

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ПЕНЗЫ

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №11 Г. ПЕНЗЫ С УГЛУБЛЕННЫМ
ИЗУЧЕНИЕМ ПРЕДМЕТОВ ГУМАНИТАРНО-ПРАВОВОГО ПРОФИЛЯ**

(МБОУ СОШ № 11 г. Пензы)

**V открытый региональный конкурс
исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж - Пенза» 2023**

**Многолопастный горизонтальный ветрогенератор и эксперименты
с ним**

Выполнил:

**Кулишов Даниил,
ученик 9 «А» класса**

Научный руководитель:

**Абросимова
Марина Алексеевна,
учитель физики**

Пенза, 2022

Оглавление

Введение	3
Глава1 Ветроэнергетика как вид альтернативной энергетики	4
1.1 Виды альтернативной энергетики	4
1.2 Ветрогенераторы и их виды	6
1.3 Применение ветрогенераторов	8
1.4 Строение промышленных ветрогенераторов и их характеристики	9
Глава 2 Создание многолопастного ветрогенератора в домашних условиях и эксперименты с ним	10
2.1 Сборка ветрогенератора	10
2.2 Расчет себестоимости	10
2.3 Расчёт мощности ветрогенератора	11
2.4 Эксперименты	12
2.5 Зависимость напряжения от силы ветра	13
Заключение	14
Список использованной литературы и интернет-источники	15

Введение

Изучая на уроке физике тему «электричество», я заинтересовался альтернативными источниками энергии. Мне стало интересно, как с помощью ветра или солнца может образовываться электричество. Изучив эту тему, прочитав обо всех источниках альтернативной энергии, я остановил свой выбор на создании модели ветрогенератора.

Актуальность

В современном мире практически каждая вещь работает от электричества. Электронная доска используется для обучения в школе, телефон, который работает от электричества есть у каждого. Без электричества современный человек не сможет даже приготовить или разогреть себе еду. В машинах стоят аккумуляторы, дома - розетки и т.д. В нашей жизни под словом «электричество» подразумевается все: от постройки домов до полета в космос. Даже этот проект написан и распечатан благодаря электричеству. Актуальность альтернативных источников энергии не исчезнет никогда.

Цель проекта:

Изучить теорию и создать свой горизонтальный многолопастный ветрогенератор.

Задачи проекта:

1. Изучить виды альтернативных источников энергии и их применение.
2. Ознакомиться с устройством ветрогенераторов и их видами.
3. Создать горизонтальный многолопастный ветрогенератор.
4. Разработать и провести эксперименты с ним.
5. Установить зависимость характеристик тока от силы ветра.

Объект исследования: ветрогенератор.

Предмет исследования: мощность ветрогенератора.

Методы исследования:

- 1) Эмпирические: наблюдение, проект, эксперимент, изучение литературных источников, самооценка;
- 2) Теоретические: моделирование, сравнение, обобщение, синтез, описание, систематизация.

Гипотеза: мощность ветрогенератора нелинейно зависит от скорости ветрового потока.

Глава1 Ветроэнергетика как вид альтернативной энергетики

1.1 Виды альтернативной энергетики

Альтернативная энергетика — совокупность перспективных способов получения, передачи и использования энергии (зачастую — из возобновляемых источников), которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде.

1. Солнечная энергетика - направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемый источник энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования. К плюсам этой энергетики относится: экологическая безопасность установок, что не мало важно в нашем мире, также этот источник энергии неисчерпаем, более того мы получаем низкую себестоимость энергии, а также доступность производства энергии.



Рис.1 Солнечная энергетика.

2. Ветроэнергетика - отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Добыча энергии с помощью ветрогенераторов одно из самых популярных в нашем мире. Создать свой ветрогенератор довольно легко. В основу функционирования ветрогенератора положена трансформация кинетической энергии ветра в механическую энергию ротора, которая затем преобразуется в электроэнергию. Ветрогенератор работает очень просто: воздушный поток вращает лопасти, вращение лопастей приводит к круговому движению генератора энергии.



