

Региональная конференция  
по научно-техническому творчеству школьников  
«Лабиринты науки»

Секция «Физика и компьютерные технологии»

**Ветреная турбина, как альтернативный источник  
тока в домашних условиях**

Автор проекта: Пелевин Олег Денисович,  
Муниципальное образовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа  
"Образовательный комплекс №33"  
"Центр образования - школа №18,"  
ученик 11 класса

Научный руководитель: Башкова Ольга Владиславовна,  
Муниципальное образовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа  
"Образовательный комплекс №33" "Центр образования- школа №18",  
учитель физики

Ярославль 2025

# Содержание

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| <b>Введение</b> .....                        | 3-4   |
| <b>Глава 1. Теория</b> .....                 | 5-7   |
| 1.1 ..... Строение<br>ветрогенератора.....   | 5     |
| 1.2 Физика ветрогенерации.....               | 6     |
| 1.3 Типы ветротурбин.....                    | 6-7   |
| 1.4 Список формул для выполнения работы..... | 7     |
| <b>Глава 2. Практика</b> .....               | 8-10  |
| 2.1 Разработка 3-D модели ветротурбины.....  | 8     |
| 2.2 Параметры печати.....                    | 8     |
| 2.3 Детали для сборки.....                   | 8     |
| 2.4 Создание 3-D модели корпуса.....         | 8-9   |
| 2.5 Сборка полной установки.....             | 9     |
| 2.6 Измерения и счёт.....                    | 9-10  |
| <b>Заключение</b> .....                      | 11    |
| <b>Список литературы</b> .....               | 12    |
| <b>Приложение</b> .....                      | 13-17 |

## **Введение**

Современный мир, характеризуется растущим потреблением энергии и острым осознанием необходимости защиты окружающей среды. Поиск альтернативных источников энергии становится первостепенной задачей. Среди многочисленных вариантов, ветровая энергетика занимает особое место, предлагая эффективный и экологически чистый способ генерации электроэнергии. Потоки воздуха есть в любом уголке нашей планеты. Ветровая энергия – это кинетическая энергия движущегося воздуха, которую можно преобразовать в электричество с помощью ветротурбин и генератора. Используемые ветрогенераторы в степях очень огромны и тяжелы в разработке. Лопастей – это неединственная форма ветротурбин. Процесс преобразования потока ветра в ток, казалось бы, прост, однако за ним стоит сложная инженерная разработка, включающая в себя аэродинамику, механику, электродинамику и электротехнику. В ходе проекта будут рассмотрены различные типы ветротурбин, конструктивные особенности и коэффициент полезного действия.

**Актуальность:** Сегодня людям все чаще нужна энергия вне дома – в походах, на даче, в экспедициях. Обычные батарейки быстро садятся, и их нужно выбрасывать, что плохо для природы. Аккумуляторы можно заряжать много раз и не загрязнять окружающую. Сейчас создание деталей на 3-D принтере довольно доступно. Небольшие ветрогенераторы пригодятся тем, кто живет далеко от электричества или хочет экономить энергию. Они помогут осветить дом, зарядить телефон или включить радио.

**Цель:** Создание ветрогенератора, который способен заряжать портативные устройства.

**Проблема:** Вне среды глобальной сети и цивилизации найти источник тока для заряда устройств проблематично.

**Гипотеза:** напряжение и мощность, вырабатываемые ветрогенератором, сильно зависят от угла между потоком ветра и осью ветрорубины.

**Задачи:**

1. Изучить строение ветрогенератора
2. Изучить виды ветротурбин и их особенности
3. Поиск 3-D модели ветротурбины
4. Подготовить нужные материалы

5. Создать выбранную ветротурбину
6. Модернизировать ветротурбину в ветрогенератор
7. Проверить ветрогенератор на возможность заряжать портативные устройства
8. Серией опытов исследовать гипотезу

**Методы:** изучение, моделирование, анализ, эксперимент

**Практическая значимость:** Большие ветрогенераторы занимают много места, требуют большую команду специалистов для работы и могут мешать животным. Созданный в ходе проекта ветрогенератор с наиболее эффективной ветротурбиной не будет требовать большого пространства, будет компактным и поможет извлекать энергию вне цивилизации.

