

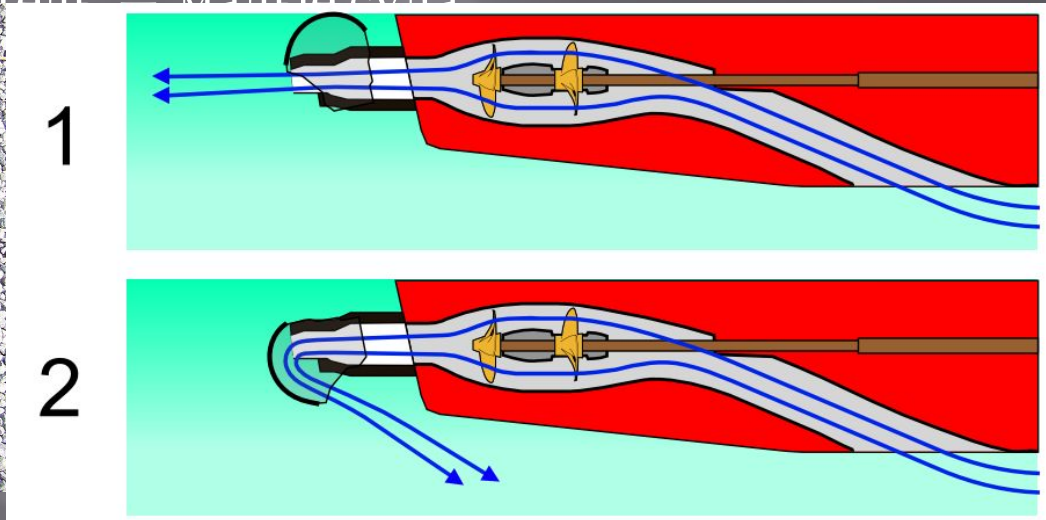
# МИКРОПОДВОДНЫЕ ДВИЖИТЕЛИ

# Двигатель

Двигатель — устройство, преобразующее энергию двигателя либо внешнего источника в полезную работу по перемещению транспортного средства. Является частью машин.

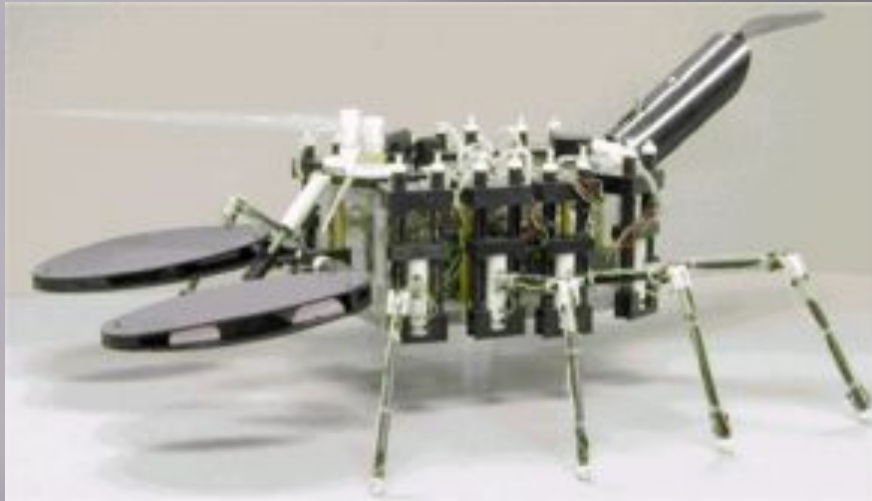
Примеры подводных двигателей:

1. Ластовый двигатель — пловцы, малые суда, подводный планер, акваскипер.
2. Гребной винт — суда и корабли.
3. Водомётный двигатель — малые суда



# Виды микро-двигателей

- ▣ Имитирующий гусеницу и червями (двигатель – тело робота).
- ▣ «Рыбий хвост» (двигатель – тело робота, хвост)
- ▣ Змея (двигатель – тело робота)
- ▣ «Осьминог» (двигатель – Щупальца, 4 камеры)
- ▣ Гребной винт
- ▣ Лапы лобстера