Рис. 2. Ветроэнергетика.

3. Биомассовая энергетика - при гниении биомассы (навоз, умершие организмы, растения) выделяется биогаз с высоким содержанием метана, который и используется для обогрева, выработки электроэнергии и пр. Плюсы энергии биомассы: этот источник возобновляемый, более того источник широкодоступный, также сокращает количество отходов, но самое главное - дешевле по сравнению с ископаемым топливом. К минусам относятся: малое выделение биогаза, содержание вредоносной флоры.



Рис.3. Биомассовая энергетика.

4. Градиент-температурная энергетика – это способ добычи энергии при разности температур. Он не слишком широко распространен. С его помощью можно вырабатывать достаточно большое количество энергии при умеренной себестоимости производства электроэнергии. Большинство градиент-температурных электростанций расположено на морском побережье и используют для работы морскую воду. К плюсам можно отнести неиссякаемость и независимость от внешних факторов. К минусам же относится экономическое значение скважин, для преобразования теплоты необходимо, чтобы температурное значение воды было достаточным, а также работа станций является энергозатратным. Самое главное при работе такой станции - в океан выбрасываются хлорные выбросы.



Рис. 4. Градиент-температурная энергетика.

5. Приливная энергетика - является одним из перспективных способов получения альтернативной энергии. В ее основе лежит технология преобразования морской энергии, образующейся во время приливов и отливов, в электрическую. К плюсам относится: экологическая безопасность данной установки, также это низкая себестоимость получаемой энергии и более того это возобновляемый источник энергии. К минусам можно отнести высокие затраты на строительство проекта, также малая мощность вырабатываемой энергии, цикличность работы.



Рис. 5. Приливная энергетика.

6. Геотермальная энергетика - направление энергетики, основанное на использовании тепловой энергии недр Земли для производства электрической энергии на геотермальных электростанциях, или непосредственно, для отопления или горячего водоснабжения. Большим плюсом геотермальной энергетика является то, что данный источник энергии имеет большие запасы энергии. Также можно отметить экономичность и безопасность. Также есть минусы: высокая стоимость, возможен выброс вредных веществ в атмосферу.

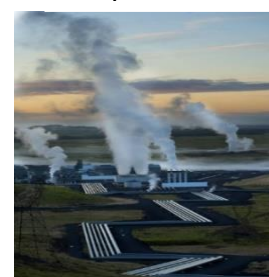


Рис. 6. Геотермальная энергетика.

Плюсы и минусы альтернативных источников энергии

Альтернативные источники энергии	Плюсы	Минусы
Солнечная энергетика	Экологическая безопасность, неисчерпаемость, доступность	Высокая цена и низкое КПД
Ветроэнергетика	Бесконечность ресурсов, экологичность	Высокая цена и низкое КПД
Биомассовая энергетика	Возобновляемость, широкодоступность,	Содержание вредоносной флоры, малое выделение биогаза

Градиент-температурная энергетика	Неиссякаемость, независимость от внешних факторов	Выделение вредных веществ, экономическое значение
Приливная энергетика	Экологичность, низкая себестоимость, возобновляемость	Высокие затраты на строительство, малая мощность, цикличность работы
Геотермальная энергетика	Большие запасы энергии, экономичность и безопасность	Высокая стоимость, выброс вредных веществ

Таблица №1 Плюсы и минусы альтернативных источников энергии

1.2 Ветрогенераторы и их виды

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ, **ветряк**) — устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию. Первая ветряная турбина, используемая для производства электроэнергии, была построена в Шотландии **в июле 1887 года** профессором Джеймсом Блайтом из колледжа Андерсона в Глазго.

Основные виды ветрогенераторов:

1. 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.

Положительные стороны вертикальных ветрогенераторов:

- 1) использование генераторов возможно даже при слабом ветре;
- 2) они не настраиваются на ветровые потоки, так как не зависят от его направления;
- 3) устанавливаются на короткой мачте, что позволяет производить обслуживание систем на земле;

- 4) шум в пределах 30 дБ;
- 5) разнообразный, приятный внешний вид.

