Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

**УРОКА №2**

по программе

**Аэродинамика и баллистика**

На тему:

«Возникновение и развитие аэродинамики как науки»

г. Москва, 2020 г.

***Пояснительная записка***

Учащиеся знакомятся с историей развития аэродинамики, персонами, внесшими значительный вклад в развитие данной науки.

Занятие обзорного типа. Освещены некоторые работы Леонардо да Винчи, М.В. Ломоносова, Л. Эйлера, Ж.Л. Лагранжа, Д. Бернулли, Д.И. Менделеева, О. Лилиенталя, Л. Прандтля, О. Рейнольдса.

Дается общая информация о ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости и газа, динамическом подобии.

В практической части (во втором часе) заслушиваются сообщения учащихся по темам, выданным в конце первого урока.

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

***ТЕМА УРОКА***: Возникновение и развитие аэродинамики как науки.

***ЦЕЛИ УРОКА:***

* более подробно ознакомиться с историей аэродинамики и некоторыми персонами, внесшими вклад в ее развитие:
* получить представление о ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости и газа.

***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 задачах баллистики и аэродинамики (траектория полета тела, бросок на максимальную дальность, влияние атмосферы на полет). Ожидаемые ответы: тело летит по перевернутой параболе, максимальная дальность при угле броска 45º, сопротивление воздуха уменьшает дальность и этот угол.

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. В чем отличие внутренней баллистики от внешней?
2. В чем отличие аэродинамики от газодинамики?
3. *ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА* (25 минут)

Сложно назвать классическую науку, в которой этот гений, живший на рубеже XV – XVI веков, не оставил бы своих следов. Одним из первых он стал изучать полет птиц и строение их крыльев. Предложил конструкцию «орнитоптера» - махолета. Летать такие аппараты научились только в наше время.

Многие идеи да Винчи намного опередили возможности своей эпохи. Одной из таких идей была конструкция прообраза вертолета. Способен ли такой аппарат подняться в воздух? Рассмотрим представленную конструкцию подробнее.

Две платформы соединены соосно. К нижней «неподвижной» прикреплена крестовина, за которую держатся идущие по кругу по поверхности второй платформы люди. При этом относительно Земли эти люди остаются неподвижными, а верхняя платформа под их ногами вращается. Сверху к этой платформе приделан Архимедов винт, создающий вертикальный поток воздуха.

Допустим, подъемной силы хватит на преодоление суммарного веса людей и конструкции. Что будет дальше? Оторвавшееся от земли основание начнет крутиться в сторону, противоположную направлению вращения винта. Скорость вращения самого винта падает и аппарат «приземляется». Скорость винта опять возрастает и т.д. Так что изобрел Леонардо: вертолет или отбойный молоток?

Еще один рисунок да Винчи считается прообразом парашюта. Чем он отличается от современного? Первое, что бросается в глаза – жесткий каркас по нижнему краю. Покинуть современный самолет с таким парашютом невозможно. Так чье падение должно было предотвращать данное изобретение? Ведь современникам Леонардо полеты были недоступны.

Еще одна особенность парашюта да Винчи – отсутствие центрального отверстия. При использовании это может привести к тому, что воздух из-под купола начнет выходить через нижний край. При этом купол начнет раскачиваться из стороны в сторону, и стабильный спуск станет невозможным. Это ошибка автора, или наше предположение неверно?

Для ответа на этот вопрос надо вспомнить о том, что собой представляли ткани того времени, из которых мог быть создан купол. Воздухонепроницаемых тканей, из которых шьются современные парашюты, в распоряжении Леонардо не было. А в случае проницаемых тканей центральное отверстие может быть излишним.

Среди разработок М.В. Ломоносова тоже был проект прообраза вертолета. Причем он был доведен до состояния рабочей модели.

