

5.7. Расчет размерных цепей

Обеспечить заданную точность замыкающего звена можно несколькими методами (см. п. 5.4.2).

5.7.1. Метод полной взаимозаменяемости

Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается при любом сочетании размеров составляющих звеньев. При этом предполагается, что в размерной цепи одновременно могут оказаться все звенья с предельными значениями, причем в любом из двух наиболее неблагоприятных сочетаний (все увеличивающие звенья — с верхними предельными размерами, а уменьшающие — с нижними или наоборот). Такой способ расчета, который учитывает эти неблагоприятные сочетания, называется **способом расчета на максимум–минимум**.

Задачей расчета является определение средней точности размерной цепи и назначение на составляющие звенья допусков, соответствующих вычисленной точности, таким образом, чтобы размер замыкающего звена находился в предписанных пределах.

Сборка осуществляется без пригонки, регулирования и подбора. Если допуски на составляющие звенья размерной цепи не выходят за установленные пределы, размер замыкающего звена автоматически попадет в предписанные пределы.

Допуски на составляющие звенья размерной цепи получают самыми жесткими (самыми маленькими) по сравнению со всеми остальными методами.

Метод обеспечивает полную взаимозаменяемость, высокую ремонтпригодность, простоту и экономичность сборки.

Метод применяется в единичных и серийных производствах при относительно небольшом количестве составляющих звеньев в размерной цепи и при большом допуске на замыкающее звено.

Соотношения, применяемые при расчете методом полной взаимозаменяемости

Обычно при конструировании возникает необходимость определить параметры составляющих звеньев размерной цепи при известных параметрах замыкающего звена. Решением данной задачи может быть большое количество вариантов сочетаний допусков и предельных отклонений составляющих звеньев, лишь бы они удовлетворяли основным соотношениям.

В прикидочных расчетах для определения средней точности размерной цепи пользуются способом равных допусков, а именно:

$$T_1 = T_2 = \dots = T_{m-1} = \frac{T_{\Delta}}{m-1}. \quad (5.8)$$

При большой разнице в номинальных размерах составляющих звеньев такой способ является некорректным, так как к большим звеньям будут предъявляться более жесткие требования по точности.

Смысл корректного определения средней точности размерной цепи заключается в том, чтобы допуски на составляющие звенья размерной цепи были бы одного или двух ближайших квалитетов.

Известно, что допуск есть произведение единицы допуска на коэффициент k . Это справедливо и для любого звена размерной цепи:

$$T_j = k_j i_j, \quad (5.9)$$

где k_j — число единиц допуска (величина постоянная для конкретного квалитета); i_j — единица допуска, характеризующая ту часть допуска, которая меняется с изменением размера.

Итак, чтобы добиться одинаковых требований к точности изготовления составляющих звеньев, необходимо, чтобы коэффициенты k_j были бы одинаковыми у всех звеньев. Просуммируем допуски составляющих звеньев размерной цепи:

$$\sum_{j=1}^{m-1} T_j = k i_1 + k i_2 + \dots + k i_{m-1},$$

$$\sum_{j=1}^{m-1} T_j = k \sum_{j=1}^{m-1} i_j. \quad (5.10)$$

Подставим полученную зависимость в формулу (5.4):

$$T_{\Delta} = k \sum_{j=1}^{m-1} i_j$$

и определим коэффициент:

$$k = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j}. \quad (5.11)$$

Значение k характеризует точность, с какой следует получать все составляющие звенья размерной цепи. Рассчитанное по формуле (5.11) значение k в общем случае не будет соответствовать строго определенному качеству, поэтому для назначения допусков на соответствующие звенья выбирают ближайшие качества по табл. 5.2.

Таблица 5.2

Квалитет	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
k	2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Значения единицы допуска i для размеров до 3150 мм приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Интервал размеров, мм	i_j , мкм	Интервал размеров, мм	i_j , мкм	Интервал размеров, мм	i_j , мкм
До 3	0,55	Свыше 80 до 120	2,17	Свыше 630 до 800	4,94
Свыше 3 до 6	0,73	Свыше 120 до 180	2,52	Свыше 800 до 1000	5,67
Свыше 6 до 10	0,90	Свыше 180 до 250	2,89	Свыше 1000 до 1250	6,57
Свыше 10 до 18	1,08	Свыше 250 до 315	3,22	Свыше 1250 до 1600	7,76
Свыше 18 до 30	1,31	Свыше 315 до 400	3,54	Свыше 1600 до 2000	9,26
Свыше 30 до 50	1,56	Свыше 400 до 500	3,89	Свыше 2000 до 2500	11,04
Свыше 50 до 80	1,86	Свыше 600 до 630	4,34	Свыше 2500 до 3150	13,32

Пример 5.3

Исходные данные:

На рис. 5.9 изображен фрагмент конструкции, у которой необходимо обеспечить при сборке осевой зазор между торцом крышки и наружным кольцом подшипника: $A_{\Delta} = 0,2^{+0,25}$. Осевой зазор необходим для компенсации тепловых деформаций деталей, возникающих во время работы узла.

