

## Билеты по курсу "Динамика космического полета" в 2013 году

### Билет 1

Невозмущенное движение (задача двух тел). Уравнения движения. Первые интегралы движения (вывод интегралов движения центра масс, интеграла энергии  $V^2 = \left(\frac{2\mu}{r} + h\right)$  и интеграла площадей  $\mathbf{r} \times \mathbf{V} = \mathbf{c}$ ). Характер движения в зависимости от  $h$ . Секториальная скорость.

### Билет 2

Невозмущенное движение (задача двух тел) Уравнения движения. Первые интегралы движения (вывод интеграла Лапласа  $\mathbf{v} \times \mathbf{c} - \mu \frac{\mathbf{r}}{r} = \mathbf{f}$ ). Связь первых интегралов движения.

### Билет 3

Три закона Кеплера. Вывод формулы, связывающей периоды обращения с большими полуосями орбит:  $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3$ . Геостационарная орбита. Гравитационная "долина".

### Билет 4

Большая полуось орбиты как мера энергии (получить формулу  $V^2 = \mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$ ). Качественный анализ свойств эллиптических орбит (эволюция орбиты в результате приложения мгновенного импульса, двухимпульсный переход, торможение спутника в атмосфере), используя интеграл энергии.

### Билет 5

Вывод формул для первой космической (круговой) скорости и второй космической (параболической) скорости, используя интеграл энергии в виде  $V^2 = \mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)$ . Получение оценки их значений для Земли через ускорение свободного падения на поверхности Земли ( $g=9.81 \text{ м/с}^2$ ).

### Билет 6

Вывод уравнения Кеплера  $E - e \sin E = M$  и его использование для определения положения спутника на орбите.

### Билет 7

Невозмущенное движение (задача двух тел) Уравнения движения. Вывод формулы для орбиты на основе первых интегралов движения через выражение для  $r\dot{\mathbf{f}}$ , где  $(\mathbf{v} \times \mathbf{c} - \mu \frac{\mathbf{r}}{r} = \mathbf{f})$  и тождество Лагранжа  $(\mathbf{a} \times \mathbf{b})^2 = a^2 b^2 - (\mathbf{ab})^2$ .

### Билет 8

Теория возмущенного движения. Задача n-тел (вывод десяти первых "классических" интегралов через функцию  $U = k^2 S \frac{m_i m_j}{r_{ij}}$ , плоскость Лапласа).

### Билет 9

Планетная форма уравнений относительного движения (введение пертурбационной функции  $R = \sum R_i; R_i = k^2 \sum_{j=1}^{n-1(i)} m_j \left( \frac{1}{r_{ij}} - \frac{x_i x_j + y_i y_j + z_i z_j}{r_j} \right)$ ).

### Билет 10

Задача трех тел. Треугольные и коллинеарные точки либрации (схема получения относительного равновесия для треугольных точек либрации).

### Билет 12

Планетоидная ограниченная задача трех тел (вывод интеграла Якоби  $(\dot{x})^2 + (\dot{y})^2 + (\dot{z})^2 = 2\Omega - C'$ ). Формула поверхности нулевой относительной скорости.

### Билет 13

Планетоидная ограниченная задача трех тел (интеграл Якоби  $(\dot{x})^2 + (\dot{y})^2 + (\dot{z})^2 = 2\Omega - C'$ ). Эволюция сечений поверхности нулевой скорости при изменении константы интеграла Якоби. Особые точки поверхности нулевой скорости.

### Билет 14

Грависферы (Схема вывода формулы для сферы действия - грависферы Лапласа). Использование грависфер для конструирования межпланетных миссий.

### Билет 15

Уравнения движения в оскулирующих элементах. Введение сферических координат и оскулирующих элементов. Определение *основной операции*.

### Билет 16

Уравнения движения в оскулирующих элементах. Введение сферических координат и оскулирующих элементов. Вывод уравнения для наклона орбиты

$$\frac{di}{dt} = \frac{r}{\sqrt{\mu p}} W \cos u.$$

### Билет 17

Уравнения движения в оскулирующих элементах. Введение сферических координат и оскулирующих элементов. Вывод уравнения для долготы восходящего узла

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{r}{\sqrt{\mu p}} \frac{\sin u}{\sin i} W.$$

Билет 18

Уравнения движения в оскулирующих элементах. Введение сферических координат и оскулирующих элементов. Вывод уравнения для параметра орбиты  $\frac{dp}{dt} = 2\sqrt{\frac{p}{\mu}}rT$ .

Билет 19

Торможение спутника в атмосфере Земли. Введение силы лобового сопротивления атмосферы. Качественное исследование влияния сопротивления на эволюцию  $i$ ,  $\Omega$  и  $p$ , используя формулы  $\frac{di}{du} = \frac{r^3}{\mu p}W \cos u$ ,  $\frac{d\Omega}{du} = \frac{r^3}{\mu p} \frac{\sin u}{\sin i}W$  и  $\frac{dp}{du} = \frac{2r^3}{\mu}T$ .

