

СГАУ: 6
Р175

Ц. 5 рчб

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА

РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

Методические указания

Самарский Государственный
аэрокосмический университет

№ 645975

Научно-техническая
библиотека

САМАРА 1997

5 ДГАУ: 6 + 621.85] (1.75)

55.03

Составители: Попов И.Г., Скуратов Д.Л., Шабалин Ю.А.

УДК 621.9

Размерные цепи: Методические указания/
Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Попов И.Г., Скуратов Д.Л.,
Шабалин Ю.А.. Самара, 1997.-27с.

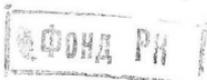
В указаниях приведена методика расчета размерных цепей на полную и неполную взаимозаменяемость, поясняются особенности применения методов максимума-минимума и теоретико-вероятностного для решения прямой и обратной задач.

Методические указания предназначены для студентов выполняющих расчетные работы по курсу "Метрология, взаимозаменяемость и управление качеством".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета им. акад. С.П.Королева.

Рецензент Попов Л.С.

Подготовлено к печати в компьютерной группе кафедры механической обработки материалов Самарского аэрокосмического университета им. акад. С.П.Королева.



СТАУ: 6

P 175

оглавление

- 1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ, ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....стр. 4
- 2. РАСЧЕТ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ МАКСИМУМА - МИНИМУМА.....стр. 6
 - 2.1. Определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена.....стр. 6
 - 2.2. Определение предельных отклонений и допусков составляющих звеньев.....стр. 10
 - 2.2.1. Способ равных допусков..... стр. 10
 - 2.2.2. Способ допусков одного качества.....стр. 11
- 3. ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ..... стр. 13
 - 3.1. Определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена.....стр. 14
 - 3.2. Определение предельных отклонений и допусков составляющих звеньев.....стр. 15
- 4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ...стр. 17
 - 4.1. Определение параметров замыкающего звена по заданным составляющим звеньям.....стр. 17
 - 4.1.1. Решение размерной цепи методом максимума-минимума.....стр. 19
 - 4.1.2. Решение размерной цепи теоретико-вероятностным методом.....стр. 20
 - 4.2. Определение допуска и предельных отклонений составляющих звеньев.....стр. 21
 - 4.2.1. Решение размерной цепи методом максимума-минимума.....стр. 22
 - 4.2.2. Решение размерной цепи теоретико-вероятностным методом.....стр. 25
- 5. МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТОЧНОСТИ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА.....стр. 29

1. Классификация размерных цепей, основные термины и определения.

Для нормальной работы изделия необходимо, чтобы занимали относительно друг друга определенное, соответствующее их функциональному назначению положение. При расчете точности относительного положения поверхностей деталей учитывают взаимосвязь многих размеров деталей в изделии. Например, диаметры отверстия A_1 , вала A_2 и зазор между ними A_Δ (рис. 1) являются взаимосвязанными. Эта связь может быть установлена с помощью размерной цепи.

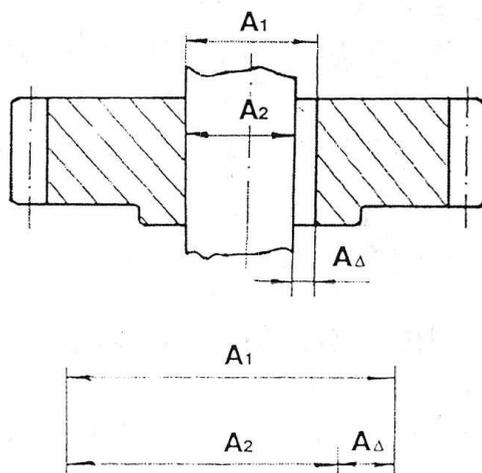


Рис. 1. Схема размерной цепи.

Размерной цепью называют совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно участвующих в решении поставленной задачи. Замкнутость размерного контура - необходимое условие для составления и анализа размерной цепи, хотя на рабочем чертеже размеры проставляются в виде незамкнутой цепи, так как знание размера A_Δ (см. рис. 1) для изготовления деталей не требуется. Размеры, образующие размерную цепь, называются звеньями размерной цепи.

По взаимному расположению звеньев размерные цепи подразделяются на линейные, плоские и пространственные.

Размерная цепь называется *линейной*, если все ее звенья номинально параллельны.

Размерная цепь называется *плоской*, если ее звенья не параллельны, но лежат в параллельных плоскостях (или в одной плоскости).

Пространственной называется размерная цепь, звенья которой непараллельны друг другу и лежат в непараллельных плоскостях. Звенья размерной цепи подразделяются на составляющие и одно замыкающее.

Замыкающим называют звено, которое получается последним в процессе изготовления детали или сборки узла (звено **АД** на рис.1). Его величина и точность зависят от величины и точности всех остальных звеньев размерной цепи, называемых составляющими. Составляющие звенья (например **А₁** рис.1), с увеличением которых замыкающее звено увеличивается, называются *увеличивающими*. Составляющие звенья (например **А₂**, рис.1), с увеличением которых замыкающее звено уменьшается, называются *уменьшающими*.

Размерную цепь можно условно изображать в виде схемы (см. рис. 1). По схеме удобно выявлять увеличивающие и уменьшающие звенья. Над буквенными обозначениями увеличивающих звеньев изображают стрелку, направленную вправо, а для уменьшающих звеньев стрелку, направленную влево.

Анализ и расчет размерных цепей позволяет:

- установить количественную связь между размерами деталей; уточнить номинальные значения и допуски взаимосвязанных размеров исходя из эксплуатационных требований и экономической точности обработки деталей и сборки изделий;
- определить наиболее приемлемый вид взаимозаменяемости (полный или неполный);
- добиться наиболее правильной простановки размеров на рабочих чертежах;
- пересчитать конструкторские размеры на технологические (в случае несоответствия технологических баз с конструкторскими).

Расчет размерных цепей - обязательный этап конструирования машин, способствующий повышению качества, обеспечению взаимозаменяемости и снижению трудоемкости их изготовления. Сущность расчета размерной цепи заключается в определении допусков и предельных отклонений всех звеньев исходя из конструктивных и технологических требований. При этом различают две задачи:

1. *Определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена по заданным номинальным размерам и предельным отклонениям составляющих звеньев - проверочный расчет.*

2. *Определение допусков и предельных отклонений составляющих звеньев по их заданным номинальным размерам и предельным отклонениям (допуску) замыкающего звена - проектный расчет.*

Применяют методы решения размерных цепей:

- метод максимума - минимума (обеспечивает полную взаимозаменяемость);
- метод теоретико - вероятностный (обеспечивает ограниченную взаимозаменяемость)

2. Расчет размерных цепей методом максимума - минимума.

2.1. Определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена.

Для обеспечения полной взаимозаменяемости размерную цепь рассчитывают методом максимума - минимума, при котором учитываются только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания.

Метод такого расчета рассмотрим на примере размерной цепи для изготовления детали, представленной на рис.2.

