



ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* подключается к менеджеру библиотек CAD-системы *КОМПАС-3D* (см. п.1, таблица 1).

Для автоматизированного проектирования СП в САПР *Stalker MTA* используются наборы данных электронной структуры изделия, которой управляет интегрированная автоматизированная информационная система (ИАИС) предприятия [1].

САПР *Stalker MTA* реализует размерные, точностные и силовые расчёты СП (см. п. 2, табл. 1) с использованием методик приведённых в описании ИММ АИС.

На основе автоматически построенной геометрической модели сборки СП ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* формирует сборочный чертеж СП и его спецификацию (см. п. 3, таблица 1).

Заключение. На основе предложенных моделей и методов авторами разработано и экспериментально апробировано ПО САПР *Stalker MTA*, отличающиеся реализацией автоматизированного проектирования СП на стадии технической подготовки производства ДСЕ авиационных двигателей и взаимодействием на уровне управления и наборов данных с интегрированной автоматизированной информационной системой предприятия.

Литература

1. Кульга К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством [Текст] / Кульга К. С., Кривошеев И. А. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка [Текст] / Рамбо Дж. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 544 с.
3. Станочные приспособления [Текст]: Справочник. В 2-х т./ ред. Вардашкин Б. Н. – М.: Машиностроение. – 1984. – 430 с.
4. Компания АСКОН. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ascon.ru> (Дата обращения 12.01.2015).
5. Кульга К.С., Половинкин А.В. Автоматизация проектирования станочных приспособлений. СТИН. – 2015. – №10, с 4-9.
6. C3D Labs. The Core 3D. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://c3dlabs.com/ru/> (Дата обращения 11.03.2016).
7. Hui Wang, Yiming (Kevin) Rong, Hua Li, Price Shaun. Computer aided fixture design: Recent research and trends. Computer Aided Design. Volume 42 (2010). – p.p. 1085-1094.
8. Малых В. А. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие для вузов / В. А. Малых – Уфа: УГАТУ. – 2001. – 188 с.



В.В. Любимов, В.С. Лашин, К.Е. Шилов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ВРАЩЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА С МАЛОЙ АСИММЕТРИЕЙ В АТМОСФЕРЕ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева)

Постановка задачи. Рассматривается задача о нахождении нормальных напряжений при вращении твердого тела с малой асимметрией в атмосфере. Целью работы является определение значений асимметрий, при которых произойдет превышение предела прочности конструкции. При входе тела с малой массовой и аэродинамической асимметриями в атмосферу Земли важно знать, при каких величинах асимметрии произойдет разрушение корпуса космического аппарата (КА). В данной задаче рассматривается твердое тело, имеющее следующие параметры и начальные условия движения: масса равна 150кг, средний радиус окружности наибольшего кольца конструкции равен 0,12м, скорость входа в атмосферу равна 7700 м/с. В таблице 1 содержатся прочностные характеристики учитываемых при моделировании сплавов. В предлагаемой задаче наибольший интерес представляет нахождение зависимости конечных значений угловой скорости твердого тела от величин массовой и аэродинамической асимметрий.

Таблица 1 – Прочностные характеристики обшивки КА

Марка металла	Предел прочности, σ (МПа)
АД31 ГОСТ 18482-79	130
АМг6 ГОСТ 18482-79	315
Д16 ГОСТ 18482-79	420

Математические модели. При численном моделировании применяются приближенные нелинейные уравнения движения космического аппарата с малой асимметрией [1-5]:

$$\bar{I}_x \frac{d\omega_x}{dt} = -\varepsilon m_x^A \sin(\theta + \theta_2), \quad (1)$$

$$\frac{F_a}{4\omega_a^2} \frac{d\alpha}{dt} = -\Psi \frac{\omega^2 \operatorname{tg} \alpha}{4\omega_a^2 \pi} \mp \varepsilon \frac{m^A}{2\omega_a} \cos(\theta + \theta_1) \quad (2)$$

$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega_x - \omega_{1,2} \quad (3)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \frac{\omega}{2q} \frac{dq}{dt} \quad (4)$$



Здесь $\theta = \varphi_n - \pi/2$; $\Psi = 2\pi\omega/\omega^2 = O(\varepsilon)$, $m_x^A, m^A, \theta_1, \theta_2, \theta_3$ – функции, характеризующие величину и взаимное расположение аэродинамической и массовой асимметрий твердого тела, $m^A = \sqrt{(m_1^A)^2 + (m_2^A)^2}$,

$$m_1^A = -\frac{(1 + \bar{I}_x)\omega_x - 3\omega_{1,2}}{2\omega_a} \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_y^\phi - C_x \bar{\Delta z}) \operatorname{tg} \alpha - \frac{\omega_{1,2} \omega^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2\omega_a m_{zn}} (m_{xc}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta z}),$$

