Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Размерные цепи

Методические указания к выполнению лабораторной работы

по курсу «Технические измерения»

для студентов направления

15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2025

Рассчитать размерную цепь методом max-min и теоретико-вероятностным методом.

Общие положения

Для нормальной работы машины необходимо, чтобы составляющие ее детали занимали одна относительно другой соответствующее служебному назначению положение. При расчете точности относительного положения деталей учитывают взаимосвязь размеров детали в изделии.

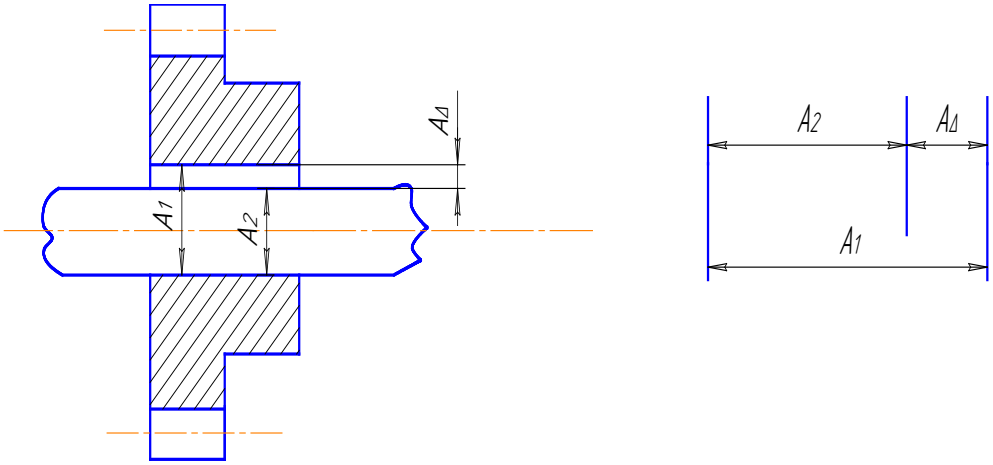


Рис. 1

Например, при изменении размеров A_1 и A_2 зазор A_Δ также меняется (рис 1). Эту взаимосвязь устанавливают с помощью размерных цепей.

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. Размеры, образующие размерную цепь, называют звеньями размерной цепи.

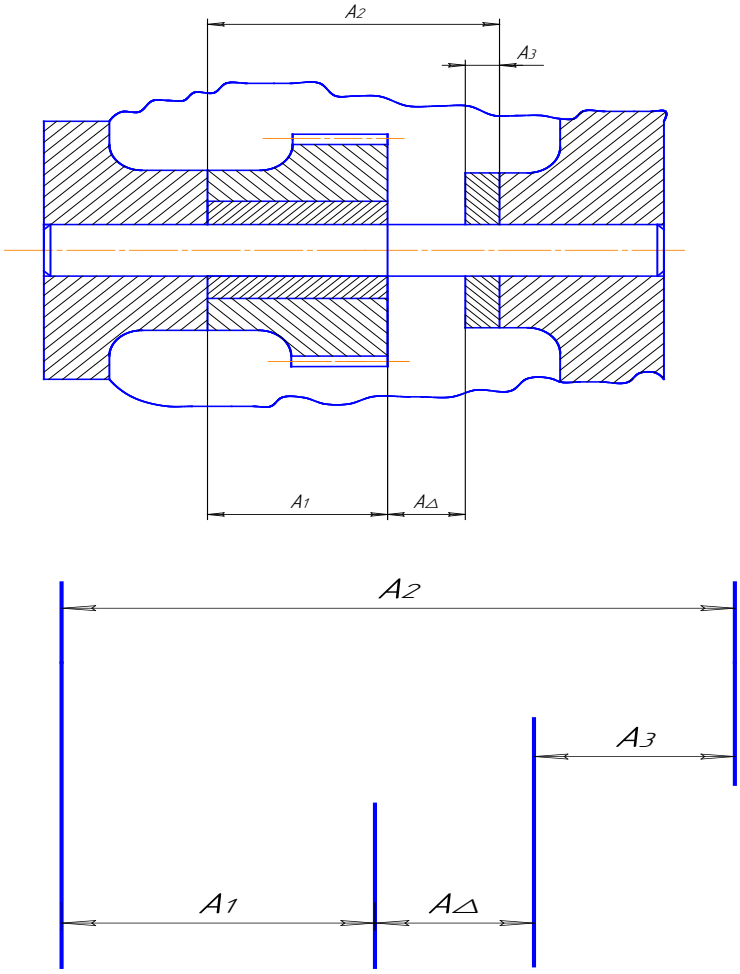
Размерная цепь состоит из составляющих звеньев и одного замыкающего. Замыкающим называют размер (A_Δ), который получается последним в процессе обработки детали, сборки узла машины или измерения. Его значение и точность зависят от остальных (составляющих) размеров цепи. Составляющее звено – звено размерной цепи, изменение которого вызывает изменение замыкающего звена.

