Физика полета модели

Гончаренко Р. С.
Физика
1 курс, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
Научный руководитель: Овчинникова И. В., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Введение

Самолёт – величайшее творение разума
и рук человеческих. Он не подвластен
никаким авторитетам, кроме лиц,
уважающих лётные законы.

Н.Е.Жуковский

С древних времен люди мечтали о полетах. Эту мысль можно увидеть в сказках и мифах, например, легенда о Дедале и Икаре.

Впервые люди поднялись в небо 19 октября 1783. Это был первый полет на воздушном шаре, совершили его братья Монгольфье. В 1884 году Шарль Ренар и Артур Кребс построили дирижабль, но только в 1903 году братья Райт сконструировали биплан, первый его полет состоялся 17 декабря того же года. На основе данного изобретения совершили множество открытий, позволивших изобретать и совершенствовать самолеты.

В своей работе я хочу проанализировать физику полета модели. Так как это реферативная работа, я не буду рассматривать устройство, характеристики и конструктивные особенности модели.

Основной вопрос, над которым я работала, звучит так: «почему и как модель летает?».

Я считаю, что с этого вопроса должна начинаться работа над проектом самолета.

Данная тема интересна для меня так, как я получаю образование по специальности самолето- и вертолетостроения, кроме того, в течение двух лет я посещала школьный кружок авиамоделирования.

Основная часть

Впервые теоретические основы полета для аппарата тяжелее воздуха разработал Николай Егорович Жуковский в начале 20 века, а требующиеся экспериментальные данные в начале 19 века получили Александр Федорович Можайский, Отто Лилиенталь и другие.

Один из самых главных вопросов: почему самолеты под действием силы тяжести не падают на землю?

Воздух будем считать несжимаемой жидкостью. Значит для обтекающего самолет горизонтального потока воздуха справедливо уравнение Бернулли:

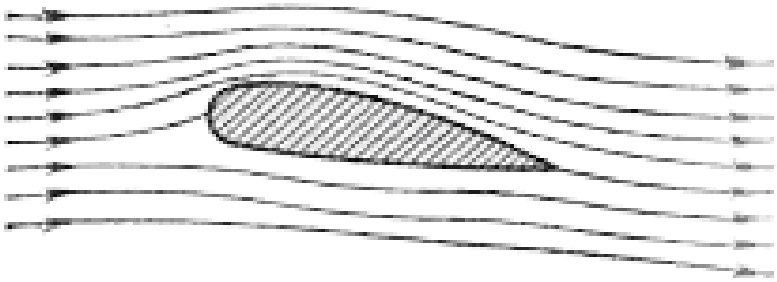
$$\rho v^2/2 + p = const, \qquad (1)$$

где ρ – плотность воздуха, p – давление, v – скорость потока воздуха.

Из формулы (1) можно сделать вывод, что с увеличением скорости воздуха, уменьшается его давление, и наоборот[1].

На рисунке 1 представлена схема обтекания крыла горизонтальным потоком воздуха.

Рисунок 1. Крыло самолета.



Верхняя часть крыла более выгнута, чем нижняя, поэтому воздух, обтекающий нижнюю и верхнюю части крыла, над крылом движется быстрее, чем под ним. Время одно и то же, но путь разный.

Значит, давление воздуха на крыло по уравнению Бернулли сверху меньше, чем снизу.

Из-за разности давлений возникает подъемная сила, уравновешивающая силу тяжести.

Так же нужно помнить, что крыло расположено под определенным углом α к встречному потоку воздуха. Этот угол называется углом атаки.

Следовательно, сила давления на крыло со стороны потока воздуха направлена под углом к горизонту.

На рисунке 2 X - это сила лобового сопротивления, которую преодолевает сила тяги самолета.

Сила лобового сопротивления действует так же на корпус самолёта.

Когда воздух обтекает крыло, его направление отклоняется от первоначального. Поток «поворачивает» под действием крыла. Николай Егорович Жуковский доказал, что профиль крыла можно заменить вихрем или вращающими цилиндром, направление движения которого такого, что нижняя часть движется навстречу потоку, а верхняя по потоку. Такой эффект получил название «Эффект Магнуса» (рисунок 2).

