



# Как создать подъемную силу?

## Аэродинамика и баллистика.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ УРОЧНОЙ И ВНЕУРОЧНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ МОДУЛЯ

Для возраста

**8 класс**

Трудоемкость

**2 часа**



[htweek.ru](http://htweek.ru)

---

### **Пояснительная записка**

Почему самолеты и ракеты, несмотря на свой колоссальный вес, взлетают? Какими способами можно отправить в воздух практически любую вещь, совершив при этом необходимые расчёты? Все эти вопросы разберем на уроке, посвященном способам создания подъемной силы.

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

#### **ЦЕЛИ УРОКА:**

- ознакомиться с основными методами создания подъемной силы;
- рассмотреть параметры, определяющие значение подъемной силы при каждом способе ее создания;
- ознакомиться со способами управления подъемной силой.

**НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ:** презентация.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА:** компьютер, проектор, экран.

**ВИД УРОКА:** урок «открытия» нового знания.

**ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ УРОКА:** 90 минут.

#### **ХОД УРОКА:**

##### **I. ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ МОМЕНТ**

Учитель приветствует учащихся.

Учитель побуждает к предположениям о предстоящей теме урока, задавая наводящие вопросы о методах создания подъемной силы: **Как вы думаете, почему самолеты и ракеты, несмотря на свой вес, летают? При каких условиях аппарат поднимается вверх?**

Ожидаемые ответы:

- аппарат поднимается вверх, если подъемная сила больше веса;
- подъемная сила зависит от размеров аппарата;
- подъемная сила зависит от плотности среды;
- при росте аэродинамической подъемной силы растет аэродинамическое сопротивление.

Учащиеся определяют тему и цели урока, а также высказывают личностное отношение к предлагаемой теме.

---

## II. ИЗУЧЕНИЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА

**1. Аэростатический способ.** В определенных случаях роль подъемной силы выполняет сила Архимеда. Соответствующие летательные аппараты получили наименование «аэростат». Различают управляемые аэростаты (дирижабли), содержащие двигатели, позволяющие совершать горизонтальное движение относительно окружающего воздуха, и неуправляемые, способные маневрировать только по высоте.

Из закона Архимеда следует, что подъемная сила аэростата зависит от соотношения средних плотностей аппарата и среды. Поскольку плотность – это отношение массы тела к объему, управлять средней плотностью можно изменяя либо объем аппарата, либо его массу.

Для изменения объема аппарат должен содержать в своем составе эластичную оболочку, заполняемую из бортовых баллонов легким газом (водородом или гелием). Перекачивая газ из баллонов в оболочку можно увеличивать объем аппарата, а наоборот – уменьшать. В случае жесткой внешней оболочки внутренний объем разделяют на две части. Одна из них заполняется легким несущим газом, вторая – балластным (воздухом). Изменяя соотношение между этими объемами управляют высотой полета.

Если заполнение оболочки можно обеспечить за счет запаса давления в баллонах, то обратный процесс потребует наличия на борту специального компрессора. Поэтому такой метод используется крайне редко. Чаще сброс газа из оболочки производится в атмосферу, что ограничивает число циклов «подъем – спуск».

Типичный пример аппарата переменной массы – тепловой воздушный шар, «Монгольфьер». В этом случае объем аппарата остается практически постоянным, но меняется его масса за счет изменения плотности наполняющего оболочку воздуха. Для изменения плотности используется явление теплового расширения газа. При нагреве воздуха внутри открытой снизу оболочки часть его выходит из внутреннего объема, и масса аппарата уменьшается.

Для нагрева в наше время используется газовая горелка. Создатели такого летательного аппарата, братья Жозеф и Этьен Монгольфье, использовали жаровню, на которой жгли твердое топливо. Первоначально это была смесь соломы и овечьей шерсти.

Почему не используются электронагреватели? Самый опасный момент полета – посадка воздушного шара, когда требуется погасить вертикальную скорость. Это можно

сделать с помощью либо быстрого нагрева воздуха, либо с помощью сброса балласта. Электронагреватель соответствующего кратковременного увеличения мощности не обеспечивает, а взятие на борт дополнительного балласта уменьшает полезную нагрузку аэростата.

При длительном отсутствии подогрева монгольфьер начинает постепенно снижаться. Для ускорения этого процесса в его верхней точке устанавливают специальный клапан, позволяющий не дожидаться остывания, а сбросить часть нагретого воздуха.

