

## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДА ПРИ ПОМОЩИ КАТУШКИ ТЕСЛА

Сурвилло Ю.В.

г. Трёхгорный, МБОУ «СОШ № 108», 8 класс

Научный руководитель: Ярославцева Е.П., Специалист ФГУП «ПСЗ»

У меня дома есть плазменная лампа и однажды я случайно заметил ее интересное свойство. Когда я вечером включил ее на своём столе, моя выключенная настольная лампа стала чуть-чуть светиться. И чем ближе я подносил ее к плазменной лампе, тем ярче она светилась! Меня заинтересовало это явление, и я пошел за ответами в интернет.

Как выяснилось, плазменную лампу изобрел Никола Тесла (тогда она называлась Одноконтактная лампа). И, конечно же, я познакомился с катушкой Тесла – резонансным трансформатором. Это устройство создаёт вокруг себя высокочастотное поле, которое способно зажигать на расстоянии газоразрядные лампы (энергосберегающие, лампы дневного света).

Я подумал, а можно ли в наш век технического прогресса и современных развитых технологий создать такую катушку Тесла, которая сможет подарить свет целому городу? Например, сделать огромную катушку Тесла на основе городской водонапорной башни, которая находится на окраине города в самой высокой его точке (идеальное место для размещения катушки). Городская водонапорная башня представляет собой каменный цилиндр, увенчанный большим металлическим шаром.

Так и пришла идея моего проекта. Но для того, чтобы произвести все необходимые расчеты, мне нужен опытный образец – «мини-катушка Тесла», который я соберу сам.

В рамках школьной программы я не смогу этого сделать и не найду ответы на свои вопросы, поэтому в рамках проекта я постараюсь изучить данный вопрос, посмотреть воочию на изобретение Николы Тесла, самостоятельно произвести необходимые расчеты, тем самым получить колоссальный опыт и поделиться им с окружающими.

**Проблема**, которую для себя обозначил – отсутствие возможности в рамках школьного курса изучить и увидеть работу катушки Тесла.

Лично для меня это исследование есть познание чего-то нового, того, что не дадут в рамках школьной программы. А для ближайшего окружения – я передам школе изготовленную мной «мини-катушку Тесла»,

а также методическое пособие с расчетами, которые могут быть использованы на уроках физики в качестве методического и демонстрационного материала.

Поэтому, **целью** моей научно-исследовательской работы является создание рабочей модели мини-катушки Тесла своими руками, написание методического пособия по проделанной работе.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

1. Изучить литературу (Интернет-ресурсы) и посетить необходимые консультации и практические занятия по конструкции, работе и сборке катушки Тесла.

2. Собрать самостоятельно мини-катушку Тесла.

3. Провести испытания и получить опытные данные с собранной мини-катушки Тесла.

4. На основе полученных выводов произвести теоретический расчет создания катушки Тесла на основе городской водонапорной башни. Рассчитать параметры, необходимые для освещения города. Сделать выводы.

5. Написать доклад. Провести демонстрацию мини-катушки Тесла в школе.

6. Выпустить методическое пособие с описанием моего личного опыта по сборке мини-катушки Тесла, экспериментов над ней и теоретическим расчетом создания катушки Тесла на основе городской водонапорной башни.

### Изучение теории

#### *Что такое резонансный трансформатор Тесла?*

Трансформатор Тесла, также катушка Тесла (англ. Tesla coil) – устройство, изобретённое Николой Тесла и носящее его имя. Является резонансным трансформатором, производящим высокое напряжение высокой частоты. Прибор был запатентован 22 сентября 1896 года как «Аппарат для производства электрических токов высокой частоты и потенциала». [1]

