Управление образования администрации Московского района города Нижнего Новгорода МБОУ лицей №87 им. Л.И. Новиковой

Исследовательская работа «Почему самолеты взлетают»

Проект испытательного стенда для изучения подъемной силы крыла

Автор работы: Смышляев Александр,

9 лет

Руководитель: Галатонова Т.Е.,

учитель технологии

Оглавление

Введение
Глава 1. Движение тела в воздушном потоке
1.1. Основные положения аэродинамики
1.2. Силы, действующие на движущееся тело
Глава 2. Экспериментальное исследование взаимосвязи формы крыла и аэродинамической силы
2.1. Изучение действия силы сопротивления на тела различной формы 9
2.2. Изучение подъемной силы при различных формах крыла и разном угле атаки
Заключение
Список литературы22

Введение

Человек живет в удивительном мире Природы. С давних времен люди задумывались о многообразии форм в Природе, ее загадках. Многие изобретения явились как следствие вдумчивого наблюдения за природой. Одним из достижений человека, навеянным такими наблюдениями, стал полет человека. Сейчас уже никого не удивить тем, что ты летел на самолете. Но это же удивительно! Такая огромная, тяжелая машина отрывается от земли и летит в воздухе. Почему это происходит? Исследованию этого вопроса посвящена данная работа.

В процессе размышления над вопросом возникла гипотеза: «Самолеты взлетают благодаря высокой скорости при разгоне по взлетной полосе». При дальнейшем рассмотрении данного вопроса, было выявлено, что все летающие объекты в природе имеют крылья. <u>Гипотеза</u> была уточнена: «Самолеты взлетают благодаря скорости и крыльям».

<u>Цель работы</u>. Выяснить, каким образом крыло влияет на процесс взлета самолета.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие <u>задачи</u>:

- 1. Изучить литературу и интернет-источники по вопросу исследования.
- 2. Разобраться в вопросах движения тел в воздушном потоке.
- 3. Выяснить, какие характеристики крыла оказывают влияние на взлет самолета.
- 4. Изготовить крылья различных профилей и стенд для испытаний.
- 5. Провести испытания крыльев в воздушном потоке.

Глава 1. Движение тела в воздушном потоке

1.1. Основные положения аэродинамики

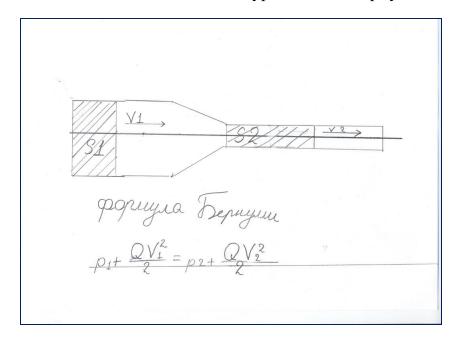
В процессе изучения литературы было выяснено, что движение тела в воздухе подчинено определенным законам. Изучением этих законов занимается аэродинамика. Аэродинамика — наука, изучающая законы движения воздуха и силовое взаимодействие между телом и обтекающим его воздухом [1]. Если мы рассматриваем движение самолета, вертолета, парашюта, птицы, кленового семечка, смерча, везде мы встречаемся с особенностью аэродинамического воздействия воздуха.

Рассмотрим основные положения аэродинамики:

- 1. При движении потока воздуха по аэродинамической трубе или при обтекании различных тел, чем меньше площадь сечения или больше длина пути обтекания, тем выше скорость потока. То есть в узком месте движение ускоряется, в широком месте замедляется.
- 2. Там, где скорость потока больше, давление меньше и наоборот.

В узком сечении трубы скорость больше, чем в широком, поэтому в сужающейся трубе газ движется ускоренно. Ускорение возможно только под действием силы. Эта сила создается разностью давлений. Следовательно, давление в широкой части трубы должно быть больше, чем в узкой.

Это положение описывается уравнением Бернулли.



 $p_1+rac{QV_1^2}{2}=p_2+rac{QV_2^2}{2}$, где p_1 , p_2- статические давления в сечениях 1 и 2; $rac{QV_1^2}{2}$, $rac{QV_2^2}{2}$ - скоростные напоры в сечениях 1 и 2.

Работу уравнения Бернулли мы проверили экспериментально. Для этого взяли два листа бумаги, расположили их примерно на расстоянии 4-5 см друг от друга и подули со стороны образовавшегося туннеля.



