

**МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра СМ13 «Ракетно-космические композитные
конструкции»**

Наноинженерия космических аппаратов

Магистерская программа 22.04.01;

24.04.01

**«Материаловедение»
«Ракетные комплексы и
космонавтика»**



Москва - 2017

- Цели и задачи дисциплины
- Структура дисциплины
- Связь с другими дисциплинами специальности
- Земля в Солнечной системе
- Космос
- Орбиты

Цель дисциплины — формирование у студентов ясного представления о предпосылках, логике и особенностях наноинженерии космических аппаратов (КА).

Задачи:

- изучение исторических этапов развития малых космических аппаратов;
- формирование логики проектирования малых космических аппаратов (МКА) из композиционных материалов;
- знакомство с особенностями компоновки МКА;
- изучение структурных особенностей композиционных материалов (КМ) на наноуровне, установление связей структурных характеристик с комплексом физических характеристик.

Студент должен знать:

- роль МКА в современной космической отрасли, важность данного направления;
- принципы выбора композиционных материалов с учетом компоновочных решений МКА;
- основные методы проектирования, производства и испытания МКА;
- направления совершенствования и перспективы использования МКА.

Модуль 1. Классификация и основы устройства космических аппаратов.

Раздел 1. Цели, задачи и структура дисциплины. Основные понятия и определения. Земля в Солнечной системе.

Раздел 2. История развития малых космических аппаратов. Классификация МКА. Методы и особенности выведения МКА. Рабочие орбиты МКА.

Раздел 3. Основы устройства малых космических аппаратов.

Модуль 2. Методы проектирования, производства и испытания малых космических аппаратов.

Раздел 4. Проектирование малых космических аппаратов. Связь компоновочной схемы МКА и наноматериалов.

Раздел 5. Композиционные материалы на наноуровне. Технологические операции производства элементов МКА из КМ.

Раздел 6. Экспериментальные исследования образцов КМ и наземная отработка конструкций малых космических аппаратов.

Раздел 7. Перспективы развития искусственных спутников Земли.

Связь с другими дисциплинами специальности

Изучение дисциплины предполагает предварительное или параллельное освоение следующих дисциплин учебного плана:

1. Основы ракетно-космической техники.
2. Технология обработки и модификация новых материалов.
3. Основы физико-химии и технологии композитов.
4. Строительная механика композитных конструкций.
5. Производство композитных конструкций.
6. Испытание композитных материалов и конструкций.
7. Теплофизические процессы в композитных конструкциях.

Земля



$$R_{\text{ср.}} = 6371,0 \text{ км};$$

$$R_{\text{экв.}} = 6378,1 \text{ км};$$

$$M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ кг};$$

$$G = 9,78 \text{ м/с}^2;$$

Альbedo: 0,367;

Расстояние до Солнца: 149 600 000 км;

Расстояние до Луны: 384 400 км;

Альbedo Луны: 0,12.

Космическая скорость

Космическая скорость – минимальная скорость, которую должен развить объект, чтобы:

v_1 – стал спутником небесного тела;

v_2 – преодолел гравитационное притяжение небесного тела;

v_3 – преодолел притяжение звезды планетной системы;

v_4 – покинул галактику.

Первая космическая скорость Земли:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R_0+h}} = 7,9 \text{ км/с.}$$

Вторая космическая скорость Земли:

$$v_2 = \sqrt{2G \frac{M}{R}} = 11,2 \text{ км/с.}$$

$$v_3 = 16,5 \text{ км/с.}$$

$$v_4 \sim 650 \text{ км/с.}$$

Космос – участки вселенной, лежащие вне границ атмосферы небесных тел. Границы космоса условны и установлены на следующих значениях высоты над уровнем моря:

80 км – согласно **ВВС США** космос начинается с высоты **50 миль**. Начало регистрируемых перегрузок при спуске с 1-й космической скорости.

100 км – зарегистрированная граница атмосферы. Граница космоса согласно **международной авиационной федерации**. **Линия Кармана** – условная граница космоса, верхняя граница государств. Первый объект, пересекший линию Кармана – «Фау-2» (1944 год, высота 188 км).

118 км – граница влияния атмосферных ветров и начала воздействия космических частиц.

