

13. Расчет размерных связей машин с использованием ЭВМ.

Качественное и надежное функционирование машин и технологического оборудования возможно обеспечить при условии достижения требуемой размерной точности изготовления их деталей и последующего поддержания заданной точности в процессе эксплуатации. Решение этих задач обуславливает необходимость выполнения трудоемких расчетов размерной точности деталей и узлов, которые можно быстро и эффективно выполнить на ЭВМ с использованием разработанных в МГТУ «Станкин» пакета программ, обеспечивающих расчет конструкторских размерных связей машин.

Выявление и расчет конструкторских размерных связей на этапе проектирования конструкции позволяет оценить требуемую точность относительного положения деталей и узлов машин, определяемую в соответствии с их функциональным назначением. Точность относительного положения деталей и узлов определяют линейные и угловые размерные цепи. Замыкающими звеньями линейных размерных цепей A_{Δ} , B_{Δ} , V_{Δ} являются размеры, определяющие расстояния между рассматриваемыми поверхностями деталей машины, а замыкающими звеньями угловых цепей α_{Δ} , β_{Δ} , γ_{Δ} являются относительные повороты рассматриваемых поверхностей. Если конкретное техническое требование, вытекающее из служебного назначения узла, формализовать как замыкающее звено линейной или угловой размерной цепи, то выявление этой цепи позволяет установить детали конструкции, размеры которых оказывают непосредственное влияние на выполнение данного технического требования.

Т.к. положение деталей и узлов в машинах определяют их основные базы, а работают детали своими исполнительными поверхностями или вспомогательными базами, то составляющими звеньями конструкторских размерных цепей являются расстояния A_i , B_i , V_i или повороты α_i , β_i , γ_i , которые определяют положение исполнительных поверхностей и вспомогательных баз относительно основных баз детали [1].

Расчет конструкторской размерной цепи включает расчет номинальных значений составляющих звеньев (A_{Δ} , A_1 , ... A_{m-1}) и расчет допусков (T_{Δ} , T_1 , ... T_{m-1}) на все звенья цепи. При этом следует различать решение прямой и обратной задач. Решение прямой задачи означает определение требуемой точности составляющих звеньев A_i , T_i исходя из заданной точности замыкающего звена A_{Δ} , T_{Δ} :

$$(A_{\Delta}, T_{\Delta}) \Rightarrow (A_1, T_1, \dots, A_i, T_i, \dots, A_{m-1}, T_{m-1}).$$

Решение обратной задачи означает определение точности замыкающего звена при заданной точности составляющих звеньев:

$$(A_1, T_1, \dots, A_i, T_i, \dots, A_{m-1}, T_{m-1}) \Rightarrow (A_\Delta, T_\Delta).$$

Расчет размерных цепей необходимо выполнять в два этапа:

1. На первом этапе рассчитывают размерную цепь в номиналах. Расчет выполняют согласно уравнению размерной цепи, которое в общем случае имеет вид:

для линейной цепи,

для угловой цепи

$$A_\Delta = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{A}_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{A}_i ; \quad \beta_\Delta = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\beta}_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\beta}_i ,$$

где $\bar{A}_i, \bar{\beta}_i$ – увеличивающие составляющие звенья;

$\bar{A}_i, \bar{\beta}_i$ – уменьшающие составляющие звенья;

m – общее число звеньев размерной цепи, включая замыкающее;

k – число увеличивающих звеньев размерной цепи;

2. На втором этапе выполняют расчет размерной цепи в допусках. Расчет в допусках выполняют с учетом выбираемого метода достижения точности замыкающего звена. Для достижения требуемой точности замыкающего звена при сборке узлов машин применяют пять методов: метод полной взаимозаменяемости, метод неполной (частичной) взаимозаменяемости, метод групповой взаимозаменяемости, метод регулировки и метод пригонки.

Расчет конструкторских размерных цепей на этапе проектирования конструкции и технологического процесса позволяет выявить используемый в процессе сборки метод достижения точности замыкающего звена. Полученные в результате расчета номинальные размеры ($A_\Delta, A_1, \dots, A_{m-1}$), допуски ($T_\Delta, T_1, \dots, T_{m-1}$) и предельные отклонения ($\Delta^B_1, \Delta^H_1, \dots, \Delta^B_{m-1}, \Delta^H_{m-1}$) параметров точности деталей должны быть сверены с параметрами точности, указанными на чертежах. При наличии расхождений необходимо ввести коррекцию, первоначально заданных параметров точности, что позволяет эффективно реализовать выбранный метод достижения точности.

Разработанный пакет программ обеспечивает выполнение расчетов на ЭВМ в диалоговом режиме. Программа позволяет задавать необходимое число звеньев цепи, их номиналы, допуски и предельные отклонения. Расчет цепи в допусках выполняется по каждому из пяти выбранных методов достижения точности. С этой целью на монитор выводится соответствующий кадр с окнами и кнопками для быстрого ввода требуемых параметров и получения текущих результатов расчета.

Согласно методу полной взаимозаменяемости предельные отклонения на замыкающем звене $\Delta^B_\Delta, \Delta^H_\Delta$ рассчитывают:

$$\Delta^g_\Delta = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\Delta}^g_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\Delta}^h_i \quad (1) \quad \Delta^h_\Delta = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\Delta}^h_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\Delta}^g_i \quad (2),$$

где $(\bar{\Delta}_i^e; \bar{\Delta}_i^h)$ и $(\bar{\Delta}_i^e; \bar{\Delta}_i^h)$ - верхние и нижние предельные отклонения соответственно увеличивающих и уменьшающих звеньев цепи.