Ломоносов показал изобретённую им машину, называемую им аэродромической [воздухобежной], которая должна употребляться для того, чтобы с помощью крыльев, движимых горизонтально в различных направлениях силой пружины, какой обычно снабжаются часы, нажимать воздух [отбрасывать его вниз], отчего машина будет подниматься в верхние слои воздуха, с той целью, чтобы можно было обследовать условия [состояние] верхнего воздуха посредством метеорологических машин [приборов], присоединённых к этой аэродромической машине. Машина подвешивалась на шнуре, протянутом по двум блокам, и удерживалась в равновесии грузиками, подвешенными с противоположного конца. Как только пружина заводилась, [машина] поднималась в высоту и потом обещала достижение желаемого действия. Но это действие, по суждению изобретателя, ещё более увеличится, если будет увеличена сила пружины и если увеличить расстояние между той и другой парой крыльев, а коробка, в которой заложена пружина, будет сделана для уменьшения веса из дерева. Оригинальной аэродромической машины не сохранилось. Имеющиеся в музеях модели являются реконструкциями. В отличие от вертолета да Винчи, эта конструкция предусматривает механизм компенсации вращающего момента. Для этого здесь имеются два винта, вращающихся в противоположные стороны. Практически это – прообраз современных вертолетов соосной схемы.

Для полета человека данная конструкция не предназначалась. Её задача – подъем метеоприборов.

Именно Эйлер ввел в современную науку уже упоминавшуюся нами гипотезу сплошности. У него много работ, посвященных не аэродинамике, а смежной дисциплине – гидродинамике. Специалисты по численному моделированию также могут вспомнить «Эйлеровы сетки» или Эйлеровы координаты.

При изучении материала о течении жидкости и газа есть два подхода к их рассмотрению. Подход Эйлера состоит в том, что мы вводим неподвижную систему координат и сетку, состоящую из неподвижных точек (узлов). Именно в этих узлах определяются характеристики газа.

Другой подход связан с именем Лагранжа. Он предложил рассматривать изменение параметров среды в точках, движущихся вместе с потоком газа. Такие расчетные сетки называют Лагранжевыми.

Является одним из создателей кинетической теории газов. Уравнение Бернулли до сих пор используется для описания взаимосвязи между скоростью потока жидкости или газа и давлением в этом потоке. Именно по этой причине дозвуковые профили крыла имеют такие формы. Более подробно это уравнение будем рассматривать позже.

Он первый выступил с утверждением, что причиной давления газа является тепловое движение молекул.

Этот ученый более известен своими работами по химии. Но и в основе газо- и аэродинамики лежит зависимость, известная как уравнение Клапейрона – Менделеева:

Также много внимания он уделял вопросам воздухоплавания. В 1875 году он разработал проект стратостата объёмом около 3600 м³ с герметической гондолой, подразумевающий возможность подъёма в верхние слои атмосферы (первый такой полёт в стратосферу осуществлён был О. Пикаром только в 1924 году). Д. И. Менделеев также спроектировал управляемый аэростат с двигателями, т.е. один из первых проектов дирижабля.

7 августа на месте старта — пустыре на северо-западе города, близ Ямской слободы, несмотря на ранний час, собираются огромные толпы зрителей. С Д. И. Менделеевым должен был лететь пилот-аэронавт А. М. Кованько, но из-за прошедшего накануне дождя повысилась влажность, шар намок — двух человек поднять был не в состоянии. По настоянию Д. И. Менделеева его спутник вышел из корзины, предварительно прочитав учёному лекцию об управлении шаром, показав, что и как делать. Менделеев отправился в полёт в одиночестве. Это событие В. А. Гиляровский описал в оригинальной статье «Солнечное затмение под Москвой», которая была опубликована в «Русских ведомостях». Сам Менделеев впоследствии так пояснил свою решимость:

«...Немалую роль в моём решении играло... то соображение, что о нас, профессорах и вообще учёных, обыкновенно думают повсюду, что мы говорим, советуем, но практическим делом владеть не умеем, что и нам, как щедринским генералам, всегда нужен мужик, для того чтобы делать дело, а иначе у нас всё из рук валится. Мне хотелось демонстрировать, что это мнение, быть может справедливое в каких-то других отношениях, несправедливо в отношении к естествоиспытателям, которые всю жизнь проводят в лаборатории, на экскурсиях и вообще в исследованиях природы. Мы непременно должны уметь владеть практикой, и мне казалось, что это полезно демонстрировать так, чтобы всем стала когда-нибудь известна правда вместо предрассудка. Здесь же для этого представлялся отличный случай»

Экспериментатор планерист, создавший и испытавший 11 летательных аппаратов. Считается создателем науки о планеризме. Первым объяснил парящий полет.