122 км – граница космоса согласно **NASA**. На этой высоте Space Shuttle переключался с инерционного маневрирования на аэродинамическую «опору» на атмосферу.

Космическое пространство

100 км – скорость полёта – первая космическая скорость. $1,7 \cdot 10^{19}$ частиц/м³. На поверхности Земли в среднем $2,5 \cdot 10^{25}$ частиц/м³.

100-110 км – начало разрушения спутников.

200 км – наиболее низкая возможная орбита с краткосрочной стабильностью (до нескольких дней). $7,2 \cdot 10^{15}$ частиц/м³.

350 км – наиболее низкая возможная орбита с долгосрочной стабильностью (до нескольких лет).

400 км – высота орбиты МКС. $1,05 \cdot 10^{14}$ частиц/м³.

500 км – начало внутреннего протонного радиационного пояса, окончание безопасных орбит для длительных полетов человека.

1000 км – максимальная высота полярных сияний. $5,4 \cdot 10^{11}$ частиц/м³.

2000 км – условная граница между низкими и средними орбитами.

35 786 км – геостационарная орбита. $2 \cdot 10^7$ частиц/м³.

~80 000-90 000 км – граница атмосферы.

363 104 -405 696 км – высота орбиты Луны над Землей.

401 056 км – рекорд высоты, на которой был человек (Аполлон-13, 1970 год).

Условная температура космоса – минус 269 °С.

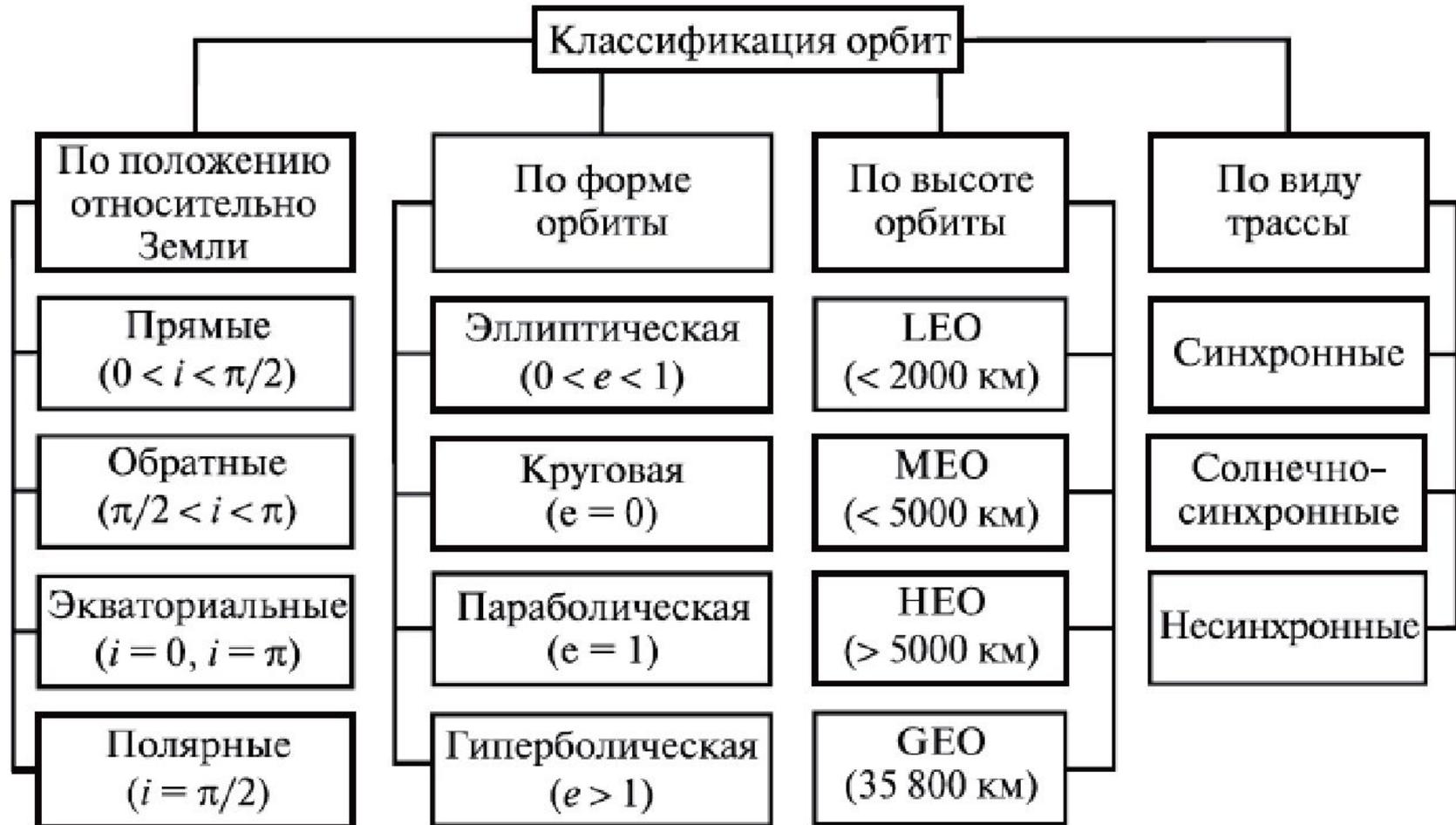
Давление солнечного света – 9,08 мкПа.

