

ПРОГРАММА РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНЫХ, МАКСИМАЛЬНЫХ И ВЕРОЯТНОСТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ МЦХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ САПР КОМПАС-3DV15

О. И. Максимов, С. Е. Фильцов, А. В. Уразов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В процессе разработки конструкций изделий одной из важных задач является расчет их массово-центровочных и инерционных характеристик (МЦХ), которая необходима для подтверждения соответствия конструкций изделий требованиям технического задания.

В ходе практического освоения САПР КОМПАС-3D было отмечено, что стандартные компоненты САПР позволяют рассчитывать МЦХ деталей, допуски на размеры которых установлены по минимальному, максимальному или среднему значению поля допуска. При этом массово-инерционные характеристики, рассчитанные подобными способами, в подавляющем большинстве случаев не только не являются минимальными или максимальными, но в ряде случаев рассчитаны по размерам, которые не обеспечивают корректности построения геометрии ЭМСЕ.

Расчет максимальных и минимальных МЦХ изделий

Расчет максимальных и минимальных МЦХ изделия производится посредством перебора всех деталей модели, их параметрических размеров, при этом оценивая, как влияет пересчет размера по верхнему и нижнему полям допусков на МЦХ изделия. Устанавливая по очереди значения всех размеров изделия сначала к верхнему, затем нижнему полям допусков, приводящим модель изделия к минимальной/максимальной массе, и, перестраивая 3D модель, получаем минимальные и максимальные МЦХ изделия соответственно.

Расчет МЦХ с заданной вероятностью

При механической обработке деталей размеры имеют погрешности. Эти погрешности носят случайный характер и в партии обработанных деталей имеют рассеяние в определенных пределах.

Рассеяние погрешностей размеров подчиняется закону распределения случайных величин. Случайные величины делятся на дискретные и непрерывные. Погрешности размеров относятся к случайным величинам непрерывного типа. Законы распределения случайных величин непрерывного типа выража-

ются через плотность вероятности или дифференциальную функцию распределения $\varphi(x)$ [1].

Основными вероятностными характеристиками случайных величин в теории вероятности приняты:

- а) математическое ожидание (a) как характеристика центра группирования теоретического распределения;
- б) среднее квадратичное отклонение, как характеристика рассеивания теоретического распределения.

Результат измерения при случайном рассеивании определяется нормальной кривой распределения в соответствии с рис. 1.

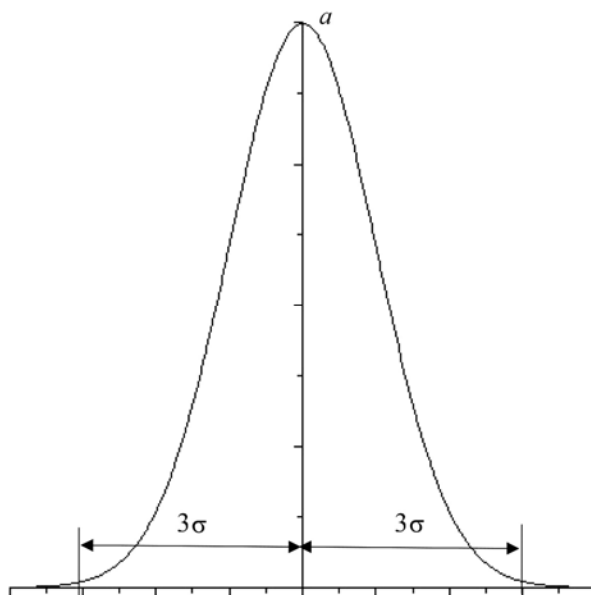


Рис. 1. Нормальная кривая распределения

Вероятность нахождения случайной величины в интервале $(a - 3\sigma, a + 3\sigma)$ равна 0,9973. Поэтому «трехсигмовые» границы $a \pm 3\sigma$ принимаются за границы практически предельных значений нормально распределенной случайной величины.

Вероятность нахождения в интервале (x_1, x_2) случайной величины X определяется по формуле

$$P(x_1 < X < x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{x_1-a}{\sigma}}^{\frac{x_2-a}{\sigma}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (1)$$

При определении σ будем использовать полученные максимальные и минимальные значения МЦХ модели. По формуле:

$$\sigma = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{S} \quad (2),$$

где S – половина ширины интервала рассеивания (в нашем случае $S = 3$).

