Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №34**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Итоговое занятие»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Занятие предназначается для повтора пройденного курса "Аэродинамика и баллистика" перед итоговой аттестацией.

Во время урока предусмотрено использование различных приемов обучения, современных ТСО, наглядности, презентации Microsoft Power Point.

***ТЕМА УРОКА***: Итоговое занятие.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Повторить пройденный в курсе материал.
* Подготовить учеников к итоговой аттестации.

***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)

Проговариваются организаторские моменты по проведению занятия.

Учитель задает вопросы по теме урока, побуждая учащихся к деятельности. Учащиеся определяют первичную тему и цель урока, и личностное отношение к предлагаемому курсу.

1. *ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО МАТЕРИАЛА* (10 минут)

Учитель проверяет домашнее задание учащихся: Задания №55 в рабочей тетради.

1. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА* (25 минут)

Сегодня у нас предпоследнее занятие по курсу. На следующем уроке вас ожидает финальное тестирование. Поэтому займемся повтором изученного материала. Итак.

Мы выяснили, что ученые делят атмосферу нашей планеты на слои. Основным критерием такого деления является график изменения температуры воздуха с высотой. Его немонотонность объясняется поглощением ультрафиолетовой части солнечного спектра озоновым экраном на высоте 50 км и уменьшение потенциальной энергии взаимодействия молекул воздуха в верхних разряженных слоях.

Теплоемкость воздуха также меняется в зависимости от температуры. Если вспомнить, что температура – интегральная характеристика кинетической энергии молекул, то эта зависимость характеризует общий закон «энергетического барьера»: чем выше энергия системы, тем больше энергии требуется для ее дальнейшего увеличения.

Другой важной характеристикой сплошной среды, объединяющей жидкости и газы, является вязкость – способность жидкости или газа оказывать сопротивление перемещению одной части относительно другой. Она тоже зависит от температуры. Но вот вид этой зависимости для жидкостей и газов различен. Это следствие различия природы вязкости в жидкостях и газах.

Все силы, с которыми имеет дело физика вообще и аэродинамика в частности, можно условно разделить на сконцентрированные и распределенные. В аэродинамике сконцентрированных сил практически нет. Корректный учет распределенных нагрузок пока невозможен. В практических задачах вводится так называемая дискретизация. При этом силы усредняются в пределах некоторых малых фрагментов объема или поверхности. В итоге все объемно-массовые силы приводятся к центру масс, а все поверхностные – к центру давления. Именно от их взаимного расположения зависит поведение обтекаемого тела. Оно стремится развернуться таким образом, чтобы скорость набегающего потока была направлена параллельно направлению от центра масс к центру давления.

Поверхность обтекаемого тела разбивается на мелкие плоские фрагменты. Для каждого такого фрагмента аэродинамическая сила направлена перпендикулярно его плоскости. Векторно сложив все такие «микросилы», получаем итоговый вектор аэродинамической силы. Его обычно раскладывают на две составляющие: лобовое сопротивление, направленное горизонтально, и подъемную силу, направленную вертикально вверх. Соотношение между ними получило название "аэр«динамическое качество».

Поскольку в большинстве случаев центры масс и давления не совпадают, подъемная сила создает относительно центра масс момент, разворачивающий самолет носом вниз, на пикирование. Чтобы этому воспрепятствовать, используется горизонтальное оперение. Оно может находиться за крылом при стандартной схеме или перед ним при схеме «утка». С точки зрения прочности схема «утка» более выгодна, т.к. она создает дополнительную подъемную силу, когда необходимо подниматься вверх, и уменьшает ее при необходимости спуститься вниз. С точки зрения аэродинамики схема «утка» создает дополнительные проблемы, оставленные за рамками нашего курса.

Мы уже упоминали гипотезу сплошности. Одним из критериев ее применимости, помимо числа Кнудсена, является условие неразрывности. Его можно интерпретировать так: через каждое полное сечение потока за равные промежутки времени проходят равные массы среды. Это условие работает для стационарных потоков.

Еще одним уравнением, связывающим параметры потока с формой канала, является уравнение Бернулли. Мы записывали его в геометрической интерпретации. Каждый член уравнения имеет размерность длины. Члены уравнения получили названия: геометрический, пьезометрический и скоростной напоры. Из уравнения следует, что при увеличении скорости потока местное давление в нем снижается.

Эта особенность потока используется в аэродинамике. Увеличить местную скорость дозвукового потока можно не только уменьшая его поперечное сечение, но и увеличивая проходимый потоком путь. Поэтому верхний обвод дозвукового профиля длиннее нижнего. Это позволяет дополнительно уменьшить давление над крылом. Как показывает аэродинамический анализ, подъемная сила профилированного крыла образуется, главным образом, не за счет увеличения давления под крылом, а за счет его уменьшения над крылом.

Если где-то давление уменьшается, а рядом увеличивается, то газ или жидкость будет перетекать из зоны высокого давления в зону низкого. Перетеканию через переднюю и заднюю кромку препятствует набегающий поток. Остается перетекание через внешний край крыла. Это перетекание формирует «концевой вихрь», уменьшающий подъемную силу и создающий серьезную угрозу самолету, следующему за рассматриваемым. Для его уменьшения используются законцовки особой формы – так называемые «винглеты».