## Плюсы использования движителей на основе бионических принципов

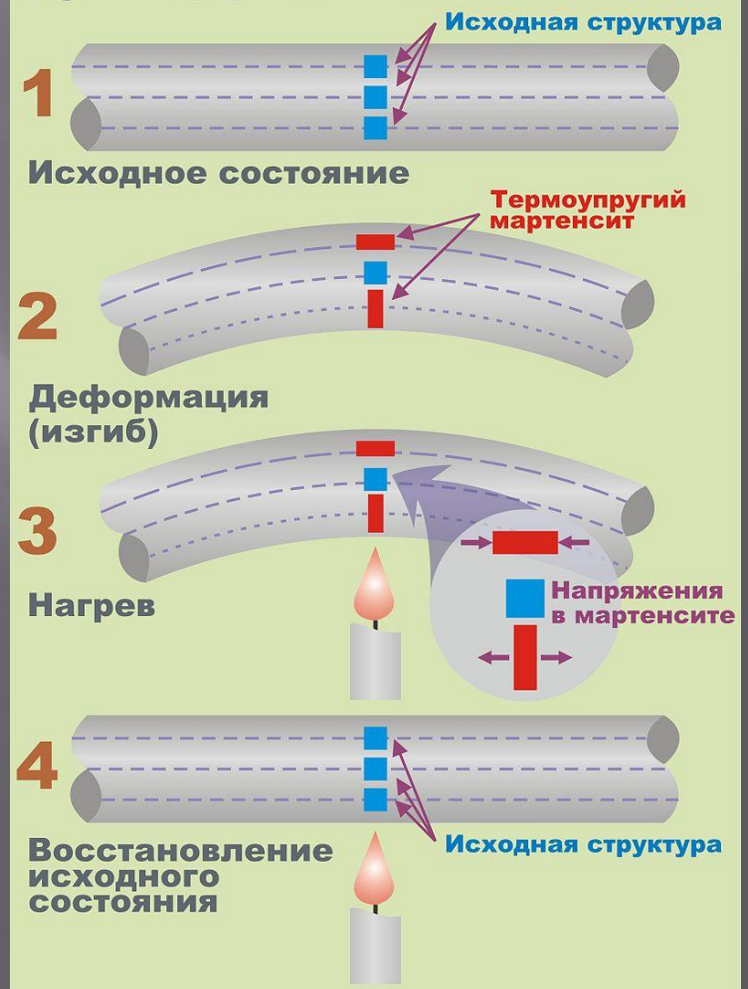
- являются экологически чистыми;
- обладают высокой эффективностью;
- имеют малый уровень акустического излучения;
- могут совмещать в себе функции нескольких устройств (двигателя, управляющего устройства, стабилизатора);
- обеспечивают высокие маневренные качества;
- имеют сравнительно низкое аэрогидродинамическое сопротивление в «отключенном» состоянии;
- имеют простую «механику» и небольшие весовые параметры;