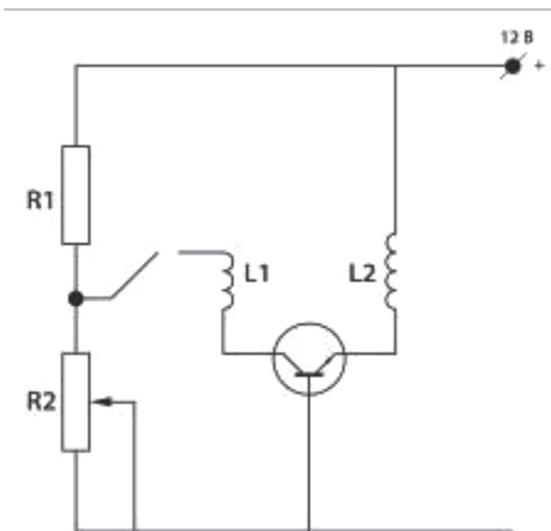
#### *Схема сборки мини-катушки Тесла*

Первоначально катушка Тесла была создана для проведения экспериментов по изу-

чению высоковольтных разрядов, передачи радиосигналов на далекие расстояния. Сегодня же она используется для показательных выступлений, а интернет забит фото и видеосъемками молний и коронарных разрядов.

С чего начать сборку катушки Тесла в домашних условиях?

В интернете уже есть множество схем по сборке катушки Тесла. Я воспользуюсь следующей схемой т.к. она наиболее простая и доступная для меня. [2]



На схеме мы видим:  
 L1 – первичная обмотка;  
 L2 – вторичная обмотка;  
 R1, R2 – переменные резисторы;  
 MJE13007 – транзистор;  
 источник питания.

### Сборка мини-катушки Тесла

Для сборки схемы я использовал:

1. Медный эмалированный провод толщиной 0,100 мм, длиной 150 м для вторичной обмотки, и медный эмалированный провод толщиной 1,5 мм, длиной около 2,3 м для первичной обмотки.

2. Пластиковая труба диаметром 15 см, длиной 30 см для каркаса вторичной обмотки.

3. Пластиковая гофра изоляционная диаметром 23,5 см, длиной 8 см для каркаса первичной обмотки.

4. Радиодетали: транзистор MJE13007 и охлаждающий радиатор для него; переменный резистор на 50 кОм; постоянный резистор на 75 Ом и 0,25 Вт; блок питания напряжением на выходе 12 Вольт и током 1 Ампер;

5. Паяльник, оловянный припой и канифоль.



Подобрав нужные детали, я начал с намотки катушки. Наматывать следует на каркас **виток к витку без перехлестов** и заметных пробелов, примерно 1500 витков. После этого нужно обеспечить изоляцию и закрепить намотку, лучше всего для этого использовать лак, которым покрыть обмотку в несколько слоёв. Далее собираем схему. Первичная обмотка – 9 витков проводом 1,5 мм на каркасе 8 см. Питание – 12 В с током до 1 А.

### Проведение опытов

#### Проведение опытов с разными лампами

Этим опытом я выясню все ли виды ламп одинаково подвержены влиянию катушки Тесла.

1. Лампа накаливания.

Слабо светится только вольфрамовая нить фиолетовым светом на не большом расстоянии от катушки.



### 2. Лампа люминесцентная (малая).

Светится ярко почти полностью, как мы видим на рисунке, слабо светятся верхний и нижний концы лампы, как на близком расстоянии, так и отдаленно.



### 3. Лампа энергосберегающая.

Светится ярко, полностью, как на близком расстоянии, так и отдаленно, но при увеличении расстояния заметно слабеет.



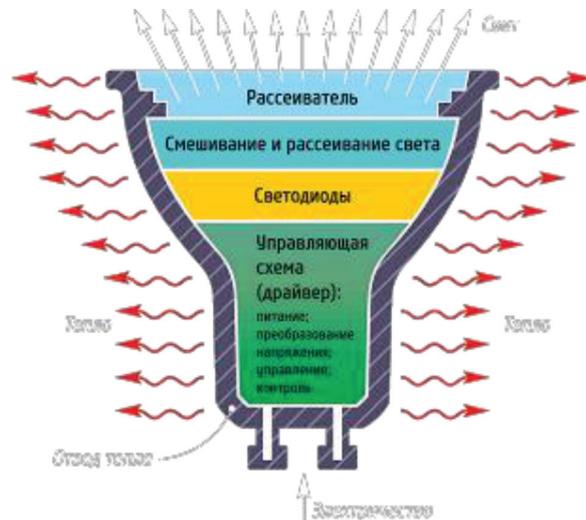
### 4. Лампа люминесцентная (большая).