# Аэростаты

## Изменение массы



## Изменение объема

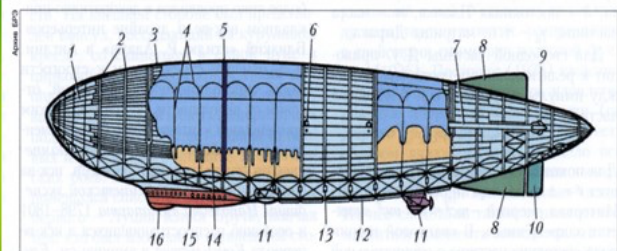
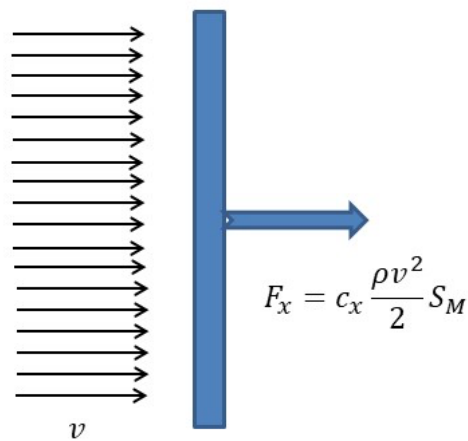


Рис. 1. Схема дирижабля полужесткой системы: 1 – носовое усиление; 2 – пояса жесткости; 3 – наружная оболочка; 4 – тросы внутренней подвески; 5 – диафрагма (перегородка), разделяющая на отсеки объем, заполняемый газом и воздухом; 6 – смотровое окно; 7 – боковой стабилизатор; 8 – верхний и нижний стабилизаторы; 9 – руль высоты; 10 – руль направления; 11 – моторные гондолы; 12 – килевая ферма; 13 – бензобаки; 14 – баллонеты; 15 – пассажирская гондола; 16 – амортизатор.

**2. Аэродинамический способ** создания подъемной силы основан на способности воздуха оказывать давление на поверхность, препятствующую его движению. Подъемная сила возникает вследствие обтекания тела особой формы воздушным потоком. Для поддержания полета этим аппаратам требуется наличие частей, постоянно перемещающихся в воздухе. Такими частями могут быть воздушные винты, лопасти компрессора и турбины реактивного двигателя либо весь аппарат целиком (движение планера).

Возникающая при этом аэродинамическая сила зависит от размеров тела (площадь миделя), плотности и скорости движения воздушного потока (скоростной напор), формы и режима обтекания тела (коэффициент аэродинамической силы). При этом наибольшим сопротивлением ( $c_x = 1.2$ ) обладает плоская пластина, перпендикулярная к вектору скорости потока.

## Аэродинамическая сила

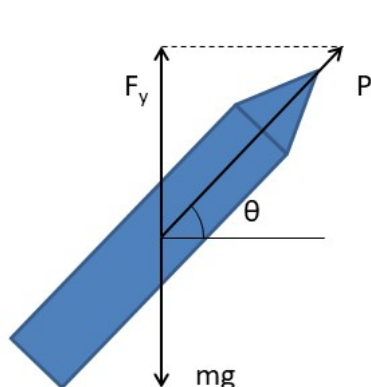


**3. Реактивный способ.** Здесь подъемной силой является проекция на вертикальную ось силы тяги реактивного или ракетного двигателя. Некоторые авторы исключают этот принцип, говоря, что это все-таки не подъемная сила, а часть силы тяги. Аппараты, использующие данный принцип – ракеты и реактивные снаряды.

Первые зенитные ракеты стартовали с наклонной направляющей, развернутой в сторону цели. Из-за малого начального угла возвышения  $\theta$  такой запуск требовал на

начальном участке значительно большей силы тяги. Для этого применялась первая ступень в виде порохового ускорителя большой мощности. Это предъявляло к конструкции ракеты повышенные прочностные требования, из-за чего впоследствии от наклонного старта больших ракет отказались. В наше время он используется только для ракет малой стартовой массы, например, переносных зенитных и противотанковых.

## Реактивная подъемная сила



Подъемная сила  $F_y$  – проекция силы тяги  $P$  на вертикальную ось

### III. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Из закона Архимеда следует, что подъемная сила аэростата зависит от соотношения средних плотностей аппарата и среды. Поскольку плотность – это отношение массы тела к объему, управлять средней плотностью можно, изменяя либо объем аппарата, либо его массу.

Для изменения объема аппарат должен содержать в своем составе эластичную оболочку, заполняемую из бортовых баллонов легким газом (водородом или гелием).

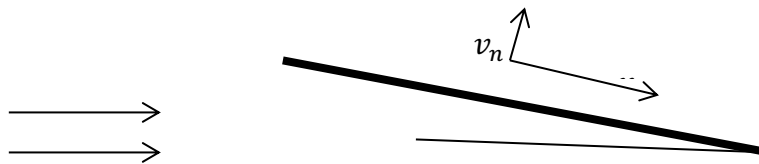
Если заполнение оболочки можно обеспечить за счет запаса давления в баллонах, то обратный процесс потребует наличия на борту специального компрессора.

