



$g$  - ускорение свободного падения  
 $h$  - высота, на которой находится объект газа

$p$  - давление в точке пространства, где расположен центр массы рассматриваемого элемента жидкости  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА МОСКВЫ  
«КОЛЛЕДЖ ПОЛИЦИИ»**

Дополнительное профессиональное обучение  
«Оператор наземных средств управления беспилотным  
летательным аппаратом»

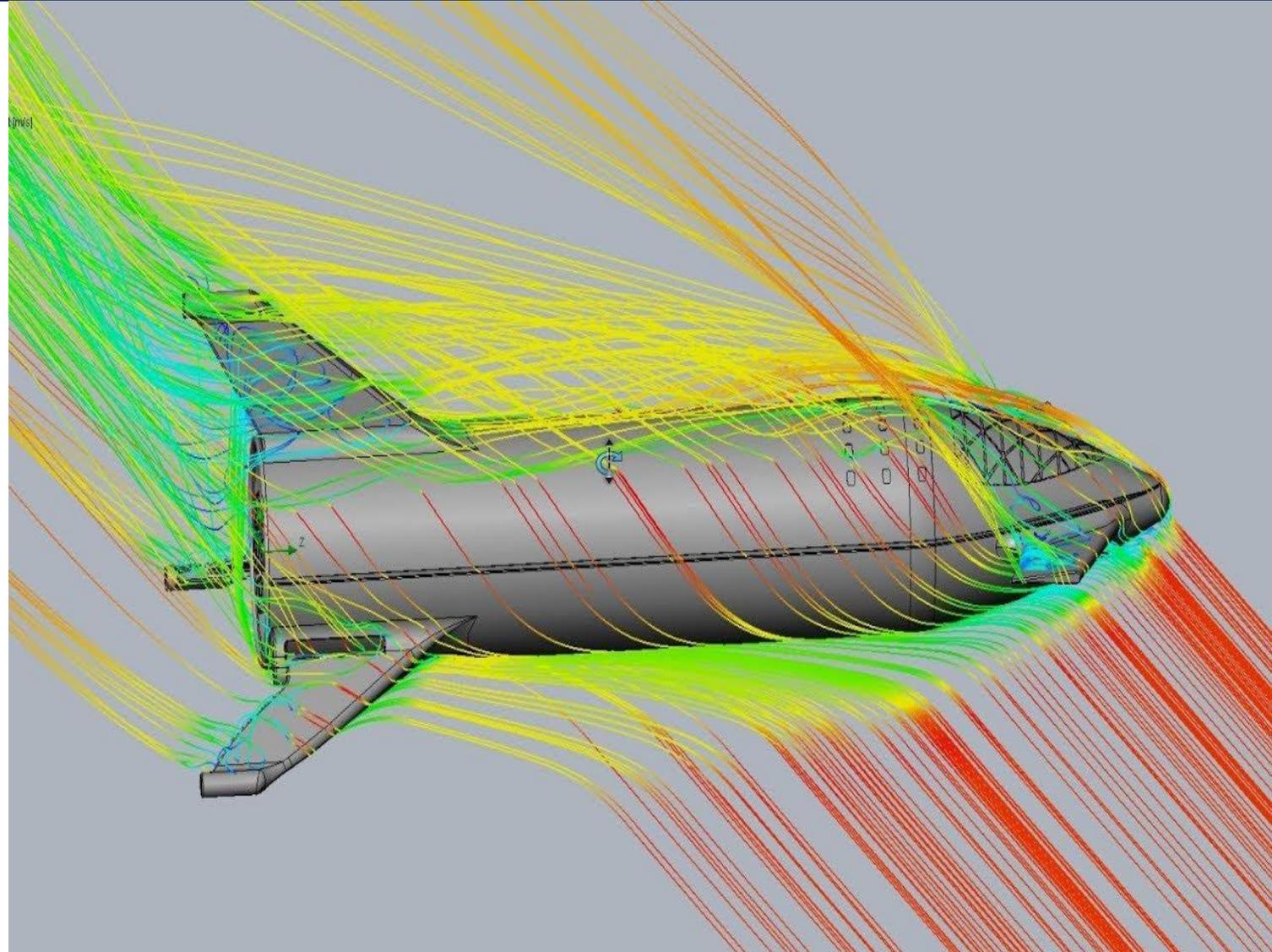
**ЗАНЯТИЕ №6**  
**Винтомоторная группа**



**Преподаватель: Светайло В.М.**

# содержание

1. Аэродинамика
2. Аэродинамические характеристики крыла
3. Аэродинамические характеристики пропеллера
4. Прошивка



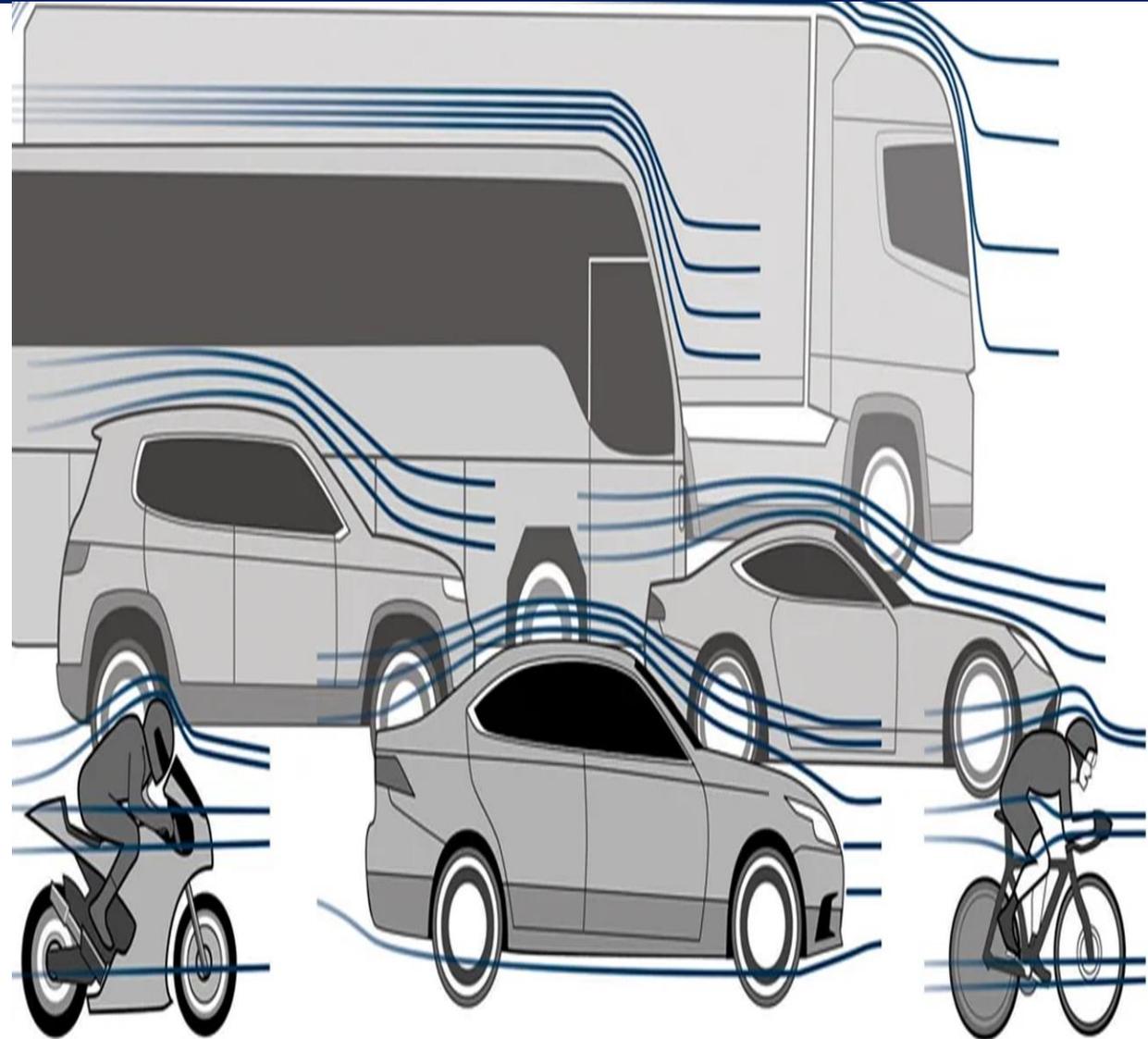
# Первый вопрос

Аэродинамика



# аэродинамика

Аэродинамика - наука о движении воздуха и о механическом взаимодействии между воздушным потоком и обтекаемыми телами



# Задача аэродинамики

Основная задача АЭРОДИНАМИКИ состоит в определении сил и моментов, действующих на летательный аппарат и его части в тех или иных условиях полета



# Закон Бернулли

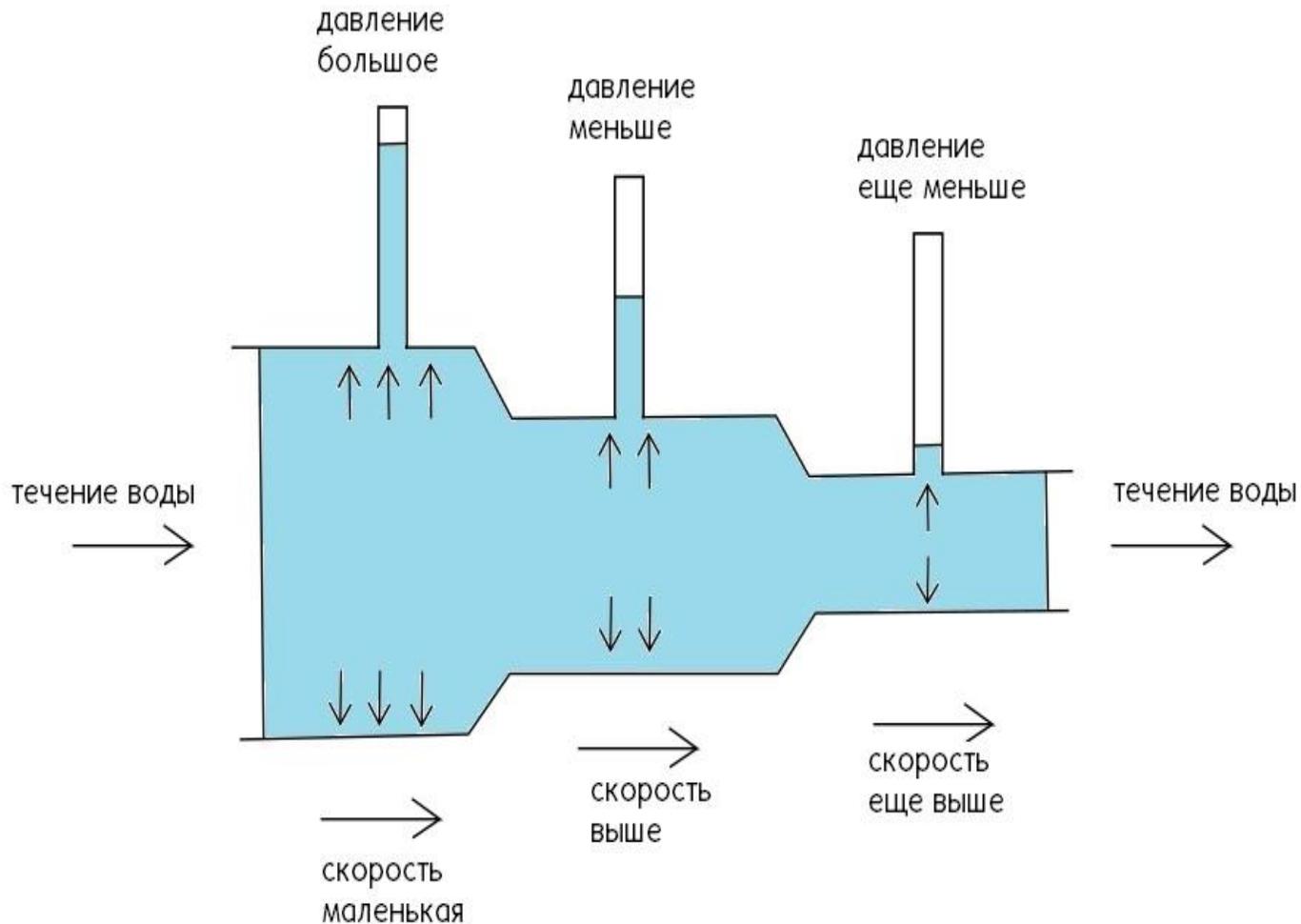
Одним из фундаментальных законов аэродинамики является закон Д. Бернулли

**В тех участках течения жидкости, где скорость больше давление меньше и наоборот**

Данный закон был сформулирован для жидкостей, но он справедлив и для газов.