Требуется назначить допуски и отклонения на составляющие звенья для обеспечения стопроцентной годности собираемых механизмов при любом сочетании размеров составляющих звеньев.

В данном расчете допуски и отклонения на ширину подшипниковых колец и монтажную высоту подшипников качения, входящих в размерную цепь, следует назначать условно, как и на другие детали.

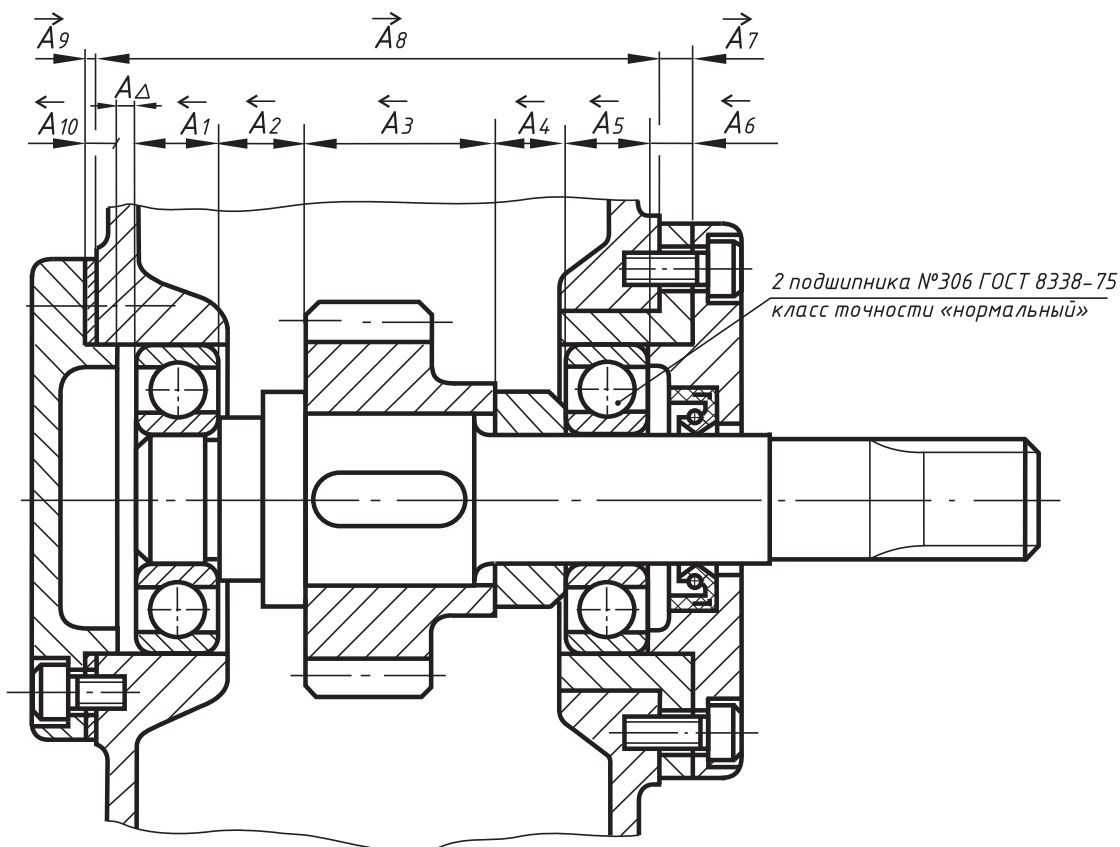


Рис. 5.9

Решение:

1. Определение номинальных размеров составляющих звеньев.

Номинальные размеры стандартных деталей, например подшипников качения, находят по соответствующим стандартам. Остальные размеры составляющих звеньев, кроме звена \vec{A}_9 , определяют непосредственно по чертежу узла.

Для нахождения номинального размера \vec{A}_9 воспользуемся зависимостью (5.3):

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \vec{A}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{A}_j;$$

$$A_{\Delta} = \vec{A}_7 + \vec{A}_8 + \vec{A}_9 - \overleftarrow{A}_1 - \overleftarrow{A}_2 - \overleftarrow{A}_3 - \overleftarrow{A}_4 - \overleftarrow{A}_5 - \overleftarrow{A}_6 - \overleftarrow{A}_{10};$$

$$0,2 = 8 + 130 + \vec{A}_9 - 19 - 20 - 42 - 20 - 19 - 10 - 10;$$

$$\vec{A}_9 = 2,2 \text{ мм.}$$

2. Определение средней точности размерной цепи.