Солнечная постоянная – 1367 Вт/м² .

Факторы космического пространства

- Взаимодействие со свободными молекулами газа
- Световое давление
- Градиенты гравитационных сил
- Солнечный ветер
- Удары микрометеоритов
- Ультрафиолетовое воздействие
- Радиационное воздействие

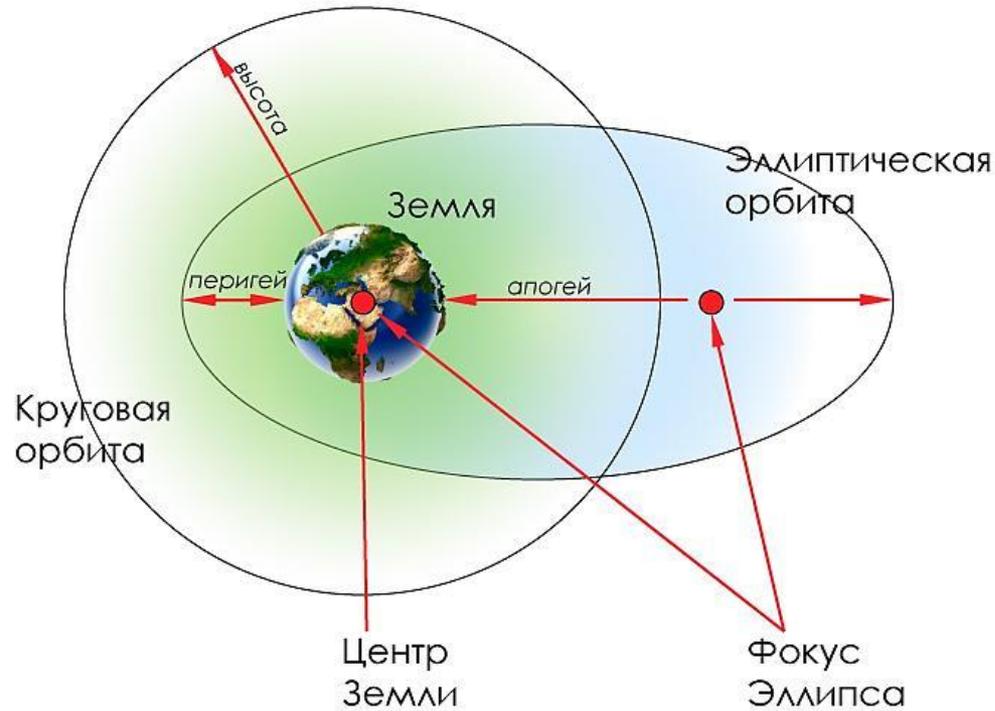
Классификация орбит



LEO (Low Earth orbit), **MEO** (Medium Earth orbit),
HEO (High eccentric orbit), **GEO** (Geostationary Earth orbit)