У детали вначале обрабатывают базовую плоскость 1; затем по настройке от этой базы - плоскость 2 по размеру $A_2 = 28 \pm 0,14$ мм и плоскость 3 по размеру $A_1 = 60 \pm 0,2$ мм. Размер A_Δ - замыкающий, получается в результате обработки поверхностей 2 и 3.

Как видно из рисунка, номинальный размер замыкающего звена

$$A_\Delta = A_1 - A_2 = 60 - 28 = 32 \text{ мм}$$

В общем случае при « n » увеличивающих и « p » уменьшающих размерах номинальное значение замыкающего звена можно определить по формуле

$$A_\Delta = \sum_{j=1}^n A_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jyM} \quad (1)$$

Это уравнение справедливо и в случае, когда вместо номинальных взяты значения соответствующих действительных размеров размерной цепи, т.е. действительное значение замыкающего размера будет зависеть от действительных значений составляющих размеров.

Составляющие размеры могут меняться в установленных допусками пределах. Замыкающий размер будет иметь наибольшее значение при сочетании наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих составляющих размеров:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{j=1}^n A_{jyB.\max} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jyM.\min} \quad (2)$$

и наименьшее значение при сочетании наименьших увеличивающих и наибольших уменьшающих составляющих размеров:

$$A_{\Delta \min} = \sum_{j=1}^n A_{jyB.\min} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jyM.\max} \quad (3)$$

Предельные размеры замыкающего звена для нашего примера:

$$A_{\Delta\max} = 60,2 - 27,86 = 32,34\text{мм}$$

$$A_{\Delta\min} = 59,8 - 28,14 = 31,66\text{мм}$$

Так как допуск есть разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, то для замыкающего размера

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta\max} - A_{\Delta\min}$$

Вычтя почленно равенство (3) из равенства (2) получим

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_{jyB} + \sum_{j=n+1}^{n+p} TA_{jyM}$$

или

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n+p} TA_j, \quad (4)$$

т.е. допуск замыкающего размера равен сумме допусков всех составляющих размеров. В нашем примере

$$TA_1 = 0,40\text{мм}; TA_2 = 0,28\text{мм}; TA_{\Delta} = 0,40 + 0,28 = 0,68\text{мм};$$

Из равенства (4) следуют два вывода:

1. Для обеспечения наименьшей погрешности замыкающего звена размерная цепь должна состоять из возможно меньшего числа звеньев т.е. при конструировании изделий необходимо соблюдать принцип кратчайшей цепи.

2. Порядок обработки и сборки деталей следует строить так, чтобы замыкающим был наименее ответственный размер.

Из уравнения (4) можно написать формулу для определения допуска любого составляющего размера A_q :

$$TA_q = TA_{\Delta} - \sum_{j=1}^{n+p-1} TA_j \quad (5)$$

Предельные отклонения замыкающего звена можно определить из выражений:

$$\text{Верхнее отклонение } ESA_{\Delta} = A_{\Delta\max} - A_{\Delta}$$

$$\text{Нижнее отклонение } EIA_{\Delta} = A_{\Delta\min} - A_{\Delta}$$

Значения A_{Δ} , $A_{\Delta\min}$, $A_{\Delta\max}$ возьмем из зависимостей (1), (2), (3).

После несложных преобразований получим

$$ESA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n ESA_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} EIA_{jyM} \quad (6)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n EIA_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+1} ESA_{jyM} \quad (7)$$

В дальнейших расчетах удобно использовать координату середины поля допуска E_cA и половину допуска (рис.3).

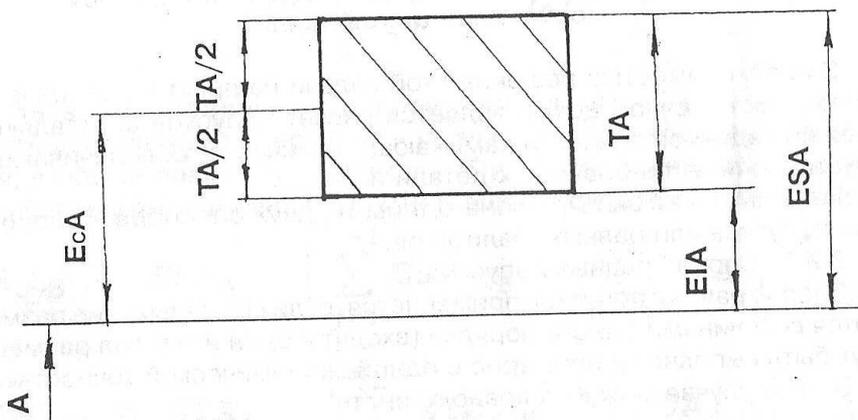


Рис.3. Схема поля допуска.

Для любого составляющего звена

$$ESA_j = E_c A_j + \frac{TA_j}{2}; \quad (8)$$

$$EIA_j = E_c A_j - \frac{TA_j}{2};$$

для замыкающего звена

$$ESA_{\Delta} = E_c A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta}}{2} \quad (9)$$

$$EIA_{\Delta} = E_c A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta}}{2}$$

После подстановки выражений (8) и (9) в (6) и (7) и простых преобразований получим формулу для определения координаты середины поля допуска замыкающего звена

$$E_c A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_c A_{jy\delta} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_c A_{jy\mu} \quad (10)$$

Определим предельные отклонения и координату середины поля допуска замыкающего размера для нашего примера:

$$ESA_{\Delta} = ESA_1 - EIA_2 = 0,2 - (-0,14) = 0,34 \text{ мм.}$$

$$EIA_{\Delta} = EIA_1 - ESA_2 = -0,2 - (+0,14) = -0,34 \text{ мм.}$$

$$EcA_{\Delta} = EcA_1 - EcA_2 = 0 - 0 = 0.$$

2.2. Определение предельных отклонений и допусков составляющих звеньев

С необходимостью решения этой задачи на практике встречаются чаще, так как конечной целью является расчет допусков составляющих звеньев по заданной точности замыкающего размера, обеспечивающего эксплуатационные требования к детали и узлу.

Задача может быть решена одним из двух способов - способом равных допусков или равных квалитетов.

2.2.1. Способ равных допусков

Способ равных допусков применяется, если составляющие размеры являются величинами одного порядка (входят в один интервал размеров) и могут быть выполнены примерно с одной экономической точностью.

В этом случае можно условно принять

$$TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{n+p} = TA_{jcp}.$$

Тогда из формулы (4) получим

$$TA_{\Delta} = (n + p) TA_{jcp}$$

откуда

$$TA_{jcp} = \frac{TA_{\Delta}}{n + p} \quad (11)$$

Полученный средний допуск TA_{jcp} корректируется для некоторых составляющих размеров в зависимости от их значений, конструктивных требований и технологических возможностей изготовления. При этом выбирают стандартные поля допусков желательно предпочтительного применения. После корректировки величин допусков проводится проверка по уравнению

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n+p} TA_j$$

Предельные отклонения составляющих охватывающих размеров («к») назначают как для основных отверстий ($ESA_k = +T_{Ak}$; $EIA_k = 0$), охватываемых («ф») - как для основных валов ($ESA_f = 0$; $EIA_f = -T_{Af}$),

прочих («v») принимают

равными $\pm \frac{TA_v}{2}$ $\left(ESA_v = +\frac{TA_v}{2}; EYA_v = -\frac{TA_v}{2} \right)$.