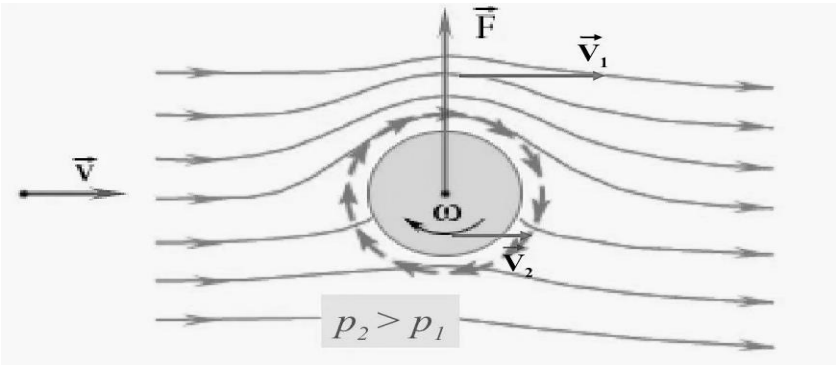


Рисунок 2. Эффект Магнуса.

Аналогично крыло рождает вихрь, который стекает с конца крыла. Энергия вихря рассеивается в пространстве. Этот вихрь можно увидеть, когда самолёт летит в облачности.

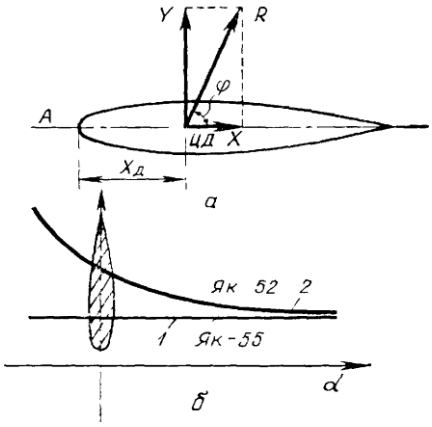


Рисунок 3. Центр тяжести.

Центр тяжести - это точка приложения равнодействующей сил давления воздуха, распределённых по всей поверхности крыла. То есть, все силы, которые действуют на самолёт со стороны воздуха, теоретически заменяют одной силой, приложенной в точке, которую называют центром давления. Центр давления изображён на рисунке 3[2].

Взаимное расположение центра тяжести и центра давления называют центровкой. В зависимости от расположения центров центровка бывает передней и задней. Обычно применяют переднюю центровку. Реже центр тяжести располагают за центром давления, тогда конструкцию называют «уткой».

Чтобы самолёт был устойчивым, при малом повороте корпуса в вертикальной плоскости должен возникать «возвращающий» момент сил, данная регулировка должна быть автоматической. Эту проблему решает хвостовое оперение, называемое стабилизатором. При малом отклонении хвоста самолёта вниз или вверх в стабилизаторе возникает сила, возвращающая самолёт в исходное положение. У самолёта шесть степеней свободы: три перемещения и столько же вращения. Степени свободы перемещения - вверх-вниз, вправо-влево и вперёд-назад, а перемещения - курс, тангаж, крен. Курс - в горизонтальной плоскости, тангаж - в вертикальной, а крен - в плоскости, которая перпендикулярна оси летательного аппарата (рисунок 4).

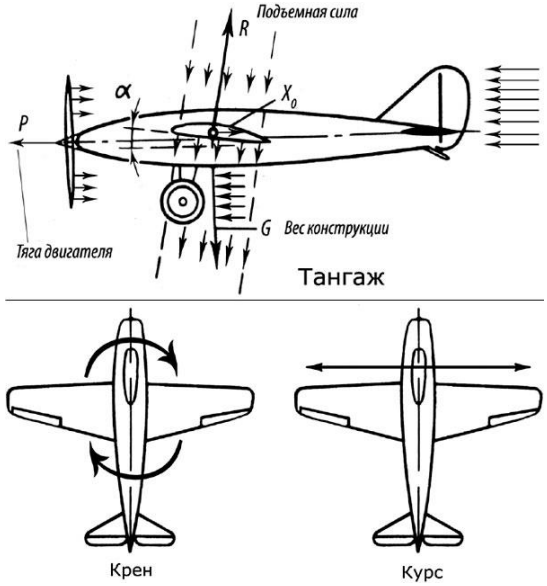


Рисунок 4. Степени свободы вращения.