Основной недостаток – используют силу и энергию ветра не полностью из-за невысокой вращательной скорости ротора.

2. 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.

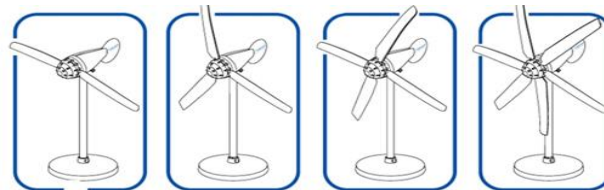


Рис. 11. Виды горизонтальных ветрогенераторов.

Недостатки ветрогенераторов – в необходимости ориентировать их на направление ветра. Постоянное перемещение снижает скорость вращения, что понижает его производительность.

Виды горизонтальных ветрогенераторов с лопастями и их особенности:

- 1) однолопастные и двухлопастные ветрогенераторы: отличаются высокими двигательными оборотами; масса и габариты установки небольшие, что облегчает её.
- 2) Трехлопастные ветрогенераторы: пользуются спросом на рынке; могут вырабатывать энергию до 7 мВт.
- 3) многолопастные установки имеют до 50 лопастей. Отличаются большой инерцией. Преимущества крутящего момента используют в работе водяных насосов.

На современном рынке появляются ветрогенераторы с отличными от классических конструкциями, например, встречаются гибридные.

Виды горизонтальных ветрогенераторов:

1) ветрогенератор, устроенный по типу парусника. Тарелкообразная конструкция под напором воздуха приводит в движение поршни, которые активируют гидросистему. В результате, происходит трансформация физической энергии в электрическую. Во время работы установка не шумит; высокие показатели мощности; легко управляемая.

2) летающий ветрогенератор-крыло. Используется без мачты, генератора, ротора и лопастей. В сравнении с классическими конструкциями, которые функционируют на небольшой высоте при непостоянной силе ветра, а сооружение высоких мачт дело трудоемкое и дорогое, “крыло” таких проблем не имеет.

- 3) ветрогенераторы с лопастями



Рис. 12. Ветрогенератор устроенный по типу парусника.



Рис. 13. Летающий ветрогенератор-крыло.

1.3 Применение ветрогенераторов

Ветрогенераторы применяются в промышленности и в быту. Ветроустановки промышленные используются для нужд производства или обеспечения электроэнергией небольших поселков в условиях отсутствия или дефицита электрического снабжения. Устанавливаются на открытой пустынной местности в большом количестве. Ветряки, преимущественно простые, предназначены для домашнего использования на дачных участках. В зимнее холодное время для экономии электричества сооружаются на территории жилых домов. Простой ветрогенератор дает энергию в соответствии с количеством ветреных дней. Соответственно, чем сильнее ветровой поток, тем больше будет вырабатываться энергия. Ниже представлена карта ветров России.

