Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №19**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Динамические критерии подобия. Число Рейнольдса»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Учащиеся знакомятся с понятием «пограничный слой» - тонкий слой у поверхности обтекаемого объекта, внутри которого происходит переход от состояния покоя (гипотеза прилипания) к движению с параметрами набегающего потока.

Рассматриваются различные режимы течения газа или жидкости, особенности ламинарного и турбулентного режимов, а также условия перехода между ними.

Вводится понятие «Динамические критерии подобия», рассматриваемое на примере числа Рейнольдса.

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

***ТЕМА УРОКА***: Динамически критерии подобия. Число Рейнольдса.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* Изучить особенности ламинарного и турбулентного режимов движения;
* рассмотреть понятие «пограничный слой»;
* ознакомиться с основами теории подобия на примере числа Рейнольдса.

***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 орежиме движения газа и жидкости и о «эффекте внезапного изменения сопротивления».Ожидаемые ответы:

* характер течения зависит от вязкости среды и скорости потока;
* изменение скорости происходит в сравнительно небольшой части потока, примыкающей к стенке;
* изменение сопротивления объясняется изменением характера течения.

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 вилглет не устраняет концевой вихрь полностью?
2. Для чего нужен S-образный профиль?
3. В чем преимущество закрылка Фаулера перед обычным?
4. Для чего нужны флапероны?
5. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА*(25 минут)

При моделировании режимов обтекания тел принимается так называемая «гипотеза прилипания», т.е. считается, что частицы, непосредственно примыкающие к поверхности тела, относительно этой поверхности неподвижны. Далее, в слое сравнительно небольшой толщины, получившем название «пограничный слой», скорость частиц возрастает до скорости основного потока. Аэродинамические характеристики во многом определяются процессами, происходящими именно в этом слое. Мы уже упоминали этот слой, когда говорили о Людвиге Прандтле.

Представим себя частицей этого слоя. Достаточно приемлемая аналогия – мы находимся в плотной движущейся толпе. Справа от нас люди идут медленнее, а слева – быстрее. При отсутствии «зазоров» нас, естественно, начнет «закручивать» слева направо. Препятствовать такому вращению будут люди впереди и позади нас, т.е. находящиеся в нашем «слое».

Пока такое вращение частиц не началось, движение жидкости или газа можно описать как состоящее из отдельных слоев. Такое движение принято называть «ламинарным». Зависимость скорости движения частиц от расстояния до поверхности в этом случае приемлемо описывается параболическим законом.

После того, как произошло «закручивание» частиц, поток становится «турбулентным». В любом турбулентном потоке сохраняется ламинарная часть погранслоя, но ее толщина уменьшается и в пределе стремиться к нулю.

Как мы уже говорили ранее, для того, чтобы результаты аэродинамического эксперимента можно было «пересчитать» с модели на реальный аппарат, их обтекание должно быть подобным. Помимо геометрического подобия, заключающегося в том, что форма исследуемой модели должна в масштабе повторять форму реального аппарата, должно соблюдаться и динамическое подобие, т.е. поток, обтекающий модель, должен быть эквивалентен потоку, обтекающему реальный аппарат.

Для обеспечения этого подобия требуется, чтобы некоторые соотношения между параметрами обоих потоков сохранялись. Одним из таких параметров является характеризующее отношение сил инерции к силам вязкости число Рейнольдса. Соответственно в числителе приведенной дроби стоят параметры, характеризующие инерциальные силы (плотность и скорость потока), а в знаменателе коэффициенты динамической или кинематической вязкости.

Именно критическое значение этого числа определяет переход ламинарного течения в турбулентное. Конкретные значения критических чисел Рейнольдса зависят от вида исследуемого течения. При этом входящие в состав формулы параметры могут принимать различные значения. Важно только полученное соотношение. Например, для приведенного течения в цилиндрической трубе это 2300.

Таким образом, переход к использованию при описании движения газа или жидкости таких критериев подобия позволяет «абстрагироваться» от конкретных физических параметров процесса. Такие приемы моделирования получили общее наименование «обезразмеривание задачи».

Помимо скорости потока и вязкости среды в формулу входит геометрический параметр, который условно можно назвать «характерным размером» задачи. Выбор этого параметра в каждом конкретном случае – нетривиальная задача.

Так, например, при течении газа или жидкости по трубе это диаметр трубы, а при обтекании газом крыла – хорда (длина профиля). Что должно быть таким параметром для крыла, находящегося внутри трубы?

В рассмотренной нами задаче формирования пограничного слоя на стенке на роль такого параметра напрашивается координата [x], своя для каждого сечения.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Для чего используются критерии подобия?
2. От чего зависит критическое значение числа Рейнольдса?
3. От чего зависит толщина пограничного слоя?
4. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №22 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.