Далее при расчете номинальной величины с допуском при нужной вероятности воспользуемся квантилем, соответствующим заданному уровню вероятности P . С помощью формулы

$$V_P = a \pm K \cdot \sigma \quad (3),$$

где V_P – значение величины с заданной вероятностью, a – математическое ожидание, K – квантиль, σ – интервал рассеивания, рассчитываем значения максимальной и минимальной масс с заданной вероятностью [2].

ПО «Расчет минимальных, максимальных и вероятностных значений МЦХ изделий»

Для автоматизации процесса расчета минимальных и максимальных МЦХ изделия разработано собственное программное обеспечение (ПО) «Расчет минимальных, максимальных и вероятностных значений МЦХ изделий» (рис. 2) как прикладное приложение САПР КОМПАС-3D. Программа разрабо-

тана с применением API интерфейсов САПР КОМПАС-3D и библиотеки Qt 5.5.1.

Программа «Расчет минимальных, максимальных и вероятностных значений МЦХ изделий» является прикладной библиотекой САПР КОМПАС-3D. Взаимодействие с системой осуществляется посредством стандартных функций КОМПАС API. Библиотека – это приложение, созданное для расширения стандартных возможностей КОМПАС-3D и работающее в его среде. По своей архитектуре библиотека является стандартным динамически подключаемым модулем (DLL) Windows. Схема работы программы представлена на рис. 3.

Программа позволяет выполнять расчет минимальных и максимальных МЦХ изделия, результаты расчета сохраняются непосредственно в 3D модель изделия с возможностью их получения при следующем запуске программы.

В режиме вероятностного расчета программа «Расчета минимальных, максимальных и вероятностных значений МЦХ изделий» выполняет:

- а) расчет для заданной вероятности;
 - б) перестроение электронной модели сборочной единицы (ЭМСЕ) или электронной модели детали (ЭМД) и установка полей допусков с заданной вероятностью;
 - в) получение минимальных и максимальных МЦХ изделий для заданной вероятности.
- Возможность формирования таблицы сравнений значений минимальных, максимальных и МЦХ

