

УДК 621.91.002

В. А. Тимирязев, д.т.н., проф., **Е. Д. Чикалова**, аспирантка, **Р. З. Искандаров**, аспирант, МГТУ «Станкин»

e-mail: k_tm@stankin.ru

Расчет конструкторских размерных цепей с использованием ЭВМ

В статье рассматриваются вопросы автоматизированного расчёта конструкторских и технологических размерных цепей с использованием ЭВМ.

Ключевые слова: размерная цепь, автоматизированный расчёт, ЭВМ.

V. A. Timiryazev, E. D. Chikalova, R. Z. Iskandarov

Calculation of Design Dimensional Chains Using Computers

The article discusses aspects of automated calculation of design and technological dimensional chains using computers.

Keywords: dimensional chain, automated calculation, computer.

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 требуемые расстояния между рассматриваемыми поверхностями деталей машины. А замыкающими звеньями угловых размерных цепей α_{Δ} , β_{Δ} , γ_{Δ} являются относительные повороты рассматриваемых поверхностей. Если конкретное техническое требование, вытекающее из служебного назначения механизма, 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 ($A_{\Delta}, A_1, \dots, A_{m-1}$) и расчет допусков ($T_{\Delta}, T_1, \dots, T_{m-1}$) 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:

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

$$\begin{array}{ll} \text{для линейной цепи,} & \text{для угловой цепи} \\ A_{\Delta} = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{A}_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{A}_i ; & \beta_{\Delta} = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\beta}_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\beta}_i \end{array}$$

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.

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 при разработке технологического процесса сборки узла и его ремонта позволяет выявить рациональный 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 ($\Delta_{1}^B, \Delta_{1}^H, \dots, \Delta_{m-1}^B, \Delta_{m-1}^H$) параметров точности деталей должны быть сверены с параметрами точности, указанными на чертежах. При наличии расхождений необходимо ввести коррекцию, первоначально заданных параметров точности, что позволяет 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, допуска 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.

Расчет цепи начинается с полной взаимозаменяемости, при котором предельные отклонения на замыкающем звене Δ^e_{Δ} , Δ^H_{Δ} составляют:

$$\Delta^e_{\Delta} = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\Delta}_i^e - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\Delta}_i^H ; \quad \Delta^H_{\Delta} = \sum_{i=1}^{i=k} \bar{\Delta}_i^H - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \bar{\Delta}_i^e ,$$

где $(\bar{\Delta}_i^e, \bar{\Delta}_i^H)$ и $(\underline{\Delta}_i^e, \underline{\Delta}_i^H)$ - верхние и нижние предельные отклонения соответственно увеличивающих и уменьшающих звеньев цепи. Любое изменение параметров звена влечет за собой постоянный пересчет звеньев по методу полной взаимозаменяемости. Данные расчета по этому методу постоянно отображаются на графической модели цепи. При использовании других методов, когда на звеньях имеют место расширенные допуски, их значения отображаются на цепи дополнительными цифрами (со штрихом).

В качестве примера на рис. 1 представлены окна для выполнения расчетов размерных цепей по методу групповой взаимозаменяемости.

Цепь:

+ A₂ 15 0.2; 0.3' T=0.1
0.1; 0' T'=0.3

- A₁ 5 0.08; 0.16' T=0.08
0; -0.08' T'=0.24

- A₃ 5 0.02; 0.02' T=0.02
0; -0.04' T'=0.06

+ A_Δ 5 0.2; 0.217' T=0.2
0; 0.017' T'=0.6

Частичная взаимозаменяемость Групповая взаимозаменяемость
 Регулировка Пригонка

Метод групповой взаимозаменяемости

Число групп: 3

Расчитать значения отклонений на составляющих звеньях по методу групповой взаимозаменяемости:

		A ₁	A ₂	A ₃	A _Δ
Группа 1	Δ _{нижн.}	-0.08	0	-0.04	0.017
	Δ _{верхн.}	0	0.1	-0.02	0.217
Группа 2	Δ _{нижн.}	0	0.1	-0.02	0.017
	Δ _{верхн.}	0.08	0.2	0	0.217
Группа 3	Δ _{нижн.}	0.08	0.2	0	0.017
	Δ _{верхн.}	0.16	0.3	0.02	0.217

Звено:

Тип: + ⊕ - ⊖

Индекс звена: 2

Номинал: 15

Допуск: 0.1

Нижнее отклонение: 0.1

Верхнее отклонение: 0.2

Сер. поля допуска: 0.15

Расширенный допуск: 0.3000000

Нижнее отклонение (расшир.): 0

Верхнее отклонение (расшир.): 0.3

Замыкающее:

Компенсатор:

Рис.1. Пример работы программы по методу групповой взаимозаменяемости

При расчете по методу групповой взаимозаменяемости для выполнения условия равенства допусков на увеличивающих и уменьшающих звеньях, программа выводит соответствующее сообщение в поле комментариев в нижней части экрана о необходимости увеличения или уменьшения допуска на определенную величину. В случае соблюдения двух расчетных условий реализации этого метода, программа выдает таблицу предельных отклонений звеньев. Количество групп сортировки выбирает пользователь.

