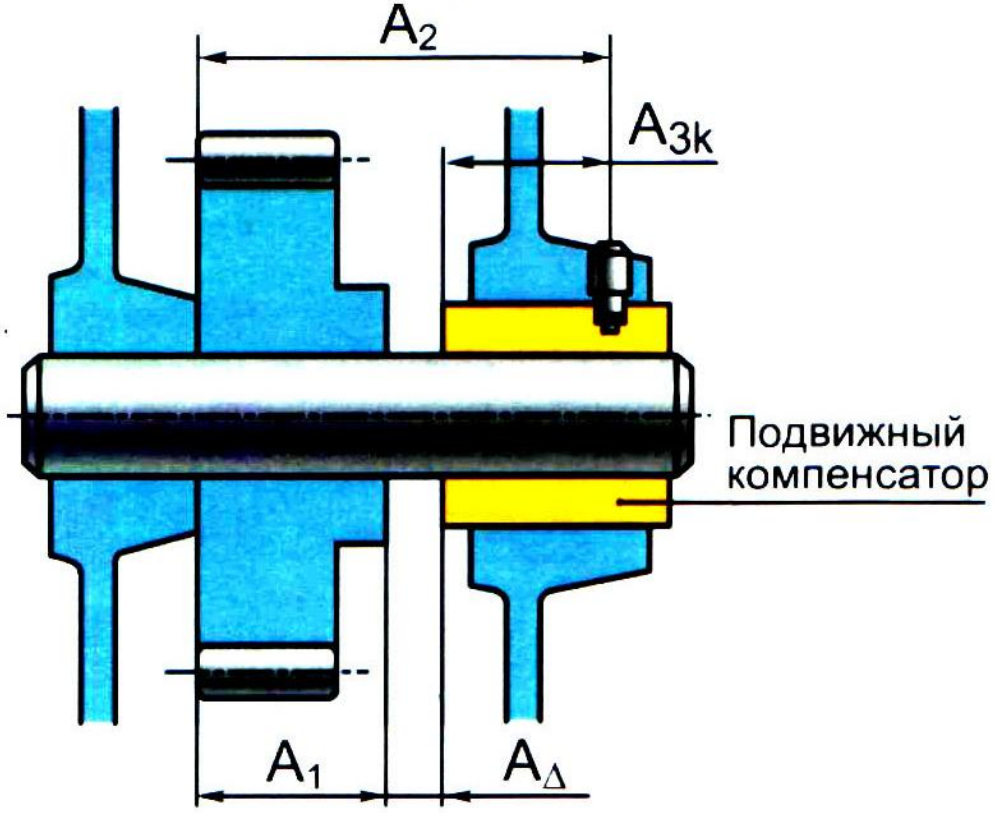
Методы расчета: метод полной взаимозаменяемости; метод неполной взаимозаменяемости; метод групповой взаимозаменяемости; метод регулирования; метод пригонки.

Наименование	Определение	Преимущества	Недостатки
Метод полной взаимозаменяемости	Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается у всех объектов путем включения в нее составляющих звеньев	Простота и экономичность сборки упрощается организация поточной сборки; возможность широкого кооперирования предприятий и др.	Допуски составляющих звеньев получаются меньшими, чем при всех остальных методах достижения точности замыкающего звена. Применение метода ограничено единичным и мелкосерийным производствами
Метод неполной взаимозаменяемости	Метод, при котором точность замыкающего звена размерной цепи достигается у заранее обусловлен части объектов путем включения в нее составляющих звеньев	То же, что при методе полной взаимозаменяемости, а также экономичность изготовления деталей вследствие увеличения их допуска в 1,5 — 2 раза и более. Это снижает себестоимость изготовления деталей	Не исключаются дополнительные затраты на замену или подгонку отдельных деталей тех изделий, у которых допуск или предельные размеры замыкающего звена вышли за установленные значения
Метод групповой взаимозаменяемости	Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается путем включения в размерную цепь составляющих звеньев, принадлежащих к одной из групп, на которые они предварительно рассортированы	Достижение высокой точности замыкающего звена при экономически целесообразных производственных допусках размеров составляющих звеньев	Дополнительные затраты на измерение, сортировку и маркировку деталей; сложность в хранении рассортированных деталей, их сборки, в снабжении запасными частями и пр.
Метод регулировапия	Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи Достигается изменением размера компенсирующего звена	На составляющие звенья размерной цепи назначают экономически целесообразные допуски. Возможность регулирования размеров замыкающего звена при эксплуатации (для компенсации износа)	В некоторых изделиях требуется увеличение числа звеньев размерной цепи, усложнение конструкции и сборки
Метод пригонки	Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается изменением размера компенсирующего звена путем удаления с компенсатора определенного слоя материала	На составляющие звенья могут быть установлены экономически целесообразные допуски	Значительное увеличение трудоемкости и себестоимости сборки, усложнение планирования производства и снабжения запасными частями

