**Подъёмная сила как пример проявления эффекта Магнуса**

***Ли Юйси***

*Студент (магистр)*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*Институт русского языка и культуры, Москва, Россия*

*E-mail: 2448540804@qq.com*

Для того, чтобы подняться в воздух самолёту нужно преодолеть гравитацию. Самолёт, который тяжелее воздуха, может летать благодаря крыльям и подъёмной силе крыла.

Крыло самолёта предназначено для создания подъемной силы, необходимой для поддержки самолёта в воздухе. От размеров и формы крыла зависят лётные качества самолёта. Наибольшее расстояние между концевыми точками прямого крыла называется размахом крыла. Поперечное сечение крыла, т.е. сечение его плоскостью, перпендикулярной размаху, параллельно оси самолета, называется профилем крыла. Или проще – вид крыла сбоку. Передний край крыла, которым оно набегает на воздух, называют передней кромкой; задний край - задней кромкой, а расстояние между ними — хордой крыла или хордой профиля.

Подъемная сила крыла зависит от угла между хордой и направлением движения набегающего потока воздуха, который называется углом атаки.

Воздух, который обтекает крыло самолёта, разделяется на два потока: над крылом и под ним. Поскольку линии тока воздуха «прилипают» к поверхности крыла (эффект Коанда) и друг к другу, то, если изменить профиль крыла, воздух будет двигаться вокруг крыла по искривленной траектории и формировать разницу давлений.

При движении в воздушном потоке над крылом давление меньше, чем под ним. Из-за этой разницы возникает подъемная сила. Увеличение угла атаки крыла увеличивает искривление воздушного потока и, как результат, подъемную силу. Она выталкивает крыло самолёта и, соответственно, сам самолёт вверх. Чем скорость выше, тем подъемная сила больше. А если подъемная сила равна весу самолёта, то он летит горизонтально. Скорость зависит от работы двигателя самолёта.

Кроме подъемной есть еще сила сопротивления воздуха, которая имеет значительную величину и эту величину нельзя не учитывать.[1]

При движении профиля под углом к набегающему потоку воздуха этот поток «скашивается» и движется вниз. Поскольку воздух имеет определенную массу, то по закону сохранения импульса на профиль будет действовать сила, которая направлена в обратном направлении (т.е. практически вверх) и которая зависит от массы воздуха. Она тоже будет участвовать в формировании полной аэродинамической силы, а, значит, и подъемной силы профиля, хотя сама она имеет иную природу.

При обтекании профиля (как несимметричного, так и любого другого) эти два вида подъемной силы дополняют друг друга, причем решающую роль (по величине) теперь играет сила, которая возникает в результате наличия угла атаки. Подъемная сила, которая возникает согласно закону Бернулли (чем выше скорость потока, тем давление в нем ниже и, соответственно, наоборот), играет уже второстепенную роль.[2]

Обе эти силы в сумме составляют величину, которая называется полная аэродинамическая сила и которая воздействует на профиль крыла. Приложена она в точке с названием центр давления.

Благодаря этому явлению, летать может практически любая, даже абсолютно плоская пластинка. Для этого необходимо выполнить одно требование: должен быть угол атаки.

Итак, почему же летает самолёт? Взаимодействие воздуха с крылом формирует вокруг крыла области высокого и низкого давления, которые искривляют воздушный поток так, что он огибает крыло. Острая задняя кромка крыла приводит к тому, что в идеальном потоке из всех потенциальных решений уравнений движения реализуется только одно конкретное, которое исключает переток воздуха вокруг острой задней кромки. (Постулат Жуковского-Чаплыгина, он же аэродинамическое условие Кутты [3]: верхний поток будет сдвигать точку, где линия потока соприкасается с поверхностью крыла до тех, пор пока она не окажется строго на задней кромке крыла). Это решение зависит от угла атаки и у обычного крыла имеет область пониженного давления над крылом и область повышенного давления — под ним. Соответствующая разница давлений формирует подъемную силу крыла, заставляет воздух двигаться быстрее над верхней кромкой крыла и замедляет воздух под нижней. Количественно подъемную силу удобно описывать численно через эту разницу скоростей над крылом и под ним в виде характеристики, которая называется «циркуляцией» потока. Теорема Жуковского говорит о том, что циркуляцию потока можно обобщить для произвольного крыла, и позволяет количественно рассчитывать подъемную силу крыла на ее основе. При этом в соответствии с третьим законом Ньютона действующая на крыло подъемная сила означает, что крыло отклоняет вниз часть набегающего воздушного потока — для того, чтобы самолет мог лететь, часть окружающего его воздуха должна непрерывно двигаться вниз. Опираясь на этот движущийся вниз поток воздуха самолет и «летит».

**Литература**

1. Nancy Hall. Incorrect lift theory // NASA. Glenn Research Center. 2022.

2. Marcelo Dasilva. Forces in a Climb // NASA. Glenn Research Center. 2023.

3. A.M. Kuethe and J.D. Schetzer, Foundations of Aerodynamics, Section 4.9