Листы начали сближаться! (А мы-то думали, они отодвинутся друг от друга еще дальше).



Что же получается. Когда мы дуем, воздух движется и в туннеле и вне его. В туннеле он движется быстрее, так как площадь сечения меньше (используем положение 1). Раз скорость потока воздуха в туннеле больше, чем вне туннеля, значит давление воздуха на листы внутри туннеля меньше, чем вне. Поэтому листы сближаются. Итак, положение 2 работает!

1.2. Силы, действующие на движущееся тело

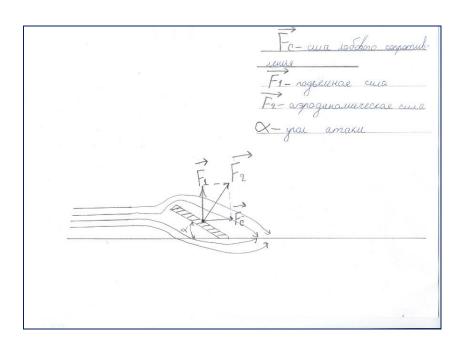
Таким образом, мы выяснили, каким законам подчиняется воздушный поток. Теперь рассмотрим, как некоторое тело движется в воздухе. При движении тела воздух препятствует движению. Это может наблюдать каждый, кто движется достаточно быстро. Такое противодействие воздуха телу называют силой лобового сопротивления. Эта силу можно ощутить на себе, например, при спуске на лыжах с горы. Причем, она будет ощущаться по-разному, если едешь в полный рост и если сгруппируешься. Возникновение лобового сопротивления объясняется разностью давления перед телом и сзади него и трением воздуха о поверхность тела, вызывающим вихреобразование за движущимся телом.

Понятно, что лобовое сопротивление мешает самолету при взлете и его нужно стараться уменьшить. Наша задача: выяснить, какая форма крыла имеет меньшее сопротивление.

Кроме того на движущееся в воздушном потоке тело действует подъемная сила. Ее действие можно увидеть, например, при запуске воздушного змея. Так же при запуске змея важно его исходное положение, угол, под которым змей встречается с воздушным потоком. В литературе его называют углом атаки.

Итак, возникает еще две практические задачи: исследовать, как форма крыла влияет на подъемную силу и как угол атаки влияет на подъемную силу.

Сила сопротивления и подъемная сила складываются в аэродинамическую силу, действие которой на тело равноценно действию этих сил.



Всегда ли подъемная сила поднимает тело? Мы решили поэкспериментировать. Взяли лист картона, ребром поставили его на ладонь и побежали. Когда лист относительно воздушного потока направлен вверх, он сам держится на ладони и даже поднимается.



Если же лист расположен параллельно потоку или вниз, лист опускается. Получается, действительно, угол атаки играет важную роль при работе подъемной силы.

Конструкторы самолетов стремятся, чтобы крыло самолета при малом лобовом сопротивлении имело большую подъемную силу. В этом случае для продвижения самолета требуется меньшая мощность двигателя. Характеристикой качества профиля служит отношение подъемной силы F_1 к силе лобового сопротивления F_{c} . Это отношение называют аэродинамическим качеством:

$$K = \frac{\overrightarrow{F_1}}{\overrightarrow{F_c}}.$$

В аэродинамических расчетах обычно используют не значения подъемной силы и силы лобового сопротивления, а их коэффициенты C_x и C_y . Их находят опытным путем, продувая модели крыльев в аэродинамической трубе, и с помощью аэродинамических весов измеряют подъемную силу.

Итак, в данной главе мы рассмотрели теоретические положения движения тела в воздушном потоке и выяснили, какие характеристики крыла могут повлиять на взлет самолета. Далее нам необходимо опытным путем подтвердить полученную информацию.

Глава 2. Экспериментальное исследование взаимосвязи формы крыла и аэродинамической силы

2.1. Изучение действия силы сопротивления на тела различной формы

В предыдущей главе мы выяснили, что для взлета самолета необходимо действие аэродинамической силы, которая раскладывается на две: силу лобового сопротивления и подъемную силу. Кроме того, в предыдущей главе были поставлены задачи для эксперимента.

Задача 1 – выяснить, какая форма крыла имеет меньшее сопротивление.