# Сущность закона

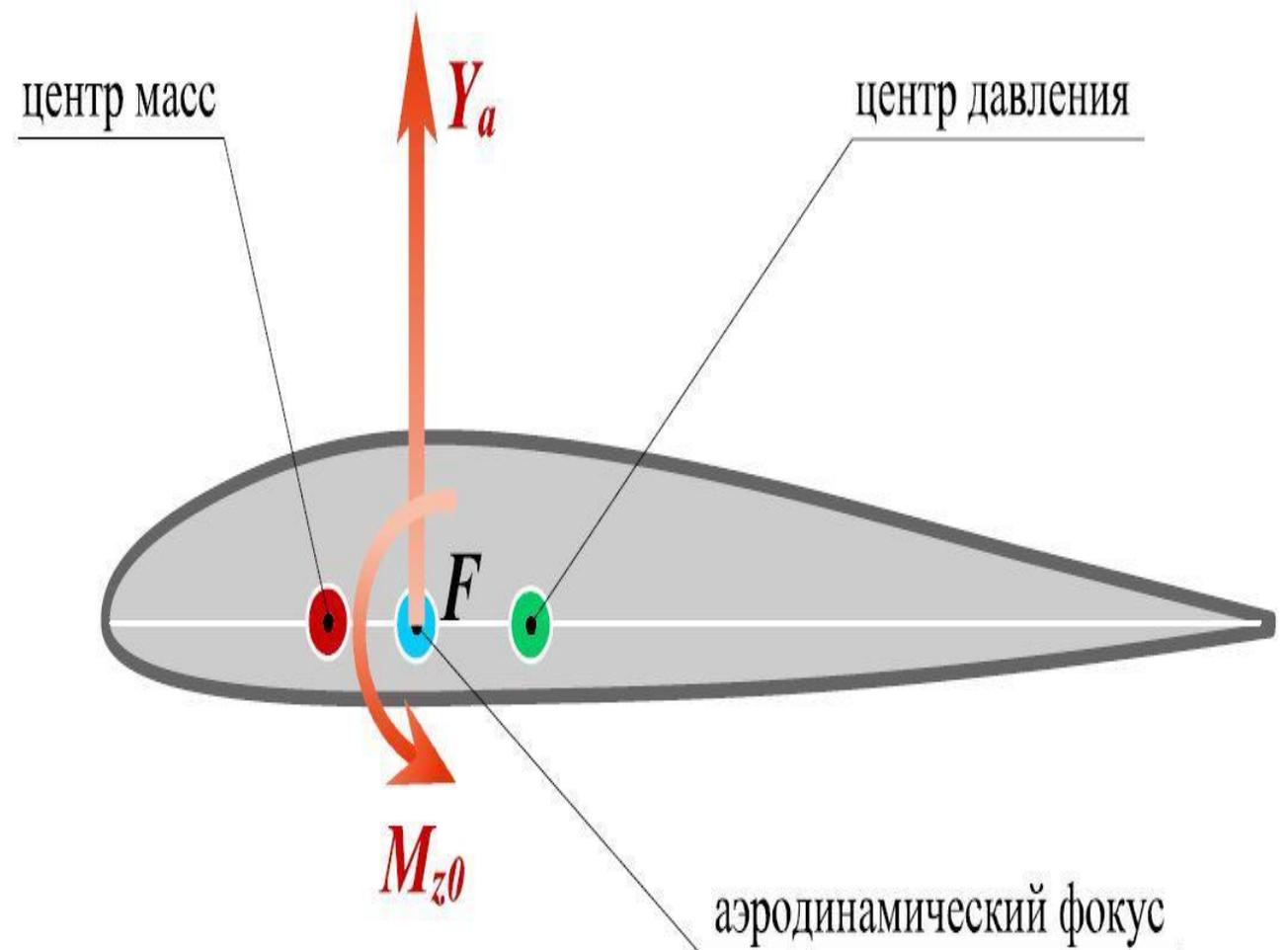


При переходе жидкости с участка трубы с большим сечением на участок с меньшим, скорость течения возрастает, т.е. жидкость движется с ускорением.

Для газов это утверждение также справедливо

# Второй вопрос

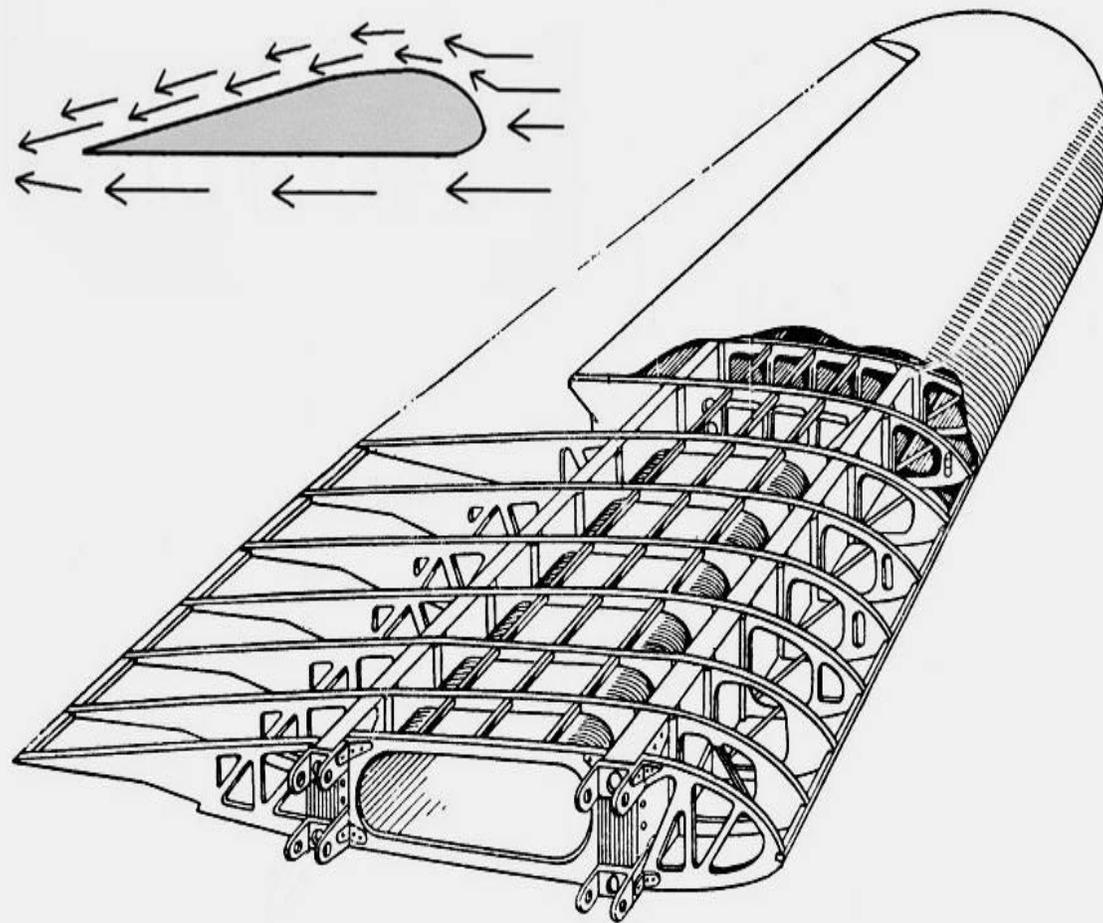
Аэродинамические  
характеристики крыла



# Что такое крыло в авиации ?

Крыло в авиационной технике —

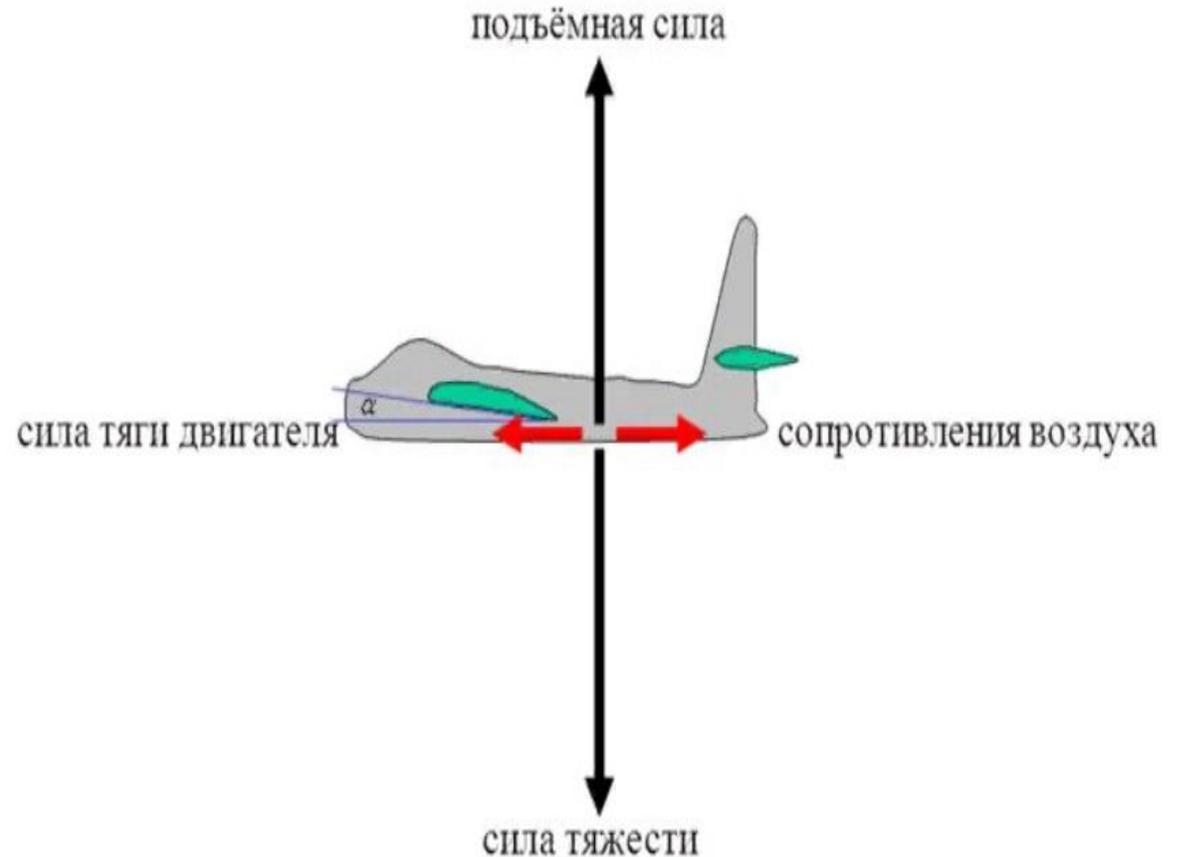
**несущая поверхность,**  
имеющая в сечении по  
направлению потока  
профилированную форму и  
предназначенная для создания  
аэродинамической подъёмной  
силы



# Силы влияющие на крыло

В полете крыло подвергается влиянию многих сил, обусловленных наличием воздуха, но все их можно представить в виде четырех главных сил:

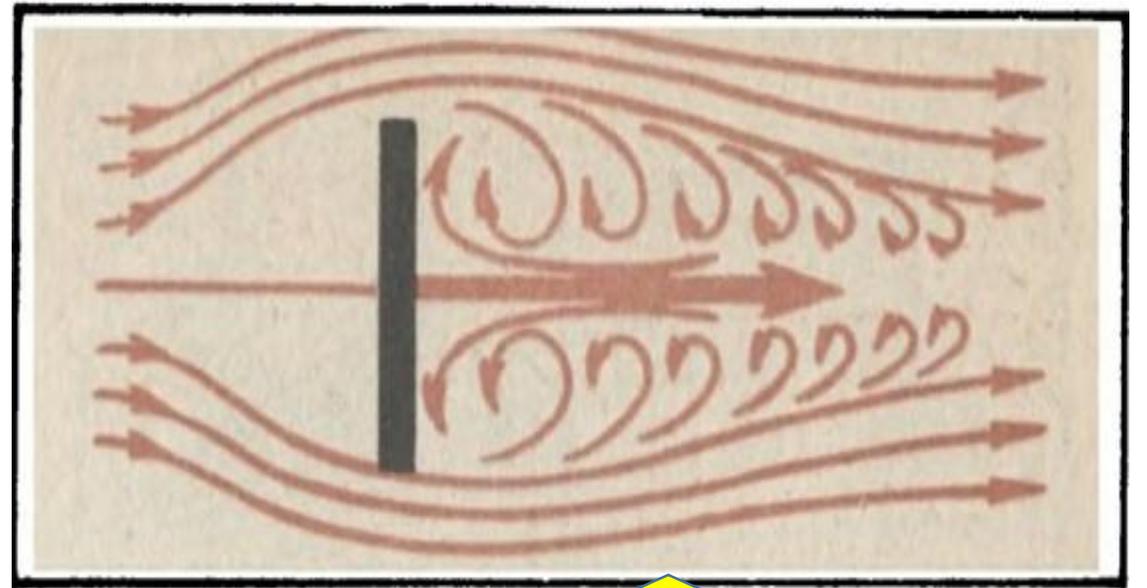
- силы тяжести,
- подъемной силы,
- силы тяги винта
- силы сопротивления воздуха



# Спектр отекаания

Если поместить крыло в аэродинамическую трубу в подкрашенном потоке воздуха, то можно заметить картину обтекания тела воздухом.