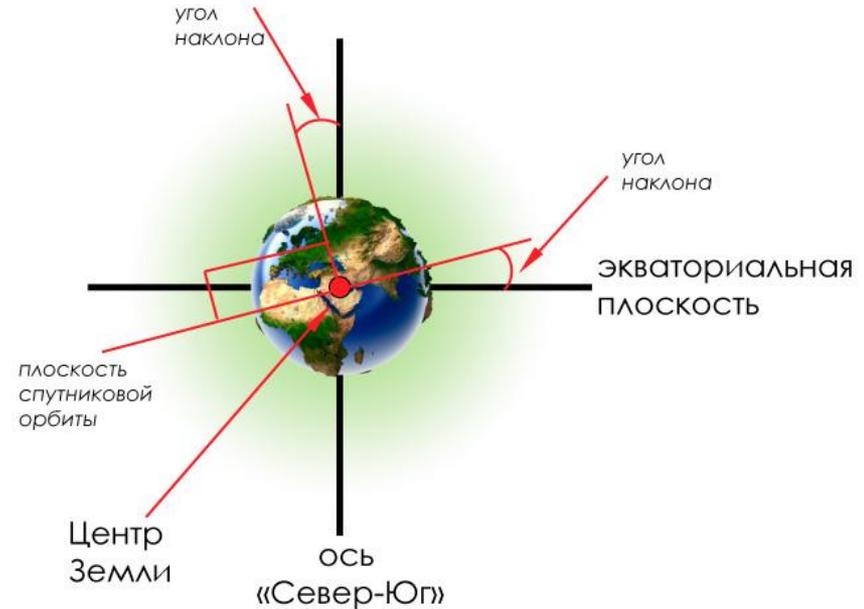
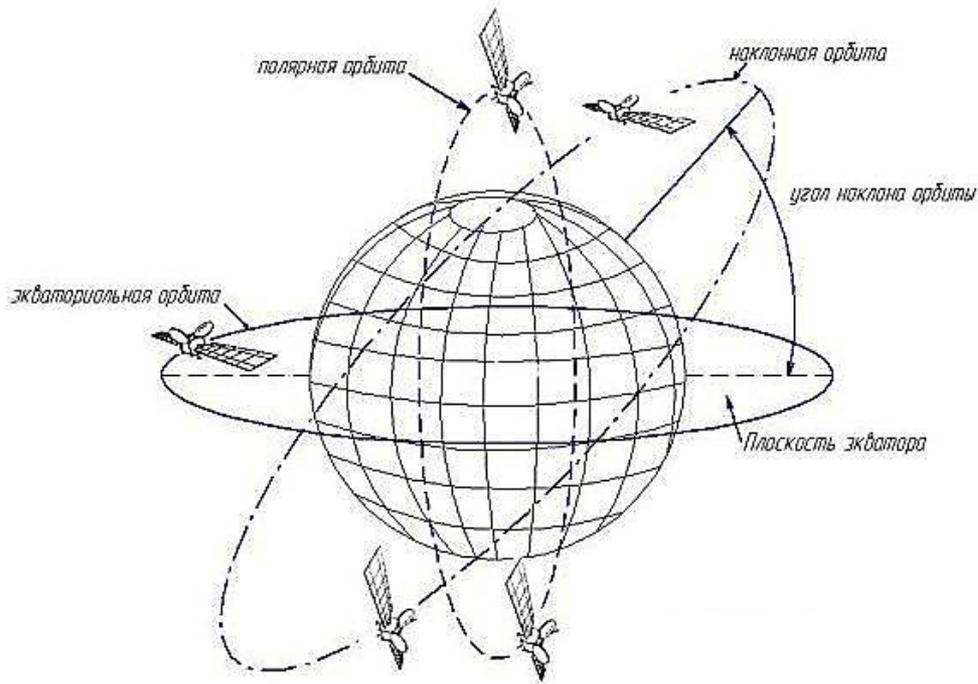
Основные параметры орбит