При этом предельные отклонения одного какого-либо «q» составляющего размера следует не назначать, а определять расчетом из условия, чтобы выполнялись равенства (6) и (7). Уравнения для определения предельных отклонений увеличивающего «q» размера имеют вид

$$ESA_{qYB} = ESA_{\Delta} - \left(\sum_{j=1}^{n-1} ESA_{jYB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} EIA_{jYM} \right) \quad (12)$$

$$EIA_{qYB} = EIA_{\Delta} - \left(\sum_{j=1}^{n-1} EIA_{jYB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} ESA_{jYM} \right) \quad (13)$$

Способ равных допусков прост, но недостаточно точен, так как корректировка допусков составляющих размеров производится произвольно. 2.2.2. Способ допусков одного квалитета.

Способ допусков одного квалитета применяется для решения размерных цепей, составляющие размеры которые могут быть выполнены в одном квалитете.

Требуемый квалитет определяется следующим образом.

Величина допуска каждого размера

$$TA_j = a_j \times i_j,$$

где $i_j = 0,45\sqrt[3]{D_{cpj}} + 0,001D_{cpj}$

значение единиц допуска i для размеров до 500мм приведено в таблице 1.

Допуск замыкающего размера

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n+p} TA_j = \sum_{j=1}^{n+p} a_j \cdot i_j$$

Таблица 1

Значение единиц допуска.

Интервал размеров, мм	До 3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80
Значение единицы допуска, мкм	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86
Интервал размеров, мм	80-120	120-180	180-250	250-315	315-4000	400-500	-
Значение единицы допуска, мкм	2,17	2,52	2,90	3,23	3,54	3,89	-

Таблица 2

Количество единиц допуска.

Квалитет точности	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Значение коэффициента «ка»	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

Согласно условию $a_1=a_2=\dots=a_j=a_{cp}$ тогда

$$TA_{\Delta} = a_{cp} \sum_{j=1}^{n+1} i_j = a_{cp} \sum_{j=1}^{n+p} \left(0,453\sqrt{D_{cpj}} + 0,001D_{cbj} \right)$$

откуда

$$a_{cp} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{n+p} \left(0,453\sqrt{D_{cpj}} + 0,001D_{cbj} \right)} \quad (14)$$

где TA_{Δ} - в мкм; D_{cp} - в мм.

Количество единиц допуска «а» для различных квалитетов представлено в таб.2.

По a_{cp} выбирают ближайший квалитет и назначают допуски на составляющие размеры в выбранном квалитете, которые затем корректируются с учетом конструктивно-эксплуатационных требований и технологии изготовления размера, при этом должно выполняться условие

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n+p} TA_j$$

Назначение предельных отклонений составляющих размеров осуществляется по той же методике, что и для способа равных допусков. Решение задачи способом равных квалитетов более обоснованно по сравнению с решением способом равных допусков.

3. Теоретико-вероятностный метод расчета размерных цепей

При расчете размерных цепей методом максимума-минимума предполагалось, что в процессе изготовления и сборки возможно одновременно сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров или обратное их сочетание. Любое из этих сочетаний позволяет обеспечить наименьшую точность замыкающего звена, но они маловероятны, так как отклонения размеров в основном группируются около середины поля допуска и соединения деталей с такими отклонениями встречаются наиболее часто.

Если допустить ничтожно малую вероятность (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.

3.1. Определение номинального размера, предельных отклонений и допуска замыкающего звена.

Номинальный размер замыкающего звена определяется так же, как и при методе максимума-минимума (см. формулу 1).

Полагая, что погрешности составляющих и замыкающего размеров подчиняются закону нормального распределения, а границы их вероятного рассеивания (6σ) совпадают с границами полей допусков, можно принять

$$TA_j = 6\sigma A_j; TA_\Delta = 6\sigma A_\Delta$$

или

$$\sigma A_j = \frac{TA_j}{6}; \sigma A_\Delta = \frac{TA_\Delta}{6},$$

при этом у 0,27% изделий размеры замыкающих звеньев могут выходить за пределы поля допуска.

Применив положения теории вероятности к расчету размерных цепей, можем записать

$$\sigma A_\Delta = \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} \sigma A_j^2} \quad (15)$$

После подстановки в формулу (15) значений средне-квадратичных погрешностей звеньев размерной цепи получим выражение для определения допуска замыкающего звена теоретико-вероятностным методом

$$TA_{\Delta_{тв}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} TA_j^2} \quad (16)$$

Определив $TA_{\Delta_{тв}}$ по формулам (9) определяем предельные отклонения замыкающего звена (см. рис.3)

$$ESA_{\Delta_{тв}} = E_c A_\Delta + \frac{TA_{\Delta_{тв}}}{2} \quad EJA_{\Delta_{тв}} = E_c A_\Delta - \frac{TA_{\Delta_{тв}}}{2},$$

при этом координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (10) (как и для метода максимума-минимума), допуск замыкающего звена по формуле (16)

3.2. Определение предельных отклонений и допусков составляющих звеньев

Допуски составляющих размеров размерной цепи при заданном допуске замыкающего размера определяются теми же способами, что и при методе максимума-минимума.

3.2.1. Способ равных допусков.

При способе равных допусков принимают, что допуски TA_j для всех составляющих размеров одинаковы. Средний допуск составляющего размера определяют по формуле (16):

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} TA_j^2} = \sqrt{(n+p) \cdot TA_{j_{cp}}^2}$$

откуда

$$TA_{j_{cp}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{n+p}} \quad (17)$$

Найденные значения TA_j корректируют с учетом требований конструкции и экономики изготовления. Правильность корректировки проверяют по формуле (16).

Методика расчета предельных отклонений составляющих звеньев поясняется в рис.4, из которого видно, что координату середины поля допуска любого составляющего размера ESA_j можно определить по предварительно подсчитанному методом максимума-минимума предельным отклонениям и допуску этого размера (формула 8)

$$E_c A_j = \underset{(max+min)}{ESA_j} - \frac{TA_j}{2} \underset{(max+min)}{}$$

или

$$E_c A_j = \underset{(max+min)}{EJA_j} + \frac{TA_j}{2} \underset{(max+min)}{}$$

Правильность расчетов ESA_j проверить по формуле (10).

