Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №13**

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 уравнение неразрывности потока, понятие «полное сечение потока».

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

***ТЕМА УРОКА***: Закон Бернулли.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* рассмотреть понятие «полное сечение потока»;
* рассмотреть понятие «несжимаемость»;
* изучить физический смысл уравнения неразрывности.

***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 геометрических характеристиках потока, таких как «живое сечение», «полное сечение», а также о понятии «неразрывность потока». Ожидаемые ответы:

* в отличие от газа, поток жидкости может образовывать «пустоты», занимая не все сечение канала;
* «живое сечение» - часть сечения канала, занятая потоком;
* 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 домашнему заданию:

1. Чем отличается «сосредоточенная» нагрузка от «распределенной»?
2. Что позволяет планеру долго находиться в воздухе («парить»)?
3. Для чего нужно горизонтальное оперение?
4. В чем причина малой распространенности схемы «утка»?
5. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА* (25 минут)

Как мы уже упоминали, Даниил Бернулли считается первым ученым, объяснившим давление газа хаотическим тепловым движением его молекул. Это проиллюстрировано на верхнем рисунке.

Если это так, то при появлении движущегося потока у границы тела часть молекул газа в границу вообще не попадут, а та часть, что все-таки ударится о поверхность тела, передаст ему меньший импульс, т.к. проекция скорости этих молекул, перпендикулярная поверхности тела, уменьшится. Такая ситуация представлена на нижнем рисунке. Здесь крайняя правая частица не сталкивается со стенкой вообще, а для остальных уменьшается угол столкновения.

Сам поток в пределе можно представить как набор отдельных, не пересекающихся струй, которые принято именовать «трубками тока». При этом касательная к любой точке поверхности такой трубки совпадает по направлению с вектором скорости частицы, находящейся в этой точке. Таким образом проекция скорости частицы на прямую, перпендикулярную поверхности трубки тока, равна нулю.

Для оценивания энергетических характеристик потока часто используют понятие «секундный расход» газа или жидкости. Им зазывают массу или объем вещества (соответственно говорят о массовом или объемном расходе), проходящий за секунду через полное сечение потока. Под полным сечением подразумевается сечение такой поверхностью, которая один раз пересекает любую трубку тока.

Так на приведенном слайде полным является только сечение 2 – 2, т.к. для сечения 1 – 1 существуют трубки тока, которые оно не пересекает (2 левые вертикальные трубы), а сечение 3 – 3 некоторые трубки тока пересекает трижды.

Давайте построим еще варианты полного сечения потока.

Уравнение неразрывности утверждает, что через любое полное сечение потока за равные промежутки времени проходят равные массы вещества. Данные массы условно обозначены прямоугольниками, длины которых пропорциональны скорости потока в соответствующем сечении. Уравнение справедливо только для стационарного процесса, т.е. такого, при котором параметры потока не зависят от времени.

Допустим, что изображенный на слайде конфузор – часть газопровода, по которому перекачивается газ. При увеличении давления на входе газ будет сжиматься, его плотность и внутреннее давление возрастать (это не всегда так, что будет рассматриваться на следующем занятии). Это означает, что через входное сечение пройдет больше газа, чем через выходное (m1 > m2). Картина, реализуемая при сбросе входного давления, будет сложнее, т.к. может возникнуть обратное течение, но исходное равенство не выполняется и в этом случае.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Почему с ростом скорости потока давление на стенку уменьшается?
2. Почему уравнение неразрывности неприменимо для неустановившегося потока газа?
3. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №15 и №16 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.