Звено размерной цепи называют уменьшающим, если при его увеличении замыкающее звено уменьшается, и увеличивающим, если при его увеличении замыкающее звено увеличивается.

Над буквенными обозначениями звеньев принято изображать стрелку, направленную вправо для увеличивающих звеньев и влево – для уменьшающих.

Замыкающее звено может быть положительным, отрицательным или равным нулю. Деталь не обрабатывают по замыкающему размеру – он получается в результате обработки детали по другим, связанным с ним размерами. В сборочных размерных цепях замыкающий размер определяется последовательностью сборки.

Компенсирующим звеном называют предварительно выбранное звено размерной цепи, изменением размера которого достигается требуемая точность замыкающего звена (рис.2).



A3 – компенсирующее звено

Рис. 2

Метод расчета размерных цепей, обеспечивающих полную взаимозаменяемость

Чтобы обеспечить полную взаимозаменяемость, размерные цепи рассчитывают методом максимума – минимума, при котором допуск замыкающего звена определяют арифметическим сложением допусков составляющих размеров. Этот метод обеспечивает заданную точность сборки без подгонки или подбора деталей.

Номинальный размер замыкающего звена при *n* увеличивающих и *p* уменьшающих размерах в линейной размерной цепи можно определить по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{A}_i - \sum_{i=1}^{p} \overleftarrow{A}_i$$

Т.е. данную формулу можно записать в следующем виде:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n+p} \xi_i A_i,$$

где n+p – число звеньев размерной цепи без замыкающего звена;

ξ_i – передаточное отношение, для линейных размеров цепей $\xi_i = +1$ - для увеличивающих звеньев; $\xi_i = -1$ -для уменьшающих звеньев.

Допуск замыкающего звена A_{Δ} равен сумме допусков составляющих звеньев

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n+p} |\xi_i| \, T\,A_i,$$

где $T\,A_i$ –- допуск -того размера.

Координата середины поля допуска замыкающего звена $E_{CA_{\Delta}}$

$$E_{CA_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{E}_{CA_i} - \sum_{i=1}^{p} \overleftarrow{E}_{CA_i},$$

где $E_{CA_i} = \frac{ES_i(es_0)+EI_i(ei_i)}{2}$ –координата поля допуска i –того звена.

Предельные размеры замыкающего звена

$$A_{\Delta\,max} = A_{\Delta} + E_{CA\Delta} + 0{,}5\,TA_{\Delta};$$

$$A_{\Delta\,min} = A_{\Delta} + E_{CA\Delta} - 0{,}5\,TA_{\Delta}.$$

Теоретико-вероятный метод расчета размерных цепей

Метод максимума и минимума основан на предположении, что при сборке механизма возможно сочетание наибольших увеличивающих и наименьших уменьшающих размеров, или обратное их сочетание. Этот метод расчета обеспечивает полную взаимозаменяемость в процессе сборки и эксплуатации изделий. Однако допуски составляющих размеров, вычисленные по этому методу особенно для размерных цепей, содержащих много звеньев, могут получиться в техническом и экономическом отношениях неоправданно малыми. Поэтому метод максимума- минимума применяют для проектирования размерных цепей, имеющих малое число составляющих звеньев невысокой точности. Рассеяние размеров и вероятность различных

сочетаний отклонений составляющих звеньев размерной цепи позволяет расширить допуски составляющих размеров, особенно для размерных цепей, содержащих много звеньев, и тем самым снизить себестоимость изготовления деталей.

Номинальный размер замыкающего звена определяется по формуле:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n} \overrightarrow{A}_i - \sum_{i=1}^{p} \overleftarrow{A_i}$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена A_{Δ}

$$E_{CA\Delta} = \sum_{i=1}^{n+p} \xi_i (E_{CAi} + \alpha_i \frac{TA_i}{2}),$$

где α_i – коэффициент относительной симметрии, характеризующий смещение центра группирования в результате действия систематических погрешностей (таблица 1).

Таблица 1

Категории размеров	α_i
Охватывающие	– 0,25…..+0,25
Охватываемые	– 0,2…….+0,3
Ступенчатые (уступы)	– 0,2…….+0,2

Примечание: рекомендуемые значения для α_iдля охватывающих размеров – отрицательные; для охватываемых – положительные ; для ступенчатых – равные нулю.

Допуск замыкающего звена TA_{Δ}:

$$TA_{\Delta} = t_{\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n+p} \xi_i {TA_i}^2 \lambda^2},$$

где t_{Δ} – коэффициент риска выхода поля допуска замыкающего звена за пределы допустимых значений;

Значения коэффициента t_{Δ} в зависимости от степени риска находят из таблиц значений функции Лапласа (таблица 2).

Таблица 2

% риска	32,0	10,0	4,5	1,0	0,27	0,1	0,01
t_{Δ}	1,0	1,65	2,0	2,57	3,0	3,29	3,89

λ –коэффициент относительного рассеяния, характеризующий фактический закон распределения размеров. Коэффициент $\lambda^2 = \frac{1}{9}$ при нормальном законе распределения отклонений (закон Гаусса), при распределении отклонений по

закону треугольника(закон Симпсона) $\lambda^2 = \frac{1}{6}$, при распределении отклонений по закону равной вероятности $\lambda^2 = \frac{1}{3}$.