Метод пригонки



Метод регулирования



Метод максимума-минимума, обеспечивающий полную взаимозаменяемость

Допуск замыкающего размера определяют арифметическим сложением допусков составляющих размеров. Метод учитывает только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания, обеспечивает заданную точность сборки без подгонки (подбора) деталей.

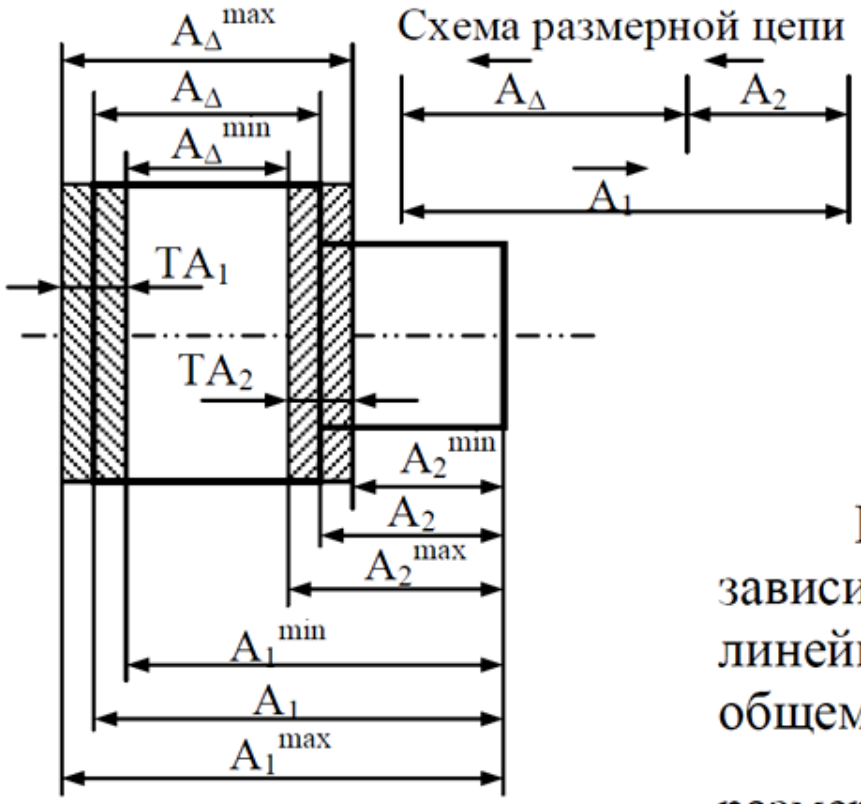


Рис. 2 Линейная размерная цепь

Обратная задача

Искомые значения для замыкающего звена определятся выражениями:

размер $A_\Delta = A_1 - A_2$; (1)

предельные размеры $A_\Delta^{max} = A_1^{max} - A_2^{min}$,

$A_\Delta^{min} = A_1^{min} - A_2^{max}$; (2)

предельные отклонения $Es(A_\Delta) = Es(A_1) - Ei(A_2)$, $Ei(A_\Delta) = Ei(A_1) - Es(A_2)$; (3)