# Материалы для двигателей

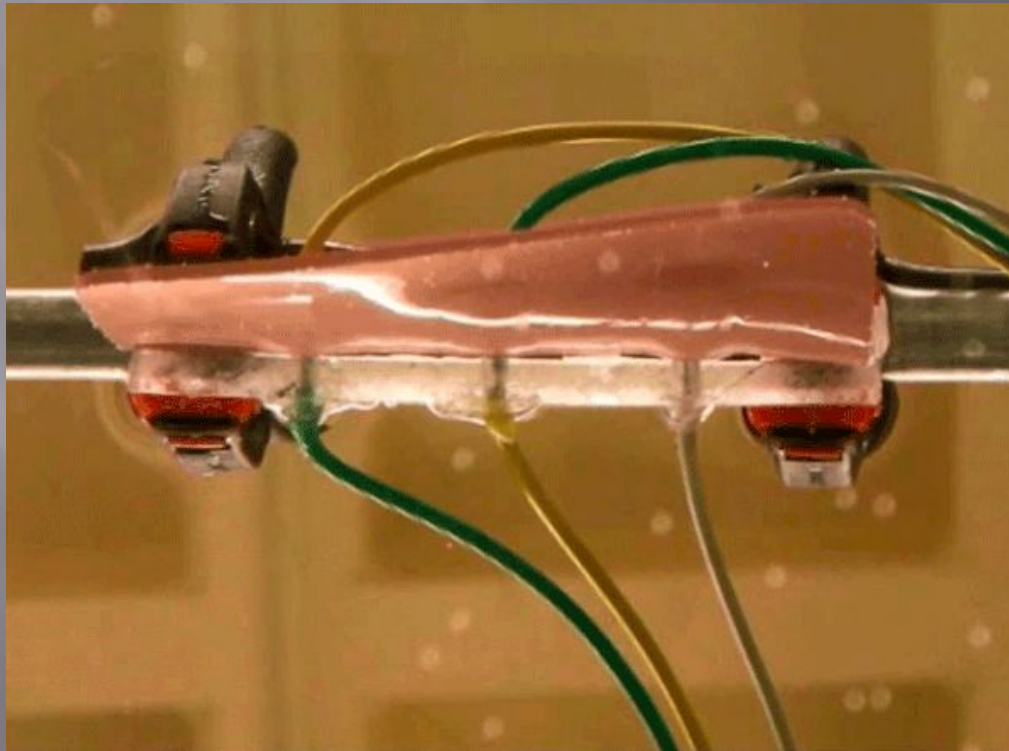
- ▣ Пьезоэлектрическая керамика (Пьезокерамика) – искусственный материал, обладающий пьезоэлектрическими и сегнетоэлектрическими свойствами, имеющий поликристаллическую структуру.
- ▣ Сплавы с памятью формы - явление возврата к первоначальной форме при нагреве, которое наблюдается у некоторых материалов после предварительной деформации.
- ▣ Магнитострикционные сплавы

## Суть эффекта памяти формы



# Материал двигателей - электроактивные полимеры

- Электроактивные полимеры (ЭАП) - полимеры, изменяющие форму при приложении к ним электрического напряжения. Они могут использоваться как двигатели так и сенсоры.



# Преимущества электроактивных полимеров в качестве искусственных мышц:

- движение контролируется электрически;
- малый вес;
- полностью бесшумные;
- выходная мощность увеличивается с размерами;
- могут быть изготовлены тонкие устройства с актюаторами от 0.1 до 10 мм;
- имитация движения животных достигается комбинацией актюаторных элементов;
- варьируя конструкции актюаторов, можно реализовать практически любой вид движения ;
- малый расход электроэнергии;
- долговременная работоспособность (до года);
- работают в воде и на воздухе.



Электроактивные полимеры подразделяются на 2 большие группы: ионные ЭАП и электронные ЭАП, внутри групп имеется более подробное деление

■ **Ионные ЭАП:**

- Полимерные гели (IGL).
- Ионные композиты полимер-металл (IPMC).
- Проводящие полимеры (CP).
- Углеродные нанотрубки (CNT).

■ **Электронные ЭАП:**

- Пьезоэлектрические полимеры (PP).
- Электрострикционные полимеры (EP).
- Диэлектрические эластомеры (DE).
- Жидкокристаллические эластомеры (LCE).
- Аэрогели из углеродных нанотрубок.

К их достоинствам относятся:

- ▣ - большие деформации (20-380%);
- умеренные механические напряжения (до нескольких МПа в пике);
- высокая удельная нагрузка (10 К - 3,4 МДж/м<sup>3</sup>);
- широкий диапазон частот (10 Гц -1 кГц);
- низкая стоимость и доступность;
- малые токи;
- хорошая электромеханическая связь и эффективность (КПД) (>15% обычно, 90% max).
- ▣ К недостаткам относят высокие рабочие электрические напряжения (> 1кВ) и поля (~150 МВ/м).