Полученная картина называется спектром обтекания.



**никакой подъёмной силы  
не возникает**

# Угол атаки

Под пластинкой давление повышается, а над ней, вследствие срыва струй, получается разрежение воздуха, т. е. давление понижается

Благодаря образующейся разности давлений и возникает аэродинамическая сила

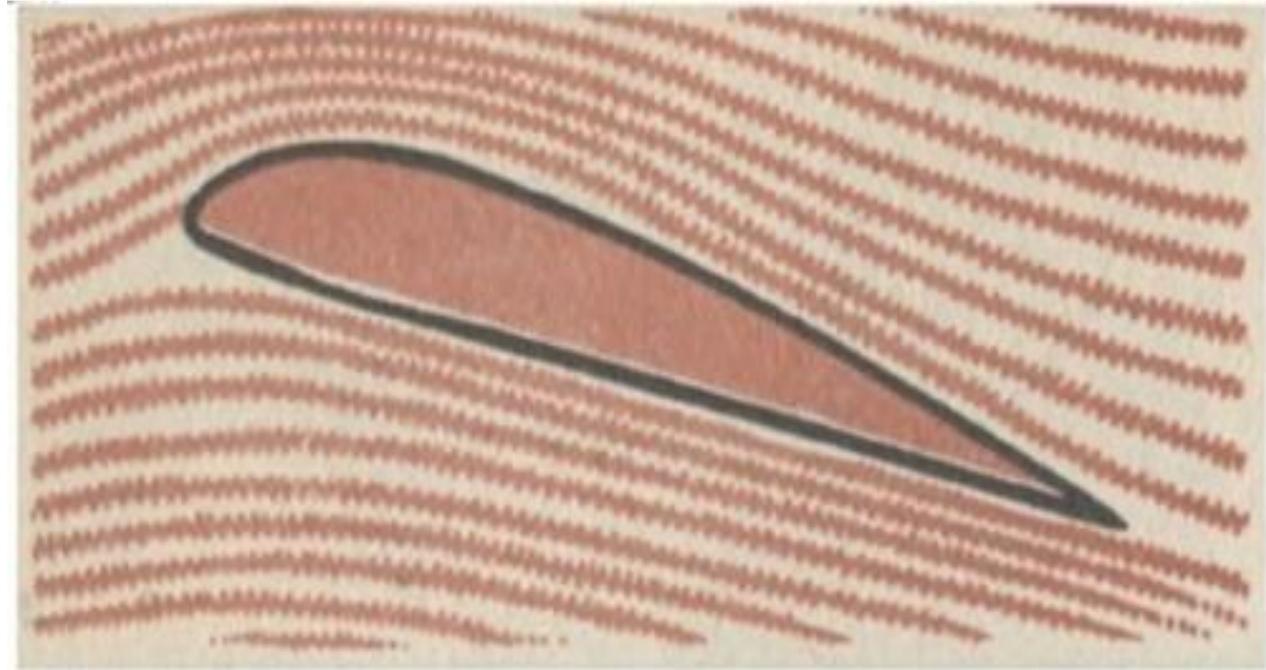
Отклонения аэродинамической силы от вертикали зависит от угла, под которым пластинка поставлена к потоку



**угла атаки**

# профиль поперечного сечения крыла

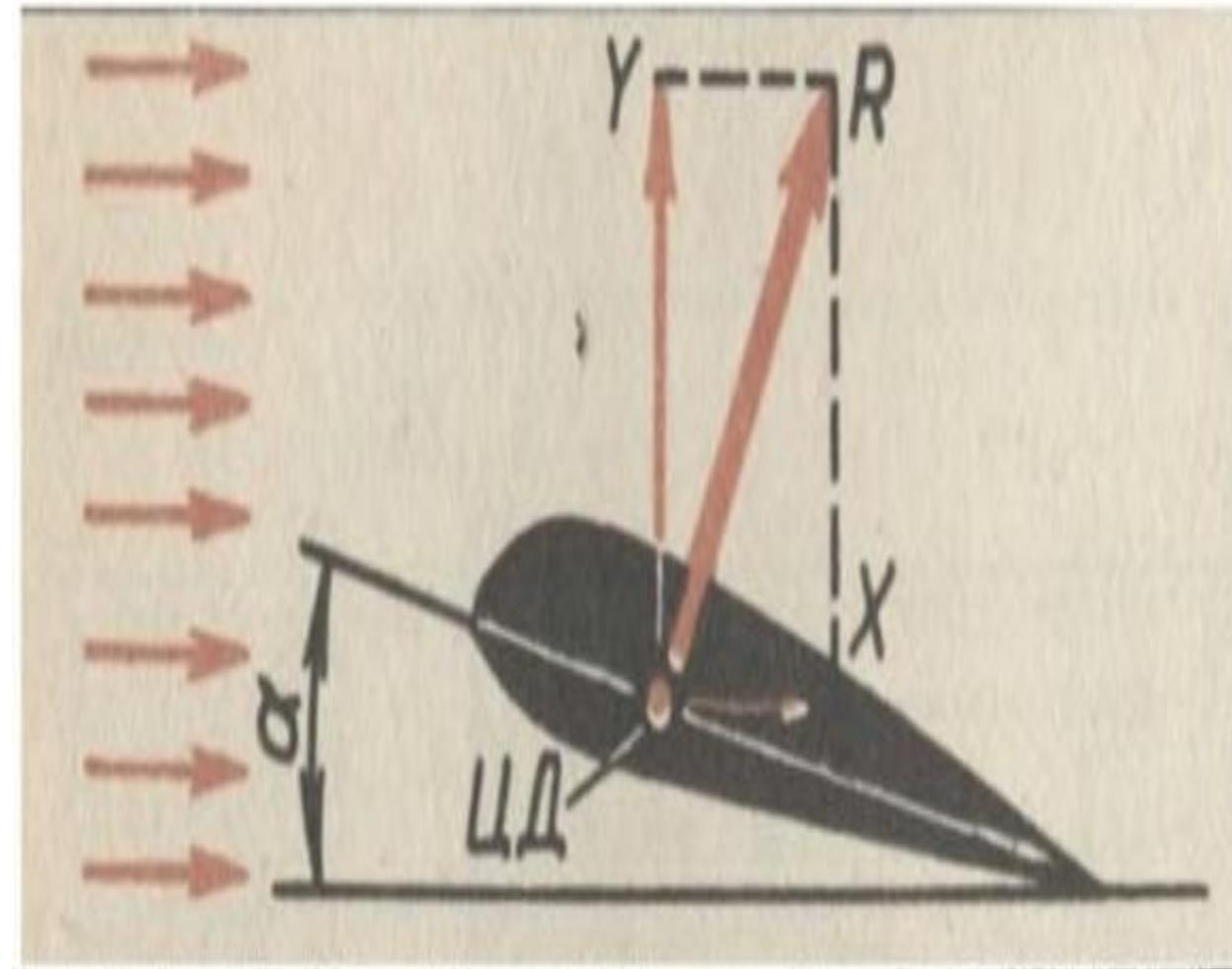
- Одна часть встречного потока воздуха пройдёт под крылом, другая - над ним.
- За счёт выпуклости верхней части крыла, верхние струйки воздуха проходят больший путь в сравнении с нижними.
- Однако количество воздуха, набегающего на крыло - всегда одинаково, значит верхние струйки должны двигаться быстрее.



# Полная аэродинамическая сила

Сила  $R$  называется полной аэродинамической силой крыла.

Точку приложения полной аэродинамической силы называют центром давления крыла (ЦД).



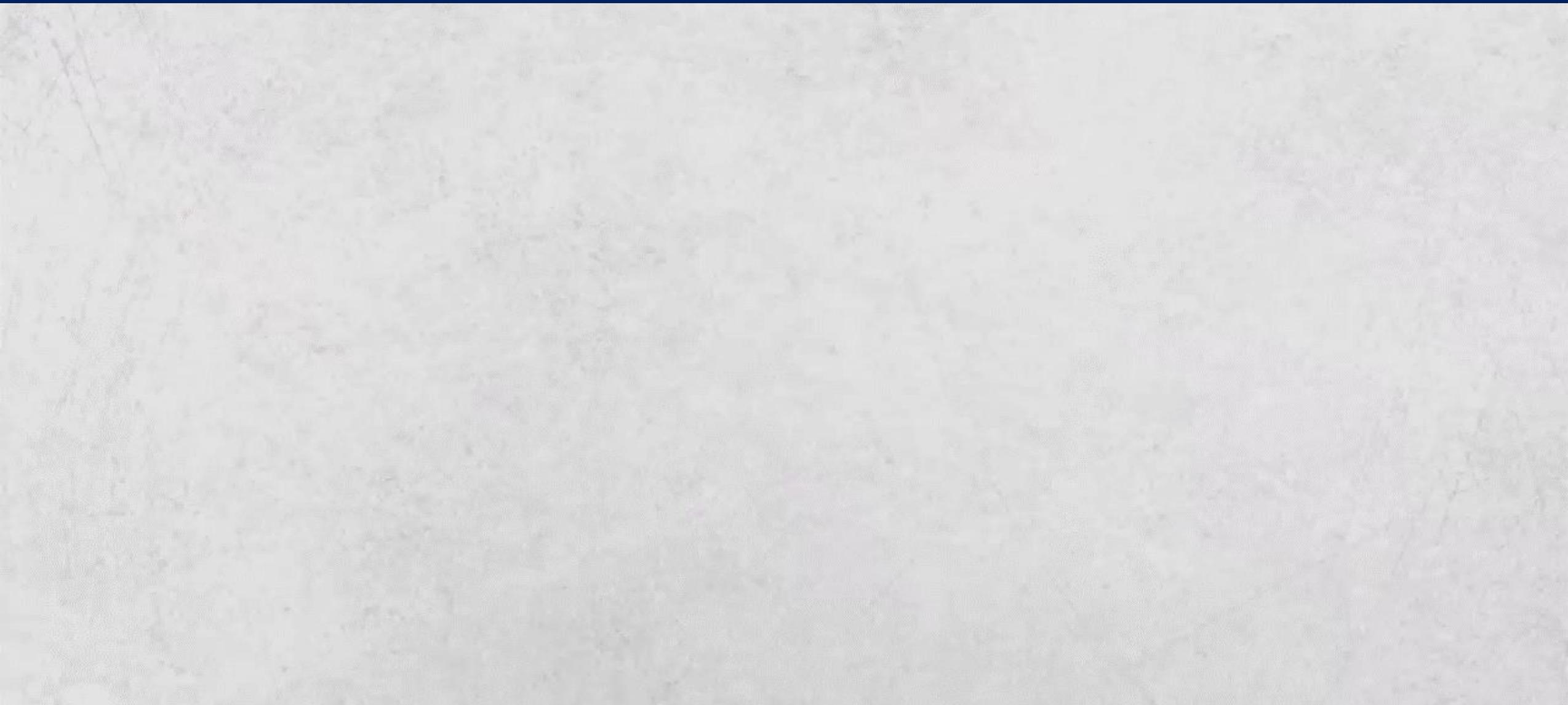
# Форма крыла

Подъемная сила летательного аппарата, уравновешивая его вес, дает возможность осуществлять полет.