допуск $TA_\Delta = TA_1 + TA_2$. (4)

По аналогии с уравнениями (1) – (4) зависимости для замыкающего звена при линейной размерной цепи можно представить в общем виде:

размер $A_\Delta = \sum_{j=1}^{n} A_{juv} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{jum}$; (5)

предельные размеры

$$\left.\begin{aligned} A_{\Delta}^{max} &= \sum_{j=1}^{n} A_{juv}^{max} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{jum}^{min}; \\ A_{\Delta}^{min} &= \sum_{j=1}^{n} A_{juv}^{min} - \sum_{j=n+1}^{n+k} A_{jum}^{max}; \end{aligned}\right\}$$

предельные отклонения

$$\left.\begin{aligned} ES(A_{\Delta}) &= \sum_{j=1}^{n} ES(A_j)_{ув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} EI(A_j)_{ум}; \\ EI(A_{\Delta}) &= \sum_{j=1}^{n} EI(A_j)_{ув} - \sum_{j=n+1}^{n+k} ES(A_j)_{ум}; \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

допуск

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i, \quad (7)$$

где n – количество увеличивающих звеньев; k – количество уменьшающих звеньев; m – общее количество звеньев, включая замыкающее звено; ES – верхнее отклонение звена; EI – нижнее отклонение звена.

Прямая задача

Способ равных допусков применяют, если составляющие размеры имеют один порядок (например, входят в один интервал диаметров) и могут быть выполнены с примерно одинаковой экономической точностью.

Средний допуск на звено $T_cA_i = TA_\Delta/(m-1)$

Способ равных допусков прост, но недостаточно точен, так как корректировка допусков составляющих размеров произвольна. Его можно рекомендовать только для предварительного назначения допусков составляющих размеров.

Способ допусков одного квалитета применяют, если все составляющие цепь размеры могут быть выполнены с допуском одного квалитета и допуски составляющих размеров зависят от их номинального значения.

Допуск составляющего размера $TA_i = a_i \cdot i_i$, (8)

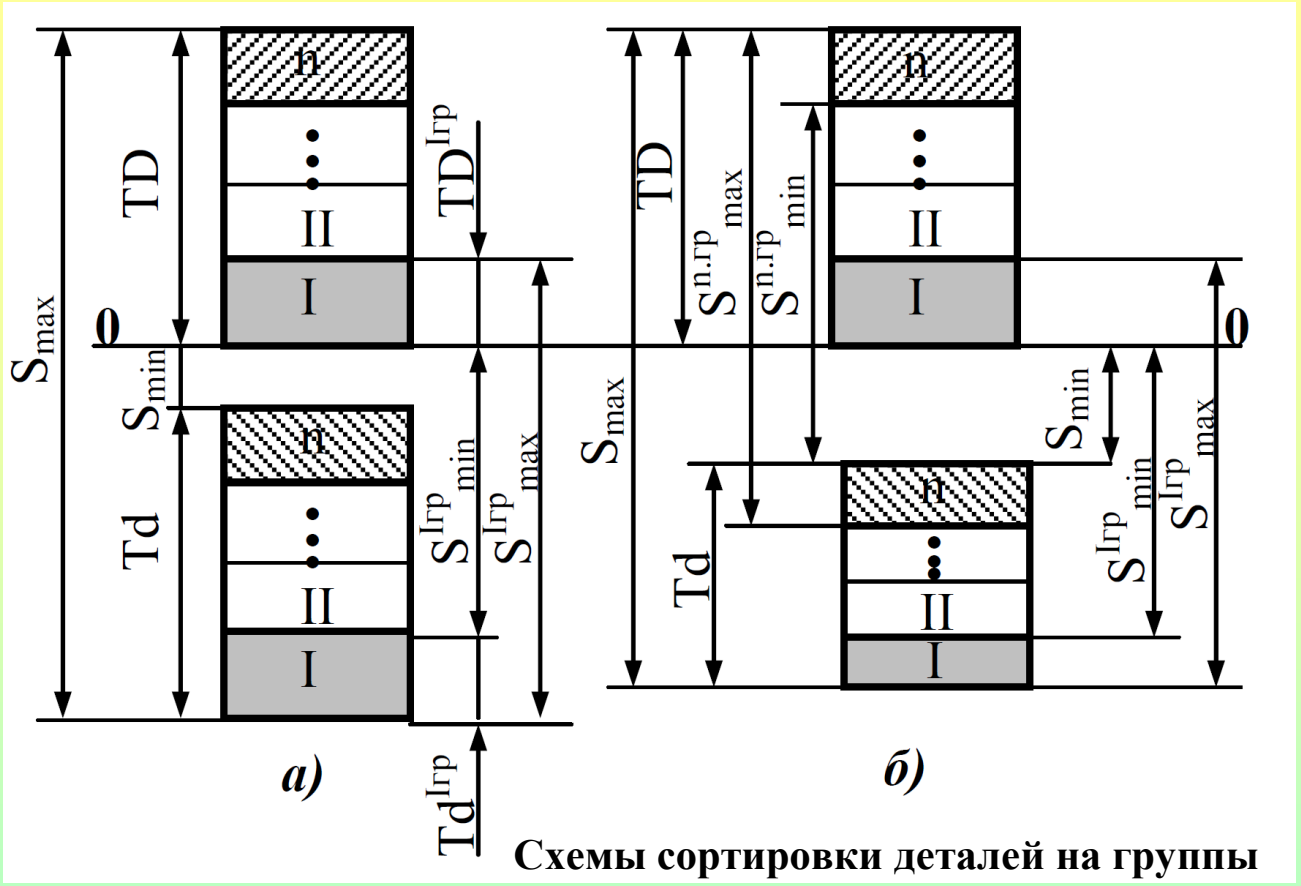
где i — единица допуска (мкм); *a* — число единиц допуска, содержащееся в допуске данного размера (определяется по ГОСТу 25346 - 89).