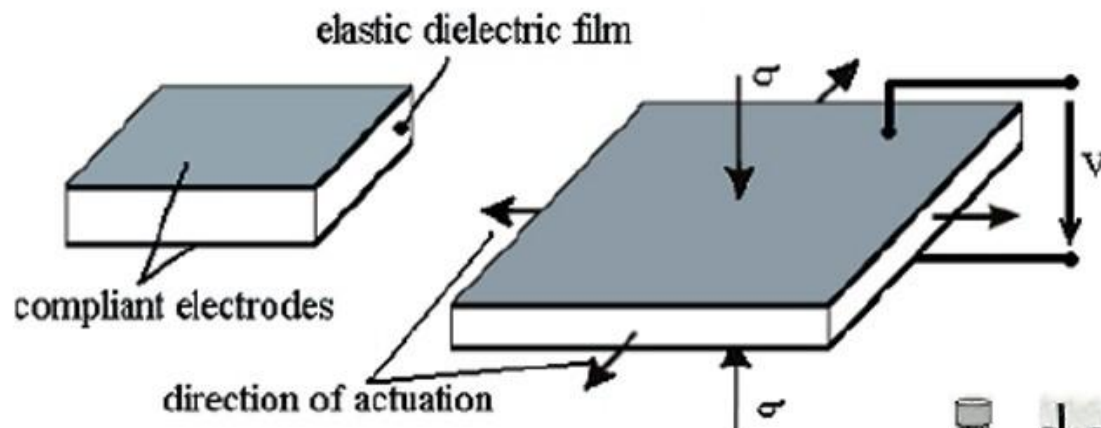


Рис.4 - Принцип работы актюатора из диэлектрического эластомера

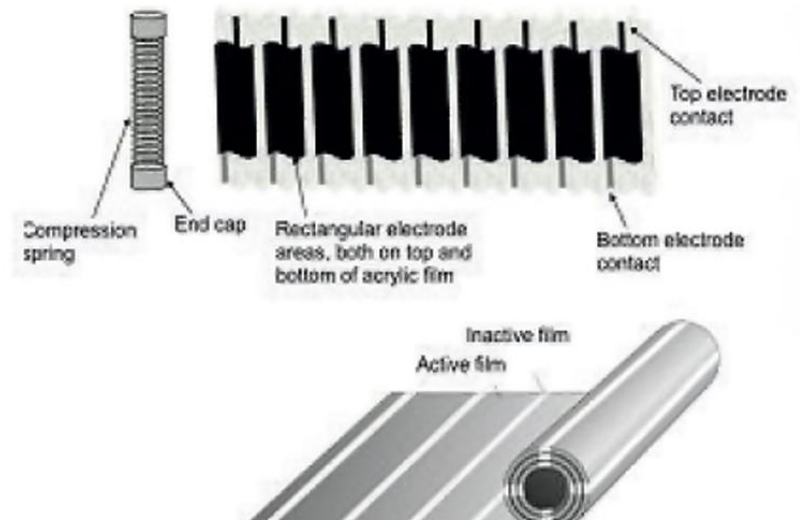
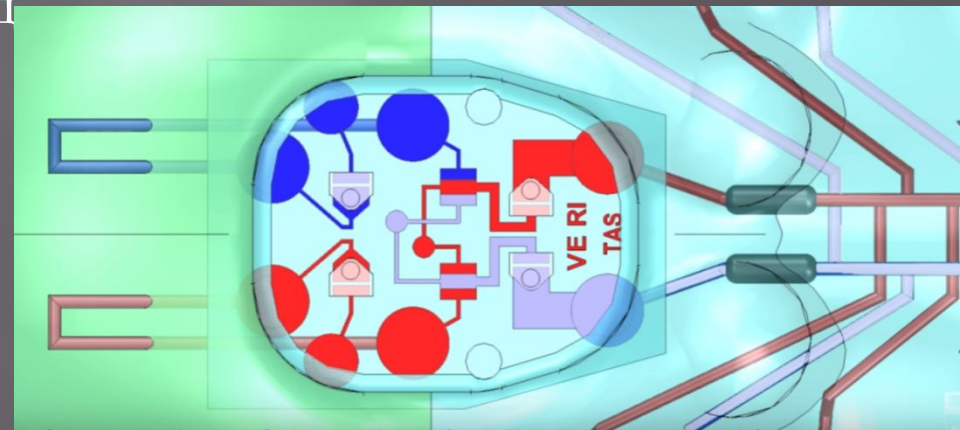