Форма должна развивать подъемную силу и иметь малое лобовое сопротивление



# Почему самолет летает ?



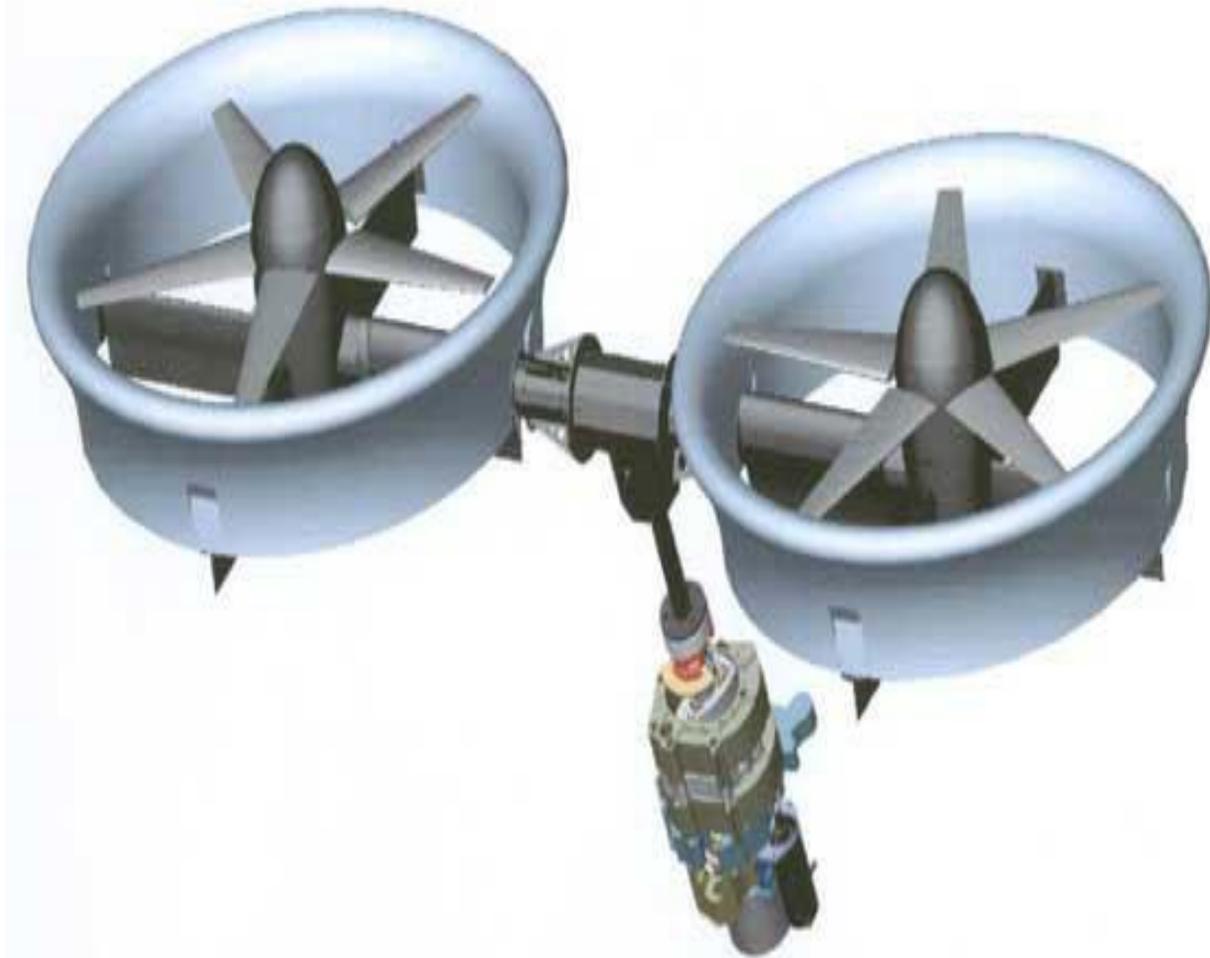
# Третий вопрос

Аэродинамические  
характеристики  
пропеллера



# Винтомоторная группа мультикоптера

Винтомоторная группа (ВМГ) – установка, создающая тягу, под воздействием которой винтовой летательный аппарат движется в требуемом направлении



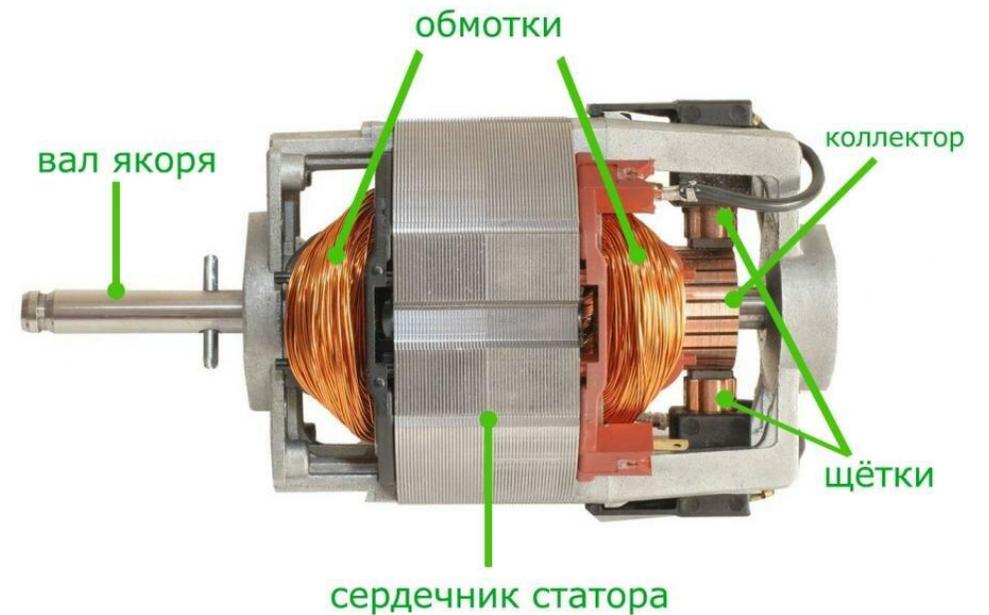
# Состав ВМГ коптера



- Двигатель
- ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ
- механизм управления коллективным шагом лопастей воздушного винта
- контроллер мотора, определяющий его характеристики.

# ДВИГАТЕЛЬ

Двигатель — это устройство,  
которое преобразует  
электрическую энергию в  
механическую

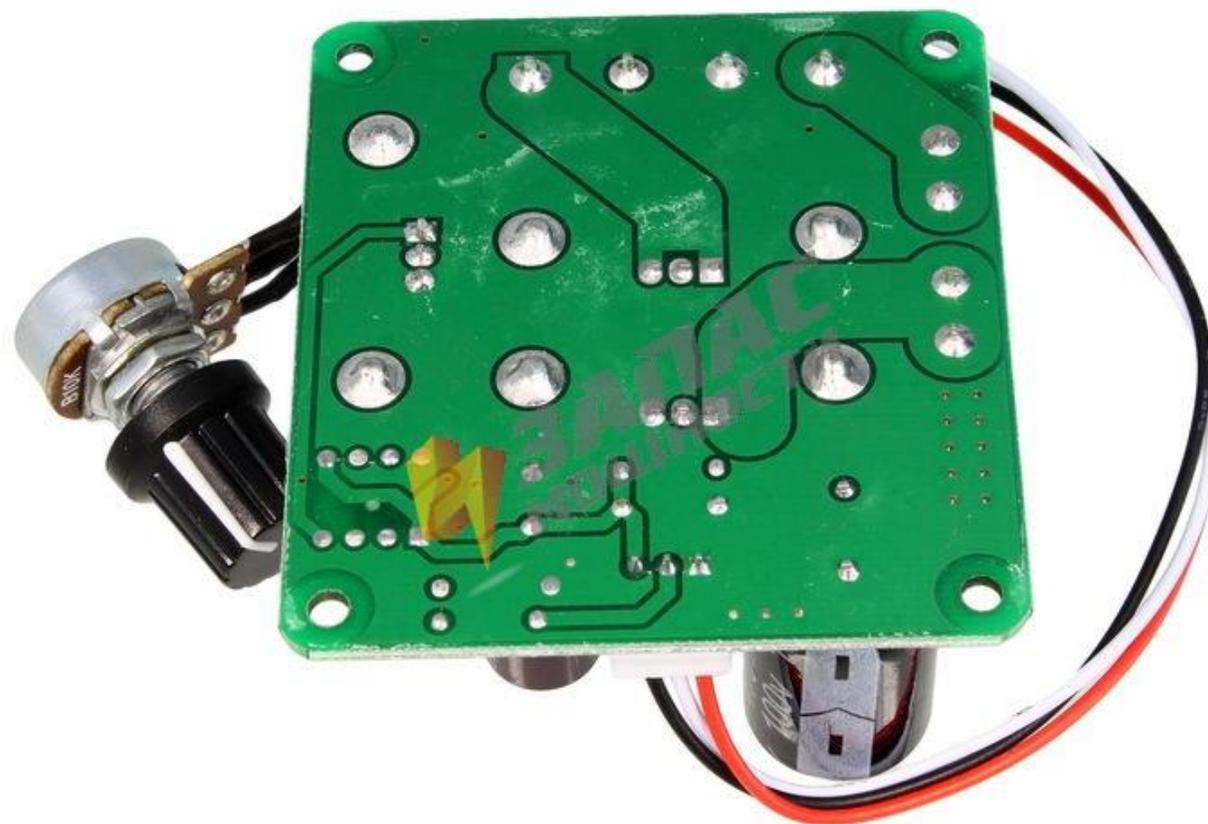


# электродвигатель

# Регуляторы оборотов

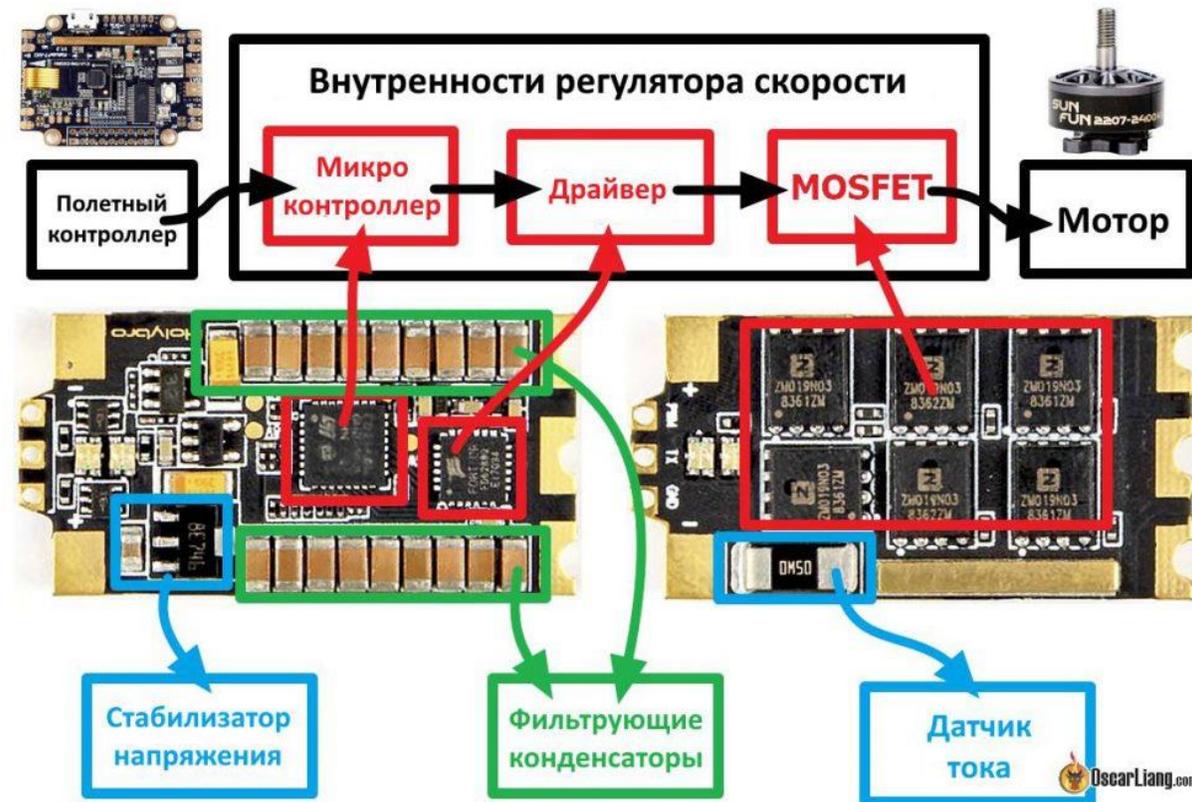
**ESC** значит **Electronic Speed Controller** — регулятор хода или скорости.

ESC нужны для регулировки скорости вращения моторов. Регулятор получает сигнал, (уровень газа) от полетного контроллера, и управляет бесколлекторным мотором, меняя его скорость вращения за счет управления мощностью.



# Electronic Speed Controller

- Регулятор скорости состоит из следующих компонентов
- Микроконтроллер;
- Драйверы ключей;
- Силовые транзисторы (ключи, MOSFET);
- LDO (стабилизатор питания микроконтроллера);
- Конденсаторы (фильтры);
- Опционально: датчик тока;
- Опционально: светодиоды.