Светится ярко, почти полностью, как мы видим на рисунке, слабо светятся верхний и нижний концы лампы, как на близком расстоянии, так и отдаленно, но при увеличении расстояния заметно слабеет.

Почему светятся люминесцентные и энергосберегающие лампы?

Под воздействием высокочастотного электромагнитного поля в трубке лампы возникает тлеющий разряд в парах ртути. При этом атомы ртути излучают ультрафиолетовое излучение. Под действием ультрафиолета люминофор на стенках колбы излучает видимый свет. Это явление называется люминесценция. [3]

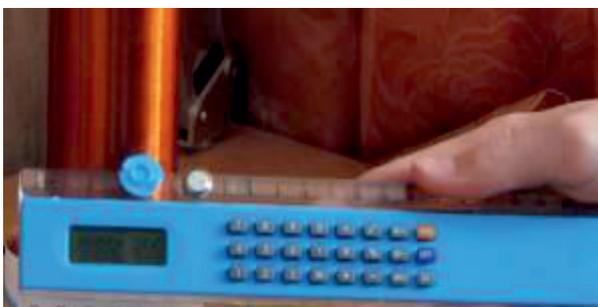




5. Лампа светодиодная – не светится вообще.

Это происходит потому что светодиод (*или светоизлучающий диод*) – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. [4]

6. Воздействие на электронику – калькулятор, находящийся на линейке подвержен влиянию электромагнитного поля и даже без батареек выдает на дисплее хаотичные сегменты.



Для чего я ставил все эти опыты? Чтобы понять какие лампы лучше использовать. Я сделал вывод, что домашняя люминесцентная лампа светит ярче и на более отдаленном расстоянии. В интернете я прочитал, что уличная ртутная лампа ДРЛ по принципу работы схожа с люминесцентной, и на много ярче, а значит она тоже будет работать от катушки Тесла, поэтому я ее рекомендую для уличного освещения.

Таблица сравнения влияния мини-катушки Тесла на лампы

Лампа	мини-катушка Тесла		
	Яркость	d min, mm	d max, mm
Накаливания	min	0 мм	40 мм
Люминесцентная (малая)	> = max	10 мм	170 мм
Светодиодная	–	–	–
Энергосберегающая	= max	15 мм	223 мм
Люминесцентная (большая)	> = max	15 мм	250 мм
Калькулятор	–	0 мм	200 мм

*Опыт с несколькими лампами, включенными последовательно*

Поэкспериментируем с мини-катушкой и елочной гирляндой.

Как мы знаем при последовательном соединении проводников напряжение во всех проводниках одинаково.



Если поднести к катушке самую крайнюю лампочку гирлянды, то загорятся несколько следующих лампочек, но если поднести лампочку ровно из середины гирлянды, то от нее зажгутся остальные в обе стороны, но не все до конца гирлянды. Тогда я распределил несколько лампочек из середины гирлянды вокруг катушки равномерно, и гирлянда зажглась вся до конца и очень ярко!

### Расчет катушки Тесла

Теперь самое главное и сложное – произвести расчет большой катушки.

Итак, городская водонапорная башня имеет следующие размеры:

высота башни – 37 м; диаметр – 5 м.

Моя мини-катушка выполнена в масштабе 1: 137.

- высота вторичной обмотки – 27 см;
- диаметр вторичной обмотки – 15 см;
- диаметр медного провода вторичной обмотки 0,100 мм;
- количество витков вторичной обмотки – 1500;
- высота первичной обмотки – 8 см;
- диаметр первичной обмотки – 23,5 см;
- диаметр медного провода первичной обмотки 1,5 мм;
- количество витков первичной обмотки – 9;
- питание 12В, ток 1А.

### Коэффициент трансформации

Закон трансформации определяется нижеприведенной формулой:

$$U_1/U_2 = n_1/n_2, \quad (1)$$

где  $U_1$  – напряжение на первичной обмотке;  
 $U_2$  – напряжение на вторичной обмотке,  
 $n_1$  – количество витков на первичной обмотке,  
 $n_2$  – количество витков на вторичной обмотке.