Затем предельные отклонения составляющих звеньев теоретико-вероятностным методом могут быть определены из выражений:

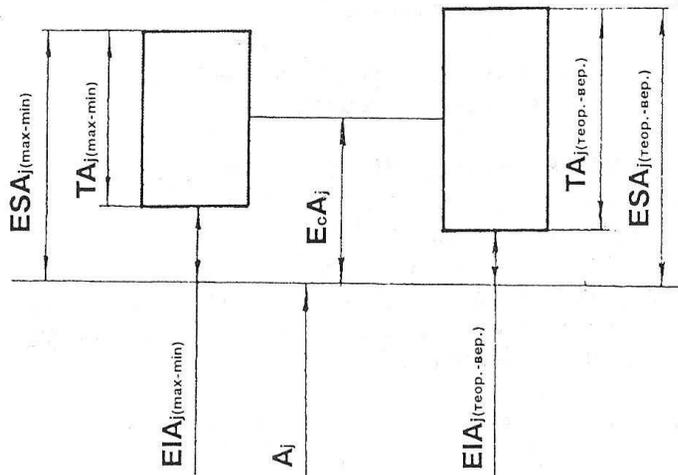


Рис.4. Схемы полей допусков составляющего звена A_j определенных методами максимума- минимума и теоретико-вероятностным.

$$ESA_j = E_c A_j + \frac{TA_{j\text{теор.вер.}}}{2} \tag{18}$$

$$EJA_j = E_c A_j - \frac{TA_{j\text{теор.вер.}}}{2} \tag{19}$$

3.2.2.Способ назначения допусков однако квалитета.

При способе назначения допусков однако квалитета среднее количество единиц допуска a_{cp} определяется по формуле

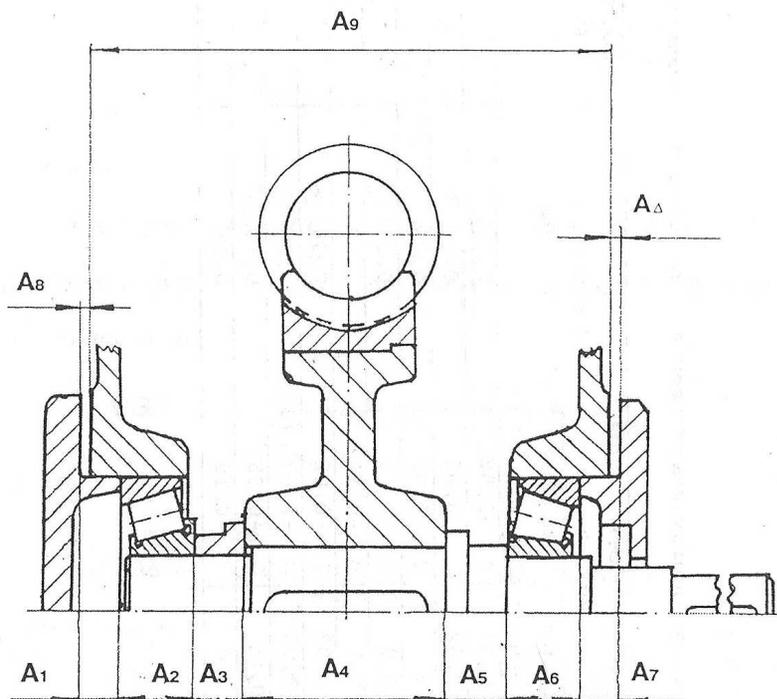
$$a_{cp} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} (0,45\sqrt{D_{cp.j}} + 0,001D_{cp.j})^2}}$$

Далее, как и при методе максимума-минимума, по a_{cp} выбирается ближайший квалитет, для него определяются допуски всех составляющих размеров, которые затем корректируются из условий конструкции и технологических возможностей, но так, чтобы выполнялось равенство (16). Определение предельных отклонений составляющих размеров размерной цепи производится аналогично способу равных допусков, т.е. по формулам (18) и (19).

4. Примеры решения размерных цепей.

4.1. Определение параметров замыкающего звена по заданным составляющим звеньям.

Определение параметров замыкающего звена по заданным составляющим звеньям рассмотрим применительно к размерной цепи, представленной на рис.5.



A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
$7 \pm 0,3$	$15 \pm 0,3$	$10 - 0,05$	$40 - 0,05$	$12 - 0,01$	$15 - 0,02$	$7 \pm 0,3$	$15 \pm 0,3$	$103 - 0,15$

Рис.5. Сборочный чертеж узла и его размерная цепь.

Как видно из рис.5, размерная цепь включает семь увеличивающих ($A_1; A_2 \dots A_7$) и два уменьшающих (A_8 и A_9) составляющих звеньев.

Для удобства последующих расчетов параметры составляющих звеньев сведены в таблицу 3.

Параметры составляющих звеньев для расчета размерной цепи.

Звено	Номинальный размер звена, A_j , мм	Пределные отклонения звена, мм		Допуск звена T_{A_j} , мм	Координата середины поля допуска звена E_{SA_j} , мм
		верхнее ESA_j	нижнее EIA_j		
A_1	7	+0,03	-0,03	0,06	0
A_2	15	+0,02	-0,02	0,04	0
A_3	10	0,0	-0,05	0,05	-0,025
A_4	40	0,0	-0,15	0,15	-0,075
A_5	12	0,0	-0,10	0,10	-0,05
A_6	15	+0,02	-0,02	0,04	0
A_7	7	+0,03	-0,03	0,06	0
A_8	1,5	0,05	-0,05	0,10	0
A_9	103	0,0	-0,15	0,15	-0,075

4.1.1. Решение размерной цепи методом максимума-минимума.

Номинальное значение замыкающего размера определяется по формуле (1)

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n A_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{jyM}$$

Для нашего примера

$$\begin{aligned} A_{\Delta} &= (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7) - (A_8 + A_9) \\ A_{\Delta} &= (7 + 15 + 10 + 40 + 12 + 15 + 7) - (1,5 + 103) \\ A_{\Delta} &= 1,5 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (4)

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{n+p} TA_j$$

В нашем случае

$$\begin{aligned} TA_{\Delta} &= TA_1 + TA_2 + \dots + TA_8 + TA_9 \\ TA_{\Delta} &= 0,06 + 0,04 + 0,05 + 0,15 + 0,10 + 0,04 + 0,06 + 0,10 + 0,15 \\ TA_{\Delta} &= 0,75 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Предельные отклонения замыкающего звена определяются по формулам (6) и (7).

Верхнее отклонение

$$ESA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n ESA_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} EIA_{jyM}$$

В нашем случае

$$\begin{aligned} ESA_{\Delta} &= (ESA_1 + ESA_2 + \dots + ESA_7) - (EIA_8 + EIA_9) \\ ESA_{\Delta} &= (+0,03 + 0,02 + 0 + 0 + 0,02 + 0,03) - (-0,05 - 0,15) \\ ESA_{\Delta} &= +0,3. \end{aligned}$$

Нижнее отклонение

$$EIA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n EIA_{jyB} - \sum_{j=n+1}^{n+p} ESA_{jyM}$$

Для нашего примера

$$\begin{aligned} EIA_{\Delta} &= (EIA_1 + EIA_2 + \dots + EIA_7) - (ESA_8 + ESA_9) \\ EIA_{\Delta} &= (-0,03 - 0,02 - 0,05 - 0,15 - 0,10 - 0,02 - 0,03) - (+0,05 + 0,0) \\ EIA_{\Delta} &= -0,45 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Проверка:

$$\begin{aligned} TA_{\Delta} &= ESA_{\Delta} - EIA_{\Delta} \\ 0,75 &= +0,3 - (-0,45) \\ 0,75 &= 0,75. \end{aligned}$$

Проверка показала, что предельные отклонения и допуск замыкающего звена определены правильно.

