



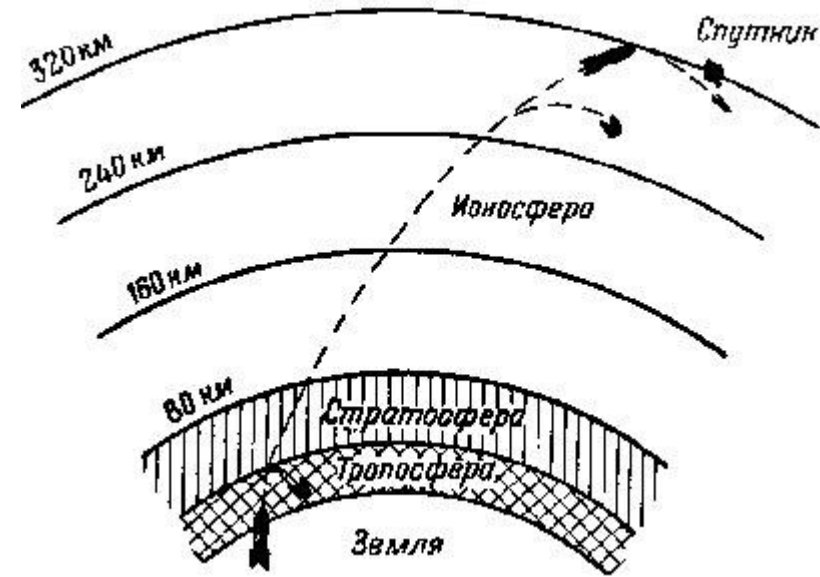
# Виды запуска космических аппаратов и наноспутников

# Запуск спутников и выход их на орбиту

- ▶ Для начала важно обозначит траекторию полета спутника. На первый взгляд, кажется, что логичнее запустить ракету перпендикулярно (по кратчайшему расстоянию до цели), однако, такой вид запуска оказывается невыгодным, как с инженерной точки зрения, так и с экономической. На спутник, запущенный вертикально действуют силы притяжения Земли, которые значительно сносят её от назначенной траектории, и, сила тяги становится равной силе тяжести Земли.
- ▶ Чтобы избежать падения спутника, сначала, его запускают вертикально, чтобы он смог преодолеть упругие слои атмосферы, такой полет продолжается на протяжении всего 20 км. Далее спутник с помощью автопилота наклоняется и в горизонтальном направлении движется к орбите.

# Запуск спутников и выход их на орбиту

- ▶ Кроме того, задача инженеров состоит в том, чтобы рассчитать траекторию полета таким образом, чтобы скорость, затрачиваемая на преодоление атмосферных слоёв, а так же на затрату топлива составляли лишь несколько процентов от характеристической скорости.



# Запуск спутников и выход их на орбиту

- ▶ Немаловажным является и то, в какую сторону запустить спутник. При запуске ракеты в сторону вращения Земли, происходит приращение скорости, которое зависит от местоположения запуска. Например, в экваторе оно является максимальным и составляет 403 м/с.
- ▶ Орбиты спутников бывают круговыми и эллиптическими. Эллиптической орбита будет являться в том случае, если скорость ракеты будет выше окружной. Точка, находящаяся в ближайшем положении называется перигеем, а наиболее отдаленная апогеем.

# Запуск спутников и выход их на орбиту

- ▶ Сам запуск ракеты со спутником производится в несколько ступеней. При прекращении работы двигателя первой ступени, угол наклона ракета-носителя составит 45 градусов, на высоте 58 км, затем производится её отделение. В работу включаются двигатели второй ступени, с возрастанием угла наклона. Далее, вторая ступени отделяется на высоте 225 км. Затем, ракета по инерции достигает высоты 480 км и оказывается в точке, находящейся на расстоянии 1125 км от старта. Затем начинает работать двигатели третьей ступени.

# Возвращение спутника на землю

- ▶ Возвращение спутника на Землю сопровождается некоторыми проблемами, связанными с торможением. Торможение может осуществляться двумя способами:
- ▶ 1. Благодаря сопротивлению атмосферы. Скорость спутника, вошедшего в верхние слои атмосферы, будет уменьшаться, но из-за аэродинамической формы подскочит рикошетом обратно в космическое пространство. После этого, спутник уменьшит свою скорость и войдет глубже в атмосферу. Так повторится несколько раз. После снижения скорости, спутник будет осуществлять спуск с помощью выдвижных крыльев.
- ▶ 2. Автоматический ракетный двигатель. Ракетный двигатель должен быть направлен в сторону противоположную движению искусственного спутника. Плюс данного способа заключается в том, что скорость торможения можно регулировать.