# Глава 1. Теория

## 1.1 Строение ветрогенератора

Современный ветрогенератор включает в себя:

1. **Ветрогенератор** – определённый вид лопастей у ветрогенератора. Ветряные турбины работают по принципу аэродинамического захвата энергии: их лопасти, подобно крыльям самолета, используют силу ветра для создания подъемной силы. Когда воздушные потоки обтекают изогнутую поверхность лопастей, возникает разница давлений — с одной стороны давление снижается, с другой повышается, что заставляет конструкцию вращаться. Это движение передается через систему валов на электрогенератор, где механическая энергия уже преобразуется в электрический ток.
2. **Лопастей** - это самая видимая часть ветрогенератора. Лопасти захватывают энергию ветра и преобразуют ее в вращательное движение. Используется легкий и прочный материал.
3. **Ротор** - это элемент конструкции, который вращается под воздействием ветра.
4. **Гондола** - это корпус, установленный на вершине башни, в котором размещаются основные компоненты ветрогенератора. (Генератор, система торможения, охлаждения, управления).
5. **Башня** - поддерживает гондолу и ротор на необходимой высоте, где скорость ветра выше и более постоянна. Современные ветряные башни — инженерные шедевры, которые умеют договариваться с ветром. Их секрет в идеальной геометрии: высота башни обычно равна диаметру окружности, которую описывают лопасти — так турбина ловит ветер максимально эффективно. И чем выше башня, тем экстремальнее условия ее работы. На высоте 100 метров ветер совсем перестает церемониться с конструкциями, поэтому башни проектируют с таким запасом прочности, чтобы они могли выдержать даже стихийную танцевальную вечеринку
6. **Анемометр** – устройство для определения скорости ветра.
7. **Флюгер** – определяет направления ветра направления ветра.
8. **Трансформатор** - электрическое устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при сохранении частоты.
9. **Электрические кабели** - передают электроэнергию от генератора к трансформатору и далее в электрическую сеть. (Приложение 1,2).

## **1.2 Физика ветрогенерации**

Ветер взаимодействует с лопастями турбины. Именно здесь вступает в силу принцип Бернулли, гласящий, что с увеличением скорости потока воздуха давление падает. Лопасты, имеющие специальный аэродинамическую форму, создают разницу давлений между верхней и нижней поверхностями. Более быстрый поток сверху создает пониженное давление, а замедленный поток снизу – повышенное. Эта разница давлений рождает подъемную силу, заставляющую лопасти вращаться, создавая крутящий момент на валу ротора. Далее, вращательное движение ротора передается в гондолу, где расположен генератор. В некоторых конструкциях между ротором и генератором установлен редуктор, который, в соответствии с законами механики, увеличивает скорость вращения вала генератора, оптимизируя его работу. Однако, все больше современных установок используют генераторы с прямым приводом, чтобы избежать потерь энергии и уменьшить необходимость в обслуживании редуктора. Генератор – это электромеханическое устройство, основанное на законе электромагнитной индукции Фарадея. Этот закон утверждает, что изменение магнитного потока, проходящего через проводящий контур, создаёт в нем электродвижущую силу (ЭДС), которая создаёт электрический ток. Генератор состоит из статора, содержащего обмотки проводника, и ротора с постоянными или электромагнитами. Вращаясь, ротор создает переменное магнитное поле, которое пересекает обмотки статора, вызывая изменение магнитного потока и, следовательно, генерацию ЭДС, а значит и переменного тока. Затем, переменный ток, произведенный генератором, должен быть адаптирован для передачи в электрическую сеть. Для этого используется трансформатор, повышающий напряжение тока до необходимого уровня. Трансформатор, как и генератор, работает по принципу электромагнитной индукции. В некоторых случаях может потребоваться инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный или синхронизирует частоту переменного тока с частотой электросети. Преобразованное электричество по кабелям передается в сеть для использования.

## **1.3 Типы ветротурбин**

Ветротурбины разделяются на два типа.