Аэродинамическая сила зависит от размеров тела (площадь миделя), плотности и скорости движения воздушного потока (скоростной напор), формы и режима обтекания тела (коэффициент аэродинамической силы).

### Задание.

Рассчитайте скорость воздушного потока, если плоскость массой 10 кг и площадью 1 м<sup>2</sup>, установленная под углом к потоку 5°, поднимется в воздух. Коэффициент аэродинамической силы принять равным 1.2, плотность воздуха – 1 кг/м<sup>3</sup>.

### Решение задач.



Скорость набегающего потока разложим на две составляющие: параллельную плоскости  $v_\tau$  и перпендикулярную  $v_n$ . Аэродинамическая сила будет создаваться только последней. Значение этой скорости равно:

$$v_n = v * \sin(5^\circ)$$

Соответственно значение аэродинамической силы:

$$F = 1.2 * \frac{\rho v_n^2 S}{2} = 0.6 * v_n^2$$

Плоскость поднимает вверх вертикальная проекция этой силы:

$$F_y = 0.6 * v_n^2 \cos(5^\circ) = 0.6 v^2 \sin^2(5^\circ) \cos(5^\circ)$$

Приравняв эту силу к весу плоскости, выражаем скорость:

$$v = \sqrt{\frac{mg}{0.6 * \sin^2(5^\circ) \cos(5^\circ)}} \approx 147 \text{ м/с}$$

Ответ: скорость воздушного потока 147 м/с.

---

#### *IV. Практическая работа 2: Изготовление воздушного шара (небесного фонарика)*

Задание на практическое занятие:

Изготовить конструкцию воздушного шара (небесного фонарика).

**ВАЖНО: перед выполнением практического занятия с обучающимися проводится инструктаж по технике безопасности:**

1) При работе в классе:

- работу начинай только с разрешения учителя. Когда учитель обращается к тебе, приостанови работу. Не отвлекайся во время работы;

- не пользуйся инструментами, правила обращения с которыми не изучены;

- употребляй инструменты только по назначению;

- не работай неисправными и тупыми инструментами;

- при работе держи инструмент так, как показал учитель;

- инструменты и оборудование храни в предназначенном для этого месте. Нельзя хранить инструменты и в беспорядке;

- содержи в чистоте и порядке рабочее место;

- раскладывай инструменты и оборудование в указанном учителем порядке;

- не разговаривай во время работы;

- выполняй работу внимательно, не отвлекайся посторонними делами;

- во время перемены необходимо выходить из кабинета;

- по окончании работы убери свое рабочее место.

- соблюдай порядок на своем рабочем месте;

- перед работой проверь исправность инструментов;

- не работай ножницами/канцелярским ножом с ослабленным креплением;

- работай только исправным инструментом: хорошо отрегулированными и заточенными ножницами/канцелярским ножом;

- работай ножницами/канцелярским ножом только на своем рабочем месте;

- следи за движением лезвий во время работы;

- ножницы клади справа, сомкнутыми лезвиями от себя;

- передавай ножницы кольцами вперед с сомкнутыми лезвиями;

- не оставляй ножницы/канцелярский нож открытыми;

---



- 
- храни ножницы/канцелярский нож в чехле лезвиями вниз или в специально отведенном для этого месте;
  - не играй с ножницами/канцелярским ножом, не подноси ножницы/канцелярский нож, не роняй ножницы/канцелярский нож;
  - используй ножницы/канцелярский нож по назначению;
  - не проверяй остроту лезвий пальцем.

- **запуск происходит строго на открытом пространстве. Обязательно присутствие учителя!**

**Оборудование, инструменты и материалы:**

- а) пять больших кусков обёрточной бумаги или вощёной бумаги;
- б) скотч;
- в) медицинский спирт или жидкость для зажигалок;
- г) кухонная губка или схожий абсорбирующий материал;
- д) ножницы;
- е) провода;
- ж) зажигалка или спички.

**Инструкция (Полная инструкция с иллюстрациями дана в презентации "Создание небесного фонарика"):**

1. Подготавливаем необходимые материалы.
2. Соединяем вместе листы бумаги.
3. Сворачиваем шарик в цилиндр.
4. Присоединяем верхушку.
5. Завершаем крышу. Вращайте и закрепите каждую сторону крыши. Он должен теперь иметь только одну открытую сторону. Еще раз проверьте, что в соединениях нет зазоров.
6. Делаем источник огня. Подвязывает кусочек губки за провода и за край шара.
7. Готовимся зажигать. Промокните мочалку в спирте или смеси для зажигалки, не задев бумажные части. Это проще всего сделать, если вы готовите фонарик к запуску не в одиночку. Один человек может держать, а другой промакивать губку.

---

8. Зажигаем и запускаем. Наконец, когда наступит момент зажечь губку, это делать удобно не в одиночку, но если вы будете аккуратны, то сможете зажечь её и в одиночку.