$$m_2^A = -\frac{(1 + \bar{I}_x)\omega_x - 3\omega_{1,2}}{2\omega_a} \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_z^\phi - C_x \bar{\Delta y}) \operatorname{tg} \alpha - \frac{\omega_{1,2} \omega^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2\omega_a m_{zn}} (m_{xs}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta y}),$$

$$\sin \theta_1 = m_1^A / m^A, \cos \theta_1 = -m_2^A / m^A, m_x^A = \sqrt{(m_{x1}^A)^2 + (m_{x2}^A)^2}, \sin \theta_2 = m_{x1}^A / m_x^A$$

$$m_{x1}^A = \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_{xs}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta y}) \operatorname{tg} \alpha, m_{x2}^A = \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_{xc}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta z}) \operatorname{tg} \alpha, \cos \theta_2 = -m_{x2}^A / m_x^A,$$

$$\omega_a = \sqrt{\bar{I}_x \omega_x^2 / 4 + \omega^2}, \quad \omega_{1,2} = \frac{\bar{I}_x \omega_x}{2} \pm \omega_a; \quad \omega_x - \omega_{1,2} - \text{резонансная расстройка};$$

$$\bar{I}_x = I_x / I (I_y = I_z = I), F_a = -\frac{M_{zn}^a}{I} + \frac{\omega_{1,2}^2}{\cos^2 \alpha} + (\bar{I}_x \omega_x - \omega_{1,2})(\bar{I}_x \omega_x - 2\omega_{1,2}).$$

В системе (1)-(4) возможен главный резонанс вида $\frac{d\theta}{dt} = \omega_x - \omega_{1,2} = 0$

Главному резонансу будут соответствовать две ветви резонансных кривых:

$$\omega_x^P(t) = \pm \frac{\omega}{\sqrt{1 - \bar{I}_x}}, \quad (5)$$

которые могут быть определены соответственно из условий

$$\omega_x^P - \omega_1 = 0 \quad (\omega_x > 0) \quad \text{и} \quad \omega_x^P - \omega_2 = 0 \quad (\omega_x < 0).$$

Для определения разрушающих напряжений воспользуемся формулой:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (6)$$

где N – нормальная сила, A – площадь поперечного сечения КА.

Интенсивность распределенной нагрузки, находится так: $q = m\dot{i}$, где:

$$m = \frac{m_0}{S}; \quad m_0 - \text{масса КА, } S - \text{длина периметра по среднему диаметру};$$

$$i = \frac{\omega_x^2 D_{cp}^2}{2}.$$

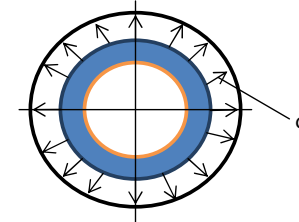


Рисунок 1 – Действие распределенной нагрузки

Нормальные напряжения при вращении тела вращения рассчитываются следующим образом:

$$\sigma = \frac{\rho \omega_x^2 D_{cp}^2}{4}, \quad (7)$$

Здесь ρ – плотность материала конструкции ТТ.

Численное моделирование. Рассмотрим результаты численного моделирования. Пусть твердое тело имеет большую начальную угловую скорость и малые массовую и аэродинамическую асимметрии. Начальная угловая скорость $\omega_{x0} = 50 \text{ c}^{-1}$, угол входа равен -2 град. Параметры асимметрии: $\bar{m}_x^A = \bar{m}^A = 0.1, \theta_1 - \theta_2 = 0$. На рисунке 2 можно увидеть, что максимальная величина угловой скорости равна $\omega_{max} = 1350 \text{ c}^{-1}$. При этом величина нормального напряжения $\sigma = 18,23 \text{ МПа}$. Данная величина напряжения больше предела прочности для рассматриваемых видов материала конструкции.

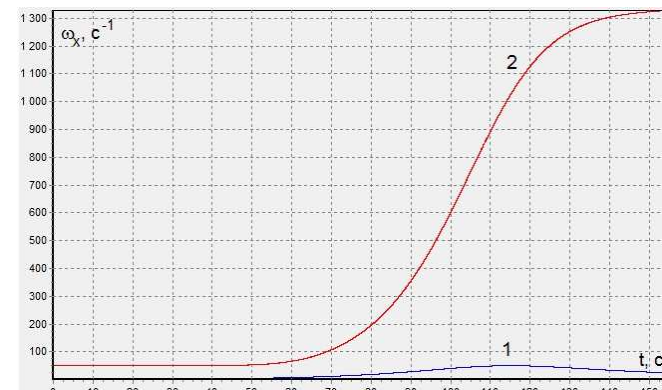


Рисунок 2 – Увеличение угловой скорости твердого тела
(1 – резонансное значение угловой скорости, 2 – угловая скорость)

Результаты численного моделирования при различных величинах угла входа в атмосферу ζ содержатся в таблице 2. Как следует из таблицы 2, разру-



шение материала АД31 ГОСТ 18482-79 происходит при $\omega_{\max} = 3800 \text{ с}^{-1}$, а разрушение материала АМг6 ГОСТ 18482-79 наблюдается при $\omega_{\max} = 5800 \text{ с}^{-1}$. Достижения величин угловых скоростей, при которых происходит разрушение материала Д16 ГОСТ 18482-79 для рассматриваемого ТТ получить не удалось.