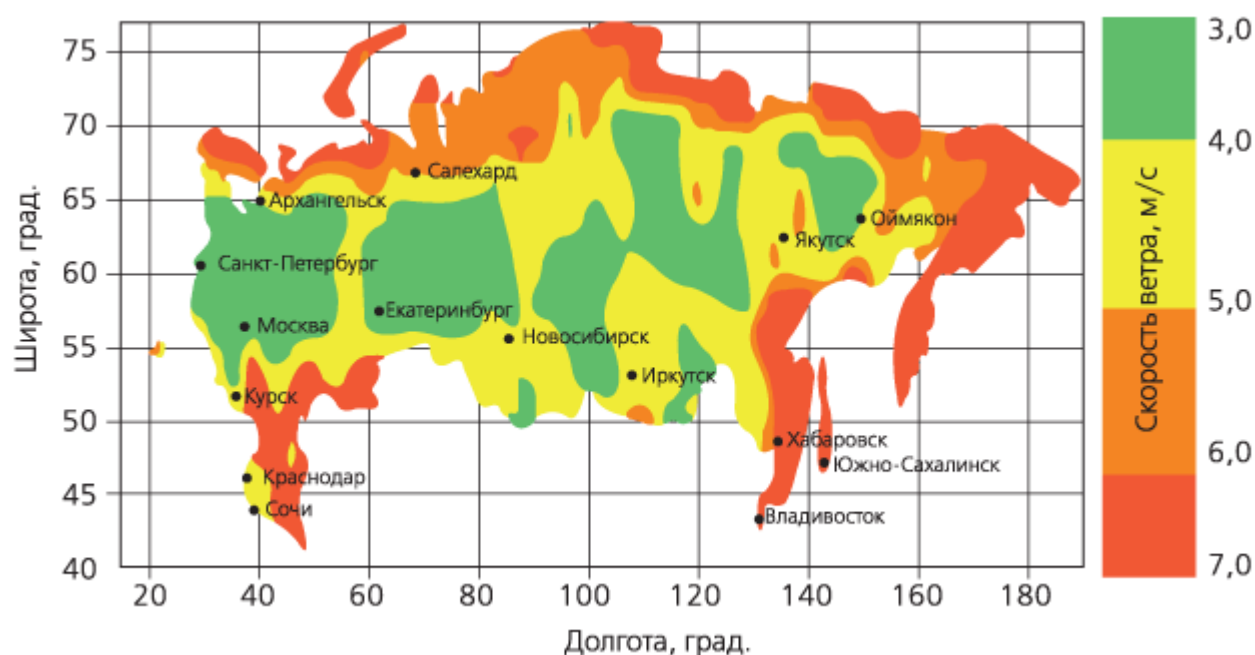


Рис. 14 Скорость ветра на разных участках России

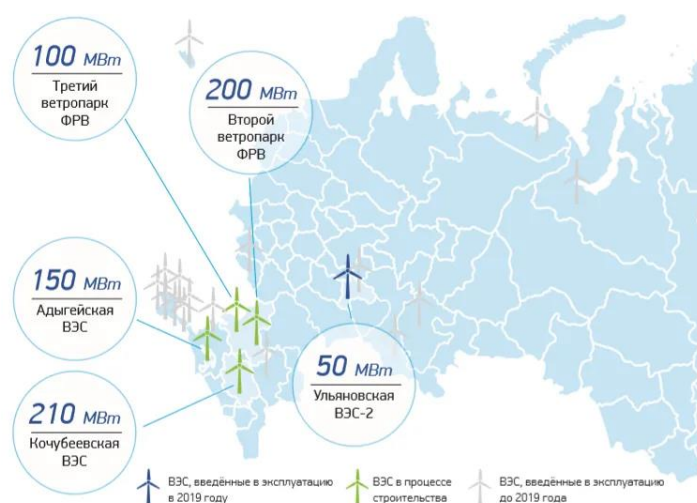


Рис. 15 Расположение промышленных ветрогенераторов на территории РФ

1.4 Стрoение промышленных ветрогенераторов и их характеристики

Производитель ВЭУ	ξ_{\max}
Enercon	0,52
Vestas	0,5
Nordex	0,5
Gamesa	0,5
Umoe	0,5
Sinoi	0,5
Euros	0,5

