



Задание 2. Автоматизация динамической балансировки

Задание 2

Разработать САПР для расчета параметров противовесов (масс и их пространственного положения), необходимых для динамического уравнивания ротора, а также выполнить их подбор с заранее заданного набора грузов. САПР должна предусматривать возможность анализа произвольной конструкции, автоматическое размещение противовесов в трехмерной модели, оформление отчета (например, в виде чертежа) с соответствующими размерами, задающие пространственное положение масс.

Теоретическая часть

Ротором (в соответствии с ГОСТ 19534-74) называют звена механизмов, которые вращаются и удерживаются при этом своими несущими поверхностями в опорах. Если масса ротора распределена относительно оси вращения неравномерно, то главная центральная ось инерции не совпадает с осью вращения и ротор является неуравновешенным. Такая неуравновешенность обусловлена конструктивными особенностями и уже на стадии проектирования изделия может быть устранена путем добавления/вычитания корректирующих масс.

Различают неуравновешенность: статическую (ось ротора и его главная центральная ось инерции параллельны), моментную (ось ротора и его главная центральная ось инерции пересекаются в центре масс ротора) и динамическую (ось ротора и его главная центральная ось инерции пересекаются не в центре масс или перекрещиваются). Динамическая неуравновешенность аккумулирует в себе статическую и моментную (рис. 1).

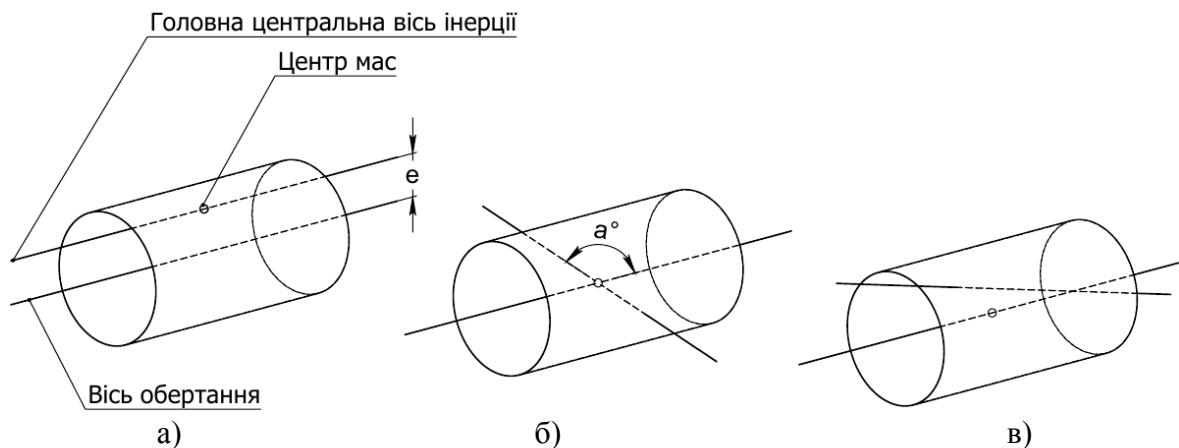


Рис. 1. Виды неуравновешенности роторов: статическая (а), моментная (б), динамическая (в)

Количественно, неуравновешенность характеризуется дисбалансом – векторной величиной, равной произведению неуравновешенной массы на ее эксцентриситет (радиус-вектор, направленный от оси вращения ротора до центра этой массы): $\vec{D} = m \cdot \vec{r}$



Задание 2. Автоматизация динамической балансировки

Исходными данными являются:

- трехмерная модель сборочного изделия (рис. 2) в формате STEP (файл fixture.stp);
- количество деталей устройства является постоянным, для проверки расчетов будет предоставлено другие трехмерные модели, которые будут отличаться моделью детали и расположением установочных / зажимных элементов;
- частота вращения конструкции: 3000 об/мин;
- считать, что все детали изготовлены из стали с плотностью 7700 кг/м³;
- в качестве противовесов для балансировки используются пакеты пластин пакет № 1 из N шайб размерами Ø100×1 мм и центральным отверстием Ø16 мм, и пакет № 2 з M шайб размерами Ø50×2 мм (количество N и M определяется в зависимости от рассчитанных дисбалансов);
- пакет шайб № 1 крепится винтами в паз планшайбы может перемещаться вдоль этого паза (рис. 2) в пределах f = 80 мм, пакет №2 крепится в резьбовое отверстие кронштейна;
- все необходимые для расчетов размерные и массово-инерционные параметры следует определять с трехмерной модели.