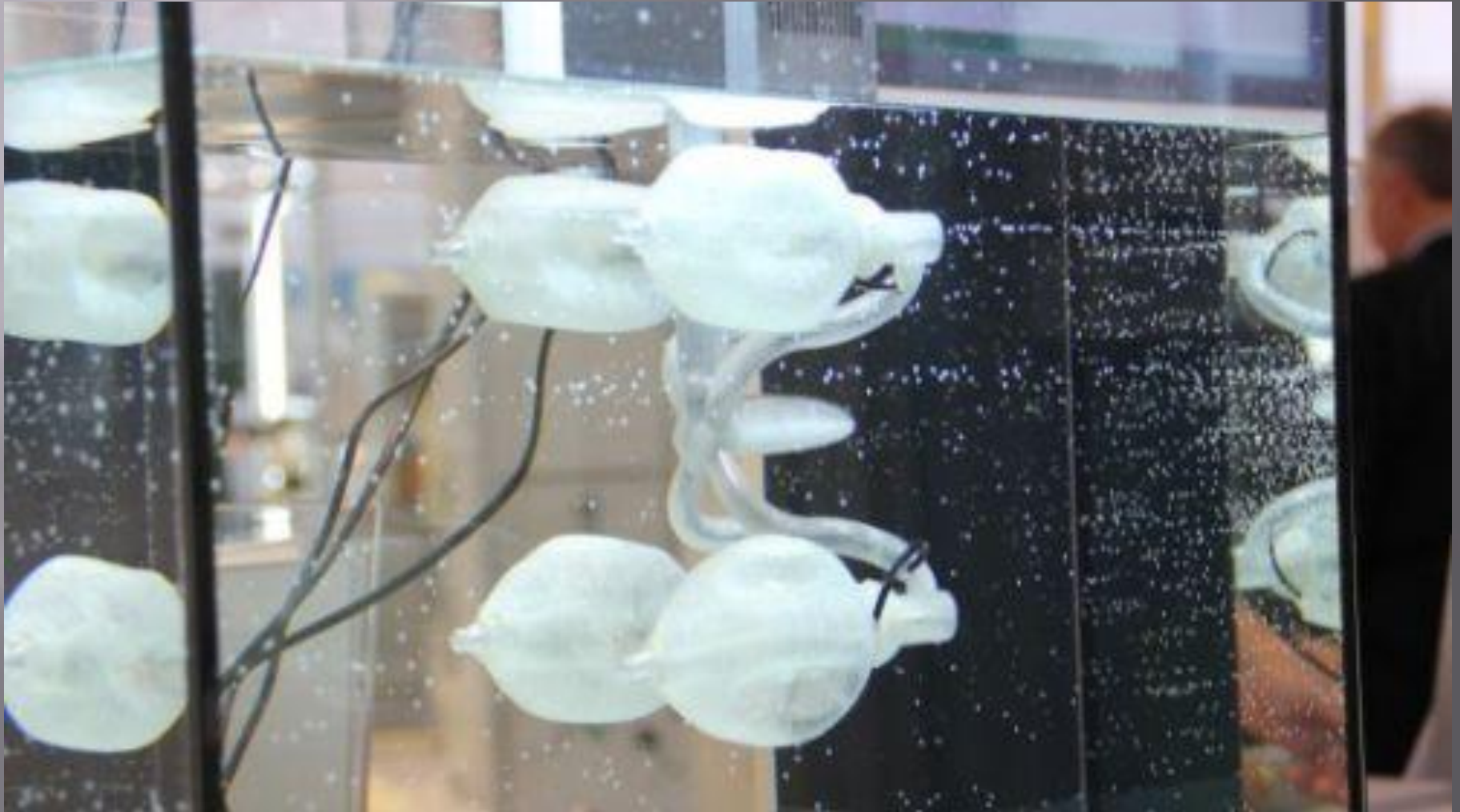
Рис.5 - Актюатор с 4-мя степенями свободы

# Микродвигатель «Осьминог»

- ▣ Принцип работы данного микродвигателя построен на подачи давления в пневматические контуры.
- ▣ Источником питания используется пероксид водорода, который с помощью катализатора разлагается на пар и газообразный кислород
- ▣ Двигатель конструируется при помощи 3D-принтера.