Рис. 16. КПД реальных установок

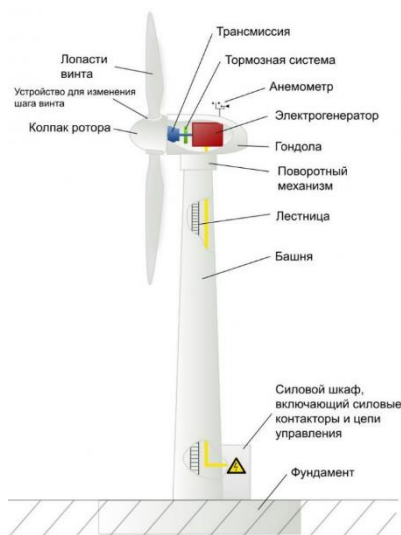


Рис.17. Стрoение промышленных ветрогенераторов

Производительность ВЭУ разного диаметра в зависимости от скорости ветра					
Ветроустановки трех-лопастной схемы Siemens			Ветроустановки турбинного типа Aero-Energy		
Диаметр (м) ветроколеса	Мощность (кВт) при скоростях ветра:		Диаметр (м) турбины	Мощность (кВт) при скоростях ветра:	
	V=6м/с	V=12 м/с		V=6м/с	V=12 м/с
1	0,04	0,3	1	0,18	1,4
2	0,15	1,2	2	0,7	5,8
5	1	7,5	5	4,5	36
10	3,8	30	10	18	145
20	15	120	20	72	580
30	34	270	30	160	1 300
50	95	760	50	450	3 600
80	242	2 000	80	1 160	9 300
100	378	3 000	100	1 800	14 500
150	850	7 000	150	4 100	32 800
---	---	---	Теоретический горизонт на ближайшие 10 лет		
---	---	---	200	7 200	58 000
---	---	---	250	11 300	91 000

Рис. 18. Мощность промышленных ветрогенераторов

Глава 2 Создание многолопастного ветрогенератора в домашних условиях и эксперименты с ним

2.1 Сборка ветрогенератора

1. Изготовление корпуса и верхней части из пвх труб на 50мм и 32мм.
2. Соединение трубы пвх 32мм и крепления для движка. Прикрепление хвостовика.
3. Использование переходника с 32мм на 50мм и закрепление на деревянной доске размером 29см на 40см.
4. Сверление небольшого отверстия в середине трубы на 32мм и вставка болта длиной 60мм.
5. Закрепление на конце болта с помощью двух гаек подшипника с внешним диаметром 32мм, прикрепление готовой части перпендикулярно корпусу.
6. Прикрепление светодиода к корпусу ветрогенератора.



Рис. 19 Строение моего ветрогенератора

2.2 Расчет себестоимости

Компонент	Количество	Цена (руб.)
Пвх трубы на 32мм и на 50мм (2м)	2	50
Подшипник с внешним диаметром 32 мм	1	100
Движок RS-545PHTN832Z04 из лазерного принтера	1	500
Крепление для движка	1	65
Пвх переходник с 50мм на 32мм	1	50
Светодиод	1	3
Итого:		768

Таблица №2. Расчёт себестоимости

2.3 Расчёт мощности ветрогенератора

С теоретической позиции, мощность ветряной энергетической станции считают по формуле:

$$N = \rho \cdot S \cdot \frac{v^3}{2}$$

где:

- ρ – плотность воздушных масс;
- S – общая обдуваемая площадь лопастей винта;
- v – скорость воздушного потока;
- N – мощность потока воздуха.

$$S = \pi \cdot r^2 = 314 \text{ см}^2 = 0.0314 \text{ м}^2$$

$$N = 1,2250 \cdot 0.0314 \cdot 0.05 = 0.02 \text{ Вт}$$

V, м/с	1	2	3	4
N, Вт	0,02	0,038	0,52	1,23

Таблица №3. Зависимость мощности от скорости ветра.