Исходные данные

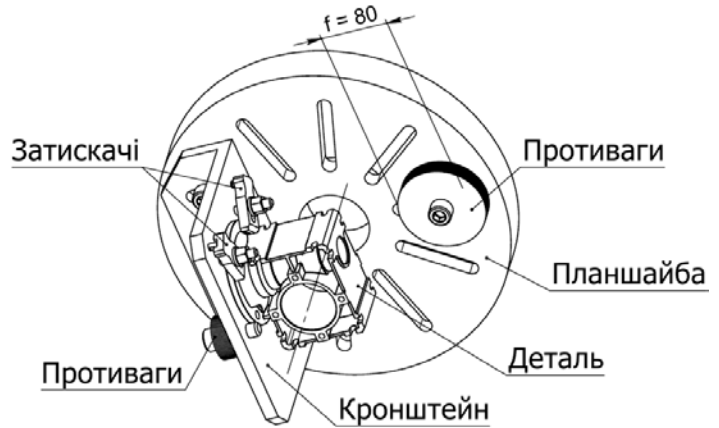


Рис. 2. 3D Модель

Расчетная часть

В данной работе в качестве ротора выступает устройство для расточки отверстия в корпусной детали. Это сборочная единица, при вращении которой с частотой ω , на каждую i -ую деталь будет действовать центробежная сила инерции:

$$\vec{P}_i = m_i \cdot \vec{r}_i \cdot \omega^2 = \vec{D}_i \cdot \omega^2$$

Из курса теоретической механики известно, что тело, которое вращается с постоянной угловой скоростью вокруг одной из своих главных центральных осей инерции, находится в состоянии динамического равновесия только при условии равенства нулю суммы всех неуравновешенных сил и суммы всех моментов этих сил:

$$\begin{cases} \sum_i^n \vec{P}_i = \mathbf{0} \\ \sum_i^n \vec{M}_i = \sum_i^n \vec{h}_i \cdot \vec{P}_i = \mathbf{0} \end{cases}$$



Задание 2. Автоматизация динамической балансировки

©, Кореньков В.Н.
 ©, НТУУ „КПИ”

Коэффициент
 сложности 1.0

Суммарный момент дисбалансов ротора можно уравновесить парой равных по модулю дисбалансов: \vec{D}_L и \vec{D}_R , расположенных в двух произвольных плоскостях L и R, перпендикулярных оси ротора (рис. 3). В таком случае полное (динамическое) уравновешивание ротора требует использования только двух противовесов, а задача балансировки сводится к нахождению четырех неизвестных: $m_L, m_R, \vec{r}_L, \vec{r}_R$.

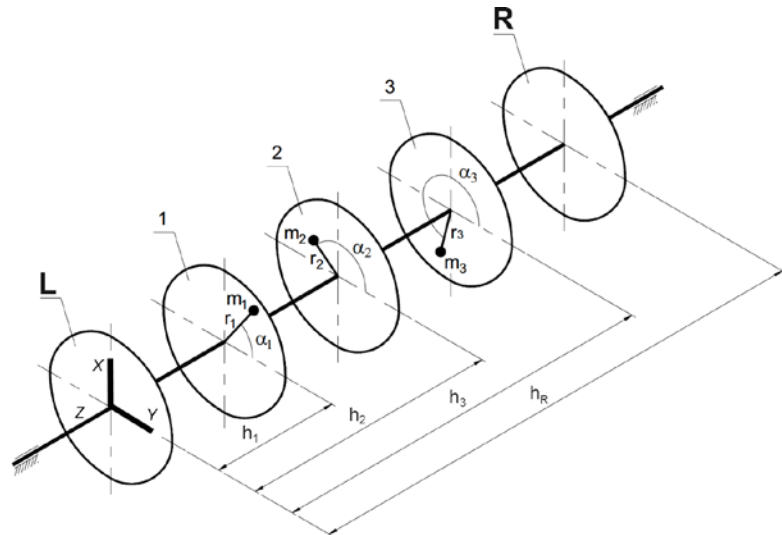


Рис.3. Схема для решения задачи балансировки

Для решения этой задачи достаточно построить систему координат XYZ, начало которой принадлежит одной из плоскостей коррекции, а ось Z совпадает с осью вращения. Записав отдельно уравнения проекций дисбалансов на ось X и ось Y и моментов этих проекций дисбалансов, получим систему из 4-х уравнений:

$$\begin{cases} \sum_i^n (m_i \cdot \vec{r}_i) + m_L \cdot \vec{r}_L + m_R \cdot \vec{r}_R = \mathbf{0} \\ \sum_i^n (h_i \cdot m_i \cdot \vec{r}_i) + h_L \cdot m_L \cdot \vec{r}_L + h_R \cdot m_R \cdot \vec{r}_R = \mathbf{0} \end{cases} \quad (1)$$

де h_i – расстояние от т.О до центра масс каждой детали.

Требования к разрабатываемой САПР и критерии оценки

Задание	Коэффициент полноты решения задачи *	
	0,1	0,05
1. Определить массу и координаты центра масс каждой детали	0,1	0,05
2. Определить радиус-векторы дисбалансов всех элементов конструкции	0,15	0,05
3. Составить систему уравнений (1), используя проекции радиус-векторов дисбалансов на оси X и Y, а также моменты этих составляющих.	0,15	0,05
4. Варьируя количеством пластин N комплекта № 1 и пластин M комплекта № 2, а также положением комплекта № 1 относительно оси вращения, итерационно свести к минимум динамический дисбаланс системы	0,4	0,2
5. Показать результаты расчетов: положение и полные комплекты № 1 и № 2 в трехмерной модели изделия; предоставить протокол расчетов (в виде чертежа, отдельного текстового документа и т.д.)	0,2	0,1

* В первом столбце указано коэффициент полноты выполнения задачи для автоматизированного решения задачи; при отсутствии автоматизации расчетов выполнения задания оценивается по шкале второго столбика таблицы оценивания.