- С горизонтальной осью вращения
- С вертикальной осью вращения

**Вертикальный тип** — турбина расположена вертикально по отношению к плоскости земли. Начинает работать при небольшом ветре. Разновидности вертикальных ветрогенераторов:

- генераторы с ротором Савоуниса - состоят из двух цилиндров. Постоянное осевое вращение и поток ветра не находятся в зависимости друг от друга. Даже при резких порывах он крутится с заданной изначально скоростью.
- генераторы с ротором Дарье - имеют две или три лопасти. Легко монтируются. Конструкция простая и понятная. Начинают работать от запуска вручную. Минус — турбины не отличаются мощной работой. Сильная вибрация становится причиной сильного шума. Этому способствует большое количество лопастей.
- геликоидный ротор - вращение ветрогенератора происходит равномерно благодаря закрученным лопастям. Подшипники не подвержены быстрому износу, что значительно продляет срок эксплуатации. Монтаж установки требует времени и сопряжен с трудностями сборки. Сложная технология изготовления отразилась на высокой цене.
- многолопастный ротор. Вертикально — осевая конструкция с большим количеством лопастей делает его чувствительным даже к очень слабому ветру. Эффективность таких ветрогенераторов очень высокая. Это мощный преобразователь. Энергия ветра используется максимально. Стоит он дорого. Недостаток — высокий звуковой фон. Может давать большой объем электричества.

**Горизонтальные ветрогенераторы** или как их называют крыльчатые. Разные модификации горизонтальных установок имеют от одной до трех лопастей и более. Поэтому коэффициент полезного действия намного выше, чем у вертикальных

#### 1.4 Список формул для выполнения работы

$V = (2\pi r) / T$ , где  $V$  — линейная скорость,  $\pi$  — число пи,  $T$  — период,  $r$  — радиус

$P = U^2 / R$ , где  $P$  — мощность,  $U$  — напряжение,  $R$  — сопротивление

$R_{\text{среднее}} = (R_1 + R_2 + R_3) / n$ , где  $n$  — количество замеров,  $R$  — сопротивление

$U_{\text{среднее}} = (U_1 + U_2 + U_3) / n$ , где  $n$  — количество замеров,  $U$  — напряжение

## **Глава 2. Практика**

### **2.1 Разработка 3-D модели ветротурбины**

В проекте я выбрал ветротурбину многолопастного вида. Она наиболее эффективна и менее прихотлива к порывам ветра. 3-D модель я взял с сайта в интернете (Ссылка 1). Модель была очень большой для печати на принтере. Моей задачей было масштабировать турбину под нужные размеры, до 15 см во всех плоскостях. Я использовал программу Solidwork 2024. Сначала я открыл нужный файл детали. Для масштабирования использовал команду «Масштаб» (Scale). Перешёл на вкладку «Элементы» (Features) в верхней части экрана и выбрал значок «Масштаб». После активации команды слева открылась панель настроек (PropertyManager). В разделе «Тела для масштабирования» я выбрал всю турбину. Далее, относительно начала координат масштабировал всю деталь. (Приложение 3).

### **2.2 Параметры печати**

В печати использовался пластик pla +. Он экологичен и не выделяет вредных веществ. Выбор цвета пал на белый. Белый не нагревается и самый дешёвый из всех цветов в 3-D печати. Стоимость пластика составила 270 рублей. Принтер Creality K1C. Длительность печати составила 9 часов. (Приложение 4).

### **2.3 Детали для сборки**

За конструктивную основу я выбрал lego technic, так как оно даёт неограниченные варианты сборки конструкции.

Компоненты: микросхема, состоящая из платы, подсоединённой лампочки и выхода USB, маленький электро-двигатель, способный выдавать 5 В, два провода, распечатанная ветротурбина, корпус из лего.

Средняя стоимость детали lego technic при покупке отдельно – 11 руб. (Ссылка 2)

Примерная стоимость всех деталей lego – 1400 руб.

### **2.4 Создание 3-D модели корпуса**

Перед началом сборки нужно создать примерный макет корпуса, чтобы от него можно было отталкиваться, для дальнейшей модернизации. Использовал онлайн сервис (Ссылка 3).

Я создал простой макет будущего корпуса, в котором будет две оси. Черная шестеренка будет крепиться на ось ветротурбины, а белая на ось электродвигателя. Красным цветом показано расположение двигателя. (Приложение 5)

## 2.5 Сборка полной установки

В процессе сборки, я немного усовершенствовал 3-D макет. Вся установка стоит на большой пластине. Для более хорошей уверенности я добавил две опоры по бокам. Радиус шестерёнки на оси турбины в 6 раз больше радиуса турбины на оси генератора. Это даёт хороший выигрыш в эффективности выработки тока, т.к. линейная скорость будет зависеть от радиуса, а период обращений одинаковый (пункт 1.6). Конструкция разбирается на несколько основных деталей: ветротурбина, шестеренки, электро-двигатель, корпус и несколько фиксирующий деталей. Провода с микросхемой и электродвигателем спаял. (Приложение 6,7)

## 2.6 Измерения и счёт

Для проведения эксперимента была собрана небольшая установка, включающая в себя: мультиметр, ветрогенератор, транспортир, фен. (Приложение 8)

С помощью мультиметра было определено сопротивление три раза.