Управление самолетом невозможно без специальных механизмов.

Один из самых важных механизмов - это элероны. Элероны - поверхности на задней кромке крыла, способные отклонятся на небольшой угол относительно поверхности крыла[3]. Предназначены для выполнения разворотов в плоскости, перпендикулярной оси самолёта.

Не мне важны рули высоты - поверхности на задней кромке стабилизаторов, способные отклоняться на небольшой угол для выполнения разворотов в вертикальной плоскости[4]. Руль направления - поверхность на задней кромке киля самолёта, служащая для выполнения разворотов в горизонтальной плоскости[5].

Важный фактор - это тип крыла (рисунок 5).

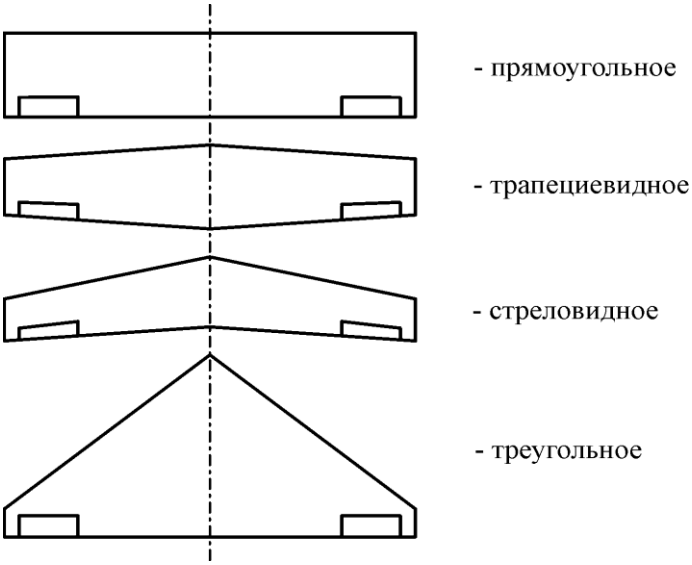


Рисунок 5. Типы крыльев.

Первый тип - прямое крыло - характерен для первых самолетов и современных самолетов, развивающих скорость меньше 700 километров в час. Для самолетов со скоростью менее 160 километров в час применяют парные прямые крылья.

Стреловидное крыло - оно применяется при приближении скорости полёта к 800-900 километрам в час. Такое крыло похоже на наконечник стрелы.

Треугольное крыло - редко применяемая схема, используется на самолетах, скорость которых достигает 2000 километра в час, такие крылья напоминают треугольник.

В современных самолётах часто применяют интегрированное крыло, в таком случае корпус летательного аппарата является частью аэродинамической поверхности и то же создает подъемную силу.

Заключение

В данной работе я изучила взаимосвязь скорости потока воздуха, плотности и давления, аэродинамическую схему крыла, а также ее влияние на скорость полёта и так далее.

Я поняла, что на модель влияют множество факторов, которые нужно учитывать при проектировании летательного аппарата.

Следующим этапом моей работы станет подтверждение теории практикой. На базе кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов я проведу ряд опытов для проверки данных приведённых в работе.

Список использованных источников и литературы

1. Болонкин, А.А. Теория полета летающих моделей /А.А. Болонкин – Москва,1992. – 9 с.
2. Стариков, Ю. Н. Основы аэродинамики летательного аппарата / Ю.Н. Стариков, Е.Н. Коврижных – Ульяновск, 2004.- 28 с.
3. Элероны[Электронный ресурс].- Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Элероны
4. Руль высоты[Электронный ресурс].- Режим доступа: https://wiki2.org/ru/Руль_высоты
5. Руль направления[Электронный ресурс].- Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Руль_направления