Для размерных цепей с параллельными звеньями (линейные размерные цепи) $\xi_i^{\,2} = 1$.

Иногда в расчетах размерных цепей используют коэффициент относительного рассеяния

$k_i = t_\Delta \lambda_i$.

При наиболее часто используемом проценте риска 0,27 с учетом значений коэффициента λ_i^2:

$k_i = 1$ –при законе распределения Гаусса;

$k_i = 1{,}22$ – при законе распределения Симпсона;

$k_i = 1{,}73$ – при законе распределения равной вероятности.

Предельные размеры замыкающего звена определяются по формулам:

$A_{\Delta\,max} = A_\Delta + E_{CA\Delta} + 0{,}5\,TA_\Delta$;

$A_{\Delta\,min} = A_\Delta + E_{CA\Delta} - 0{,}5\,TA_\Delta$.

Варианты заданий

Рис. 3 соответствует табл. 3.

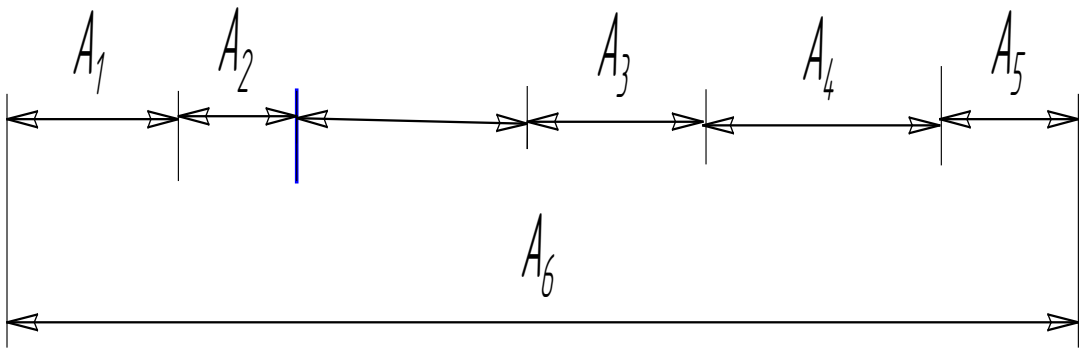


Рис. 3

Таблица 3

№ вар.	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	%риска	k_i
0	10h7	15h7	$5j_s7$	10h7	$5j_s7$	60H	1,0	3-н Гаусса

1	15 h8	20h7	$5j_s8$	15h7	15h11	72H	0,27	З-н Симпсона
2	20h9	25h8	$10j_s9$	20h7	$20j_s8$	80H	1,0	З-н Гаусса
3	25h10	30h9	15j10	25h7	25h12	120H	0,27	З-н Симпсона
4	30h7	35h10	$5j_s11$	30h7	$15j_s7$	118H	0,27	З-н Гаусса
5	35h7	40h11	$10j_s12$	35h7	20h9	145H	1,0	З-н Симпсона
6	40h8	45h12	$15j_s7$	40h7	$20j_s8$	164H	1,0	З-н Гаусса
7	45h8	50h7	$20j_s8$	45h7	25h10	188H	0,1	З-н Симпсона
8	50h9	55h7	$5j_s9$	50h7	$15j_s9$	177H	0,27	З-н Гаусса
9	55h9	60h7	$10j_s10$	55h7	20h11	180H	1,0	З-н Симпсона
10	60h10	65h8	$15j_s11$	60h7	$25j_s10$	226H	0,27	З-н Гаусса
11	65h10	70h8	$5j_s12$	65h7	25h12	240H	1,0	З-н Симпсона
12	70h11	75h8	$5j_s7$	10h7	$15j_s9$	180H	0,27	З-н Гаусса
13	75h12	80h9	$5j_s7$	157	20h11	198H	1,0	З-н Симпсона
14	80h7	85h10	$10j_s8$	20h7	25h12	225H	0,27	З-н Гаусса
15	85h8	90h11	$20j_s8$	25h7	$15j_s9$	245H	0,1	З-н Симпсона
16	90h9	95h12	$15j_s9$	30h7	$15j_s7$	250H	1,0	З-н Гаусса
17	95h10	100h7	$15j_s9$	35h7	$20j_s8$	267H	1,0	З-н Симпсона
18	100h11	105h8	$15j_s7$	40h7	15h9	280H	0,27	З-н Гаусса
19	105h7	110h10	$10j_s6$	45h7	20h8	295H	1,0	З-н Симпсона

Список литературы

1. Аристов А.И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие/кол. авторов. М.:ИНФРА-М, 2012. – 256с.
2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коротков В.С., Афонасов А.И. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2015. — 187 с. –
   Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34681 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров/ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 813 с. – Имеется электрон. аналог печ. изд. (Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34757 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю)
   Экземпляры всего: 5
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1979. 728 с.