Погрешность 0.1 Ом

$$1. R_1 = 35,2 \text{ Ом}$$

$$2. R_2 = 37 \text{ Ом}$$

$$3. R_3 = 34,7 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{среднее}} \approx 35,6 \pm 0.1 \text{ Ом}$$

С помощью мультиметра было определено напряжение при разном угле. Погрешность мультиметра 0.05В

| Угол в градусах по Цельсию | Первый результат | Второй результат | Третий результат | Среднее значение          |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| 0                          | 0.86 В           | 0.88 В           | 0.81 В           | $0.85 \pm 0.05\text{В}$   |
| 10                         | 0.63 В           | 0.67 В           | 0.69 В           | $0.66 \pm 0.05 \text{ В}$ |
| 20                         | 0.53 В           | 0.49 В           | 0.54 В           | $0.52 \pm 0.05 \text{ В}$ |
| 30                         | 0.18 В           | 0.16 В           | 0.15 В           | $0.16 \pm 0.05 \text{ В}$ |

При 40 градусах и выше ветротурбина не вращалась.

| Угол в градусах по Цельсию | Средняя мощность |
|----------------------------|------------------|
| 0                          | 0,02 Ватт        |
| 10                         | 0.012 Ватт       |
| 20                         | 0.007 Ватт       |
| 30                         | 0.0007 Ватт      |

## 2.7 Таблица стоимости

| Компонент   | Цена          |
|-------------|---------------|
| Моторчик    | 120 рублей    |
| Микросхема  | 36 рублей     |
| Провода     | 12 рублей     |
| Пластик     | 270 рублей    |
| Детали лего | ≈ 1400 рублей |

Итого: 1838 рублей.

## **Заключение**

В ходе данного проекта я собрал в домашних условиях ветрогенератор, в котором использовал ветротурбину многолопастного вида. Стоимость проекта составила 1838 рублей. Значения напряжения и мощности получились совсем небольшими по некоторым факторам: неустойчивая ось вращения при сильном порыве ветра и возникающая сила трения. Эти результаты оказались недостаточными для зарядки портативных устройств, но при дальнейших усовершенствованиях это вполне возможно. Моя гипотеза подтвердилась серией опытов – угол между порывом ветра и осью ветротурбины влияет на напряжение и мощность установки, а проблема, поставленная в самом начале, оказалась решаемая.

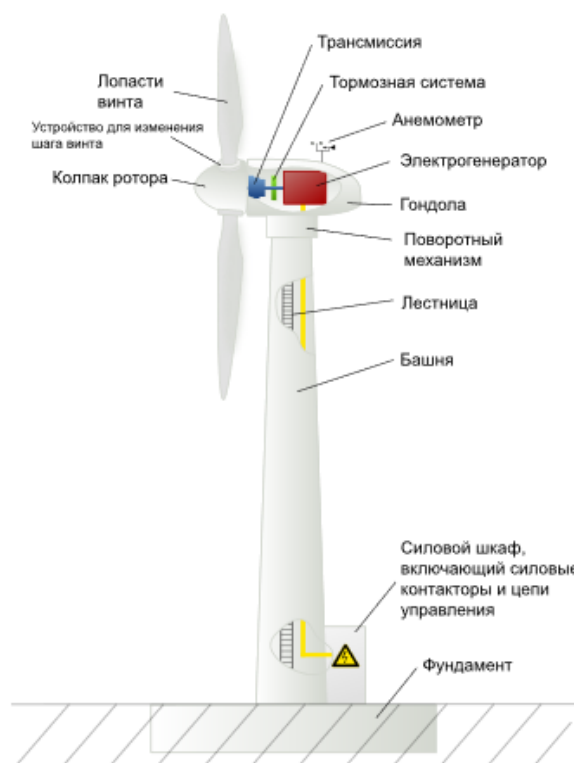
Таким образом, имея небольшие навыки в конструировании лего и в 3-D моделировании, можно создать альтернативный источник тока в домашних условиях и использовать его вне глобальной сети тока.

