Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №14**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Закон Бернулли»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Учащиеся знакомятся с понятиями «пьезометрический напор», «скоростной напор», «полный напор», «трубка тока». Зависимость давления в среде от скорости ее движения объясняется геометрически.

Рассматривается структура и физический смысл уравнения Бернулли. Используется геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.

Рассмотрен принцип работы приемника воздушного давления (трубки Пито-Прандтля).

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

***ТЕМА УРОКА***: Закон Бернулли.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* рассмотреть зависимость местного давления от скорости потока;
* рассмотреть геометрическую интерпретацию уравнения Бернулли;
* рассмотреть способы измерения скоростного напора.

***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 о зависимости скорости потока и давления в канале от его сечения, а также о понятии «неразрывность потока». Ожидаемые ответы:

* скорость потока возрастает в сужающемся канале и снижается в расширяющемся;
* давление в сужающемся канале растет, а в расширяющемся падает (ответ неправильный);
* неразрывность потока – отсутствие в нем «пустот», т.е. наличие среды во всех точках 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 теме прошлого занятия:

1. Причины уменьшения давления на стенку при росте скорости потока.
2. Какое сечение потока называют полным?
3. Физический смысл уравнения неразрывности.
4. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА* (25 минут)

Таким образом, чем выше скорость потока, тем меньшее давление он оказывает на «боковую» поверхность. Обобщением этого правила является закон Бернулли, который можно считать формой записи закона сохранения энергии для движущегося потока жидкости или газа. Соответствующее уравнение можно записать в различных видах. Мы запишем его в виде, представленном на экране.

Данное уравнение соблюдается вдоль каждой трубки тока. Смысл переменных в нем представлен на экране.

Первое слагаемое используется в случае наклонно расположенного течения и отражает разницу высот сечений, для которых записано уравнение; второе является аналогом потенциальной энергии движущейся среды, а третье – кинетической энергии движения потока.

Уравнение в целом можно рассматривать как форму записи закона сохранения механической энергии в потоке.

Размерность всех трех слагаемых – метр. Значит, их можно измерить с помощью линейки. Посмотрим, как можно это сделать. Обычно в лабораторных условиях для этого используется так называемая «трубка Вентури». Это труба переменного сечения. Поскольку в данном случае она расположена горизонтально, то z = const и ее можно из рассмотрения исключить. При сжатии дозвукового потока его скорость возрастает. При постоянном первом слагаемом и возрастающем третьем второе должно уменьшаться, что и демонстрируют уровни жидкости в вертикальных трубках.

Такие, расположенные перпендикулярно скорости потока, трубки принято называть пьезометрами, а соответствующий уровень жидкости в них – пьезометрическим напором. В уравнении Бернулли ему соответствует второй член: .

Аналогичное уравнение можно применять и в авиации для определения «воздушной» скорости самолета. Для этого используют специальный приемник воздушного давления, именуемый «трубкой Пито - Прандтля». Его отличие от современных трубок Вентури в том, что здесь, помимо боковой трубки «пьезометра» есть отверстие, развернутое против потока, так называемая «трубка полного напора».

Это отверстие позволяет определить величину, соответствующую сумме двух последних слагаемых:.

Таким образом, для иллюстрации величины скоростного напора можно использовать стеклянную трубку, нижний срез которой соединен с трубкой полного напора, а верхний – с пьезометрической трубкой. При этом уровень жидкости в такой трубке будет соответствовать величине скоростного напора.

При аэродинамическом управлении эффективность рулей зависит от величины скоростного напора. Поэтому для определения требуемого угла отклонения руля надо учитывать данную величину. Если полет протекает на фиксированной высоте, Табличное значение плотности воздуха постоянно и его можно учесть без использования трубки Пито – Прандтля.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Для чего требуется определять скоростной напор?
2. Нужна ли трубка Пито-Прандтля в горизонтальном полете?
3. Применимо ли уравнение неразрывности для описания движения несжимаемой жидкости?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №17 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.