Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №35**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Скорость К.Э. Циолковского. Потери скорости»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Рассматривается задача движения тела переменной массы. Записывается закон сохранения импульса для задачи, приводящей к уравнению И.В. Мещерского.

Анализируется отличие данной задачи от задачи, дающей формулу К.Э. Циолковского. Рассматриваются способы увеличения конечной скорости ракеты.

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

***ТЕМА УРОКА***:Теория полета снаряда в пустоте.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Рассмотреть механический аналог реактивного движения.
* Проанализировать структуру формулыК.Э. Циолковского.

***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 одвижении тел переменной массы.Ожидаемые ответы:

* школьная запись второго закона Ньютона неприменима для тела переменной массы;
* отброс массы приводит к возникновению дополнительной силы;
* масса большинства тел в процессе их движения меняется незначительно и этим можно пренебречь, за исключением реактивных самолетов и ракет.

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. Почему головная часть ракеты отделяется в конечной точке активного участка?
2. Зачем требуется уменьшать импульс последействия?
3. Почему процесс горения заряда прекращается при сбросе давления из камеры сгорания?
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

Рассмотрим следующую задачу. Тело, массой m0, движущееся со скоростью v0, присоединяет к себе тело массой m1, двигавшееся со скоростью v1, и отбрасывает от себя тело массой m3 со скоростью v3. Найти скорость vk, с которой будет двигаться тело после взаимодействия.

Рассмотрим две ситуации: до взаимодействия и после. Массу m0 заменим суммой масс (m2 + m3). После взаимодействия имеем тела, массами (m1 + m2) и m3.

На основании закона сохранения импульса запишем уравнение. В записи учитываем тот факт, что скорость v3 направлена против оси x. Из этого уравнения можно выразить конечную скорость.

Если массы m1 и m3устремить к нулю, то получим так называемую дифференциальную запись уравнения, предложенную в 1897 году Иваном Всеволодовичем Мещерским. Данное уравнение носит его имя. Решать это уравнение мы не будем, но вам предлагается высказать предположения о том, движение чего оно описывает.

Если исключить присоединяемую массу и результирующую внешних сил, то данное уравнение превращается в уравнение Циолковского. Заниматься его решением мы не будем, а сразу приведем результат. Такое уравнение как раз и описывает движение ракеты в идеальных условиях. Знак «минус» перед правой частью возникает из-за того, что скорость отброса массы (*U*) и скорость полета направлены в противоположные стороны.

Параметр , равный отношению массы «пустой» ракеты к массе заправленной, получил наименование «относительная конечная масса. Если посмотреть на приведенный слева график отрицательного логарифма, то становится понятно, что для увеличения конечной скорости требуется уменьшать . Величину *U*, называемую удельным импульсом двигательной установки, надо, наоборот, увеличивать.

Только перехода к материалам с меньшей плотностью для этого недостаточно. Теперь, оглядываясь на предыдущие уроки, мы можем сформулировать требования к ракетным топливам:

1. Топливо, являясь расходуемой массой, должно обладать максимальной плотностью. Это позволит уменьшить объем, а следовательно, и массу, топливных баков. Эта масса входит в *mk*. Здесь сказывается преимущество твердотопливных двигателей.
2. Двигательная установка должна обладать максимальной скоростью отброса продуктов сгорания, именуемой удельным импульсом. В этом отношении лидерство за жидкостными двигателями.

Идею того, как можно уменьшить относительную конечную массу ракеты, высказывал еще Циолковский. Он предлагал так называемые «ракетные поезда». Нет, это не боевые железнодорожные комплексы. Траектория космической ракеты, в представлении Циолковского, начиналась с горизонтального разгона по специальной дороге. Далее, подобно самолету, поезд отрывался от земли и продолжал разгон с набором высоты. При этом он избавлялся от пустеющих вагонов. Только вот пустели они не с конца, а с головы состава.

Около 50 лет назад, во Франции запатентовали такую схему многоступенчатой ракеты, Однако до сих пор реальных ракет, построенных по ней, нет. В тех ракетах, что летают сейчас, отцепляются не передние, а задние «вагоны». Стартуют они не горизонтально, а вертикально. При этом разительно отличаются от того, что предлагал Константин Эдуардович. Но именно Циолковского мы называем изобретателем многоступенчатой ракеты.

Теперь посмотрим, как будет выглядеть формула скорости Циолковского для такой ракеты. Логично предположить, что конечная скорость предыдущей ступени является начальной скоростью для следующей. Конструктора скажут, что это не совсем так, ведь в процессе разделения ступеней часть скорости может теряться. Эти потери мы учитывать не будем. В этом случае конечная скорость ракеты может быть найдена как сумма конечных скоростей ее ступеней. Естественно, удельные импульсы двигательных установок ступеней, в большинстве случаев, различны. Таким образом, мы должны были остановиться, записав верхнюю строчку.

Чтобы продвинуться дальше, определяется такое эквивалентное значение удельного импульса, которое можно было бы подставить в формулу Циолковского для каждой ступени с тем, чтобы результат суммирования не изменился. Определение такого значения мы оставим за рамками курса и рассмотрим случай, при котором удельные импульсы ступеней равны. В этом случае удельный импульс выносится за скобки, а сумма логарифмов может быть заменена логарифмом произведения.

При этом надо учитывать тот факт, что мы считаем следующую ступень частью предыдущей, что позволяет более компактно записать формулы для определения относительных конечных масс ступеней.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Что в уравнении Мещерского является «присоединяемыми частицами»?
2. Почему Циолковский предлагал избавляться от «передних вагонов», а не задних?
3. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №38 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.