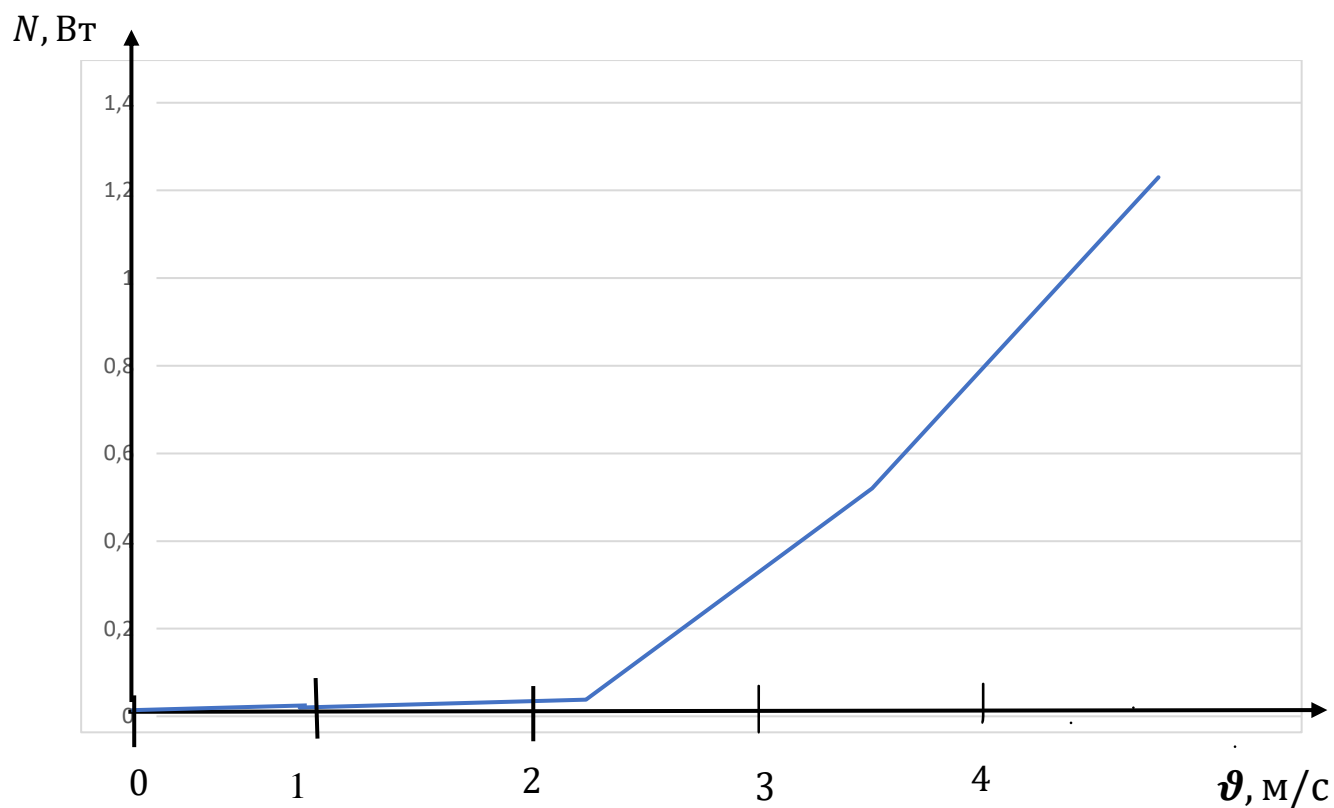


График №1. Зависимость мощности от скорости ветра

2.4 Эксперименты

Эксперимент 1. “Превращение кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию”.

Оборудование:

1. Светодиодная лампа (3В).
2. Ветрогенератор.

Провода, отходящие от движка, припаиваем к лампе 3в и закрепляем лампу на корпусе. Таким образом: ветровой поток приводит в действие лопасти ветрогенератора, и кинетическая энергия ветрового потока превращается в механическую энергию вращения ротора с последующим ее преобразованием в электрическую энергию, направленную на лампочку.

Эксперимент 2. “С ветрогенератором и феном для музея занимательных наук”.

Оборудование:

1. Фен
2. Ветрогенератор
3. Светодиодная лампа (3В)

Мы берем фен и направляем на наш ветрогенератор. Ветровой поток от фена приводит в действие лопасти и кинетическая энергия ветрового потока преобразуется в механическую энергию вращения ротора.



Рис. 20. Ветрогенератор в действии



Рис. 21. Эксперимент с феном

2.5 Зависимость напряжения от силы ветра

Оборудование:

- 1) Мой ветрогенератор
- 2) Анемометр для измерения скорости ветра.
- 3) Мультиметр, для измерения напряжения.

В ветренную погоду я разместил ветрогенератор во дворе своего частного дома. Направив анемометр по направлению ветра, измеряю показатель напряжения мультиметром.