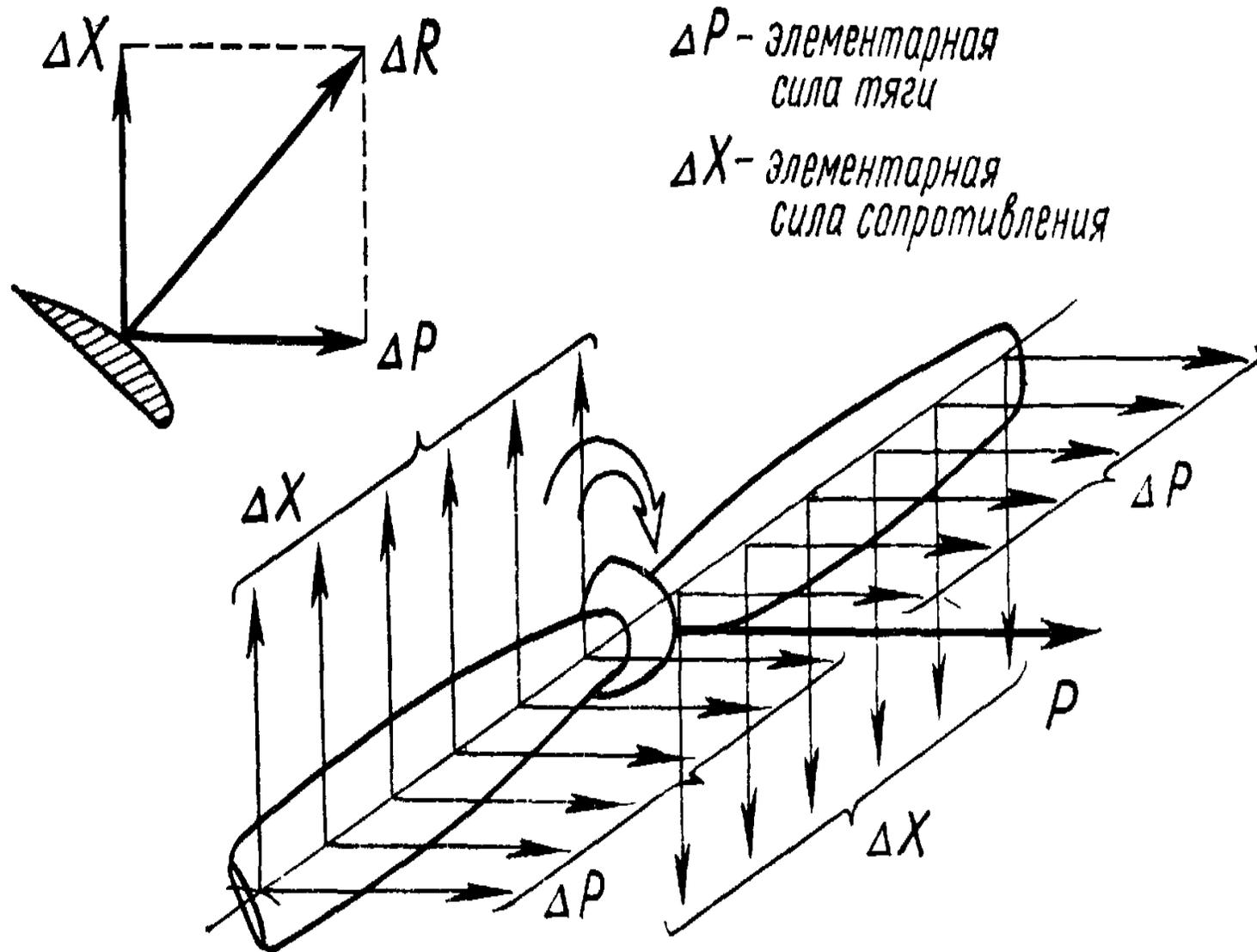
# Пропеллер

пропеллер — лопастной агрегат, работающий в воздушной среде, приводимый во вращение двигателем и являющийся движителем, преобразующим мощность (крутящий момент) двигателя в действующую движущую силу тяги



# Возможности пропеллера

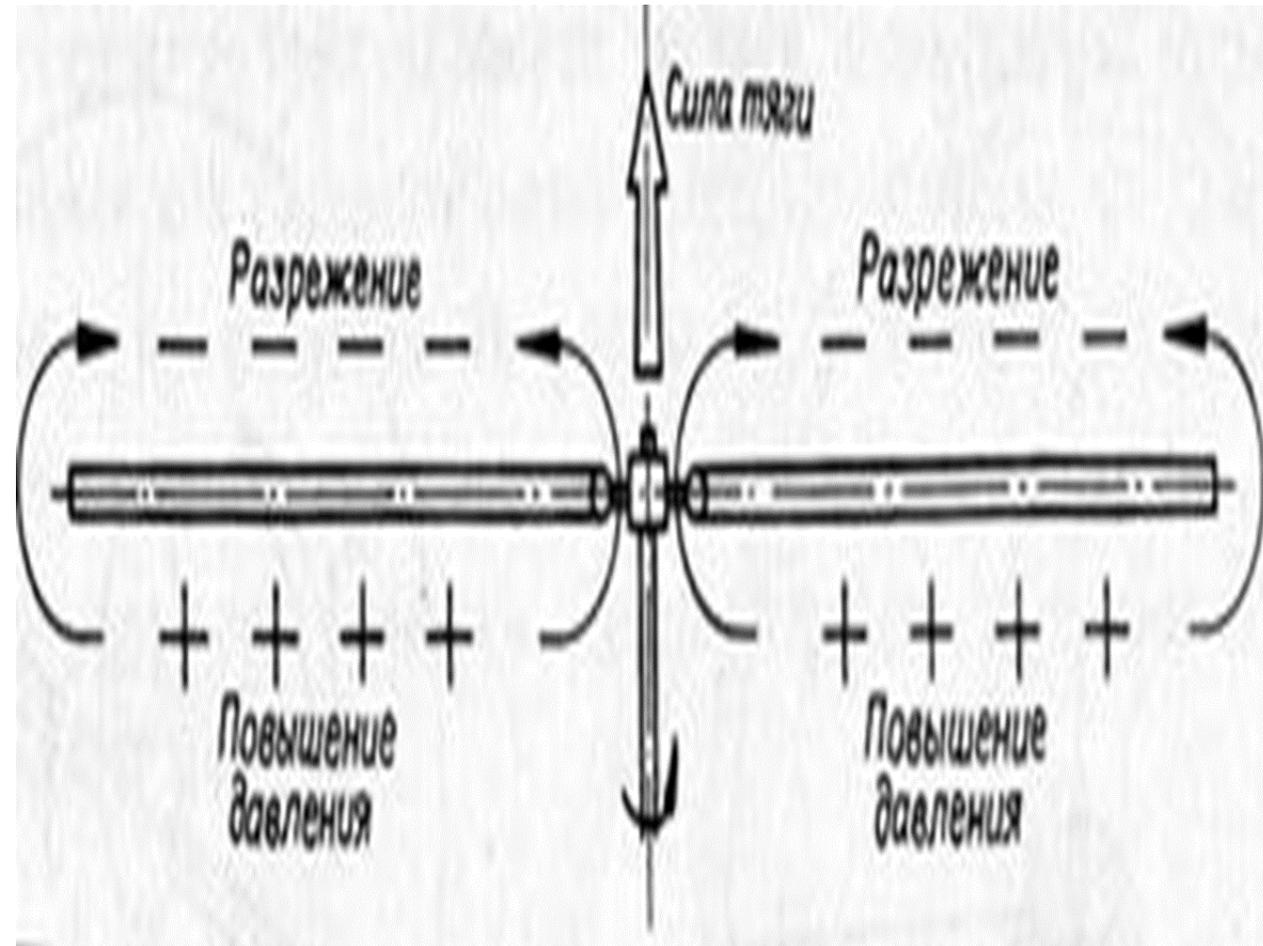
Лопастей воздушного винта имеют аэродинамический профиль, и при его вращении в воздушной среде возникает похожая картина, как и при движении крыла



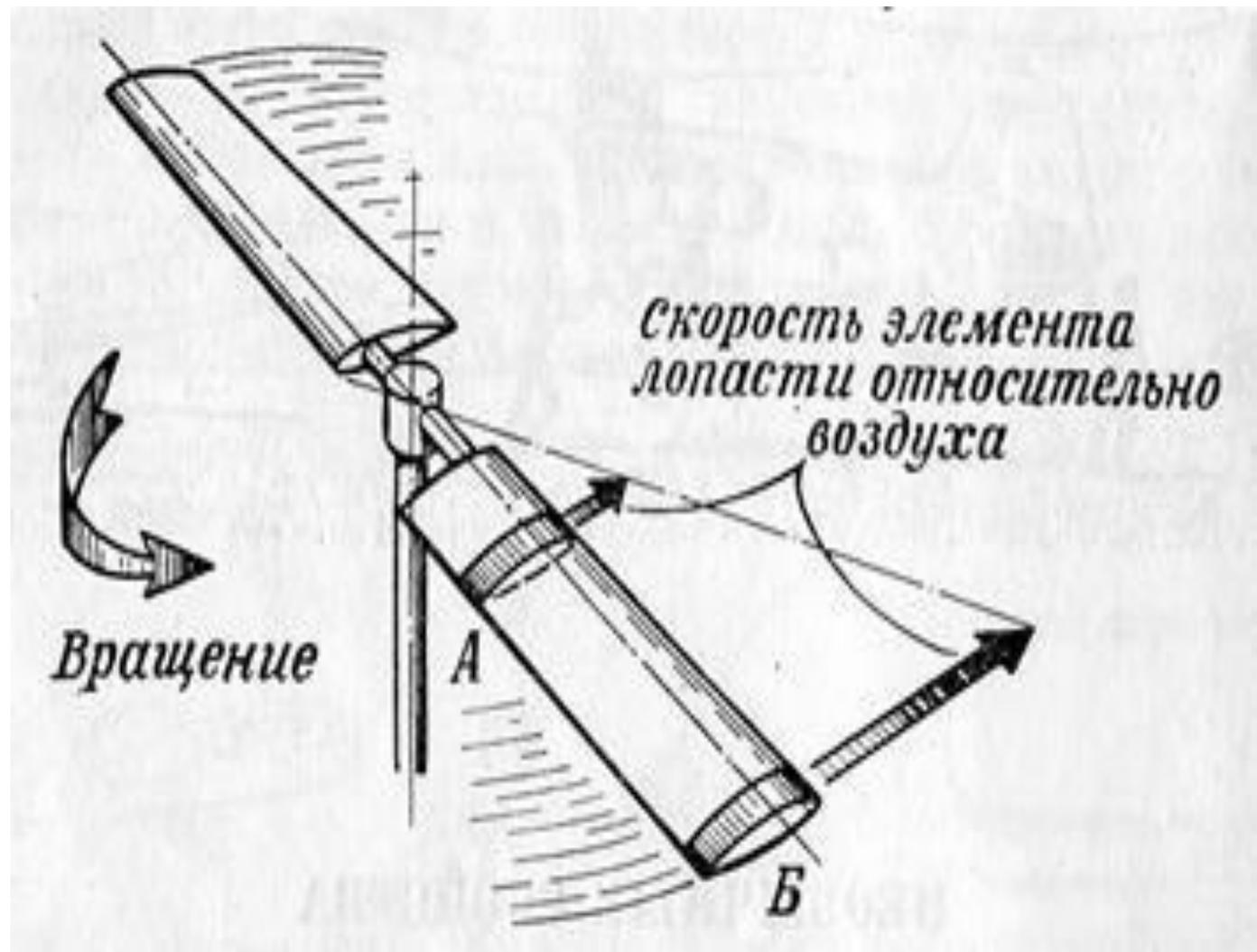
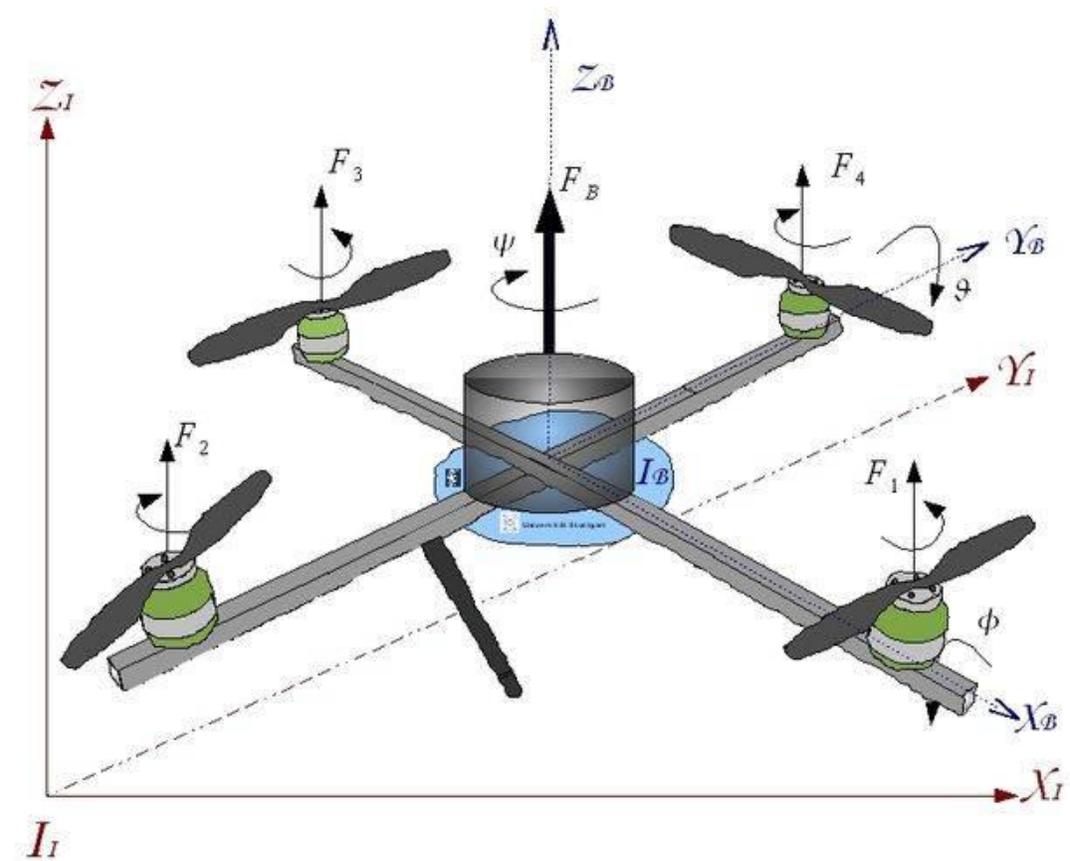
# Подъемная сила винта

перетекание происходит как на внешнем, так и на внутреннем краях лопасти.