4.1.2. Решение размерной цепи теоретико-вероятностным методом.

Номинальное значение замыкающего звена определяется так же, как и при расчете методом максимума-минимума, т.е. $A_{\Delta} = 1,5 \text{ мм}$.

Допуск замыкающего звена определяется по формуле (16).

$$TA_{\Delta_{\text{тв}}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} TA_j^2}$$

Для нашего примера

$$TA_{\Delta_{\text{т.в.}}} = \sqrt{TA_1^2 + TA_2^2 + \dots + TA_n^2}$$

$$TA_{\Delta_{\text{т.в.}}} = \sqrt{0,06^2 + 0,04^2 + 0,05^2 + 0,15^2 + 0,10^2 + 0,04^2 + 0,06^2 + 0,10^2 + 0,}$$

$$TA_{\Delta_{\text{т.в.}}} = 0,280 \text{ мм.}$$

Предельные отклонения замыкающего звена определяются по формулам
верхнее отклонение

$$ES_{\text{м.в.}} A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} + \frac{TA_{\Delta_{\text{т.в.}}}}{2}$$

нижнее отклонение

$$EJ_{\text{м.в.}} A_{\Delta} = E_c A_{\Delta} - \frac{TA_{\Delta_{\text{т.в.}}}}{2}$$

при этом координата середины поля допуска замыкающего размера определяется по формуле (10):

$$E_c A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n E_c A_{j_{\text{ув}}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} E_c A_{j_{\text{ум}}}$$

т.е.

$$E_c A_{\Delta} = (E_c A_1 + E_c A_2 + \dots + E_c A_7) - (E_c A_8 + E_c A_9)$$

$$E_c A_{\Delta} = (0 + 0 - 0,025 - 0,075 - 0,05 + 0 + 0) - (0 - 0,075)$$

$$E_c A_{\Delta} = -0,075 \text{ мм.}$$

Тогда

$$ESA_{\Delta_{\text{м.в.}}} = -0,075 + \frac{0,28}{2} = +0,065$$

$$ESA_{\Delta_{\text{м.в.}}} = +0,065 \text{ мм}$$

$$EJA_{\Delta_{\text{м.в.}}} = -0,075 - \frac{0,28}{2} = -0,215$$

$$EJA_{\text{м.в.}} = -0,215 \text{ мм}$$

Результаты расчета параметров замыкающего звена методами максимума-минимума и теоретико-вероятностным представлены схемой расположения полей допусков на рис.6.

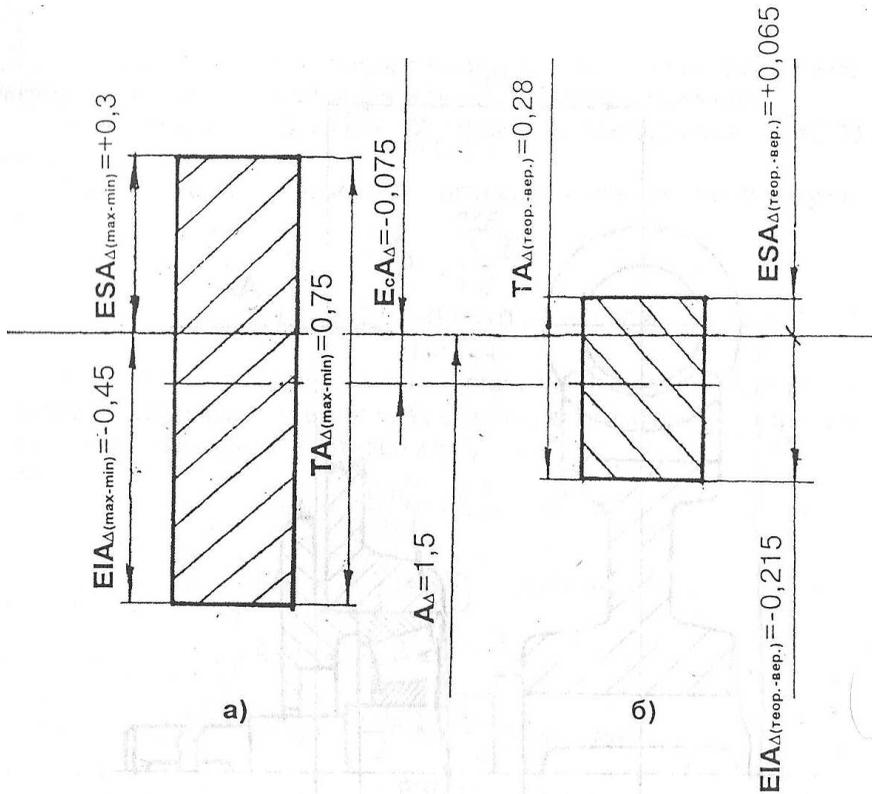


Рис.6. Схема полей допусков замыкающего размера при расчете методами: а) максимума-минимума б) теоретико-вероятностным.

4.2. Определение допуска и предельных отклонений составляющих звеньев.

Определение допуска и предельных отклонений составляющих звеньев по заданным параметрам замыкающего звена и номинальным размерам составляющих звеньев рассмотрим на принципе расчета размерной цепи, представленной на рис.7.

Данные для расчета:

- замыкающий размер $A_{\Delta} = 2 \begin{matrix} +0,25 \\ -0,15 \end{matrix}$ мм
- номинальное значение $A_{\Delta} = 2$ мм
- допуск замыкающего звена $TA_{\Delta} = 0,4$ мм
- верхнее отклонение $ESA_{\Delta} = +0,25$ мм
- нижнее отклонение $EIA_{\Delta} = -0,15$ мм

- номинальные значения увеличивающих размеров:

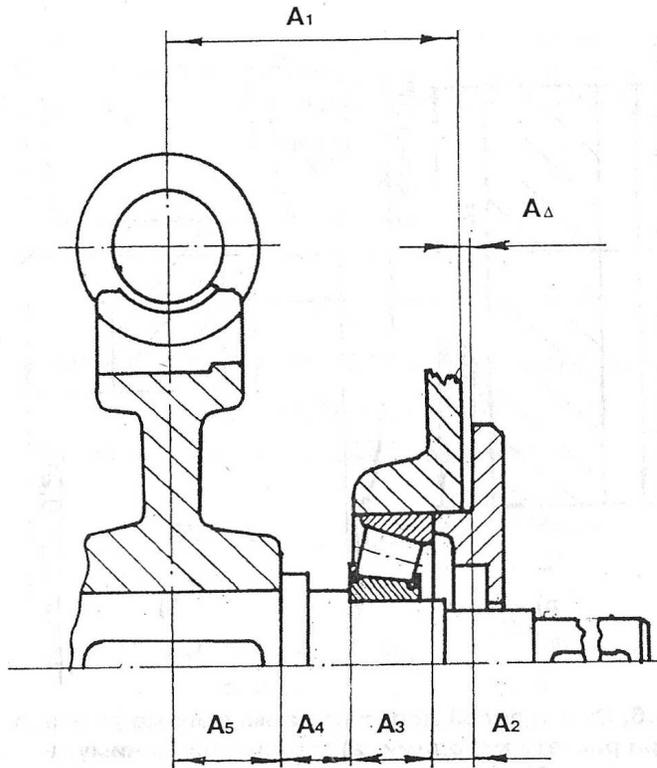
$$A_2 = 7 \text{ мм}; A_3 = 14 \text{ мм}; A_4 = 12 \text{ мм}; A_5 = 20 \text{ мм}$$

- число увеличивающих размеров $n = 4$

- номинальное значение уменьшающего размера $A_1 = 52$ мм

- число уменьшающих размеров $p = 1$.