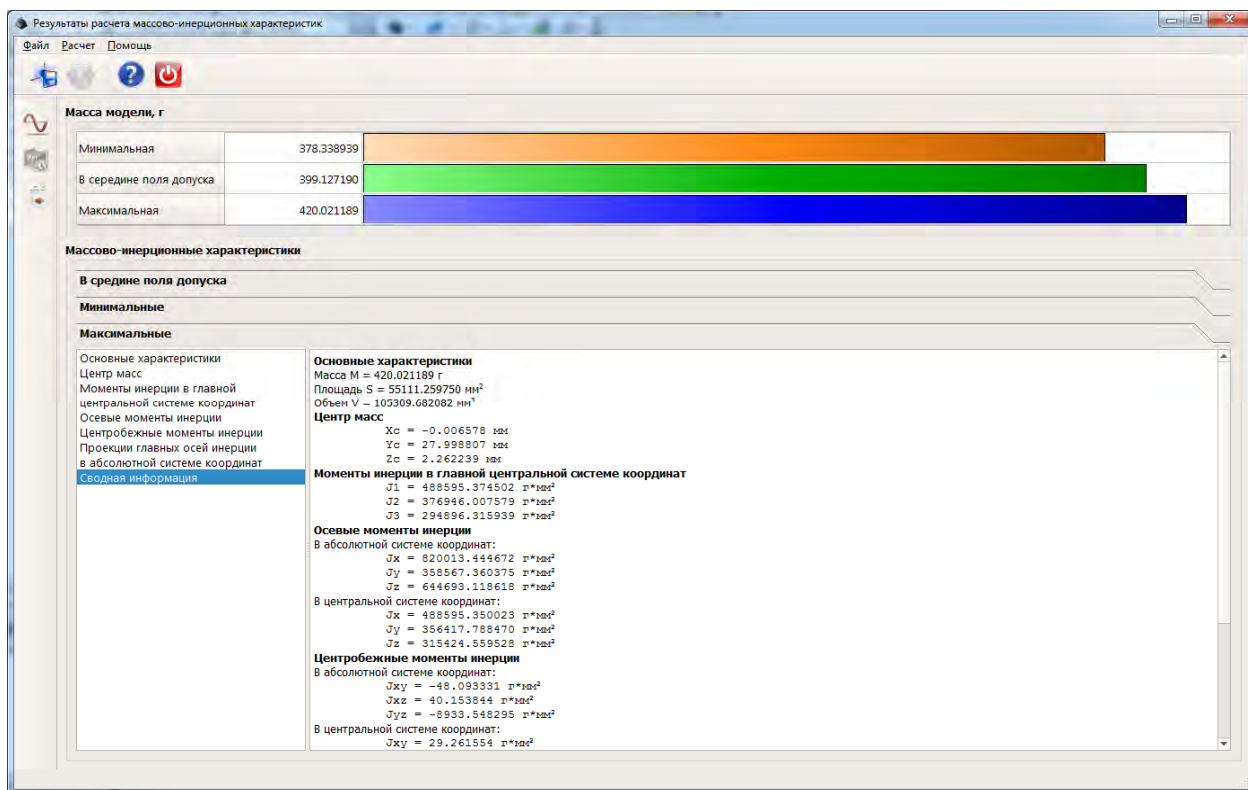


Рис. 2. Главное окно программы

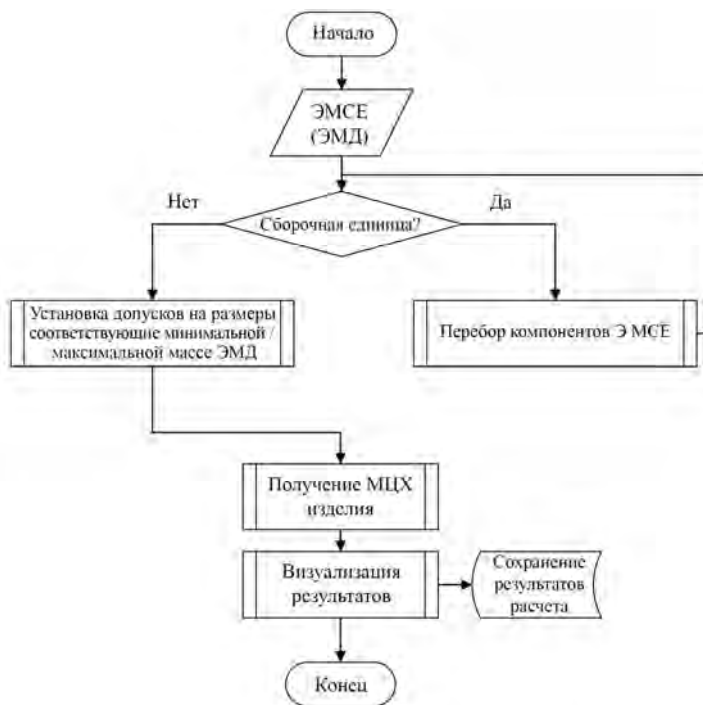


Рис. 3. Схема работы программы

Массо-центровочные и инерционные характеристики

Параметр	Минимальные МЦХ	МЦХ в середине поля допуска	Максимальные МЦХ
Масса, г	378.33893875	399.12719041	420.02118873
Площадь, мм ²	53182.56554616	54144.63644761	55111.25975007
Объем, мм ³	94269.66391579	99768.09747051	105309.68208246
Центр масс, мм	Xc = 0.00079399 Yc = 27.18105446 Zc = 2.00512723	Xc = -0.00307625 Yc = 27.59669840 Zc = 2.14352372	Xc = -0.00657774 Yc = 27.99880654 Zc = 2.26223935
Моменты инерции			
В абсолютной системе координат			
Осевые моменты инерции, г*мм ²	Jx = 715523.26981566 Jy = 325969.23474869 Jz = 553270.52369881	Jx = 767084.31959421 Jy = 342205.75019576 Jz = 598289.80872414	Jx = 820013.44467242 Jy = 358567.36037540 Jz = 644693.11861814
Центробежные моменты инерции, г*мм ²	Jxy = 11.05458546 Jxz = -3.46022167 Jyz = -14234.84232109	Jxy = -17.75262397 Jxz = 18.16644923 Jyz = -11559.33895670	Jxy = -48.09333112 Jxz = 40.15384389 Jyz = -8933.54829482
В центральной системе координат			
Осевые моменты инерции, г*мм ²	Jx = 434481.65875253 Jy = 324448.10948651 Jz = 273750.03742083	Jx = 461284.05966091 Jy = 340371.87914128 Jz = 294323.41229117	Jx = 488595.35002272 Jy = 356417.78847012 Jz = 315424.55952783
Центробежные моменты инерции, г*мм ²	Jxy = 2.88943414 Jxz = -4.06255913 Jyz = -34854.87156310	Jxy = 16.13103653 Jxz = 20.79830138 Jyz = -35169.37963694	Jxy = 29.26155394 Jxz = 46.40394119 Jyz = -35537.69122540
В главной центральной системе координат			
Моменты инерции, г*мм ²	J1 = 434481.65889457 J2 = 342197.05135258 J3 = 256001.09541271	J1 = 461284.06595863 J2 = 359383.34614380 J3 = 275311.93899093	J1 = 488595.37450240 J2 = 376946.00757919 J3 = 294896.31593908