## Список литературы

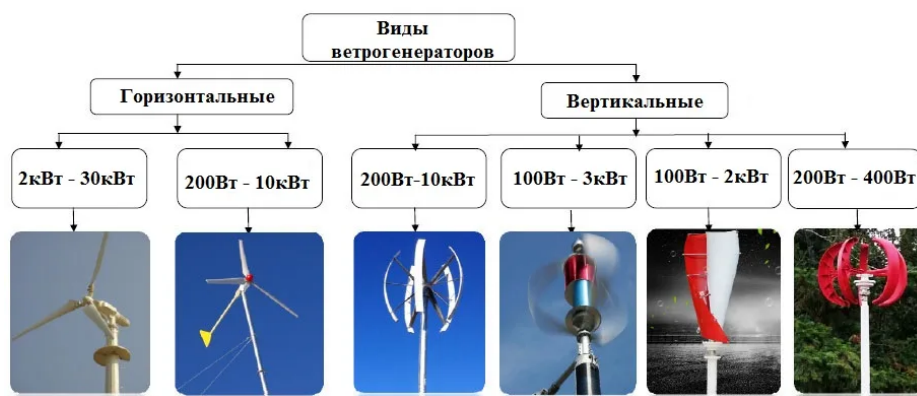
1. <https://cults3d.com/ru/tegi/wind+turbine?page=2> – сайт 3-D моделей
2. <https://timebricks.ru/?ysclid=mhmlj4kwu9732665166> – сайт деталей Lego
3. <https://malovato.net/online-redaktori/konstruktor-lego-onlayn.html> - онлайн сервис для моделирования деталями lego technic
4. Hansen M. Aerodynamics of wind turbines. – Routledge, 2015.
5. Шефтер, Я. И. «Использование энергии ветра» / Я. И. Шефтер. — Москва : Энергоатомиздат, 1983. — 201 с.
6. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины
7. Ландсберг Г.С. (ред.) Элементарный учебник физики, т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. М.: Физматлит, 2010.
8. <https://www.irena.org/wind>
9. <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/>

Каргиев В.М. и др. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. –М.: Интерсоларцентр, 2001– 62 с