Требуется определить допуски составляющих звеньев TA_i и их предельные отклонения ESA_i ; EIA_i .



A_Δ	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
$2^{+0,25}_{-0,15}$	52,0	7,0	14,0	12,0	20,0

Рис.5. Сборочный чертеж узла и его размерная цепь.

4.2.1. Решение размерной цепи методом максимума - минимума

4.2.1.1. Способ равных допусков

Допуски составляющих звеньев определяются по формуле (11)

$$TA_{j, \text{ср.}} = \frac{TA_\Delta}{n+p} = \frac{0,4}{4+1} = 0,08 \text{ мм.}$$

Производим корректировку допусков составляющих размеров с учетом требований конструкции и технологии изготовления.

Принимаем $TA_1=0,10$ мм; $TA_2=0,08$ мм; $TA_3=0,06$ мм; $TA_4=0,08$ мм; $TA_5=0,08$ мм.

Правильность назначенных допусков проверяем по формуле

$$TA_{\Delta} \geq \sum_{j=1}^{n+p} TA_j$$

$$0,4 \geq 0,1 + 0,08 + 0,06 + 0,008 + 0,008$$

$$0,4 \geq 0,4$$

Назначаем предельные отклонения для составляющих размеров. Охватываемых размеров в цепи нет. Охватываемыми размерами являются A_3 и A_4 . Размеры A_1 , A_2 и A_5 отнесем к прочим.

Тогда:

$$ESA_1 = +\frac{TA_1}{2} = +\frac{0,1}{2} = +0,05 \text{ мм};$$

$$EIA_1 = -\frac{TA_1}{2} = -\frac{0,1}{2} = -0,05 \text{ мм};$$

$$ESA_2 = +\frac{TA_2}{2} = +\frac{0,08}{2} = +0,04 \text{ мм};$$

$$EIA_2 = -\frac{TA_2}{2} = -\frac{0,08}{2} = -0,04 \text{ мм};$$

$$ESA_3 = 0;$$

$$EIA_3 = -TA_3 = -0,06 \text{ мм};$$

$$ESA_4 = 0;$$

$$EIA_4 = -TA_4 = -0,08 \text{ мм}.$$

Предельные отклонения размера A_5 определим расчетом по формулам (12) и (13):

$$ESA_5 = ESA_{\Delta} - [(ESA_2 + ESA_3 + ESA_4) - EIA_1];$$

$$ESA_5 = +0,25 - [(+0,04 + 0 + 0) - (-0,05)];$$

$$ESA_5 = +0,16 \text{ мм};$$

$$EIA_5 = EIA_{\Delta} - [(EIA_2 + EIA_3 + EIA_4) - ESA_1];$$

$$EIA_5 = -0,15 - [(0,04 - 0,06 - 0,08) - 0,05];$$

$$EIA_5 = +0,08 \text{ мм};$$

Проводим проверку

$$TA_5 = ESA_5 - EIA_5$$

$$0,08 = +0,16 - 0,08$$

$$0,08 = 0,08$$

Таким образом, в результате решения размерной цепи получены параметры составляющих звеньев:

$$A_1 = 52 \pm 0,05 \text{ мм}; A_2 = 7 \pm 0,04 \text{ мм}; A_3 = 14 - 0,06 \text{ мм}; A_4 = 12 - 0,08 \text{ мм};$$

$$A_5 = 20 \begin{matrix} +0,16 \\ +0,08 \end{matrix} \text{ мм}.$$

По формуле (8) рассчитаем координаты середин полей допусков составляющих размеров. В результате расчетов получим:

$$EcA_1 = 0; EcA_2 = 0; EcA_3 = -0,03 \text{ мм}; EcA_4 = -0,04 \text{ мм}; EcA_5 = +0,12 \text{ мм}.$$

4.2.1.2. Способ равных квалитетов.

Для определения квалитета рассчитаем количество единиц допуска по формуле (14):

$$a_{\text{ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{n+p} (0,453\sqrt{D_{\text{ср},j}} + 0,001D_{\text{ср},j})} = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{n+p} i_j}$$

Числовые значения i для размеров $A_1; \dots; A_5$ выбираем по таблице 1;

$$TA_{\Delta} = 0,4 \times 100 = 400 \text{ мкм}$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{400}{(1,86 + 0,9 + 1,08 + 1,08 + 1,31)} = \frac{400}{5,23} = 76,48$$

$$a_{\text{ср}} = 76,48$$

Для 10 квалитета $a=64$,

для 11 квалитета $a=100$.

Принимаем 10 квалитет.

По таблице П4 [2] определяем допуски составляющих размеров:

$TA_1=0,120$ мм; $TA_2=0,058$ мм; $TA_3=0,07$ мм; $TA_4=0,07$ мм; $TA_5=0,084$ мм.

Производим корректировку допусков:

$TA_1=0,12$ мм; $TA_2=0,06$ мм; $TA_3=0,006$ мм; $TA_4=0,07$ мм; $TA_5=0,09$ мм.

Проверка:

$$\begin{aligned} TA_{\Delta} &= TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4 + TA_5 \\ 0,4 &= 0,12 + 0,06 + 0,006 + 0,07 + 0,09 \\ 0,4 &= 0,4 \end{aligned}$$