Отсюда найдем  $U_2$ :

$$U_2 = (U_1 \cdot n_2) / n_1 \quad (2)$$

$$U_1 = 12\text{В}; U_2 = x; n_1 = 9; n_2 = 1500,$$

$$U_2 = (12 \cdot 1500) : 9 = 2000\text{В}$$

Коэффициентом трансформации трансформатора  $k$  называется отношение числа витков вторичной обмотки  $n_1$  к числу витков первичной обмотки  $n_2$ :

$$k = U_1/U_2 = n_1/n_2 \quad (3)$$

$$k = 9:1500 = 0,006$$

### Зона «покрытия»

Максимальный радиус электромагнитного поля 21 см. (На расстоянии 1,5 см от

катушки лампа загорается, на расстоянии 17 см – максимальная яркость лампы, на расстоянии 22 см – лампа гаснет).

То есть максимальный радиус действия моей мини-катушки Тесла:

$$R_{\max \text{ м-кТ}} = 21 \text{ см} = 0,21 \text{ м.}$$

Предположим, что поле вокруг катушки равномерное, следовательно, площадь равна:

$$S = \pi R^2, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь круга,  $R$  – радиус круга.

$$S_{\text{м-кТ}} = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,21^2 = 3,14 \cdot 0,0441 = 0,138474 \text{ м}^2$$

Моя катушка выполнена в масштабе 1:137, а следовательно, можно предположить, что:

$H_1' = 0,08 \cdot 137 = 10,96 \text{ м}$  – высота первичной обмотки,

$H_2' = 0,27 \cdot 137 = 36,99 \text{ м}$  – высота вторичной обмотки,

$N_1' = 9 \cdot 137 = 1233$  – количество витков первичной обмотки,

$N_2' = 1500 \cdot 137 = 205500$  – количество витков вторичной обмотки (при условии, что мы будем использовать проволоку того же сечения).

Я выяснил, что площадь «покрытия» моей катушки  $S_{\text{м-кТ}} = 0,138474 \text{ м}^2$ , напряжение, при котором покрывается эта площадь равно  $U_{2\text{м-кТ}} = 2000 \text{ В}$ .

Площадь города, равна  $S_{\text{Трехгорного}} = 162,5 \text{ км}^2$ .

Следовательно, попробуем вычислить напряжение, требуемое для освещения такой площади. Предположим, что пропорция верна,

$$U_{2\text{м-кТ}} / U_{2\text{кТ}} = S_{\text{м-кТ}} / S'_{\text{Трехгорного?}}$$

где  $U_{2\text{м-кТ}}$  – выходное напряжение мини-катушки Тесла,

$U_{2\text{кТ}}$  – выходное напряжение большой катушки Тесла,

$S_{\text{м-кТ}}$  – площадь «покрытия» мини-катушки Тесла,

$S'_{\text{Трехгорного}}$  – площадь города Трехгорный.

$$\text{Тогда } U_{2\text{кТ}} = (U_{2\text{м-кТ}} \cdot S'_{\text{Трехгорного}}) / S_{\text{м-кТ}}$$

$$U_{2\text{кТ}} = (2000 \cdot 162500) : 0,2 = 162225000000 \text{ В} = 1625 \text{ МВ}$$

$U_{1\text{кТ}} = k \cdot U_{2\text{кТ}}$  – напряжение, которое необходимо подать на большую катушку Тесла (на основе водонапорной башни).

$$U_{1\text{кТ}} = 0,006 \cdot 162225000000 = 97500000 \text{ В} = 9750 \text{ кВ.}$$

Получилось огромное напряжение!

Но электромагнитное поле может оказать пагубное воздействие на электронику

всего города – начиная от мобильных телефонов, заканчивая кардиостимуляторами, что не допустимо!



Зона «покрытия» при последовательном включении ламп

Мы знаем, что напряжение от электростанций по ЛЭП приходит на центральные распределительные подстанции (ЦРП) которые находятся непосредственно в городе или близко к нему равно 220кВ (к нам ведут Магистральные ЛЭП). Значит, нам необходимо повысить напряжение (с помощью повышающего трансформатора) с 220кВ до 9750кВ, чтобы подать на нашу катушку для освещения всего города. Придется строить еще одну катушку, с коэффициентом  $k = 0,023$ . Это достигается увеличением количества витков.