Рис. 22. Зависимость напряжения от силы ветра

Скорость ветра (м/с)	Напряжение, В
1.5	0.9
2	1.5
2.5	2
3	3
4	3.8

Таблица №3 Зависимость напряжения от скорости ветра.

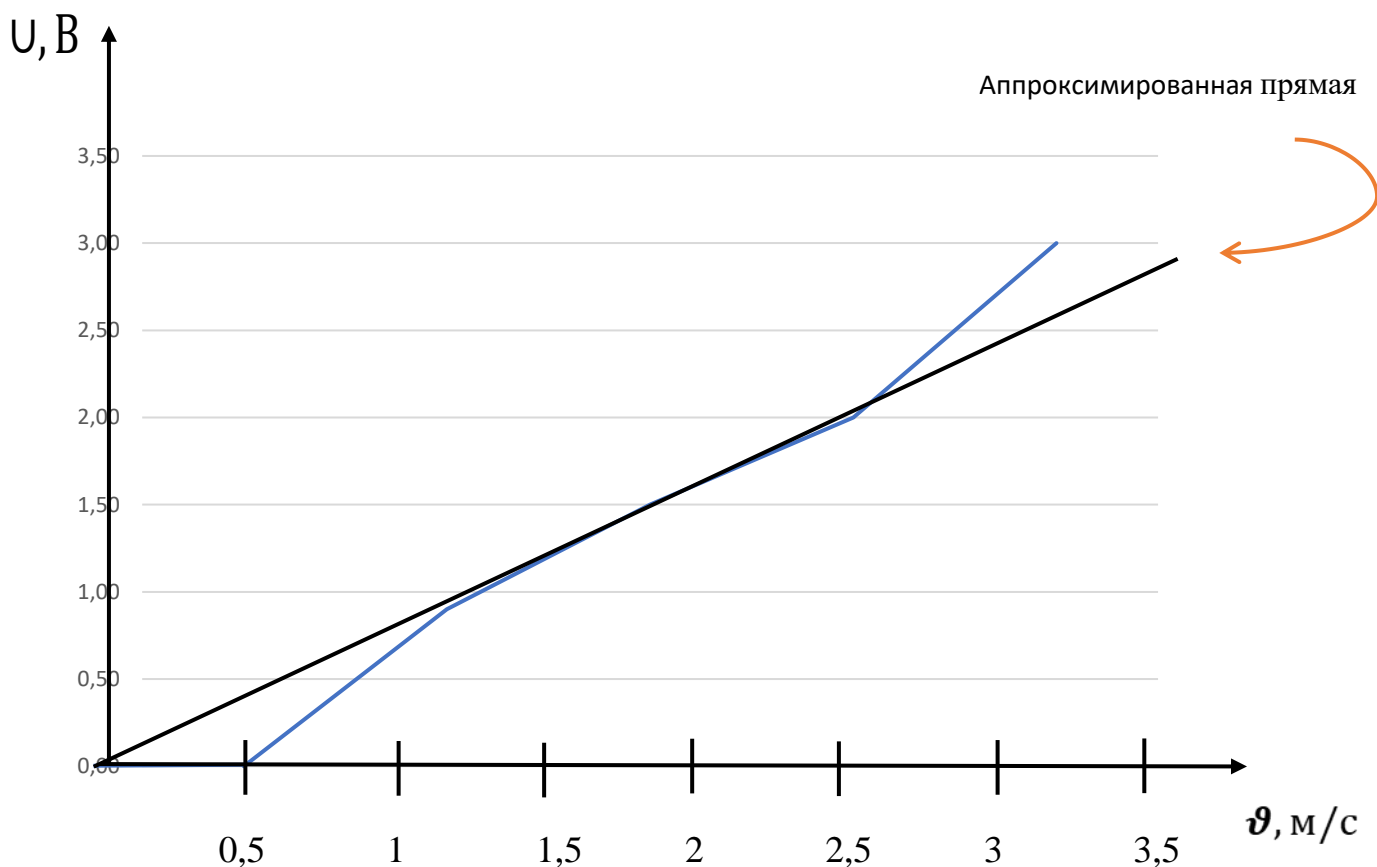


График №2. Зависимость напряжения от скорости ветра

Проведя данный опыт, я получил линейную зависимость напряжения от скорости ветра.

