Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №16**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Учащиеся знакомятся с зависимостью подъемной силы от кривизны профиля несущей поверхности и способами управления кривизной.

Рассматриваются элементы механизации крыла и особенности их использования.

Формируется представление о характеристиках профиля и крыла конечного размаха. Рассматриваются причины снижения подъемной силы последнего и метод борьбы с этим снижением.

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

***ТЕМА УРОКА***:Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* изучить влияние профиля на аэродинамические характеристики крыла;
* изучить влияние концевого вихря на аэродинамические характеристики.

***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 оспособах повышения подъемной силы крыла и использовании для этого уравнения Бернулли.Ожидаемые ответы:

* для повышения подъемной силы нужно снизить давление над крылом и повысить его под крылом;
* из уравнения неразрывности следует, что для разгона потока можно увеличить длину траектории;
* для уменьшения лобового сопротивления профиль крыла должен быть гладким.

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 теме прошлого занятия:

1. Почему местное давление уменьшается при движении по потоку?
2. Как можно измерить скоростной напор?
3. В чем смысл слагаемого [z] в уравнении Бернулли?
4. Почему на баллистических ракетах нет трубки Пито-Прандтля?
5. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

Из сформулированных раннее уравнений Бернулли и неразрывности следует, что разогнать дозвуковой поток до большей скорости можно не только уменьшая его сечение (трубка Вентури), но и увеличивая длину траектории. Если над крылом воздушный поток будет двигаться быстрее, чем под ним, то давление сверху уменьшится и эта разность давлений создаст подъемную силу даже при нулевом или отрицательном угле атаки.

Поэтому профили крыла дозвуковых самолетов имеют такой вид. Большинство из них несимметричны. Если соединить вертикальными отрезками верхний и нижний обвод профиля и построить линию, состоящую из центральных точек таких отрезков, то получим «среднюю линию профиля» чем сильнее она отклоняется от прямой (хорды), тем большей кривизной обладает профиль. Рост кривизны приводит к росту аэродинамической силы, соответственно и подъемной силы и лобового сопротивления.

Сами профили для дозвуковых летательных аппаратов разделяют на приведенные здесь.

1. Вогнуто-выпуклые обладают максимальной подъемной силой. Используются в тяжелых транспортных самолетах. Минус такого профиля – более высокое лобовое сопротивление.
2. Плоско-выпуклые предназначены для полета на малых высотах, в режиме так-называемого «аэродинамического экрана. Такие аппараты будем рассматривать позже.
3. S-образные профили обладают интересной особенностью. При увеличении угла атаки они «меняют кривизну» на обратную, что приводит к уменьшению этого угла. Они используются на аппаратах типа «летающее крыло».
4. Симметричные профили образуют подъемную силу только за счет угла атаки. В этом они аналогичны плоскому крылу. Их достоинство состоит в том, что они позволяют долгое время летать в перевернутом положении – «вверх ногами». Соответственно используются в пилотажных самолетах и авиамоделях.

Как уже отмечалось, подъемная сила возникает из-за разности давления над и под крылом. Но разность (градиент) давления всегда вызывает воздушный поток, уменьшающий ее. Уменьшение данного градиента, в нашем случае, вызовет уменьшение подъемной силы.

Если перетеканию через переднюю и заднюю кромки препятствует сам набегающий поток воздуха, то через внешний край воздух проходит свободно. Это приводит к образованию так называемого «концевого вихря». На взлете и посадке вихрь поднимает пыль с земли и становится хорошо виден на фото. Помимо ущерба подъемной силе данного самолета, он представляет опасность для рискующих в него попасть других летательных аппаратов. В серии фильмов «Расследование авиакатастроф» был сюжет о небольшом частном самолете, на посадке попавшем в концевой вихрь от крупного Боинга, что привело к гибели всех на его борту.

Для препятствия образованию такого вихря и предназначена законцовка - винглет. Она должна иметь симметричный профиль и высоту, достаточную для выравнивания давления слева и справа от нее. Это не выгодно с точки зрения аэродинамических потерь. Поэтому винглет делают таким, чтобы потери на образование вихря не перекрывались потерями на дополнительное лобовое сопротивление самого винглета.

Есть другой способ уменьшить потери, обусловленные образованием концевого вихря. Как мы видели, вихрь заполняет конический объем с вершиной во внешней точке передней кромки. Слева светлым тоном выделена зона крыла, попадающая под воздействие вихря.

Если «убрать» крыло из этой зоны, т.е. придать ему форму, приведенную справа, то потери подъемной силы за счет вихря можно значительно уменьшить. Это решение не так распространено, как винглет. Причина большей распространенности винглета в том, что с его помощью можно уменьшить сам вихрь и, соответственно, опасность для других летательных аппаратов при малом интервале между ними, т.е. при взлете и посадке.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Для чего используются симметричные профили?
2. В чем состоит опасность концевого вихря?
3. Почему винглет не исключает образование концевого вихря?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №19 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. Аэродинамика. Мхитарян, А.М. ЭКОЛИТ, 2012.
2. Введение в физику космоса. Бережко Е.Г. ФИЗМАТЛИТ, 2014.
3. Космос. Хомич Е.О. АСТ, 2016.
4. Космос, баллистика, человек. Авдеев Ю.Ф. Высшая школа, 2013.
5. Внутренняя баллистика. Пиродинамика. Граве И.П., 2014.
6. Внешняя баллистика ракет. Дэвис Л., Фоллин Дж., Блитцер Л. Воениздат, 2000.