По этому методу обеспечивается точность монтажа подшипниковых опор, зубчатых колес, валов и других деталей.

В качестве примера на рис.1 представлено диалоговое окна для расчета размерной цепи по методу регулировки с использованием неподвижного компенсатора.

Цепь:

+ A₂ 15 ^{0.15; 0.4'} T=0.15
 0; 0' T'=0.4

- A₁ 5 ^{0; 0'} T=0.03
 -0.03; -0.2' T'=0.2

- A₃ 5 ^{0; 0'} T=0.02
 -0.02; -0.05' T'=0.05

+ A_Δ 5 ^{0.2; 0.2'} T=0.2
 0; 0' T'=0.2

Частичная взаимозаменяемость Групповая взаимозаменяемость
 Регулировка Пригонка

Регулировка

Число групп:

Рассчитать группы компенсаторов методом регулировки:

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Δ _{комп.} верхн.	0	0.15	0.3	0.45
Δ _{комп.} нижн.	-0.05	0.1	0.25	0.4

Звено:

Тип: + - 0

Индекс звена:

Номинал:

Допуск:

Нижнее отклонение:

Верхнее отклонение:

Сер. поля допуска:

Расширенный допуск:

Нижнее отклонение (расшир.):

Верхнее отклонение (расшир.):

Замыкающее:

Компенсатор:

[17:37:04] >> Звено #2 было изменено

[17:36:40] >> Для получения целого числа групп компенсаторов следует расширить допуск у одного или нескольких звеньев на T_{комп}=0.05

Рис.1. Диалоговое окно программы для расчета точности по методу регулировки.

Программа позволит задать различное число составляющих звеньев цепи, которые будут графически представлены в левой части экрана. При этом представляется возможным менять характер звена, переводя его из увеличивающего в уменьшающее и наоборот. На графике цепи увеличивающие звенья обозначены знаком «+», уменьшающие – знаком «-». Увеличивающие и уменьшающие звенья представлены отдельно, в разных ветвях цепи. В правой части экрана расположены поля редактирования параметров текущего звена. Текущим звеном может быть любое выбранное пользователем звено. Выбор текущего (редактируемого) звена осуществляется кликом на его графическое отображение. Индекс (номер) звену присваивается в порядке его создания.

Программа позволяет решать как прямую, так и обратную задачи. При прямой задаче в окне редактирования задаются параметры замыкающего звена, которые остаются неизменными. Необходимые значения составляющих звеньев отображаются на графической модели. При этом любое из составляющих звеньев может быть изменено за счет изменения расчетного компенсатора. Звено-компенсатор, назначаемое в модели цепи

пользователем, становится активным. Окно редактирования текущего звена отображает его значения, получаемые по методу полной взаимозаменяемости, а также отображает расширенные значения допусков и отклонений, получаемые остальными методами.

Применение метода регулировки с неподвижными компенсаторами позволяет на все составляющие звенья установить расширенные экономически целесообразные допуски $T'_1, T'_2, T'_3 \dots T'_{m-1}$. В результате величина компенсации T_k (наибольшая возможная величина регулировки) составит:

$$T_k = \sum_{i=1}^{i=m-1} T'_i - T_{\Delta} \quad (3),$$

где T_{Δ} - требуемый допуск на замыкающем звене.

Число групп компенсаторов N определяется согласно (4):

$$N = \frac{T_k}{T_{\Delta} - T_{\text{ком}}} + 1 \quad (4),$$

где $T_{\text{ком}}$ - допуск на звено компенсатор.

Обычно число групп компенсаторов N получается нечетным. Для получения целого числа групп N необходимо в диалоге с ЭВМ расширить допуск у одного или нескольких звеньев T'_i, T'_j до значения, при котором величина T_k позволяет получить ближайшее, большее целое число групп N . При выполнении этого требования программа дает результаты расчета предельных отклонений для различных групп компенсаторов (см.рис.2).

Метод регулировки с неподвижными компенсаторами используют для достижения требуемой точности совпадения вершин делительных конусов конических зубчатых колес в двух координатных направлениях и в других технических задачах.

При использовании метода пригонки программа позволяет рассчитать на компенсаторе минимальный, но достаточный слой материала $T_k \Rightarrow \min$, обеспечивающий возможность компенсации наибольшего возможного отклонения. Для этого в координату середины поля допуска компенсатора автоматически вносится поправка Δ_k , величина которой рассчитывается по формуле:

$$\Delta_k = \sum_{i=1}^{i=m-1} \Delta_{oi} - \Delta_{o\Delta} + \frac{T_k}{2} \quad (5),$$

где Δ_{oi} - координаты середины полей расширенных допусков T'_i ,

$\Delta_{o\Delta}$ - координата середины поля допуска замыкающего звена.

Применение пакета программ для расчета конструкторских размерных цепей с использованием ЭВМ позволяет существенно сократить трудоемкость расчетов точности

конструкций, обеспечивает возможность быстрого выявления требуемого метода достижения точности и соответствующих параметров точности деталей узла.

Список литературы:

1. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения под ред. ЮМ. Соломенцева. М.:Высшая школа, 1999. 416с.
2. **Лебедев Л.В., Мнацаканян В.У., Погонин А.А. и др.** Технология машиностроения. Учебник для вузов М.: Академия, 2006, 487 с.