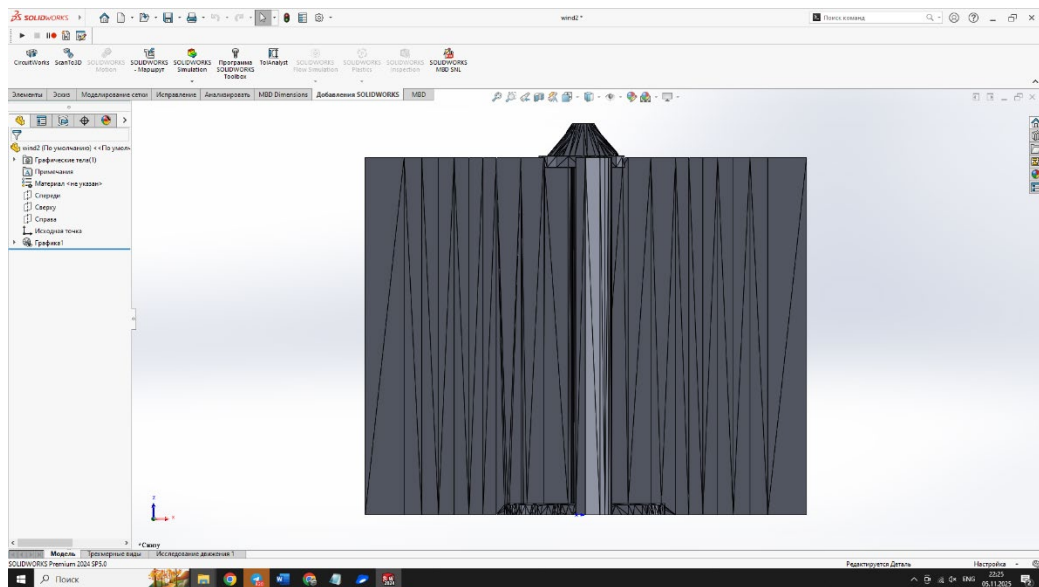
## Приложение



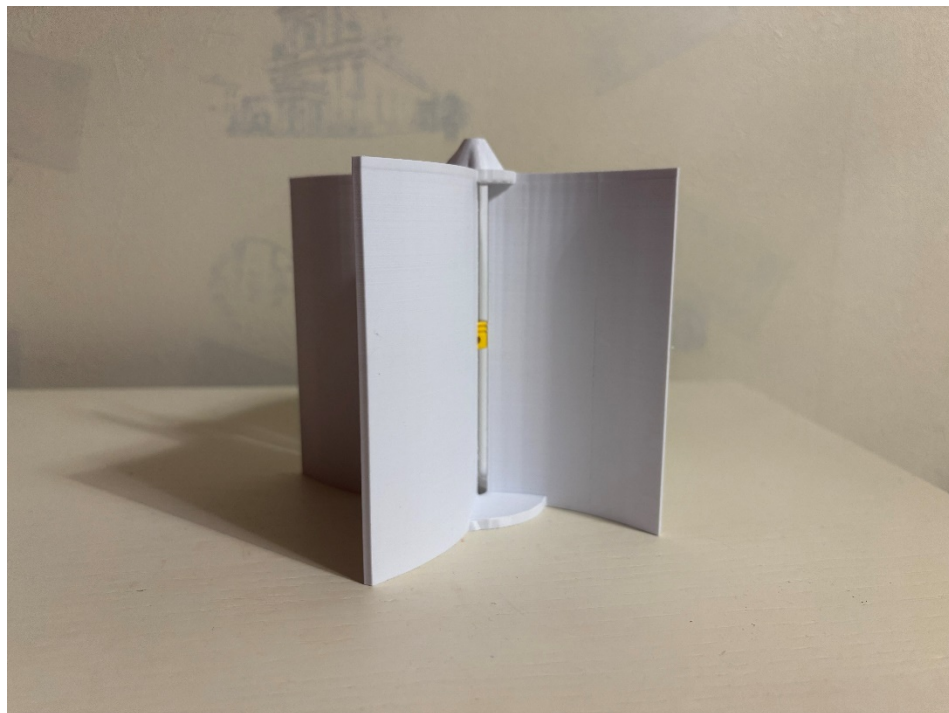
1.



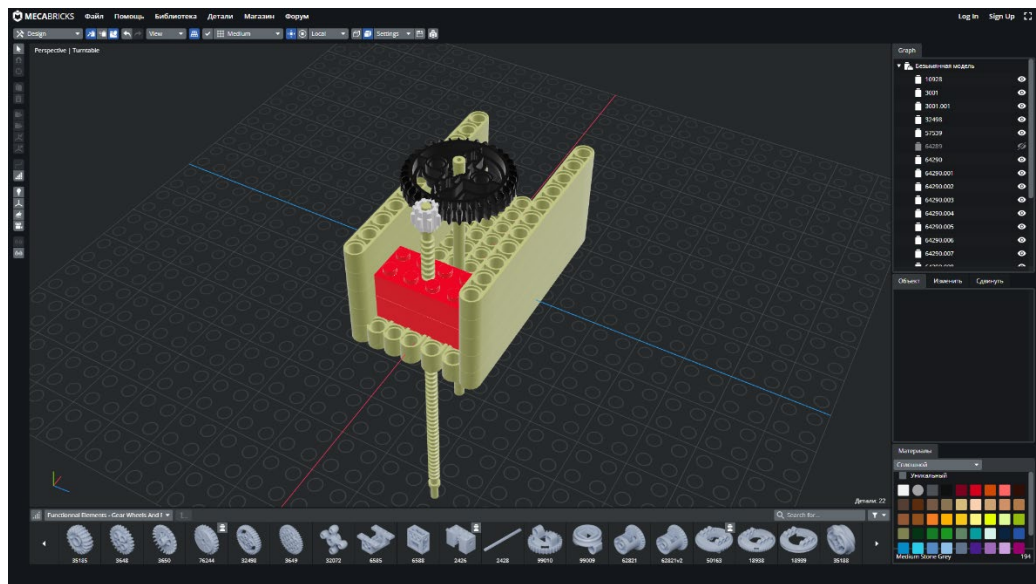
2.