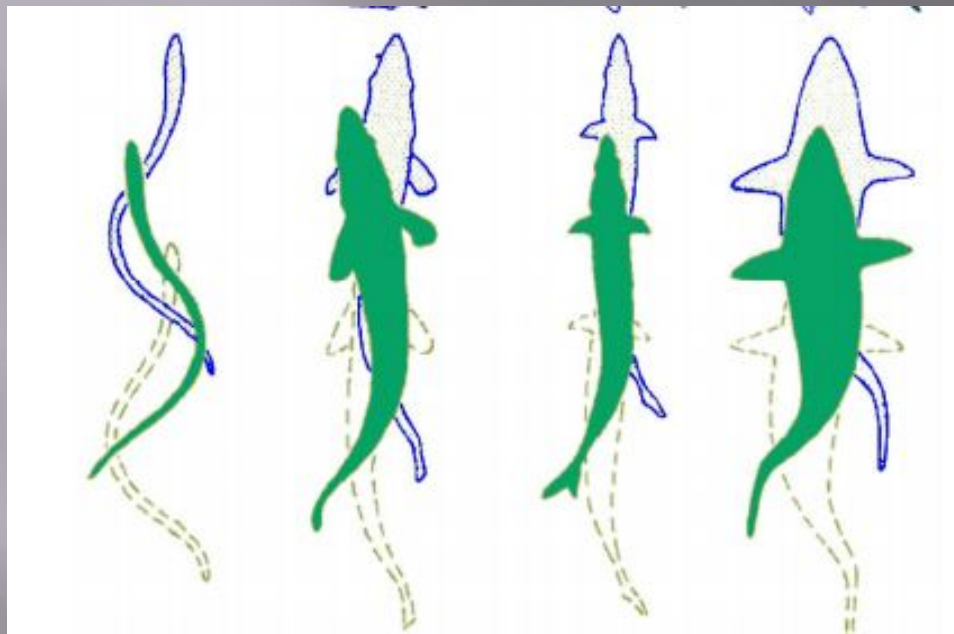


# «Осьминог 2»

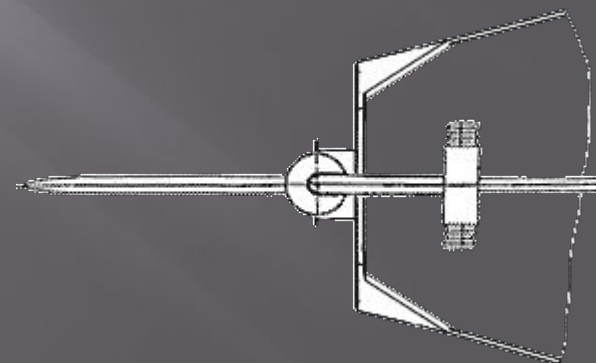




# Движитель «рыбий хвост»



Микроробот  
Минога



# Гребной винт

Гребной винт — наиболее распространённый современный движитель судов, а также конструктивная основа движителей других типов.

Любой современный гребной винт — лопастной, и состоит из ступицы и лопастей, установленных на ступице радиально на одинаковом расстоянии друг от друга и повернутых на одинаковый угол относительно плоскости вращения, и представляющих собой крылья среднего или малого удлинения.



# Разновидности винтов

- Винты с кольцевым крылом вращаются в открытом полом цилиндре (такие винты также известны как импеллеры), что при малой частоте вращения гребного винта обеспечивает прирост упора до 6 %. Такая насадка применяется для дополнительной защиты от попадания посторонних предметов в рабочую область и повышения эффективности работы винта. Часто применяются на судах, ходящих по мелководью.
- Суперкавитирующие винты со специальным покрытием и особой формой лопастей предназначены для постоянной работы в условиях кавитации.



# Преимущества и недостатки

- ▣ Работает как движитель только при непрерывной или возрастающей скорости вращения, в остальных случаях — как активный тормоз.
- ▣ КПД винта ~30-50 % (максимально достижимый — 75 %).  
«Идеальный» винт невозможно сделать из-за постоянного изменения условий его работы — условий рабочей среды.