Подъемная сила возникает вследствие разности давлений на верхней и нижней поверхностях лопасти, следовательно, выравнивание этих давлений вызывает потери подъемной силы



# Образование подъемной силы



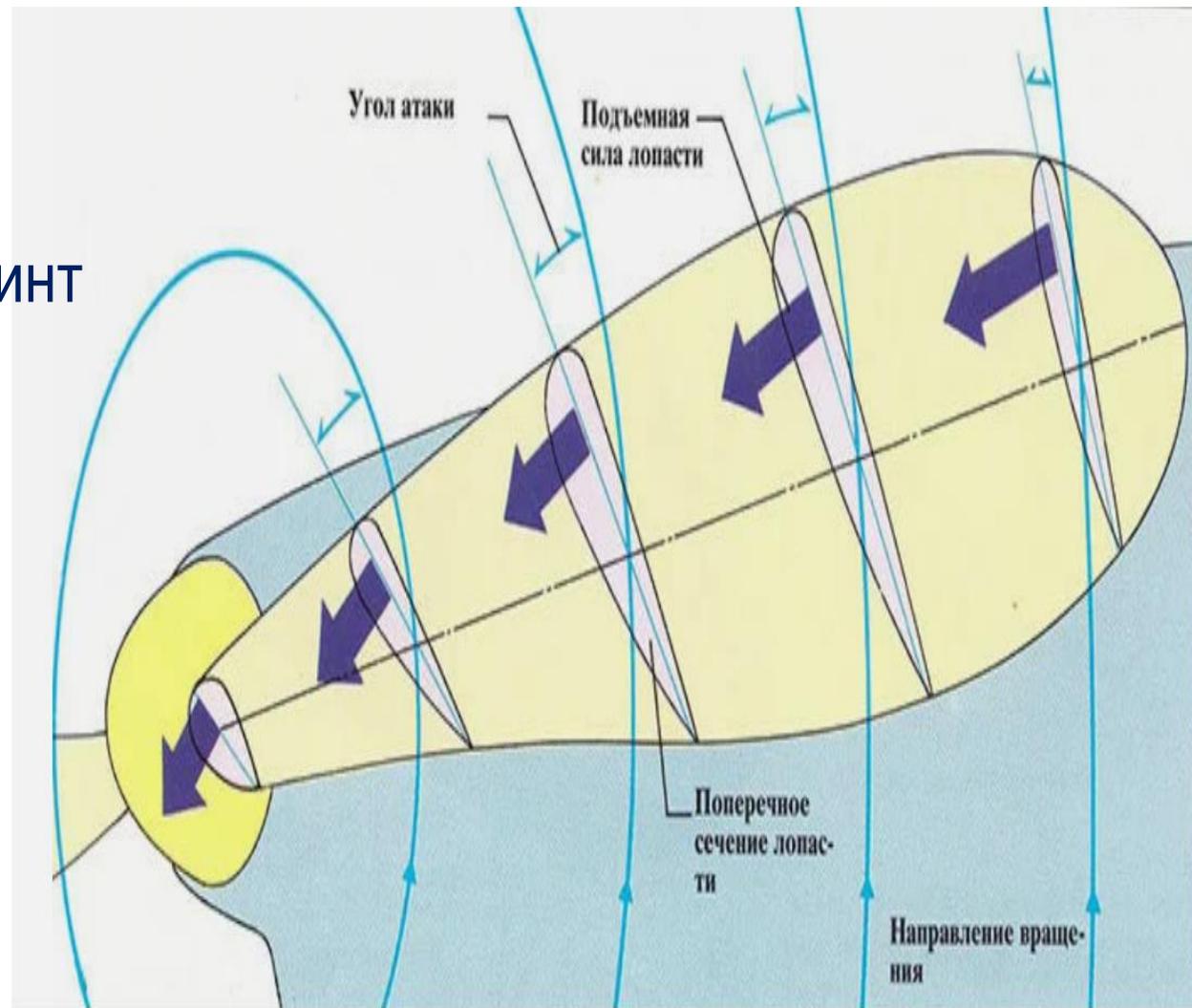
# форма

- Пропеллер состоит из ступицы и лопастей. Количество лопастей может быть от 2 до 8, и более.
- Изделие создается из высокопрочного материала.
- Скорость вращения воздушного пропеллера может составлять 1200 оборотов в минуту, поэтому для создания применяются максимально прочные материалы.



# Характеристика пропеллера

- **Диаметр.** Диаметр окружности, описываемой лопастями;
- **Шаг.** Расстояние, которое может пройти винт за один оборот.
- **Угол атаки.** Угол наклона лопасти, относительно горизонтальной плоскости;
- **Тяга.** Подъёмная сила, которая создаётся ВИНТОМ.



# Пропеллерная константа

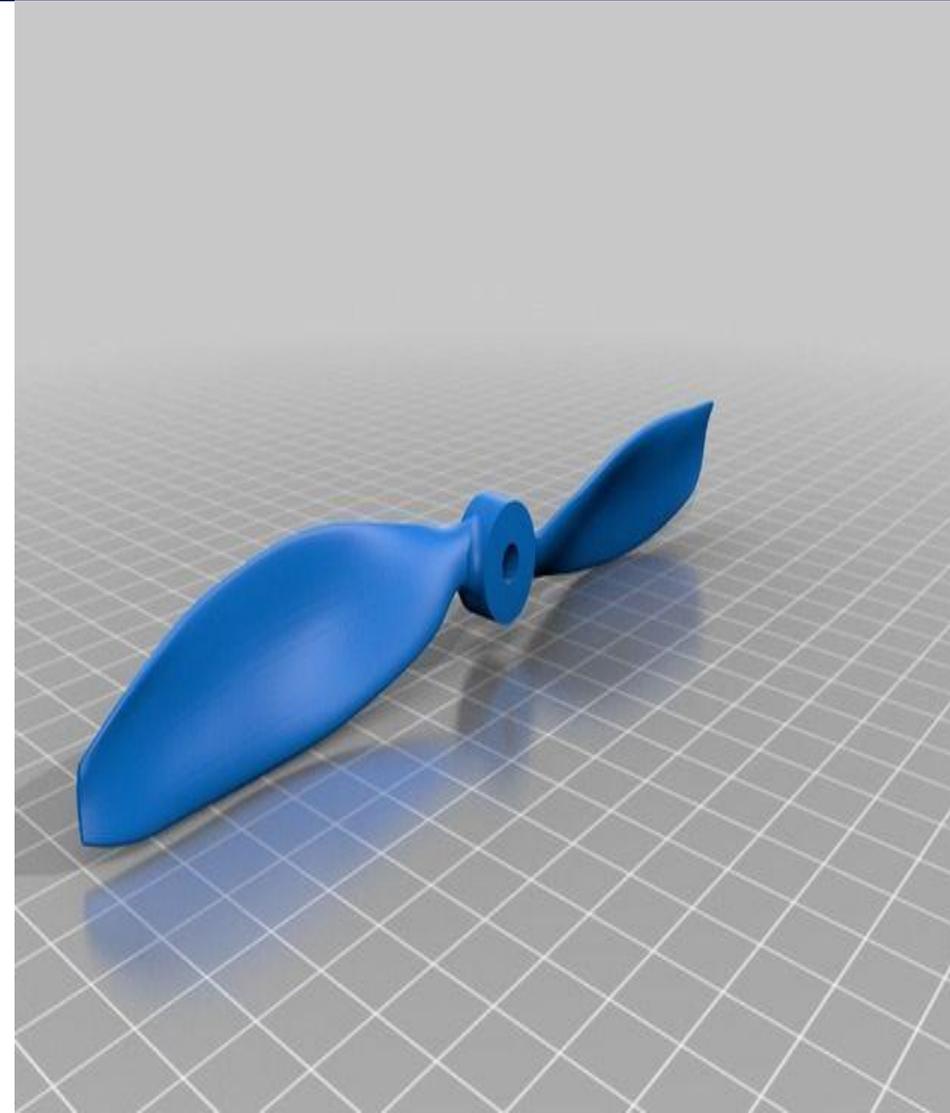
Зависимость (отношение) площади несущей поверхности и создаваемой тяги.

Значит

- чем тоньше материал, из которого сделан пропеллер, тем меньше эта константа,

Следовательно

- тем меньше развиваемая на моторе мощность для раскрутки такого пропеллера



# Сколько нужно лопастей ?

**Количество лопастей**  
влияет на подъёмную силу и  
стабильность полёта.

**Следовательно**

Чем больше лопастей, тем  
-больше подъемная сила  
-устойчивее полет коптера

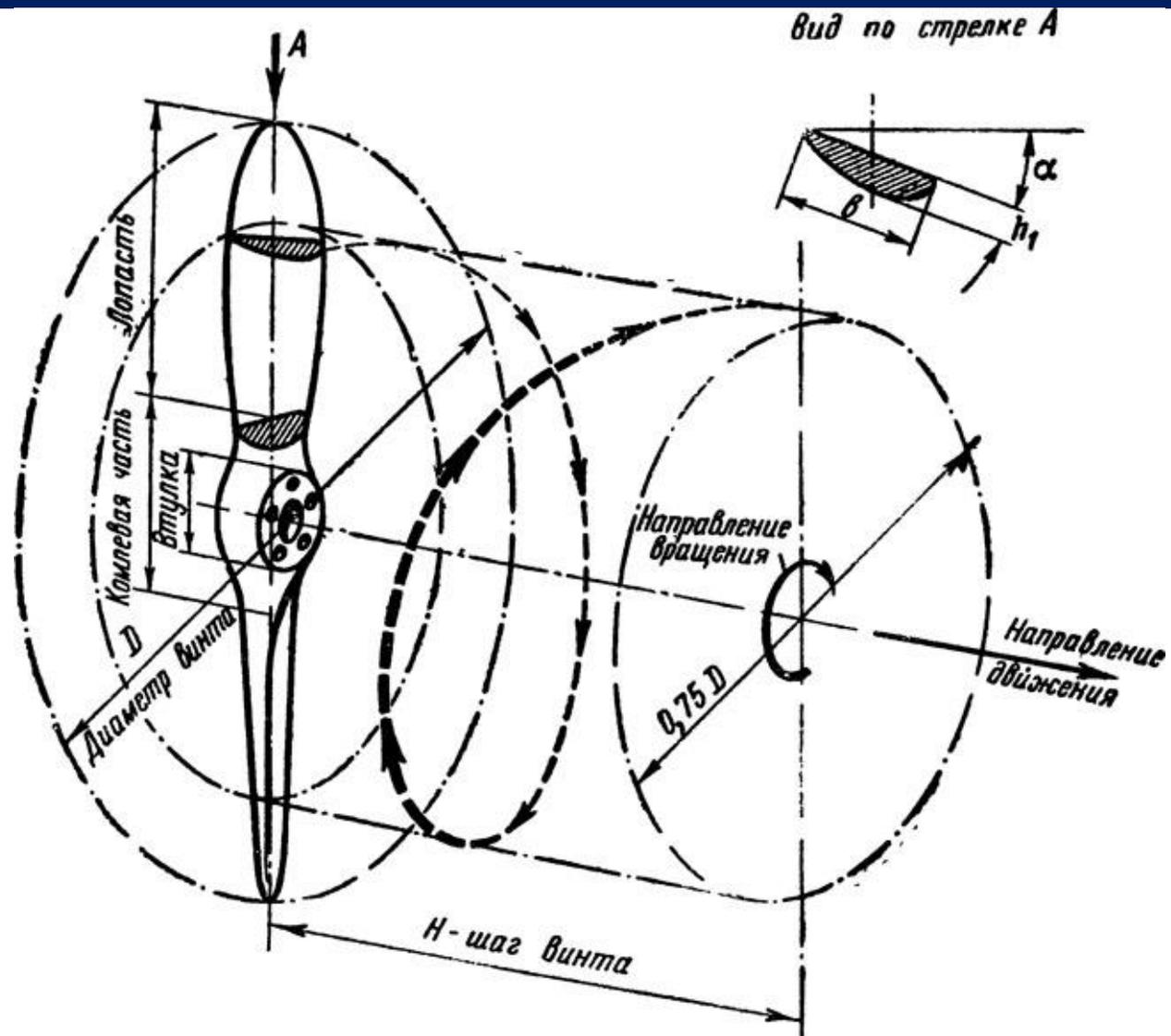


# На что влияет шаг?

Тяга воздушных винтов варьируется за счет изменения оборотов двигателя или шага винта.