Но что если нам не надо покрывать такую огромную площадь? Задача осветить городские улицы при помощи катушки Тесла, но не обязательно же «покрывать» всю площадь города ее электромагнитным полем!

Что если мы «захватим» этим полем только лампы, к которым подключены последовательно другие?



Как мы уже видели в пункте (Опыт с несколькими лампами, включенными последовательно), напряжение во всех проводниках одинаково, а следовательно если мы «покроем» только лампы рядом с катушкой, то от них мы можем вытянуть цепочку ламп на весь город!

На моем макете площадь, которую необходимо покрыть равна площади круга:

$$S = \pi R^2,$$

где  $S$  – площадь круга,  $R$  – радиус круга:  
 $R = 0,08$  м.

$$S_{\text{макета}} = \pi R^2 = 3,14 \cdot 0,08^2 = 3,14 \cdot 0,0064 = 0,020096 \text{ м}^2$$

Как говорилось ранее конструкция выполнена в масштабе 1:137, а следовательно площадь, которую надо будет «покрыть» большой катушкой равна:

$$\begin{aligned} \text{Спокрытия} &= 3,14 \cdot (0,08 \cdot 137)^2 = \\ &= 3,14 \cdot 120,1216 = 377,181824 = 377,2 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Попробуем снова вычислить напряжение, требуемое для освещения новой площади.

$$U_{2\text{м-кТ}} / U_{2\text{кТ}} = S_{\text{м-кТ}} / S_{\text{покрытия}}'$$

тогда

$$U_{2\text{кТ}}' = (U_{2\text{м-кТ}} \cdot S_{\text{покрытия}}') / S_{\text{м-кТ}}$$

$$\begin{aligned} U_{2\text{кТ}}' &= (2000 \cdot 377,2) : 0,2 = \\ &= 3772000 \text{ В} = 3,772 \text{ МВ} \end{aligned}$$

$U_{1\text{кТ}}' = k \cdot U_{2\text{кТ}}'$  – напряжение, которое необходимо подать на большую катушку Тесла на основе водонапорной башни.

$$\begin{aligned} U_{1\text{кТ}}' &= 0,006 \cdot 3772000 = \\ &= 22632 \text{ В} = 22,632 \text{ кВ}. \end{aligned}$$

Полученное напряжение в разы ниже того, что мы получили в предыдущий раз. В ЦРП напряжение понизится до нужного нам уровня, и мы сможем «запитать» катушку без дополнительных повышающих трансформаторов.

И при таком подходе мы сможем не только осветить все городские улицы, но и исключить пагубное влияние электромагнитного поля на электронику. Конечно, останется «зона риска» вокруг катушки, но ее можно оградить, выставить предупреждающие знаки и охрану. А персоналу, обслуживающему катушку, запретить проход на территорию с мобильными телефонами. Так же, при найме обслуживающего персонала следует выставить ограничение по здоровью и наличию кардиостимулятора.

#### Правила расчета освещенности для улицы

$$N = E \cdot S \cdot z \cdot k / (F \cdot \eta), \quad (5)$$

где  $N$  – предполагаемое число уличных светильников;

$E$  – минимальная нормированная освещенность, лк (для главных пешеходных улиц,

детских площадок и предзаводских площадей  $E = 10$ );

$S$  – площадь освещения, м<sup>2</sup> (площадь, на которую требуется освещение составляет  $162,5 \text{ км}^2 = 162500 \text{ м}^2$ );

$z$  – коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения) (при расчете освещения от светильников с лампами накаливания  $z = 1,15$ , с лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ, и ДНАТ  $z = 1,15$ , с люминесцентными лампами  $z = 1,1$ );

$k$  – коэффициент запаса (для ламп накаливания  $k = 1,15$ , для люминесцентных и ламп ДРЛ, ДРИ и ДНАТ  $k = 1,3$ );

$F$  – показатель излучаемого света, измеряется в люменах;

$\eta$  – отражающая способность предметов (если площадка выполнена из светлого материала, значит, способность отражать лучи света составит  $50^\circ$ , т.е.  $\eta = 0,5$ ).