Программа позволят задать различное число составляющих звеньев цепи, которые будут графически отражены 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 путем расчета решать как прямую, так и обратную задачу. 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 назначается в модели цепи пользователем (активируется). Окно редактирования текущего звена отображает его значения, получаемые по методу полной взаимозаменяемости, а также отображает расширенные значения, получаемые остальными методами.

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

$$T_k = \sum_{i=1}^{i=m-1} T'_i - T_{\Delta}$$

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

Число групп компенсаторов N определяется согласно формуле:

$$N = \frac{T_k}{T_{\Delta} - T_{\text{ком}}} + 1$$

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

Обычно число групп компенсаторов N получается нечетным. Для получения целого числа групп N программа подсказывает пользователю о необходимости расширения допуска 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).

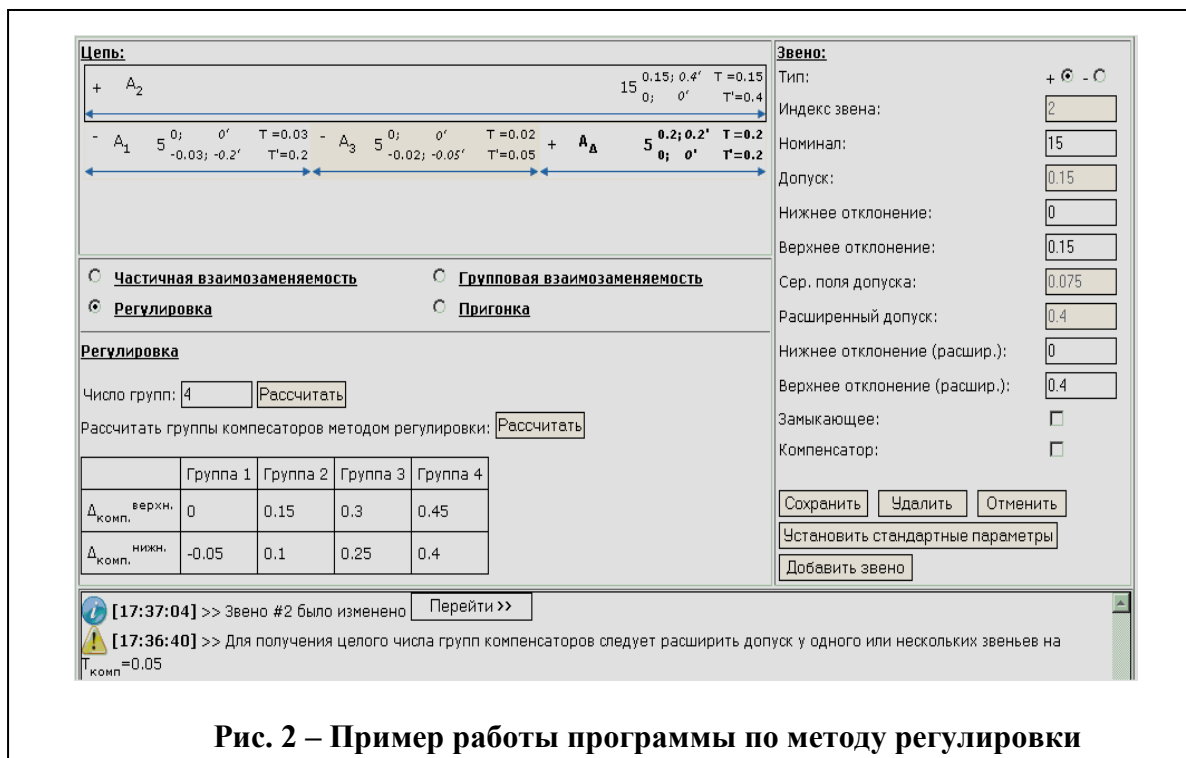


Рис. 2 – Пример работы программы по методу регулировки

Программа разработана на языке JavaScript для обеспечения возможности работы вне зависимости от платформы, благодаря чему программа может быть использована на любой операционной системе. Язык JavaScript применяется для разработки Web-сайтов, а точнее – для программирования пользовательского интерфейса в сети Internet. Результаты расчета выводятся на экран и сохраняются до завершения работы с программой, а также могут быть выгружены в файл путем копирования через буфер обмена.

Список литературы

1. Тимиряев В. А., Вороненко В. П., Схиртладзе А. Г. Основы технологии машиностроительного производства / Под ред. В.А Тимиряева // Учебник для вузов. Изд. Лань. - С-Петербург. - 2012. - 442 с.