На взлете и посадке нам нужна максимальная подъемная сила при малой скорости полета. Это может обеспечить профиль с высокой кривизной. Но он также увеличит лобовое сопротивление, что невыгодно в полете. Для решения этой и других проблем используется комплексная механизация крыла. Органы управления, расположенные на нем, показаны на слайде.

Везде, где присутствует градиент скорости, т.е. соседние слои движутся с разной скоростью, может возникнуть вращение частиц потока. Таким образом, ламинарное течение перейдет в турбулентное. В нем больше внутренних потерь, а значит увеличивается сопротивление среды движению. Критерием такого перехода является число Рейнольдса, характеризующее отношение сил инерции к силам вязкости.

Возникшая турбулентность может привести к отрыву потока от поверхности. При этом на такой поверхности резко возрастает давление. Поскольку скорость движения потока выше на верхней поверхности крыла, то возрастание давления над крылом приводит к снижению подъемной силы. Это может привести к так называемому «сваливанию» в штопор.

Обтекание тела кардинально меняется при переходе к сверхзвуковым скоростям. В этом случае перед аппаратом образуется скачок уплотнения и аэродинамика аппарата сильно изменяется. Скачок может быть присоединенным и отсоединенным. Это зависит от угла между вектором скорости и поверхностью аппарата.

Переходим ко второй части нашего курса – баллистике. Вспомним, что в любую точку, за исключением точки максимальной дальности, снаряд может прилететь по двум траекториям – настильной и навесной.

Сам угол максимальной дальности можно определить следующим образом. Движение раскладывается на независимые горизонтальное и вертикальное направления. Из вертикального движения выражаем время полета и подставляем его в уравнение горизонтального движения. В формуле появляется синус двойного угла. Максимума синус достигает при угле в 90°, что дает угол максимальной дальности в параболической теории 45°.

В случае эллиптической теории оптимальный угол бросания можно определить графически из приведенной схемы. Он уменьшается при увеличении расстояния до цели и становится равен нулю, если точки старта и цели – антиподы.

Конструкции твердотопливных двигателей принципиально отличаются в случае баллиститного и смесевого топлива. В случае баллиститного топлива заряд можно извлечь из двигателя. Смесевое топливо это сделать не позволяет.

При выключении двигателя, тяга меняется хаотически. Это явление получило наименование «импульс последействия». Есть конструктивные способы его уменьшения, оставшиеся за рамками нашего курса.

Формулу определения идеальной конечной скорости ракеты мы знаем как «скорость Циолковского». Но для реальных ракет она недостижима, т.к. Константин Эдуардович не учитывал влияние гравитации и атмосферы на полет ракеты. Поэтому реальную скорость определяют, вычитая из скорости Циолковского соответствующие потери. Приведены формулы для гравитационных и аэродинамических потерь. Эти потери являются антагонистами, т.е. попытка уменьшить одни приводит к росту других.

Третьим видом потерь являются потери на управление. Они следуют из «неравенства треугольника», утверждающего, что длина любой стороны треугольника меньше суммы длин двух других его сторон. Векторы начальной и конечной скоростей и вектор приращения скорости как раз образуют такой треугольник.

Все ракеты можно разделить на баллистические и крылатые. Основное их отличие – наличие в траектории первых участка, по которому они летят как свободно брошенное тело, т.е. с выключенным двигателем. Это ограничивает возможности маневрирования у баллистических ракет.

Переходя к космическим аппаратам мы рассмотрели три закона Кеплера. Первый определяет эллиптичность формы орбиты, располагая центр тяготения в одном из его фокусов.

Второй утверждает, что движение спутника неравномерно и увязывает скорость с расстоянием до центра притяжения. Кеплер в его формулировке использовал площади эллипса, «заметаемые» радиус-вектором спутника за равные промежутки времени, утверждая, что они равны.

Наконец третий закон связывает формы орбит с периодами обращения спутников.

Оптимальной с точки зрения энергетических затрат формой траектории перехода с одной орбиты на другую является гомановская. Здесь же даны формулы, позволяющие определить потребное изменение скорости спутника для перехода. При этом требуется два включения двигателя – на исходной и на конечной орбите.

Были рассмотрены две схемы вывода спутника на геостационарную орбиту. Несмотря на то, что при трехимпульсной схеме двигатель включается трижды, причем один раз - н– торможение, она энергетически более выгодна. Это связано с меньшими затратами на некомпланарный переход (с изменением плоскости орбиты).

При межпланетных перелетах можно изменять скорость аппарата, используя движение планет солнечной системы. Это так называемый пертурбационный маневр, позволяющий как разогнать аппарат за счет торможения планеты, так и «вернуть планете баллистический долг», тормозя аппарат.

1. *ЗАКРЕПЛЕНИЕ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА И ОТРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ* (3 минуты)

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Слои атмосферы.
2. "Аэродинамическое качество".
3. Уравнение Бернулли.
4. Законцовка крыла.
5. Число Рейнольдса.
6. Угол максимальной дальности?
7. Отличие баллиститного и смесевого топлива?
8. Скорость Циолковского?
9. Виды потерь?
10. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (2 минуты)

Подготовка к итоговой аттестации.

Опорный конспект

* 1. Организационный момент (5 минут).
  2. Повторение пройденного материала (10 минут)
  3. Изучение нового материала (25 минут).
  4. Закрепление изученного материала и отработка практических умений (3 минуты).
  5. Домашнее задание (2 минуты).

## 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.