По формуле (5.11) найдем значение k :

$$k = \frac{T_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j};$$

$$k = \frac{250}{1,31 + 1,31 + 1,56 + 1,31 + 1,31 + 0,9 + 0,9 + 2,52 + 0,55 + 0,9} \approx 19,9.$$

Найденное число единиц допуска лежит в пределах стандартных значений $k = 16$ (7-й квалитет) и $k = 25$ (8-й квалитет). Отсюда следует, что часть звеньев должна изготавливаться по 7-му квалитету, а часть — по 8-му. При этом следует назначать допуски таким образом, чтобы допуск звена \vec{A}_9 лежал в пределах между 7-м и 8-м квалитетами либо соответствовал одному из этих квалитетов (см. табл. 5.4).

3. Определение допуска звена \vec{A}_9 .
Воспользуемся формулой (5.4):

$$T_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} T_j;$$

$$250 = 21 + 21 + 39 + 21 + 21 + 15 + 15 + 63 + T_9 + 22; \quad T_9 = 12 \text{ мкм.}$$

Найденный допуск для звена \vec{A}_9 лежит в пределах 7-го (10 мкм) и 8-го (14 мкм) квалитетов.
4. Определение предельных отклонений на составляющие звенья размерной цепи.

Предельные отклонения на составляющие звенья, кроме \vec{A}_9 , рекомендуется назначать на размеры, относящиеся к валам — по h , относящиеся к отверстиям — по H ; на остальные — симметричные предельные отклонения: $\pm \frac{IT}{2}$.

Определим предельные отклонения звена \vec{A}_9 .
Из формулы (5.5):

$$BO_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \vec{BO}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{HO}_j;$$

$$+250 = 0 + 0 + \vec{BO}_9 - (-21) - (-21) - (-39) - (-21) - (-21) - (-7,5) - (-11);$$

$$\vec{BO}_9 = +108,5 \text{ мкм.}$$

Из формулы (5.6):

$$HO_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \overrightarrow{HO}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{BO}_j;$$

$$0 = (-15) + (-63) + \overrightarrow{HO}_9 - (+7,5) - (+11); \quad \overrightarrow{HO}_9 = +96,5 \text{ мкм.}$$

5. Проверка.

Чтобы убедиться в правильности проведенных расчетов, воспользуемся зависимостью (5.7) для координат середины полей допусков:

$$CD_{\Delta} = \sum_{j=1}^n \overrightarrow{CD}_j - \sum_{j=1}^p \overleftarrow{CD}_j;$$

$$+125 = (-7,5) + (-31,5) + 102,5 - (-10,5) - (-10,5) - (-19,5) - (-10,5) - (-10,5);$$

$$+125 = +125.$$

Полученное равенство говорит о корректности произведенных вычислений.
Результаты поэтапных расчетов внесены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Обозначение звена	Номинальный размер, мм	i_j , мкм	Обозначение основного отклонения	Квалитет	Допуск	Верхнее отклонение	Нижнее отклонение	Середина поля допуска
					T	VO	HO	CD
					мкм			
A_{Δ}	0,2	—	—	—	250	+250	0	+125
\overleftarrow{A}_1	19	1,31	h	7	21	0	-21	-10,5
\overleftarrow{A}_2	20	1,31	h	7	21	0	-21	-10,5
\overleftarrow{A}_3	42	1,56	h	8	39	0	-39	-19,5
\overleftarrow{A}_4	20	1,31	h	7	21	0	-21	-10,5
\overleftarrow{A}_5	19	1,31	h	7	21	0	-21	-10,5
\overleftarrow{A}_6	10	0,9	$\pm \frac{IT}{2}$	7	15	+7,5	-7,5	0
\overrightarrow{A}_7	8	0,9	h	7	15	0	-15	-7,5
\overrightarrow{A}_8	130	2,52	h	8	63	0	-63	-31,5
\overrightarrow{A}_9	2,2	0,55	—	7...8	12	+108,5	+96,5	+102,5
\overleftarrow{A}_{10}	10	0,9	$\pm \frac{IT}{2}$	8	22	+11	-11	0

5.7.2. Метод неполной взаимозаменяемости

Метод, при котором требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается не при любых сочетаниях, а при ранее обусловленной части сочетаний размеров составляющих звеньев.

Он основывается на предположении, что сочетание действительных размеров составляющих звеньев в изделии носит случайный характер, и вероятность того, что все звенья с самыми неблагоприятными сочетаниями окажутся в одном изделии, весьма мала.

Такой расчет, который учитывает рассеяние размеров и вероятность их различных сочетаний, называется **вероятностным способом расчета**. Другими словами, метод допускает малый процент изделий, у которых замыкающее звено выйдет за рамки поля допуска. При этом расширяются допуски у составляющих цепь размеров, и тем самым снижается себестоимость изготовления деталей.

Задачей расчета является определение средней точности размерной цепи и назначение на составляющие звенья допусков, соответствующих вычисленной точности, таким образом, чтобы размер замыкающего звена с принятой вероятностью находился в предписанных пределах.

Сборка осуществляется, как правило, без пригонки, регулирования и подбора, при этом у небольшого (заранее принятого) количества изделий размеры замыкающих звеньев могут выйти за установленные пределы.