Находим сетевой поток  $F$ . Величина светового потока – характеристика, которая дает оценку света по степени его воздействия на органы зрения. Она показывает, сколько видимого света излучает лампа. Чем качественнее энергосберегающая лампа, тем выше будет этот показатель. Световой поток измеряется в люменах (лм), его показатель обязательно указывают на упаковке лампы (Фв). [5, 6] Например, световой поток лампы, используемой мной фирмы «Космос» равен  $F = 1400$  лм. Для улицы возьмем лампы ртутные типа ДРЛ OSRAM HQL STANDARD (лампы ртутные OSRAM HQL 50, HQL 80, HQL 125, HQL 250, HQL 400, HQL 700, HQL 1000 подходят для освещения промышленных цехов, улиц, автомобильных стоянок, дворов, пешеходных зон, парков и садов). Световой поток лампы ДРЛ 250 (320 Ватт) равен 13000лм и ДРЛ 400 (510 Ватт) равен 22000лм. [7, 8]

Вычислим количество светильников ДРЛ 250, необходимых для освещения города:

$$\begin{aligned} N &= (10 \cdot 162500 \cdot 1,15 \cdot 1,3) / (13000 \cdot 0,5) = \\ &= 2429375 / 6500 = 373,75 = 374 \text{ (шт.)} – \text{ ламп.} \end{aligned}$$

Вычислим количество светильников ДРЛ 400, необходимых для освещения города:

$$\begin{aligned} N &= (10 \cdot 162500 \cdot 1,15 \cdot 1,3) / (57000 \cdot 0,5) = \\ &= 2429375 / 11000 = 248,125 = 249 \text{ (шт.)} – \text{ ламп.} \end{aligned}$$

#### Расчет экономического эффекта

Сравнение общих затрат на покупку, электроэнергию, обслуживание светодиодных уличных светильников (96 диодов), стандартных уличных светильников на основе ламп ДНАТ 250 и ДРЛ-400. Данные светильники имеют аналогичные параметры по степени освещенности на поверхности.

Светильник	Потребление в год (режим 12 час./сутки), кВт	цена 1 кВт, руб. без НДС	стоимость потребления в год, руб.	стоимость разрешения на мощность	затраты на обслуживание в год	стоимость светильника, руб.	итого
Светодиодный*	569	9,18	5 221	2 420	–	26 000	38 864,42
ДНАТ-250**	1 314	9,18	12 058,67	7 260	3 072	3 500	37 953,19
ДРЛ-400***	1 971	9,18	18 088	9 900	3 500	3 500	53 081,78

Примечание. \* Светодиодный уличный светильник (96 светодиодов) (потребление 130 Вт/час).  
 \*\* Светильник уличный на основе ламп ДНАТ-250 (потребление 300 Вт/час).  
 \*\*\* Светильник уличный на основе ламп ДРЛ-400 (потребление 450 Вт/час). [9]

Для расчета потребляемой мощности нам не хватает сопротивления, которое рассчитывается как удельное сопротивление проволоки (медь) умножить длину проволоки, разделить на площадь поперечного сечения проволоки.

Удельное сопротивление  $\rho = 1,720 \cdot 10^{-8}$ , площадь поперечного сечения проволоки  $S_1 = 0,100$  мм.

Длину проволоки узнаем, умножив диаметр башни (основания) на высоту намотки, на количество витков.

$$l_2 = 205500 \cdot 36,99 \cdot 5 = 38\,007\,225 \text{ м}$$

$$R = \rho \cdot l / S$$

$$R_2 = 0,000000172 \cdot 38007225 / 0,0001 = 6537,2427 \text{ Ом} - \text{сопротивление вторичной обмотки.}$$

Аналогично посчитаем сопротивление первичной обмотки.

$$S_1 = 1,5 \text{ мм}$$

$$l_1 = 1233 \cdot 10,96 \cdot 7 = 94595,76 \text{ м}$$

$$R_1 = 0,000000172 \cdot 94595,76 / 0,0015 = 1,085 \text{ Ом} - \text{сопротивление первичной обмотки.}$$

$$R_1 + R_2 = 6537,2427 + 1,085 = 6538,3277 \text{ Ом}$$

Зная напряжение и сопротивление катушки, мы можем найти потребляемую мощность.