12



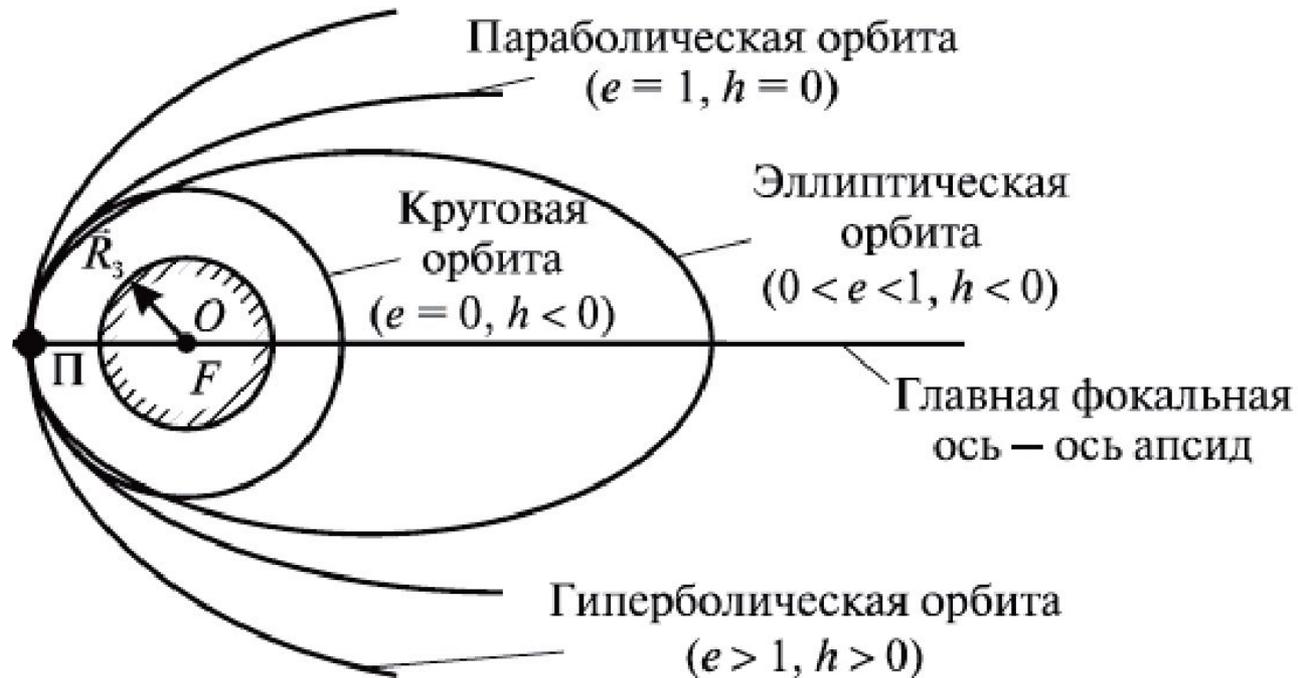
- **Наклонение орбиты** – угол наклона орбиты к плоскости экватора;
- **Эксцентриситет орбиты** – параметр характеризующий форму орбиты;
- **Высота орбиты** – расстояние от поверхности Земли до МКА;

Наклонение орбиты



$0 < i < \pi/2$ – прямое движение КА, а орбита восточная;
 $\pi/2 < i < \pi$ – обратное движение КА, а орбита западная;
 $i = 0, i = \pi$ – экваториальная орбита;
 $i = \pi/2$ – полярная орбита.

Эксцентриситет орбиты



$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$, где b – малая полуось, a – большая полуось эллиптической орбиты.

Высоты орбит

Название орбиты	Аббревиатура названия орбиты	Высота орбиты (в километрах над поверхностью Земли)	Детали / комментарии
Низкая околоземная орбита	LEO	200 - 1200	
Средняя околоземная орбита	MEO	1200 - 35790	
Геосинхронная орбита	GSO	35790	Период обращения вокруг Земли равен одним суткам, но обращение не обязательно идёт в направлении вращения Земли – спутник не обязательно висит стационарно над одной точкой.
Геостационарная орбита	GEO	35790	Период обращения вокруг Земли равен одним суткам, спутник движется в том же направлении, в котором вращается Земля, и поэтому «стационарно висит» над одной точкой планеты. Может находиться лишь над экватором.
Высокая околоземная орбита	HEO 	Выше чем 35790	



Низкая околоземная орбита – на высоте 160 км – 88 мин., на высоте 2000 км – 127 мин.;

Геостационарная и геосинхронная орбита – 1 сутки.

Низкая орбита – ДЗЗ, связь, МКС.

Средняя орбита – спутники GPS (20200 км) и ГЛОНАСС (19140 км).

Геостационарная орбита – спутники связи, телекоммуникация.

Орбита захоронения – выше ГСО на 400 км, отработанные спутники СВЯЗИ.

Спасибо за внимание