Изменение шага позволяет изменять тягу, не меняя оборотов двигателя.

Увеличение оборотов, и как следствие, ускорение вращения пропеллера, считается наиболее быстрым способом увеличить тягу



# Шаг винта

# Виды лопастей

- Normal (N)
- Bullnose (BN)
- Hybrid Bullnose (HBN) –



**6045**



**5045 BN**



**5045 HBN**



**5045**

**BN = Bull Nose**

**HBN = Hybrid Bull Nose**

# Normal (N)

Имеют заострённые на  
концах лезвия.

Это уменьшает тягу,  
но и снижает расход энергии  
аккумулятора



# Bullnose (BN)

Бычий нос (Закруглённые).

В сравнении с Normal имеют большую тягу и площадь.

За счёт тяжести ведут себя более стабильно, и увеличивают отзывчивость дрона по рысканью.

Из недостатков сильно повышают расход энергии аккумулятора;



# Hybrid Bullnose HBN

– промежуточный вариант.

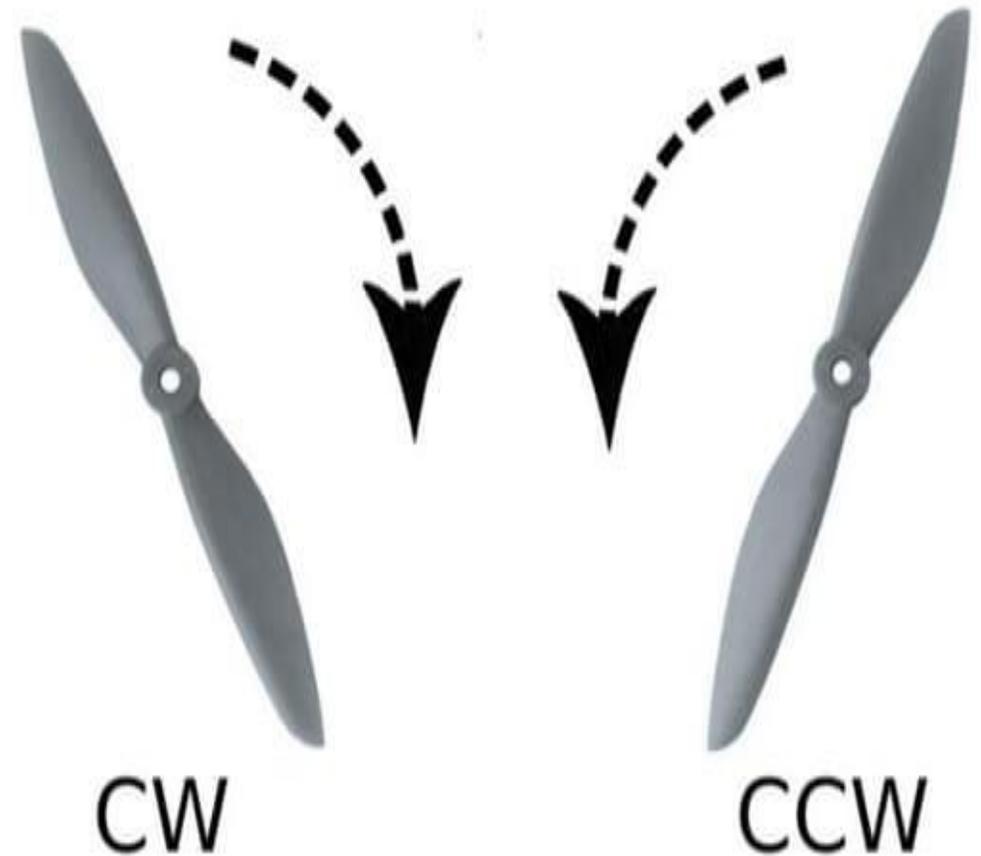
Данные пропеллеры имеют, как и преимущества, так и недостатки предыдущих двух вариантов.



# Направление вращения

Для электродвигателей есть два направления вращения.

- CW – вращение вала по часовой стрелке
- CCW – вращение вала против часовой стрелки.



# Материал

- Пластик
- Углеродное волокно
- Композит



# маркировка

Есть два типа обозначений:

- LLPP x B

- L x P x B



- L - длинна

- P - шаг

- B - количество лопастей (для двух лопастей может не указываться)



# Маркировка типа LLPP x B

Например, надпись

5045 × 3

Что означает

- длинна 5 дюймов
- шаг 4.5 дюйма
- 3 лопасти.



# Маркировка типа L x P x B

Например, надпись

5 X 45 X 3

Что означает

- длинна 5 дюймов
- шаг 4.5 дюйма
- 3 лопасти.



# Маркировка

в конце присутствует буква R или C.

Она определяет направление вращения пропеллера:

- R – по часовой стрелке;
- C – против часовой стрелки.



# маркировка

в конце может присутствовать обозначение профиля лопасти:

- N – нормальная (заострённая);
- BN – закруглённая;
- HBN – промежуточная.



# Работа воздушного винта

# Четвертый вопрос

# прошивка

The screenshot shows the ArduPilot software interface. The top navigation bar includes icons for Flight Data, Flight Plan, Initial Setup, Config/Tuning, Simulation, Terminal, Help, and Donate. The main title 'ARDUPILOT' is displayed in large yellow letters. On the right, there are dropdown menus for 'COM5' and '115200', and a 'Disconnect' button.

The left sidebar contains a list of configuration options: Install Firmware, Wizard, Mandatory Hardware, Optional Hardware, RTK/GPS Inject, Sik Radio, Battery Monitor, Battery Monitor 2, CAN, UAVCAN, Compass/Motor C, Range Finder, Airspeed, PX4Flow, Optical Flow, OSD, Camera Gimbal (highlighted in green), Motor Test, and Bluetooth Setup.

The main content area is titled 'Camera Gimbal' and features three sections for configuring different gimbal types: Tilt, Roll, and Pan. Each section includes a 'Type' dropdown, a 'Stabilise' checkbox, and a table for 'Servo Limits', 'Angle Limits', and 'Input Ch'. A red circle highlights the 'Angle Limits' section for the camera gimbal, which shows 'Min' and 'Max' values of 1000 and 2000 respectively. To the right of these sections are three panels for 'Retract Angles', 'Neutral Angles', and 'Control Angles', each with 'X', 'Y', and 'Z' axis settings.

At the bottom, there is a 'Shutter' section with a dropdown menu set to 'SERVO1' and a camera icon. It includes 'Servo Limits' (Min: 1100, Max: 1900) and 'Shutter' settings (Pushed: 1300, Not Pushed: 1100, Duration: 10). A note at the bottom reads: 'Please set the Ch7 Option to Camera Trigger'.

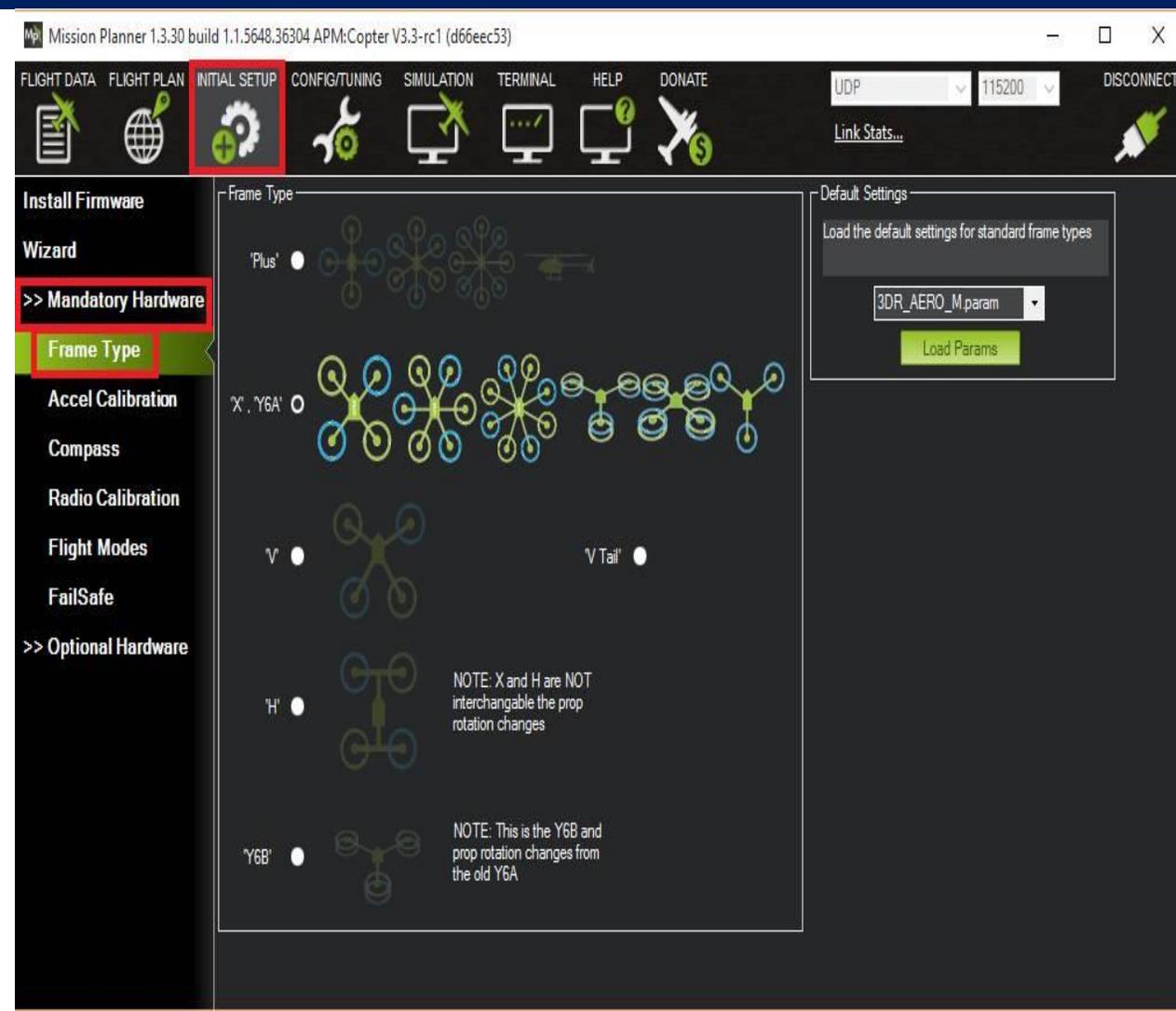
# Что такое прошивка ?

После сборки квадрокоптера, его необходимо прошить — значит установить программное обеспечение.

Это жаргонное, разговорное выражение.

Квадрокоптер — это сложное устройство, состоящее из многих компонентов и ЭТИМ ЦЕЛЫМ ДОЛЖНО ЧТО-ТО УПРАВЛЯТЬ.

Для этого было придумано программное обеспечение, прошивка.



# SimonK и BLHeli

почти все регуляторы идут с уже предустановленными **BLHeli** или **SimonK**.

Большинство пользователей выбирает **BLHeli**, потому что эта прошивка имеет очень простой интерфейс и богатый функционал.

