Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №39**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Рассматриваются формы траектории баллистической ракеты и ракеты-носителя. Оцениваются потери тяги на управление траекторией и меры по их снижению. Объясняется различие масс баллистической ракеты и ракеты-носителя.

Потери скорости, связанные с движением по криволинейной траектории, допускают простое геометрическое описание, приводимое в данном уроке. Помимо активного участка траектории баллистической ракеты, с ними приходится иметь дело в некомпланарных межорбитальных переходах, которые будут рассматриваться на последующих занятиях.

Во время урока предусмотрено использование различных приемов обучения, современных ТСО, наглядности, презентации MicrosoftPowerPoint.

***ТЕМА УРОКА***:Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой.

***ЦЕЛЬ УРОКА:***

* Ознакомиться с формой траектории баллистической ракеты и ракеты-носителя.
* Рассмотреть потери скорости на управление и меры по их снижению.
* Объяснить различие стартовых масс баллистической ракеты и ракеты-носителя.

***НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ***: презентация.

***ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА***:компьютер, проектор, экран.

***ВИД УРОКА***:урок «открытия» нового знания.

***ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ УРОКА:*** 45 минут.

***ХОД УРОКА***:

1. *ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МОМЕНТ* (5 минут)

Учитель приветствует учащихся.

Учитель побуждает к предположениям о предстоящей теме урока,задавая наводящие вопросы опотерях скорости на криволинейной траектории и оптимальной траектории для ракеты носителя.Ожидаемые ответы:

* разворот легче совершить на малой скорости, чем на большой;
* стартовое устройство для вертикального старта проще, чем для наклонного;
* вертикальный стартовый участок позволяет минимизировать аэродинамические потери;
* разгон эффективнее на прямолинейной траектории.

Учащиеся определяют тему и цели урока, а также личностное отношение к предлагаемой теме.

1. *ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО МАТЕРИАЛА* (5 минут)

Учитель проводит устный опрос учащихся по домашнему заданию:

1. Что является причиной барометрических потерь?
2. Какое сечение сопла называют критическим?
3. Возможен ли запуск спутника одноступенчатой ракетой?
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

Сегодня рассмотрим еще один вид потерь тяги и скорости ракеты. Практически все траектории, по которым летают ракеты – криволинейные. Что значит «совершить поворот»? На рисунке слева мы видим векторы скорости тела до и после совершения маневра. Совместим начальные точки этих векторов и построим вектор, соответствующий их разности.

Именно эту скорость мы должны дополнительно сообщить ракете, чтобы развернуть ее на угол *φ*. Из неравенства треугольника мы знаем, что длина его стороны всегда меньше суммы длин двух оставшихся сторон, т.е. . Это неравенство и отражает потери скорости на управление траекторией.

Теперь посмотрим, каким образом можно их уменьшить. Оптимальный с точки зрения баллистики вариант – запускать ракету сразу с требуемым углом возвышения. Этот вариант, называемый наклонным стартом, действительно использовался в средине прошлого века. Слева мы видим фотографию комплекса С-75, которым 1 мая 1960 года был сбит самолет У-2 Пауэрса. Эта ракета могла запускаться с начальными углами 20°, 40°, 60° и 80°.

Схема справа иллюстрирует равенство сил, действующих на ракету в вертикальном направлении. Чтобы ракета поднималась вверх, вертикальная проекция силы тяги двигателя должна быть больше веса ракеты. Таким образом, наклонный старт требовал тяги, в разы превышающей вес ракеты.

Поэтому используемая в данном комплексе ракета «В-750» была двухступенчатой. Обведенный красной окружностью блок представлял собой «матрешку». Внутрь одного усеченного конуса помещен другой, развернутый в противоположную сторону. Внешний относился к первой ступени, а внутренний – ко второй. Огромный твердотопливный ускоритель на первой ступени работал всего порядка 5-7 секунд. Современные комплексы («С-300», «С-400») обходятся без такого ускорителя, а ракеты в них стартуют вертикально.