Таблица 2 – Значения угловой скорости и величины нормальных напряжений

ζ , град	m_x^A	m^A	ω_{\max} , 1/с	σ , МПа
-2	0,1	0,1	1350	18,23
-5	0,3	0,3	2350	55,22
-10	0,3	0,3	3400	115,62
-15	0,3	0,3	3800	144,39
-45	0,3	0,3	5800	336,41

Выводы. При движении космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере (для выполнения условий прочности конструкции) требуется учитывать следующие величины: начальную угловую скорость ω_{x0} , величину угла $\theta_1 - \theta_2$, величину параметров m_x^A , m^A , значение угла входа ζ . Из проделанной работы можно определить, что наиболее опасными являются случаи: $\theta_1 - \theta_2 = 0^\circ$ ($\omega_{x0} > 0$) и $\theta_1 - \theta_2 = 180^\circ$ ($\omega_{x0} < 0$), наблюдающиеся при значительных начальных величинах угловой скорости и немалых углах входа в атмосферу.

Литература

1. Любимов, В.В. Внешняя устойчивость резонансов в динамике полета космических аппаратов с малой асимметрией. – Самара, Издательство СНЦ РАН 2013.
2. Заболотов, Ю.М. Вторичный резонансный эффект при движении КА в атмосфере [Текст] / Ю.М. Заболотнов, В.В. Любимов // Космические исследования. – 1998.- Т. 36, №2. – С.206-214.
3. Любимов, В.В. Асимптотический анализ вторичных резонансных эффектов при вращении космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере [Текст] / В.В. Любимов / Известия вузов. Авиационная техника. 2014. - № 3. С.23-28.
4. Белоконов, В.М. Ускоренный расчет траекторий снижения в атмосфере неуправляемых КА с учетом их движения относительно центра масс [Текст] / В.М. Белоконов, И.В. Белоконов, Ю.М. Заболотнов // Космические исследования. – 1983. – Т.21, Вып. 4. – С.512-521.
5. Шилов, К.Е. Численное моделирование резонансных эффектов при вращении тела с различными величинами асимметрии в атмосфере [Текст] / К.Е. Шилов, В.В. Любимов // Сборник трудов научного молодежного семинара «Математическое моделирование в аэрокосмических системах». Под общей редакцией руководителя семинара, д.т.н. Любимова В.В. Самара. Издательство СНЦ РАН 2014.



Д.С. Михайлов

АЛГОРИТМ ЖАДНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

Задача маршрутизации является, пожалуй, самой важной и самой сложной функцией, которую выполняют сети. Для нахождения нужного маршрута, узлы должны обмениваться информацией о связях друг с другом. Задачи такого типа оказали сильное влияние на развитие коммуникационных технологий, интернет [1], беспроводных, а также самоорганизующихся сенсорных сетей [2].

Самоорганизующаяся сеть - автоматизированная технология, которая разработана, чтобы сделать планирование, проектирование, управление, оптимизацию и доступ к мобильным сетям проще и быстрее. Функциональность такой сети и ее поведение было определено в общепринятых нормах мобильной индустрии, а именно такими организациями, как 3GPP (Third Generation Partnership Project) и NGMN (Next Generation Mobile Networks). Клиентские устройства соединяются на лету, образуя собой сеть. Каждый узел сети пытается переслать данные предназначенные другим узлам.

Для самоорганизующихся сетей создан стандарт связи ZigBee (IEEE 802.15.4) [3]. ZigBee — это логическая сеть и программный стек, обеспечивающие функции безопасности и маршрутизации.

Пусть имеется сеть, состоящая из N количества узлов. Задача маршрутизации заключается в нахождении оптимального маршрута для передачи пакета от начального узла X в определенный узел Y.

Существует два основных класса схем маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях – географическая маршрутизация и маршрутизация на основе виртуальных координат.

Географическая маршрутизация опирается на физическую информацию о местоположении узлов, которая может быть получена при помощи систем ГЛОНАСС или при помощи алгоритмов локализации, таких как RSSI (Received Signal Strength Indication) или TDOA (Time Difference Of Arrival) [4]. Наиболее известным протоколом географической маршрутизации является протокол GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing), использующий при передаче пакетов технологию “жадной маршрутизации”, а возникновение пустоты предполагает обход ее периметра по правилу правой руки [5].

Технология жадной маршрутизации, согласно которой пакет для передачи данных направляется соседнему узлу, который находится ближе к месту назначения, чем узел, держащий пакет [5]. Технология “жадной маршрутизации” позволяет добиться передачи пакетов по наиболее короткому пути, но при ее использовании возможно возникновение ситуации, получившей название про-