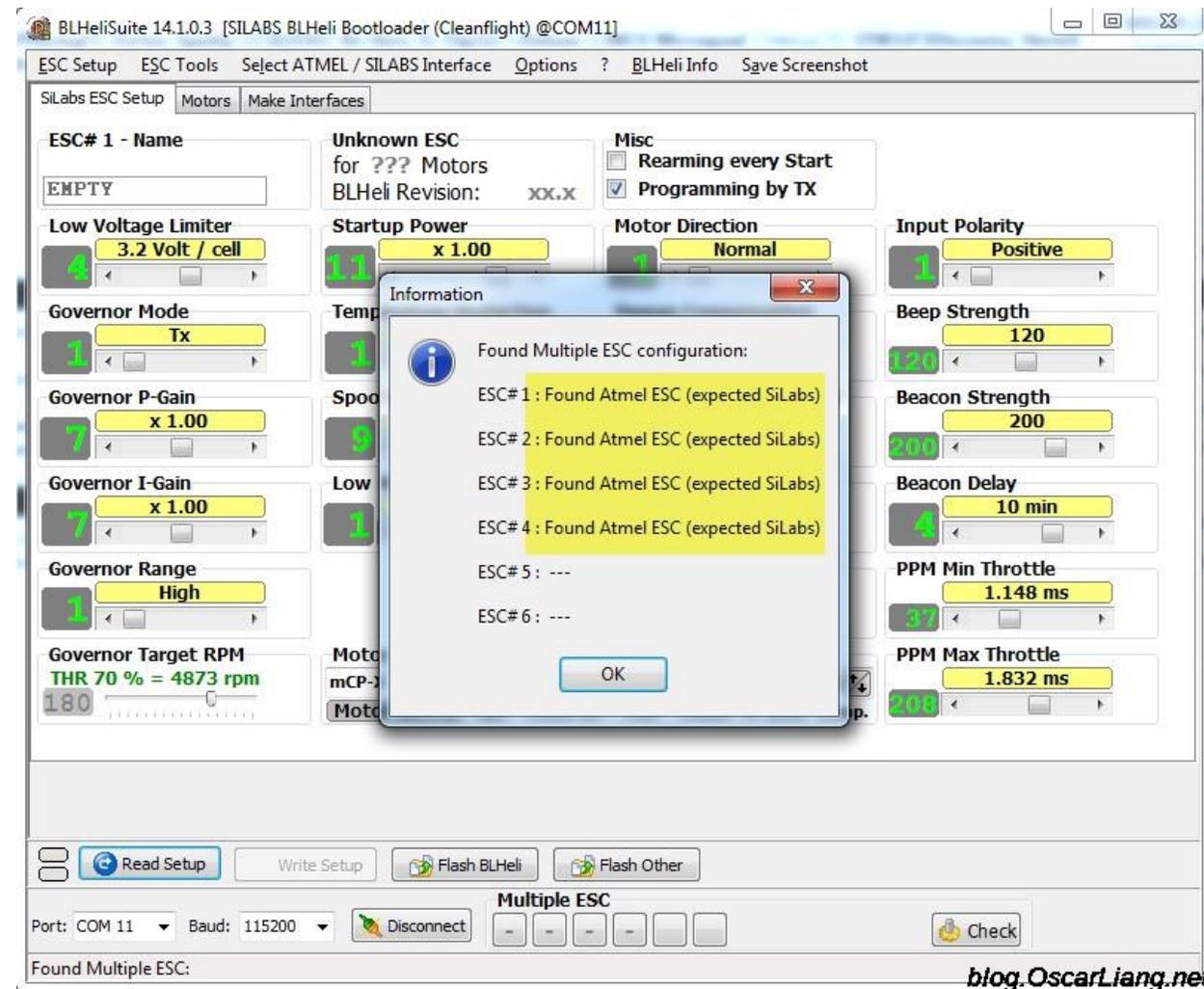


# BLHeli\_S

Это второе поколение прошивки BLHeli, специально разработанное для регуляторов с аппаратным ШИМ (PWM).

Имеет более простой интерфейс.

Подходит для некоторых регуляторов типа: Aikon SEFM 30A, DYS XS и т.д.

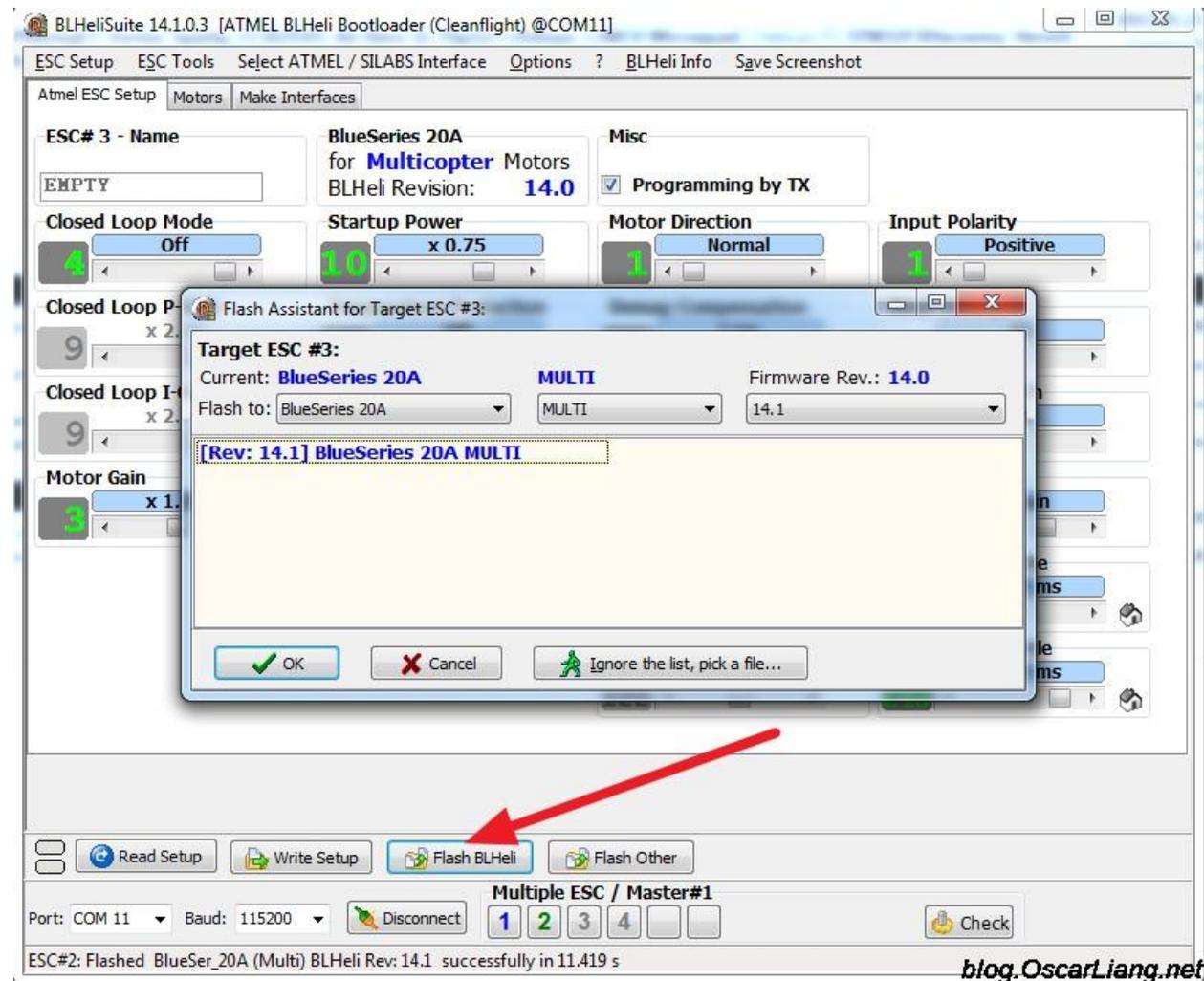


# BLHeli\_32

Прошивка BLHeli\_32 — это третье и самое свежее поколение BLHeli.

Прошивка разработана специально для 32-битных микроконтроллеров, исходный код закрыт.

Более мощные процессоры дают более плавное, точное и надежное управление моторами.



**прошивка самостоятельно**



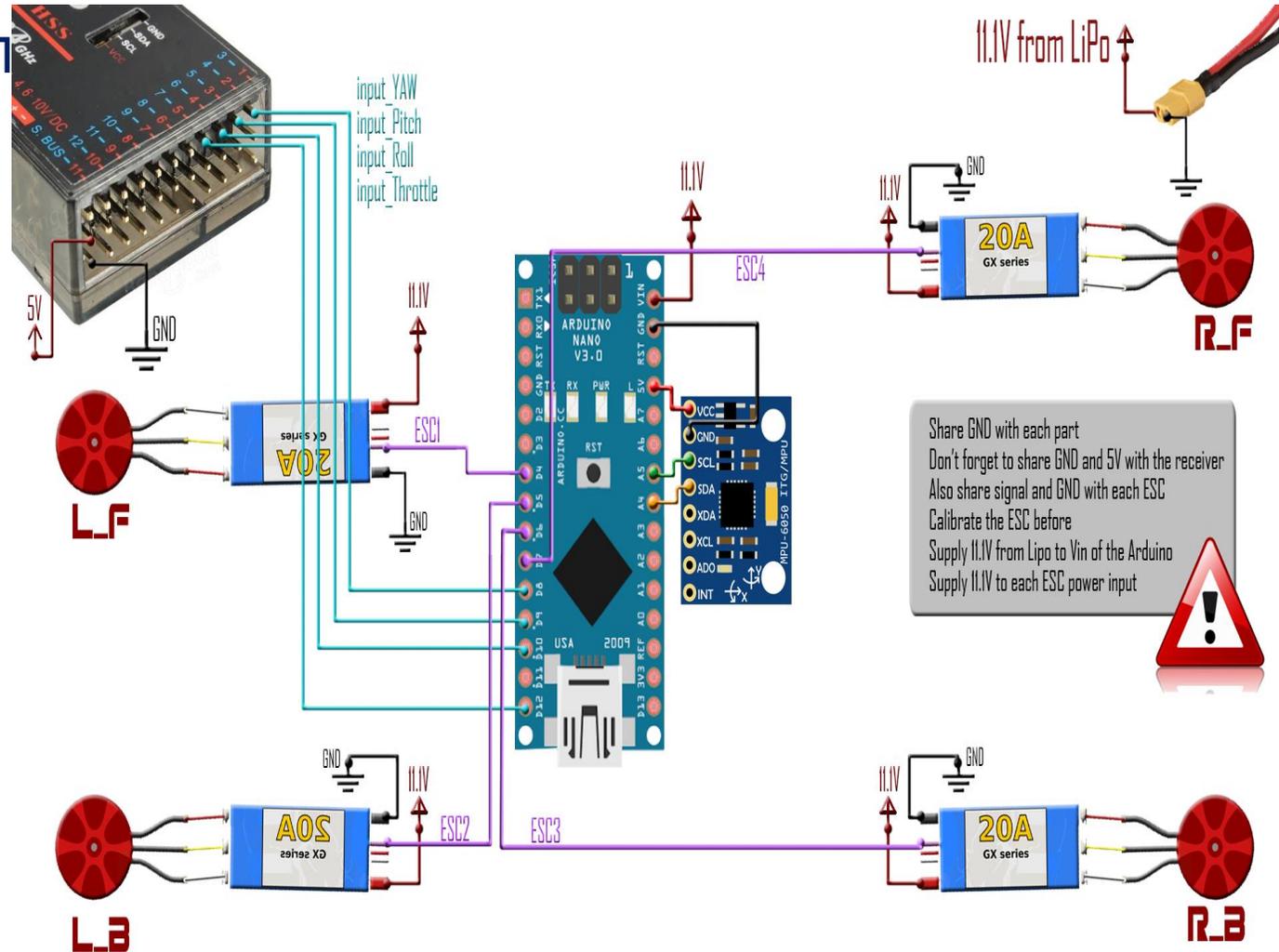
# прогресс

Оригинальный (самый старый) протокол  
— **PWM** или ШИМ, имеет задержку

до 2 мс,

один из самых быстрых — **Multishot**

— 5-25 мкс.



# Список протоколов

## от старых к новым

- PWM
- Oneshot125
- Oneshot42
- Multishot
- DShot (DSHOT150, DSHOT300, DSHOT600, DSHOT1200)
- ProShot

\*\*\*\*\*ATTENTION\*\*\*\*

\*\*DYS XS20A is with A-H-70 firmware, pls don't change the original firmware by yourself.\*\*

The screenshot shows the BLHeliSuite 16.1.14.6.0.0 interface for configuring an ESC. The window title is "BLHeliSuite 16.1.14.6.0.0 [SILABS BLHeli Bootloader (USB/Com) @COM3]". The main area is titled "SiLabs ESC Setup" and contains various configuration options for "ESC# 1 - Name" (EMPTY) and "A-H-70" (highlighted in a red box). The "Misc" section includes "Programming by TX" (checked). The "Startup Power" is set to 0.50, "Motor Direction" is Normal, "PPM Min Throttle" is 1148, and "Beep Strength" is 40. "Temperature Protection" is On, "Demag Compensation" is Low, "PPM Max Throttle" is 1832, and "Beacon Strength" is 80. "Low RPM Power Protect" is On, "Motor Timing" is Medium, "PPM Center Throttle" is 1488, and "Beacon Delay" is 10 minutes. "Brake On Stop" is Off. At the bottom, there are buttons for "Read Setup", "Write Setup", "Flash BLHeli", and "Flash Other", along with a "Connect" button and a "Port: COM 3" dropdown.