Предельные отклонения составляющих размеров назначаются по той же методике, что и для способа равных допусков. В результате получим:

$$ESA_1 = +\frac{TA_1}{2} = +\frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ мм}$$

$$EIA_1 = -\frac{TA_1}{2} = -\frac{0,12}{2} = -0,06 \text{ мм}$$

$$ESA_2 = +\frac{TA_2}{2} = +\frac{0,06}{2} = 0,03 \text{ мм}$$

$$EIA_2 = -\frac{TA_2}{2} = -\frac{0,06}{2} = -0,03 \text{ мм}$$

$$ESA_3 = 0; EIA_3 = -TA_3 = -0,06 \text{ мм}$$

$$ESA_4 = 0; EIA_4 = -TA_4 = -0,07 \text{ мм}$$

Предельные отклонения размера A5 определим расчетом по формулам (12) и (13)

$$ESA_5 = ESA_{\Delta} - [(ESA_2 + ESA_3 + ESA_4) - EIA_1]$$

$$ESA_5 = +0,25 - [(+0,03 + 0 + 0) - (-0,06)]$$

$$ESA_5 = +0,16 \text{ мм}$$

$$EIA_5 = EIA_{\Delta} - [(EIA_2 + EIA_3 + EIA_4) - ESA_1]$$

$$EIA_5 = -0,15 - [(-0,03 - 0,06 - 0,07) - 0,06]$$

$$EIA_5 = +0,07 \text{ мм}$$

Проверка:

$$TA_5 = ESA_5 - EIA_5$$

$$0,09 = +0,16 - 0,07$$

$$0,09 = 0,09$$

В результате решения размерной цепи получены параметры составляющих звеньев:

$$A_1 = 52 \pm 0,06 \text{ мм}; \quad A_2 = 7 \pm 0,03 \text{ мм}; \quad A_3 = 14 - 0,06 \text{ мм}; \quad A_4 = 12 - 0,07 \text{ мм};$$

$$A_5 = 20 \begin{matrix} +0,16 \\ +0,07 \end{matrix} \text{ мм.}$$

По формуле (8) получим координаты середин полей допусков составляющих размеров

$$EсA_1 = 0; \quad EсA_2 = 0; \quad EсA_3 = -0,03 \text{ мм}; \quad EсA_4 = -0,035 \text{ мм}; \quad EсA_5 = +0,115 \text{ мм.}$$

4.2.2. Решение размерной цепи теоретико-вероятностным методом

4.2.2.1. Способы равных допусков

Допуски составляющих размеров определяем по формуле (17)

$$TA_{i \text{ ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{n+p}} = \frac{0,4}{\sqrt{4+1}} = 0,179 \text{ мм}$$

Производим корректировку, допуски составляющих размеров принимаем равными:

$$TA_1 = 0,2 \text{ мм}; \quad TA_2 = 0,17 \text{ мм}; \quad TA_3 = 0,15 \text{ мм}; \quad TA_4 = 0,17 \text{ мм};$$

$$TA_5 = 0,17 \text{ мм.}$$

Производим проверку по формуле (16)

$$TA_{\Delta} \geq \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} TA_j^2} \quad 0,4 \geq \sqrt{0,2^2 + 0,17^2 + 0,15^2 + 0,17^2 + 0,17^2}$$

$$0,4 > 0,377$$

Предельные отклонения составляющих звеньев рассчитываются по формулам (18) и (19):

$$ESA_1 = E_c A_1 + \frac{TA_{1 \text{ м.в.}}}{2}, \quad EIA_1 = E_c A_1 - \frac{TA_{1 \text{ м.в.}}}{2},$$

при этом числовые значения координат середин полей допусков ESA_j подсчитаны нами в разделе 4.2.1.1.

Тогда

$$ESA_1 = 0 + \frac{0,2}{2} = +0,1 \text{ мм}$$

$$EIA_1 = 0 - \frac{0,2}{2} = -0,1 \text{ мм}$$

$$ESA_2 = 0 + \frac{0,17}{2} = +0,085 \text{ мм}$$

$$EIA_2 = 0 - \frac{0,17}{2} = -0,085 \text{ мм}$$

$$ESA_3 = -0,03 + \frac{0,15}{2} = +0,045 \text{ мм}$$

$$EIA_3 = -0,03 - \frac{0,15}{2} = -0,105 \text{ мм}$$

$$ESA_4 = -0,04 + \frac{0,17}{2} = +0,045 \text{ мм}$$

$$EIA_4 = -0,04 - \frac{0,17}{2} = -0,125 \text{ мм}$$

$$ESA_5 = +0,12 + \frac{0,17}{2} = +0,205 \text{ мм}$$

$$EIA_5 = +0,12 - \frac{0,17}{2} = +0,035 \text{ мм}$$

Параметры составляющих звеньев: $A_1 = 52 \pm 0,1$ мм; $A_2 = 7 \pm 0,085$ мм;

$$A_3 = 14_{-0,105}^{+0,045}; \quad A_4 = 12_{-0,125}^{+0,045}; \quad A_5 = 20_{+0,035}^{+0,205} \text{ мм.}$$

4.2.2.2. Способ равных квалитетов

Среднее количество единиц допуска

$$a_{\text{ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} (0,45 \sqrt[3]{D_{\text{ср},j}} + 0,001 D_{\text{ср},j})^2}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} i_j^2}},$$

где TA_{Δ} - в мкм; i_j - определяется по таблице 1.

$$a_{\text{ср}} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{i_1^2 + i_2^2 + i_3^2 + i_4^2 + i_5^2}}$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{0,4 \cdot 1000}{\sqrt{1,86^2 + 0,9^2 + 1,08^2 + 1,08^2 + 1,34^2}}$$

$$a_{\text{ср}} = 138,69$$

Для 11 кв. $a = 100$,

для 12 кв. $a = 160$.

Принимаем 11 квалитет.

По таблице П4 [2] определяем допуски составляющих размеров:

$TA_1 = 0,19$ мм; $TA_2 = 0,09$ мм; $TA_3 = 0,110$ мм; $TA_4 = 0,11$ мм; $TA_5 = 0,130$ мм.

Проверим корректировку допусков:

$$TA_1 = 0,25 \text{ мм} \quad TA_2 = 0,10 \text{ мм} \quad TA_3 = 0,10 \text{ мм} \quad TA_4 = 0,15 \text{ мм}$$

т.в. т.в. т.в. т.в.

$$TA_5 = 0,235 \text{ мм}$$

т.в.

Проверка по формуле (16)

$$TA_{\Delta} \geq \sqrt{\sum_{j=1}^{n+p} TA_j^2}$$

$$0,4 \geq \sqrt{0,25^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,15^2 + 0,235^2}$$

$$0,4 > 0,3984.$$

Предельные отклонения составляющих звеньев определяем по формулам (18) и (19), числовые значения координат середин полей допусков $ES A_j$ берем из раздела 4.2.1.2.

В результате имеем:

$$ESA_1 = E_c A_1 + \frac{TA_{1 \text{ т.в.}}}{2} \quad ESA_1 = 0 + \frac{0,25}{2} = +0,125 \text{ мм}$$

т.в. т.в.

$$EIA_1 = E_c A_1 - \frac{TA_{1 \text{ т.в.}}}{2} \quad EIA_1 = 0 - \frac{0,25}{2} = -0,125 \text{ мм}$$

т.в. т.в.