Его планеры можно считать прообразами современных дельтапланов.

9 августа 1896 г. Лилиенталь разбился около Штельн-ам-Голленберга с высоты около 15 м из-за порыва ветра, который он не смог контролировать, а не из-за ошибки проектирования. Авария могла быть связана с тем, что Лилиенталь снова и снова пытался увеличить дальность полета, для чего ему приходилось лететь с увеличенным углом атаки и, следовательно, медленнее. Крушение Лилиенталя можно считать первой авиационной катастрофой.

Считается основателем учения о пограничном слое. При моделировании обтекания потоком воздуха любого тела принимается гипотеза «прилипания», т.е. считается, что слой воздуха, непосредственно примыкающий к поверхности тела, неподвижен относительно этой поверхности. Далее, на небольшом расстоянии от поверхности происходит переход от неподвижного состояния к основному потоку. Эта зона получила наименование «пограничный слой» Именно от поведения воздуха в этом погранслое в большой степени зависят аэродинамические характеристики обтекаемого тела.

Особенно показательно в этом смысле явление, которое назвали «внезапным изменением лобового сопротивления сферы» Прандтль в Геттингене и Эйфель в Париже измерили сопротивление сферы; Прандтль получил значение коэффициента лобового сопротивления в два раза больше, чем Эйфель. Они обменялись информацией, и один из молодых инженеров в лаборатории Прандтля сказал: «О, господин Эйфель забыл множитель 2. Он рассчитал коэффициент, относящийся к ρU², а не ½ ρU²». Это замечание каким-то образом стало известно в Париже, и престарелый Эйфель очень рассердился. Затем он провел измерения в широком диапазоне и обнаружил зависимость этого явления от режима течения в пограничном слое и общего режима обтекания тела.

Исследования Осборна Рейнольдса главным образом посвящены механике, теплообмену, электричеству, магнетизму, астрофизике, но основные его работы относились к теории турбулентности, теории динамического подобия течения вязкой жидкости и теории смазки. Формула, по которой можно рассчитать силу, действующую на тело со стороны обтекающего его потока:

Для экспериментального определения коэффициента cf используются уменьшенные копии реальных тел, которые обдуваются потоком воздуха. При этом определяется действующая на них аэродинамическая сила. Далее из приведенной формулы выражается данный коэффициент и находится его значение.

При этом мы можем попасть в описанный выше случай «внезапного изменения лобового сопротивления». Чтобы этого избежать недостаточно только геометрического подобия модели и реального объекта. Требуется еще и динамическое подобие процессов, происходящих при обтекании. Одним из критериев такого «динамического подобия» является число, названное в честь этого ученого «числом Рейнольдса».

Более подробно мы его рассмотрим позже. Пока важно запомнить, что от его значения зависит режим течения газа или жидкости в окрестности обтекаемого тела. И при этом то значение, которое соответствует изменению режима течения (критическое значение Re) не зависит от характеристик газа или жидкости.

Формулы для определения этого критерия в различных случаях могут несколько отличаться, но они всегда характеризуют отношение «сил инерции к силам вязкости». О вязкости мы будем говорить позже.

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

Учитель задает контрольные вопросы:

1. Почему вертолет да Винчи не способен подняться в воздух?
2. В чем преимущество «Аэродромической машины» М.В. Ломоносова перед воздушным шаром?
3. Будут ли различаться давления в совпадающих узлах Эйлеровой и Лагранжевой сеток?
4. Почему параметры атмосферы не подчиняются уравнению Клапейрона – Менделеева?
5. От каких параметров зависит аэродинамическая сила?
6. *ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ* (5 минут)

По завершению урока учитель объясняет ход выполнения домашнего практического задания для закрепления изученного теоретического материала. Задание №3 и №4 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.