Заключение

70% от всей энергии вырабатывается на тепловых электростанциях. Они работают на угле и газе, к сожалению, ученые прогнозируют, что запасов данных ресурсов хватит еще только на 700 лет. В то время как альтернативные источники энергии, которые не могут закончиться вырабатывают только 0,1% электроэнергии. Люди как потребляют электричество, так и будут его потреблять (даже через 700 лет). Поэтому необходимо создавать новые предприятия, которые будут вырабатывать электроэнергию из природы.

В этой работе я рассказал о создании своего ветрогенератора. Для этого я ознакомился с устройством ветрогенераторов и их видами. Создал горизонтальный многолопастный ветрогенератор. Разработал и провел с ним эксперименты. Установил зависимость характеристик тока от силы ветра. Установил зависимость мощности ветрогенератора от скорости ветрового потока.

Мой ветрогенератор будет служить экспонатом музея занимательных наук кабинета физики, демонстрирующим превращение энергии из одного вида в другой.

Список использованной литературы и интернет-источники

1. Германович В., Турилин А. «Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы», СПб: Наука и Техника, 2014.
2. В. Ильин «Виды ветродвигателей», 2013 г.
3. В. Н. Андрианов, Д. Н. Быстрицкий, К. П. Вашкевич, В. Р. Секторов. глава 2. Ветро двигатели, глава 3. Ветроустановки постоянного тока // Ветроэлектрические станции / под редакцией В. Н. Андрианова. — М., Л.: Государственное энергетическое издательство, 1960. — 320 с. — 2000 экз.
4. Валерий Чумаков. Токи ветров (рус.) // Вокруг света: журнал. — 2008. — Август (№ 8 (2815)). — С. 98-106. — ISSN 0321-0669.
5. Умаров Г. Я.; Ершов А. А. Солнечная энергетика. — М.: Знание, 1974. — 64 с.
6. Владимир Сидорович. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменяют наш мир. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 208 с. — ISBN 978-5-9614-5249-5.
7. <https://ru.wikipedia.org/>
8. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветрогенератор>

Рецензия

на научно-исследовательскую ученическую работу
«Многолопастный горизонтальный ветрогенератор и эксперименты с ним»
учащегося 9 «А» класса МБОУ средней школы № 11 г. Пензы
Кулишова Даниила

Работа посвящена созданию горизонтального многолопастного ветрогенератора и проведению экспериментов с ним.

В настоящей работе рассмотрена зависимость характеристик тока от силы ветра. Изложена методика проведения экспериментов.

Научно-исследовательская работа имеет четкую структуру: введение, основная часть, заключение, список литературы. Работа написана грамотным научным языком. Во введении Кулишов Даниил объяснил актуальность работы, четко сформулировал цель, задачи. Введение содержательно и емко. В результате четкого определения цели работы в изложении основной части обнаруживается логика, последовательность. В первой части приведены теоретические сведения, необходимые для пояснения экспериментов второй части содержания работы. Коротко представлены виды альтернативных источников энергии и их применение. Указаны виды и возможности ветрогенераторов. Рассмотрены плюсы и минусы альтернативных источников энергии. Представлен план сборки и расчет себестоимости ветрогенератора, собранного в домашних условиях. Проведён расчёт его мощности. В данной работе исследована зависимость напряжения тока от силы ветра. Во второй части автор описывает эксперименты. Представлены графические зависимости мощности и напряжения от скорости ветра. Несомненно, автор работы – Кулишов Даниил - при разработке, постановке экспериментов и при написании работы проявил качества старательного и грамотного экспериментатора. Его работа «Многолопастный горизонтальный ветрогенератор и эксперименты с ним» заслуживает отличной оценки.

Доцент кафедры «Общей физики
и методики обучения физике» ПГУ, к.п.н.

Т.В. Ляпина