Аналогично

$$ESA_2 = 0 + \frac{0,1}{2} = +0,05 \text{ мм}$$

$$EIA_2 = 0 - \frac{0,1}{2} = -0,05 \text{ мм}$$

$$ESA_3 = -0,03 + \frac{0,1}{2} = -0,025 \text{ мм}$$

$$EIA_3 = -0,03 - \frac{0,1}{2} = -0,035 \text{ мм}$$

$$ESA_4 = -0,035 + \frac{0,15}{2} = +0,04 \text{ мм}$$

$$EIA_4 = -0,035 - \frac{0,15}{2} = -0,11 \text{ мм}$$

$$ESA_5 = +0,115 + \frac{0,235}{2} = +0,23245 \text{ мм}$$

$$EIA_5 = +0,115 - \frac{0,235}{2} = -0,0025 \text{ мм}$$

Таким образом, в результате решения размерной цепи способом равных квалитетов получены параметры составляющих звеньев:

$$A_1 = 52 \pm 0,125 \text{ мм}; \quad A_2 = 7 \pm 0,05 \text{ мм}; \quad A_3 = 14 \begin{matrix} -0,025 \\ -0,035 \end{matrix} \text{ мм};$$

$$A_4 = 12 \begin{matrix} +0,04 \\ -0,11 \end{matrix} \text{ мм}; \quad A_5 = 20 \begin{matrix} +0,2325 \\ -0,0025 \end{matrix} \text{ мм}.$$

5. Методы достижения требуемой точности замыкающего звена

Метод полной взаимозаменяемости - это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается при включении в нее или замены в ней любого звена без выбора, подбора или изменения его величины. Расчет размерных цепей на полную взаимозаменяемость должен вестись методом максимума-минимума.

Метод неполной взаимозаменяемости - это метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается не у всех объектов, а у заранее обусловленной их части при включении в нее или замене в ней любого звена без выбора, подбора или изменения их величины. Расчет размерных цепей в этом случае должен вестись теоретико-вероятностным методом. **Метод групповой взаимозаменяемости** (метод селективной сборки) - это изготовление деталей со сравнительно широкими допусками, сортировка сопрягаемых деталей на равное число групп с более узкими групповыми допусками и сборка деталей из одноименных групп.

При селективной сборке наибольшие зазоры (в подвижных посадках) и наибольшие натяги (в неподвижных посадках) уменьшаются, а наименьшие увеличиваются, приближаясь с увеличением числа групп сортировки к средней величине зазора или натяга посадки (рис. 8). В переходных посадках наибольшие зазоры и натяги уменьшаются, приближаясь с ростом числа групп к тому натягу или зазору, который соответствует серединам полей допусков деталей.

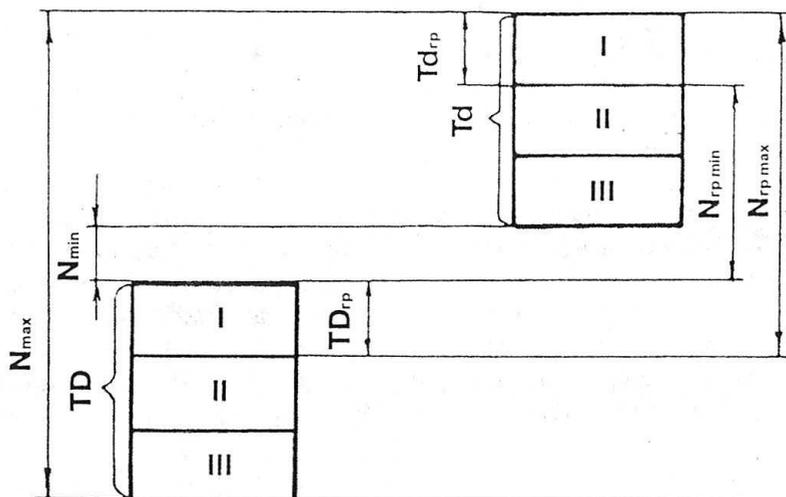


Рис.8. Схема полей допусков групп для селективной сборки.

Для повышения долговечности подвижных соединений при сборке необходимо обеспечить наименьший допустимый зазор, а для повышения надежности соединений с натягом - наибольший допустимый натяг [1]. Подсчитать число групп можно по уравнениям: при заданном минимальном зазоре в группах $S_{гр\ мин}$ (для подвижных посадок)

$$S_{гр\ мин} = S_{мин} + Td - \frac{Td}{m},$$

откуда

$$m = \frac{Td}{S_{мин} + Td - S_{гр\ мин}};$$

где $S_{гр\ мин}$ - минимальный зазор в группах;
Td- допуск.

При заданном максимальном натяге в группах $N_{гр\ макс}$ (для неподвижных посадок)

$$N_{гр\ макс} = N_{макс} - TD + \frac{TD}{m},$$

откуда

$$m = \frac{TD}{N_{гр\ макс} + TD - N_{макс}};$$

где $N_{гр\ макс}$ - максимальный натяг в группах;
TD - допуски отверстия.

При заданной величине группового допуска $Td_{гр}$ или $TD_{гр}$

$$m = \frac{Td}{Td_{гр}} \quad \text{или} \quad m = \frac{TD}{TD_{гр}}$$

Практически $m_{макс}=4...5$ и лишь в подшипниковой промышленности m достигает 10 и более.

Селективная сборка позволяет в m раз увеличить точность сборки без уменьшения допусков на изготовление деталей. Однако этот вид сборки имеет и недостатки: усложненный контроль, увеличение трудоемкости разборки деталей на группы, увеличение незавершенного производства из-за разного количества деталей в парных группах, неполная взаимозаменяемость. Поэтому применение селективной сборки целесообразно только в массовом и крупносерийном производстве, где затраты на сортировку окупаются высоким качеством изделий.

Метод регулирования - он предполагает такой расчет размерных цепей, при котором заданная точность замыкающего звена достигается изменением (регулированием) одного заранее выбранного составляющего размера, называемого компенсатором. Роль компенсатора обычно выполняет специальное звено в виде прокладки,

регулируемого упора, клина и т.д. При этом все остальные составляющие размеры цепи изготавливаются с расширенными, экономически целесообразными допусками.

Номинальный размер компенсирующего звена **K** определяется из уравнения:

$$A_0 = \sum A_{jув} - \sum A_{jum} \pm K.$$

Значение **K** берется со знаком "плюс", когда он является увеличивающим размером, и со знаком "минус", когда он уменьшающий.

Метод регулирования позволяет достигнуть высокой точности соединения и поддерживать эту точность в процессе эксплуатации, но приводит к увеличению числа деталей в машине, что усложняет конструкцию, процесс сборки и эксплуатацию.

Метод пригонки - при этом методе предписанная точность замыкающего размера достигается дополнительной обработкой при сборке детали по одному заранее выбранному размеру цепи. Остальные размеры выполняются с расширенными экономически целесообразными допусками. Для того чтобы пригонка всегда осуществлялась за счет выбранного размера, необходимо по этому размеру оставлять припуск, достаточный для пригонки, но вместе с тем он должен быть минимальным для сокращения объема пригоночных работ.

Способ пригонки применяется в единичном и мелкосерийном производстве, когда нельзя использовать другие средства достижения требуемой точности.

Библиографический список.

1. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1986.
2. Лепилин В.И., Попов И.Г. и др. Учебное пособие "Основы взаимозаменяемости в авиационной промышленности". Куйбышев: КуАИ, 1991.
3. Урывский Ф.П., Уланов Б.Н. Методические указания "Размерные цепи". Куйбышев: КуАИ, 1982.