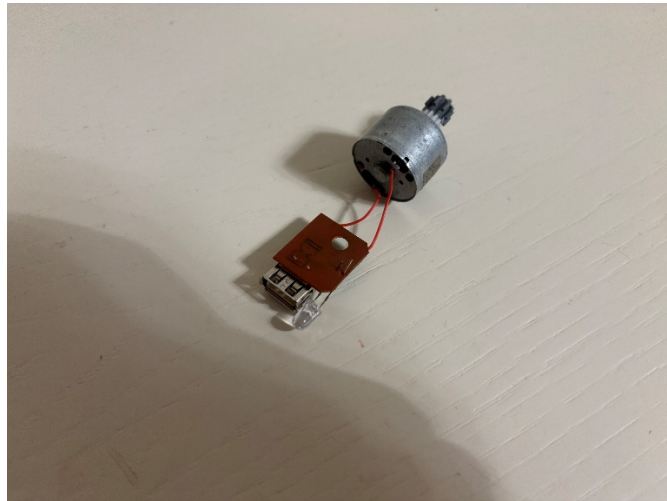
3.



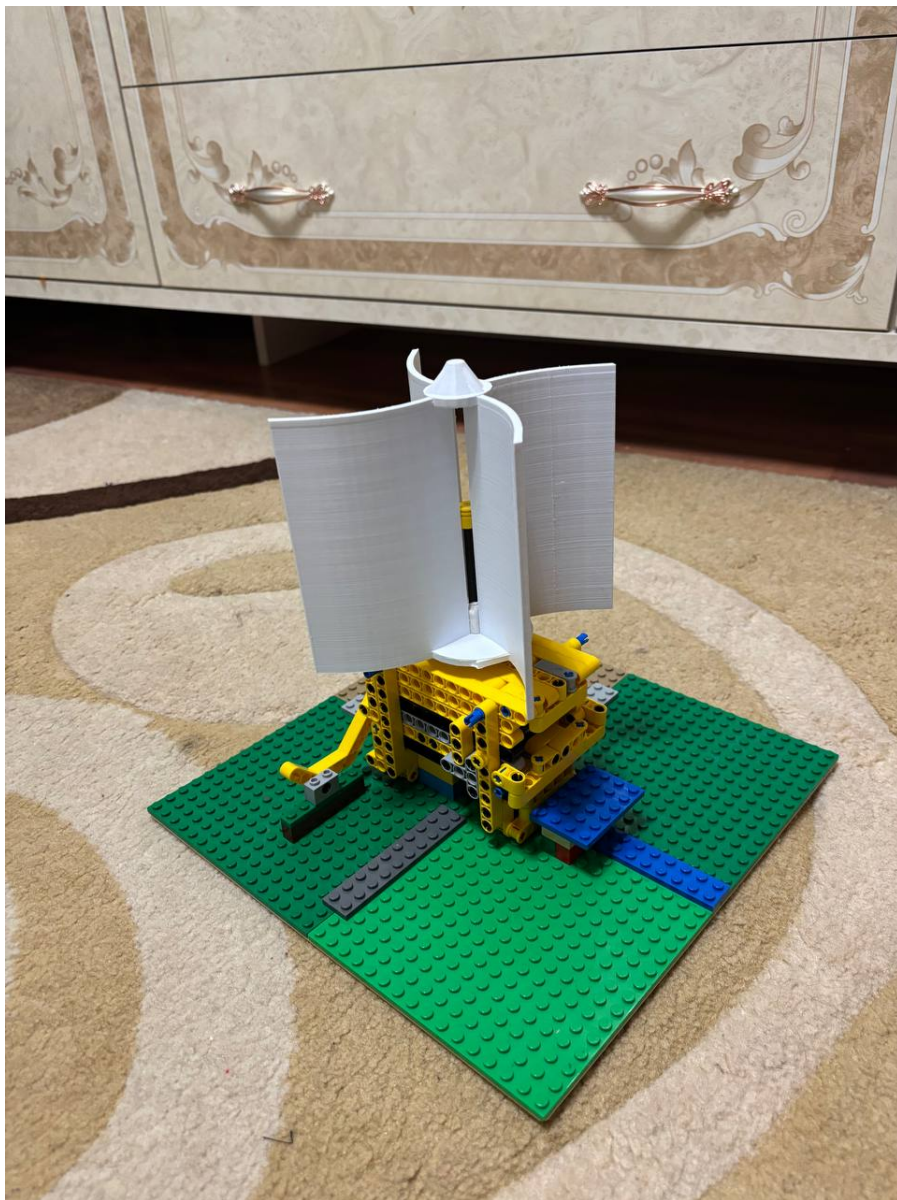
4.



5.



6.



7.



8.