$$P = U^2 / R,$$

где  $U$  – напряжение катушки;  $R$  – сопротивление катушки.

$$P = 22632^2 / 6538,3277 = 78339,21 \text{ Вт} = 7,834 \text{ кВт}$$

Зная стоимость 1 кВт можно рассчитать сколько будет потреблять катушка Тесла в год (режим 12 час./сутки как и освещение).

$$7,834 \cdot 12 \cdot 365 \cdot 9,18 = 314\,992,6056 \text{ руб./год}$$

Содержание 249 ламп (пусть даже самых дорогих ДРЛ-400 (см. таблицу выше)), то получится

$$249 \cdot 53081,78 = 13\,217\,363,22 \text{ руб./год}$$

Так же периодически придется покупать сменные лампы, а при использовании катушки Тесла лампы могут быть не рабочие. При этом лампы будут служить дольше отпущенного им производителями срока, т.к. светится «газ», а он никуда из трубки не денется до тех пор, пока лампа не разобьется. Конечно и такое может случиться, но заменить лампу на уже перегоревшую значительно дешевле, чем покупать новую. В данном случае мы имеем явный экономический эффект!

Пусть даже срок службы лампы ДРЛ 400 равен 15000 часов (625 суток, т.е. 52 месяца), то все равно содержание катушки будет на много дешевле (539 370,9 руб. за 625 суток).

Таким образом, катушка Тесла экономит городскому бюджету 6 293 688,91 рублей в год(!) – это не считая замены перегоревших ламп!

Как и планировалось, я провел показательный урок, на котором присутствовали не только мои одноклассники и ребята с факультатива, но и учителя и администрация школы. Всем понравился мой урок – ребята очень внимательно смотрели, потом подходили, спрашивали, пробовали сами. Им действительно было интересно!

### Заключение

Создав свою мини-катушку Тесла, я не только приобрел навыки, которые наверняка пригодятся мне в дальнейшей жизни (например, я смогу запаковать оторвавшийся провод), но и предоставил школе наглядное учебное пособие, тем самым я не только популяризирую в школе физику как предмет и подтолкну ребят на свои свершения и исследования. А мои расчеты для городского уличного освещения, возможно, могут заинтересовать кого-то из ребят, и они предложат свои идеи экономного освещения.



В ходе работы

- я узнал кто такой Никола Тесла и интересные факты о нем, что такое трансформатор Тесла, изучил схему сборки катушки Тесла, а так же технику безопасности при работе с катушкой и паяльником;

- я самостоятельно собрал рабочую мини-катушку Тесла;

- провел испытания и получил опытные данные;

- произвел теоретический расчет создания катушки Тесла на основе городской водонапорной башни;

- написан доклад, провел показательный урок для ребят своей школы;

- выпустил методическое пособие по сборке катушки Тесла и расчетами, которые могут быть использованы на уроках физики в качестве методического и демонстрационного материала.

В реализации моего проекта заинтересован не только я, но и моя школа и все те, кто хочет научить детей применять знания, а не зазубривать их. Так же мой проект интересен ребятам, которые хотят учиться и открывать для себя что-то новое.

#### Список литературы

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор\\_Тесла](https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор_Тесла)
2. <http://izobreteniya.net/sborka-katushki-tesla-v-domashnih-usloviyah/>
3. [http://whitearc.ru/articles/ps-lamps/ps\\_lamps.php](http://whitearc.ru/articles/ps-lamps/ps_lamps.php)
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B4>
5. <http://prokommunikacii.ru/elektrika/svet/primer-rascheta-osveshennosti-naruzhnogo-osveshheniya.html>
6. <http://www.malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/202-2011-07-07-12-57-50.html>
7. <http://www.zao-tehnolog.ru/page981704>
8. <http://electropara.ru/articles/svetovoy-potok-lampi/>
9. <http://ledel.ru/press-centre/news/sravnitelnyy-raschet-okupaemosti-ulichnogo-svetodiodnogo-svetilnika-sveteco.html>