# Кластерный запуск

- ▶ Кластерный (англ. cluster - "группа", "скопление", "связка") - это групповой запуск космических аппаратов, когда на околоземную орбиту одновременно выводится несколько спутников (от двух и более). Попутно с основной полезной нагрузкой (спутником, космическим кораблем) или самостоятельно могут запускаться группы из малых космических аппаратов: микроспутники весом 10-100 кг, наноспутники - 1-10 кг, пикоспутники или сверхмалые аппараты типа CubeSat - от 100 г до 1 кг, фемтоспутники - до 100 г. Запуск сверхмалых аппаратов осуществляется в пусковых контейнерах, так как на их корпусе нет возможности установить элементы систем отделения (аппараты высвобождаются из контейнера пружинным толкателем).

# Кластерный запуск

- ▶ Для кластерных запусков в основном используются ракеты-носители легкого класса. Например, индийская PSLV (эксплуатируется с 1993 года), российско-украинская "Днепр" (с 1999 года), европейская Vega (с 2012 года) и др.
- ▶ Кроме того, развиваются программы с использованием для групповых запусков космических носителей средней грузоподъемности ("Союз-2.1 а"; Россия), а также тяжелых ракет (Falcon 9; США).



# Рекорды

- ▶ Мировой рекорд по количеству удачно выведенных одновременно на орбиту спутников принадлежит индийской ракете-носителю PSLV. Стартовавшая 15 февраля 2017 года с космодрома на острове Шрихарикота версия ракеты PSLV-XL вывела в космос сразу 104 космических аппарата: индийские спутник дистанционного зондирования Земли Cartosat-2 и два наноспутника, а также 101 иностранный наноспутник.
- ▶ Второе место занимает российская ракета-носитель "Союз-2.1a". В ходе запуска 14 июля 2017 года с Байконура ракета с разгонным блоком "Фрегат" вывела на околоземную орбиту 73 космических аппарата: спутник дистанционного зондирования Земли "Канопус-В-ИК", а также 72 малых аппарата (типа CubeSat и микроспутники), в том числе принадлежащих заказчикам из пяти стран.

# Рекорды

- ▶ На третьем месте до настоящего времени была ракета-носитель "Днепр". 19 июня 2014 года с ее помощью было запущено 54 космических аппарата (включая блоки аппаратов типа CubeSat) в интересах заказчиков из России и 15 других стран.
- ▶ Принадлежащая компании SpaceX ракета-носитель Falcon 9 могла бы стать рекордсменом еще 18 апреля 2014 года, когда она несла на своем борту 109 космических аппаратов: автоматический грузовой корабль Dragon, четыре малых спутника и блок-кассету с 104 фемтоспутниками. Однако в ходе запуска фемтоспутники не удалось развернуть на орбите - они сгорели внутри блока при его неконтролируемом спуске в атмосферу Земли.

# Запуск наноспутников

- ▶ В настоящее время популярность кластерных запусков растет вместе с тенденцией использования космических аппаратов малых размеров, в том числе формата наноспутников (НС). Такие спутники приобрели популярность благодаря тому, что их создание не требует значительных финансовых затрат, однако позволяет провести летные испытания миниатюрных датчиков и элементов бортовых систем в условиях космического пространства прежде, чем применять их в дорогостоящих космических миссиях. Кроме того, участие студентов в разработке и создании НС предоставляет уникальную возможность для их обучения космическим технологиям на примере реального проекта.

# Запуск наноспутников

- ▶ Запуск сразу нескольких НС, совместно решающих целевую задачу, значительно расширяет область их применения. Однако вывод на орбиту в настоящее время осуществляется попутным запуском с основной полезной нагрузкой (ПН). В этом случае требуется создание устройства отделения НС и выбор места его размещения. Как правило, каждая ракета-носитель (РН) имеет резерв по массе выведения. В работе [1] было предложено использовать в РН „Союз” для этих целей отсек перехода от верхней ступени к головному обтекателю.

# Запуск наноспутников

- ▶ Орбитальные ступени РН обычно выводятся на околокруговую низкую опорную орбиту. При отделении НС на таких орбитах время его существования будет малым (несколько суток), однако для проведения кратковременных экспериментов этого бывает достаточно. Так как на низких орбитах влияние атмосферы на движение значительно, а каждый НС, основная ПН и орбитальная ступень (ОС) имеют различные значения баллистических коэффициентов, возникает опасность их столкновения