Проекция главных осей инерции в абсолютной системе координат			
Ось 1	X = 1.00000000 Y = 0.00000000 Z = 0.00000000	X = 1.00000000 Y = 0.00000000 Z = 0.00000000	X = 1.00000000 Y = 0.00000000 Z = 0.00000000
Ось 2	X = 0.00000000 Y = 0.89111511 Z = -0.45377732	X = 0.00000000 Y = 0.87969609 Z = -0.47553631	X = 0.00000000 Y = 0.86591420 Z = -0.50019257
Ось 3	X = 0.00000000 Y = 0.45377732 Z = 0.89111511	X = 0.00000000 Y = 0.47553631 Z = 0.87969609	X = 0.00000000 Y = 0.50019257 Z = 0.86591420

Рис. 4. Таблица сравнений значений минимальных, максимальных и МЦХ по среднему полю допуска

по среднему полю допуска реализована в программе «Расчета минимальных, максимальных и вероятностных значений МЦХ изделий» посредством формирования html страницы (рис. 4).

Требования к объектам расчета

Для расчета минимальных и максимальных МЦХ изделия необходима параметризованная ЭМСЕ (ЭМД), разработанная в САПР КОМПАС версии 15 и выше. 3Dмодель должна без ошибок перестраиваться по нижнему и верхнему полям допусков.

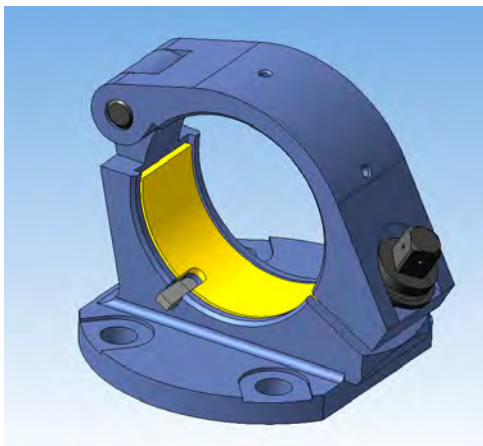


Рис. 5. ЭМСЕ «А836ГН.00.010 Кронштейн.а3d»

Приведенные выше расчеты выполнены для ЭМСЕ «А836ГН.00.010 Кронштейн.а3d», рис. 5.

Заключение

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать процесс расчета максимальных, минимальных и вероятностных значений МЦХ изделий. В результате автоматизации ручного расчета исключается человеческий фактор ошибок подсчета значений МЦХ. Тестовая версия программы успешно прошла тестирование и было принято решение о дальнейшем расширении функциональных модулей.

Литература

1. Солонин И. С., Солонин С. М. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. М.: Машиностроение, 1980.
2. Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В. Курс теории вероятности и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969.