Таким образом, вертикальный стартовый участок позволяет:

* облегчить конструкцию ракеты за счет уменьшения стартовой перегрузки;
* упростить конструкцию стартовой установки, исключив длинную направляющую стрелу;
* пройти плотные слои атмосферы по кратчайшему пути.

Траекторию первых баллистических ракет можно условно разделить на 4 участка:

1. Вертикальный стартовый. Он отличался у железнодорожного ракетного комплекса. Это было связано с сохранением железнодорожного полотна при старте.
2. Программный (баллистический, боевой) разворот в сторону цели. Производился при незначительных величинах скорости, что позволяло минимизировать потери на управление.
3. Прямолинейный разгон в сторону цели. Поскольку ракета предназначается для поражения цели внутри некоторого кольца, т.е. имеет максимальную и минимальную дальность, точка выключения двигателя находится на этом участке.
4. Баллистический участок. Головная часть летит как свободно брошенное тело. Ограниченные возможности маневрирования появляются только после входа ГЧ в плотные слои атмосферы.

Теперь посмотрим на траекторию ракеты-носителя. В отличие от боевой ракеты, для доставки груза на круговую орбиту надо обеспечить нулевой угол бросания. Но при этом нужно достичь требуемой высоты. Т.е. если момент отключения двигателя боевой ракеты зависит только от направления и величины вектора скорости, то в случае ракеты-носителя к ним добавляется еще и высота.

Поэтому, в отличие от боевой, у ракеты-носителя разгон совмещается с программным разворотом. Она вынуждена разворачиваться на высоких скоростях, расходуя больше топлива. В качестве полезного груза носитель выводит спутники, имеющие более хрупкую конструкцию, чем боевая головная часть. Это требует уменьшения перегрузки в полете, а значит, и ускорения ракеты. Соответственно возрастает время выведения и гравитационные потери.

В случае вывода пилотируемого корабля ограничения еще более жесткие, т.к. «предел прочности» техники можно искусственно поднять. С живыми организмами это не получится.

На какую орбиту проще вывести груз, высокую или низкую? Казалось бы, суммарная механическая энергия (сумма кинетической и потенциальной) с ростом высоты орбиты растет. Но при выводе на низкие орбиты возникает техническая сложность. Конечная орбитальная скорость, которую нужно обеспечить – растет, а длина активного участка, на котором требуется разогнаться до этой растущей скорости – падает. Это требует увеличивать ускорение ракеты, а значит создавать более мощный носитель для доставки на низкие орбиты. Более подробно траектории ракеты – носителя мы рассмотрим на следующем занятии.

1. *ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА И ОТРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ*(5 МИНУТ)

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Что является причиной потерь на управление?
2. Как можно эти потери уменьшить?
3. Почему ракеты-носители значительно тяжелее боевых баллистических ракет?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №42 в рабочей тетради.

Опорный конспект

* 1. Организационный момент (5 минут).
  2. Повторение пройденного материала (5 минут)
  3. Изучение нового материала (25 минут).
  4. Закрепление изученного материала и отработка практических умений (5 минут).
  5. Домашнее задание (5 минут).

## Список литературы

## Основная литература

1. Мхитарян, А.М. Аэродинамика/ А.М. Мхитарян. - ЭКОЛИТ, 2012.
2. Бережко Е.Г. Введение в физику космоса/ Е.Г. Бережко. - ФИЗМАТЛИТ, 2014.
3. Хомич Е.О. Космос/ Е.О. Хомич. - АСТ, 2016.
4. Авдеев Ю.Ф. Космос, баллистика, человек/ Ю.Ф.Авдеев. - Высшая школа, 2013.
5. Граве И.П. Внутренняя баллистика. Пиродинамика/ И.П. Граве. - 2014.
6. Дэвис Л., Внешняя баллистика ракет / Л.Девис, Дж. Фоллин, Л. Блитцер. - Воениздат, 2000.