Для решения данной задачи отвлечемся от самолета и рассмотрим, какое сопротивление встречают при движении предметы разной формы. В качестве среды движения предметов возьмем воду — более плотную, чем воздух. В такой среде тела будут двигаться медленнее и нам будет удобнее за ними наблюдать.

Для эксперимента использовались следующие фигуры, вылепленные из пластилина: капля, куб, конус.



Перед испытанием фигуры взвешивались для соблюдения одинаковой массы.

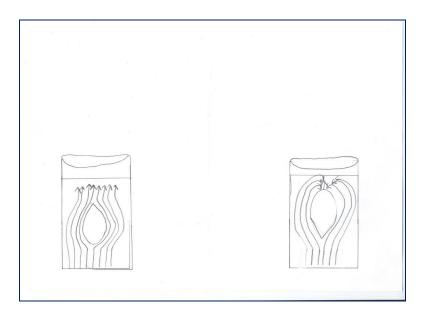


Турнир1. Капля носиком вверх и капля носиком вниз – кто быстрее.



Получили, что капля носиком вверх достигает дна быстрее, чем капля носиком вниз. Почему? Потому, что капля носиком вниз во время движения переворачивается в положение носиком вверх и тратит на это время.

Почему капля переворачивается? Струи воды, как и воздуха, встречая на пути какое-либо тело, расступаются и огибают тело мягко, если тело обтекаемой формы и образуют завихрения среды, если тело труднообтекаемой формы.



В данном опыте мы как раз и наблюдаем действия завихрений на каплю носиком вниз, которые переворачивают каплю.

Турнир2. Капля и куб – кто быстрее.

Здесь удалось даже заснять момент падения и можно видеть, что кубик чутьчуть отстает. Кубику помешали выиграть создаваемые им завихрения.



Турнир 3. Капля и конус.

И опять выигрывает капля, благодаря своей хорошо обтекаемой поверхности.

Итак, капля – полный победитель! А мы делаем вывод, что для уменьшения силы сопротивления необходима конструкция обтекаемой формы.

Рассматривая крылья самолетов, можно увидеть, что они утолщены спереди и заужены сзади, т.е. чем-то отдаленно напоминают каплю.



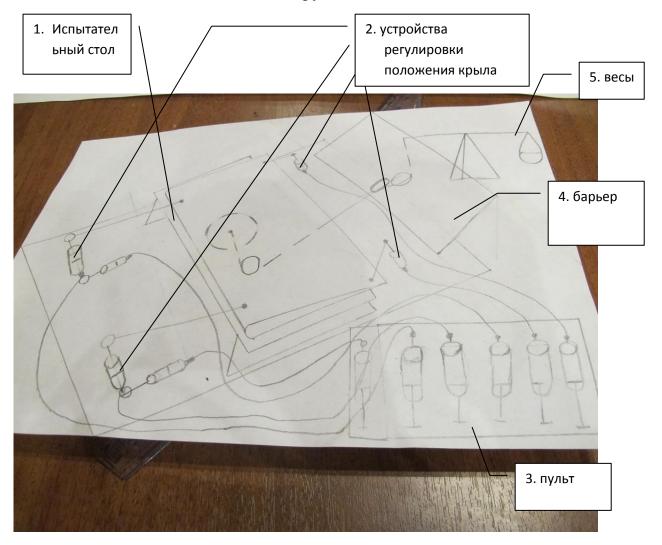
2.2. Изучение подъемной силы при различных формах крыла и разном угле атаки

Для решения следующих **задач – изучить, как форма крыла и угол атаки влияет на возникающую подъемную силу**, был спроектирован и построен стенд для испытаний.



Стенд состоит из следующих частей:

- 1. Испытательный стол.
- 2. Гидравлическое устройство регулировки положения крыла относительно потока воздуха.
- 3. Пульт дистанционного управления.
- 4. Барьер для защиты весов от потока воздуха.
- 5. Весы с комплектом блоков и грузов.



Изготовление стенда

Основание стенда и основные детали изготовлены из монолитного поликарбоната и скреплены винтами и шурупами.



Затем на основание стенда была смонтирована гидравлическая система регулировки положения крыла относительно потока воздуха с выносным пультом дистанционного управления.