Для размеров от 1 до 500 мм , где D — средний геометрический размер (мм) для интервала диаметров по ГОСТу 25346 - 89, к которому относится данный линейный размер.

По значению a_c выбирают ближайший квалитет.

$$a_c = \frac{TA_\Delta}{m-1} \Big/ \sum_{i=1} i_i .$$

Метод групповой взаимозаменяемости при селективной сборке



Схемы сортировки деталей на группы

Сущность метода *групповой взаимозаменяемости* заключается в изготовлении деталей со сравнительно широкими технологически выполнимыми допусками, выбираемыми из соответствующих стандартов, сортировке деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборке (*селективной*) их (после комплектования) по одноименным группам.

Метод групповой взаимозаменяемости применяют, когда средняя точность размеров цепи очень высокая и экономически неприемлемая.

Для установления числа групп n сортировки деталей необходимо знать требуемые предельные значения групповых зазоров или натягов, которые находят из условия обеспечения наибольшей долговечности соединения, либо допускаемое значение группового допуска $TD_{гр}$ или $Td_{гр}$, определяемое экономической точностью сборки и сортировки деталей, а также возможной погрешностью их формы.

Отклонения формы не должны превышать группового допуска, иначе одна и та же деталь может попасть в разные (ближайшие) группы в зависимости от того, в каком сечении она измерена при сортировке.

При селективной сборке изделий с посадкой, в которой $TD = Td$, групповой зазор или натяг остаются постоянными при переходе от одной группы к другой .

Метод регулирования и пригонки

Метод регулирования – метод расчета размерных цепей, при котором требуемая точность исходного (замыкающего) звена достигается преднамеренным изменением без удаления материала (регулированием) одного из заранее выбранных составляющих размеров, называемого *компенсирующим* (на схеме размерной цепи компенсирующее звено заключают в прямоугольник).

Роль компенсатора обычно выполняет специальное звено в виде прокладки, регулируемого упора, клина и т. д.

При этом по всем остальным размерам цепи детали обрабатывают по расширенным допускам, экономически приемлемым для данных производственных условий.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