Билет 20

Торможение спутника в атмосфере Земли. Сила лобового сопротивления атмосферы. Качественное исследование влияния лобового сопротивления на эволюцию эксцентриситета орбиты  $e$  с использованием формулы

$$\frac{de}{du} = \frac{r^2}{\mu} \left[ S \sin v + \left(1 + \frac{r}{p}\right) T \cos v + \frac{er}{p} W \right].$$

Билет 21

Гравитационное поле “сплюснутой” Земли. Вывод компонент возмущающего ускорения для сжатия Земли через выражение для потенциала  $U = \frac{\mu}{r} - \frac{\varepsilon}{3r^3}(\sin^2 \psi - 1)$ , где

$\varepsilon = \frac{3\mu R_3^2 J_2}{2}$ ,  $\mu$  - гравитационный параметр Земли,  $R_3$  - ее экваториальный радиус,  $J_2$  - коэффициент разложения при второй гармонике гравитационного потенциала Земли.

Билет 22

Эволюция орбиты экваториального спутника в поле “сплюснутой” Земли, используя

формулы  $\frac{d\omega}{du} = \frac{r^2}{e\mu} \left[ -S \cos v + \left(1 + \frac{r}{p}\right) T \sin v - \frac{er}{p} W \sin u \operatorname{ctg} i \right]$  и выражения для компо-

нент ускорений  $S = \frac{\varepsilon}{r^4}(3\sin^2 u \sin^2 i - 1)$ ,  $T = -\frac{\varepsilon}{r^4} \sin 2u \sin^2 i$ ,  $W = -\frac{\varepsilon}{r^4} \sin 2i \sin u$ .

Билет 23

Анализ прецессии орбиты в поле “сплюснутой” Земли с использованием формул

$\frac{di}{du} = \frac{r^3}{\mu p}W \cos u$ ,  $\frac{d\Omega}{du} = \frac{r^3}{\mu p} \frac{\sin u}{\sin i}W$  и выражения для компоненты ускорения

$W = -\frac{\varepsilon}{r^4} \sin 2i \sin u$ . Связь с теорией гироскопа, практическое использование эволюции орбиты. Солнечно-синхронная орбита для наблюдения Земли из космоса, связь ее наклона с параметром орбиты.

### Билет 24

Влияние полярного сжатия Земли на движение искусственного спутника. Исследовать прецессию орбиты в поле несферичной Земли, используя формулы  $\frac{d\Omega}{du} = \frac{r^3}{\mu p} \frac{\sin u}{\sin i} W$ ,

$$\frac{d\omega}{du} = \frac{r^2}{e\mu} \left[ -S \cos v + \left( 1 + \frac{r}{p} \right) T \sin v - \frac{er}{p} W \sin u \cos i \right]$$
 и выражения для компонент ускорений

$S = \frac{\varepsilon}{r^4} (3 \sin^2 u \sin^2 i - 1)$ ,  $T = -\frac{\varepsilon}{r^4} \sin 2u \sin^2 i$ ,  $W = -\frac{\varepsilon}{r^4} \sin 2i \sin u$ . Практическое использование эволюции орбиты. Высокоапогейные орбиты типа «Молния».

### Билет 25

Понятие характеристической скорости. Матрица маневра. Маневр изменения положения плоскости орбиты. Оптимальное положение точки приложения импульса. Ис-

пользовать формулы  $\frac{d\Omega}{du} = \frac{r^3}{\mu p} \frac{\sin u}{\sin i} W$ ,  $\frac{di}{du} = \frac{r^3}{\mu p} W \cos u$ .

### Билет 26

Маневр поворота плоскости орбиты. «Цена» маневра в терминах характеристической

скорости. Использовать формулы  $\frac{d\Omega}{du} = \frac{r^3}{\mu p} \frac{\sin u}{\sin i} W$ ,  $\frac{di}{du} = \frac{r^3}{\mu p} W \cos u$ .

### Билет 27

Основы теории маневрирования КА. Понятие характеристической скорости. Маневр изменения периода  $T_{rev}$  обращения спутника вокруг Земли. Использовать выражение

$$T_{rev} = 2\pi \frac{a^{3/2}}{\sqrt{\mu}}$$

### Билет 28

Идея гравитационного маневра. Прицельная дальность. Использование гравитационного маневра при межпланетных перелетах.

### Билет 29

Метод Ван-дер-Поля для исследования слабозмущенных систем. Исследовать этим методом движение гармонического осциллятора с вязким трением и сухим трением.

### Билет 30

Formation Flying. Линеаризованные уравнения относительного движения спутников. Траектории относительного движения. Устранение вековых уходов.

### Билет 31

Коррекция межпланетных траекторий. Движение КА в окрестности планеты назначения. Картиная плоскость. Эллипсоид влияния. Понятие матрицы коррекции.

Билет 33

Коррекция межпланетных траекторий. Свойства матрицы коррекции. “Нуль-направление” на сфере единичных корректирующих импульсов. Плоскость оптимальной коррекции. Двухпараметрическая коррекция. Об оптимальном положении точки коррекции на траектории.

Билет 34

Коррекция межпланетных траекторий. Вырождение матрицы коррекции. Вырождение матрицы коррекции на примере движения точки в центральном поле.

Билет 35

Движение спутника относительно центра масс в рамках ограниченной задачи двух тел. Переменные, используемые для описания углового движения спутника. Уравнения Эйлера-Лагранжа.

Билет 36

Принцип действия маховичных, магнитных, гравитационных, реактивных систем ориентации с точки зрения создания управляющего момента.