Гидравлическая система изготовлена из шприцов на 20 мл, трубочек от капельниц и поликарбоната. Детали закреплены хомутами, винтами и изолентой. Гидравлическая система заполнена водой. Данная система позволяет регулировать каждый угол крыла по вертикали и горизонтали.

Для этого напротив каждого угла крыла смонтирована пара шприцов, соединенных между собой под углом 90°





Степень выдвижения штока каждого шприца регулируется таким же шприцом, закрепленном на пульте дистанционного управления.

Пульт дистанционного управления соединяется с исполнительными шприцами трубочками от капельниц. Таким образом, при нажатии на шток какого-либо шприца на пульте управления создается давление воды и с помощью трубочки передается в соответствующий исполнительный шприц стенда. Шток исполнительного шприца выдвигается под действием давления воды и изменяет положение соответствующего угла крыла, которое прикреплено к штоку исполнительного шприца с помощью нитки.

Для измерения подъемной силы на стенде закреплены также весы. Чтобы избежать влияния воздушного потока на весы, на стенде сделан защитный барьер. Для весов используются грузы 2, 3 и 5 грамм. Грузы

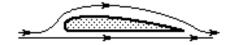


изготовлены из пластилина, их вес выверен на обычных весах. Подъемная сила крыла весам передается с помощью нити и блоков.



Работа с крыльями

Следующая наша задача: изучить, как форма крыла влияет на возникающую при движении подъемную силу. Для возникновения этой силы необходима разница давлений под крылом и над крылом. Под крылом давление должно быть больше, значит скорость движения воздуха должна быть меньше (здесь используем положение Бернулли), соответственно и путь перемещения воздуха должен быть меньше. Над крылом, наоборот, давление должно быть меньше, скорость движения больше, путь длиннее. При том, что меньшее сопротивление при движении имеет тело формы капля, получаем следующую форму крыла.



Возникает гипотеза: крыло несимметричной формы имеет большую подъемную силу, чем крыло симметричной формы. Проверим это экспериментально, изготовив крылья различной формы.



Описание работы стенда.

Крыло размещается на рабочем столе и прикрепляется к устройствам регулировки положения крыла и весам.



Затем на весы помещается минимальное количество груза. Производится регулировка крыла положения cC пульта. помощью помощью вентилятора подается поток воздуха. Измеряется величина подъемной силы. Вес грузов увеличивается. постепенно Затем изменяются параметры положения крыла или крыло заменяется на крыло другой формы и измерения повторяются.

Проведение испытаний

В испытаниях использовались два крыла различной формы: симметричной и несимметричной. Сила воздушного потока в течение испытания не изменялась. В ходе испытаний измерялась подъемная сила крыла при различных параметрах. Оба крыла испытывались при нулевом угле атаки и положительном угле атаки. Результаты измерений были сведены в таблицу:

	Угол атаки	Поднимаемый вес (граммы)			
		2	3	5	10
Симметричное крыло	α=0	_	_	_	_
	α>0	+	+	_	_
Несимметричное крыло	α=0	+	+	_	_
	α>0	+	+	+	+

Заключение

В ходе работы было выяснено, что движение тел в воздухе подчинено законам аэродинамики: 1) чем меньше площадь сечения или площадь обтекания, тем выше скорость потока; 2)там, где скорость потока больше, давление меньше и наоборот. Было рассмотрено, что при движении в воздушном потоке на тело действуют две силы: сила сопротивления и подъемная сила, которые складываются в аэродинамическую силу. Было изучено влияние формы тела на сопротивление при движении в воде и установлено, что меньшим сопротивлением обладает тело формы капля. Для изучения подъемной силы был изготовлен стенд и два вида крыла: симметричной формы и несимметричной формы. Благодаря гидравлической системе на стенде стало возможным менять угол атаки, а благодаря весам — измерять появляющуюся подъемную силу. В результате испытаний было установлено, что большая подъемная сила при прочих равных условиях возникает для крыла несимметричной формы.

Таким образом, все поставленные в исследовании задачи были решены, цель достигнута. Гипотеза, что на взлет самолета влияет не только скорость, но и форма крыла – подтверждена.

Список литературы

- 1. Казневский В.П. «Аэродинамика в природе и технике». М.: Просвещение, $1985.-127~\mathrm{c}.$
- 2. Энциклопедический словарь юного техника. М.: Педагогика, $1980.-512~\mathrm{c}.$