

Муниципальное автономное образовательное учреждение
дополнительного образования
«Центр детского творчества»
Серовский городской округ

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ
«ЗЕЛЁНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА»**

Исполнитель:

Халявина Полина

Руководитель:

Ракитина С.Ю.

ЗЕЛЁНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

Проблемы и актуальность

1. Создание безопасной и комфортной городской среды

Комфортная городская среда зависит от огромного количества факторов. Она абсолютно неповторима.

В нашем городе, мы обратили внимание на следующую проблему: в тёмное время суток, если центральные улицы освещены, то небольшие переулки, скверы и другие места, где находятся горожане, погружаются во тьму, так же отсутствует возможность зарядить смартфон и другие гаджеты – например, планшет или гироскутер.

Чтобы подсветить парки, скверы и другие зоны отдыха, создать Wi-fi



сети беспроводного доступа, установить видеокамеры и цифровизировать городскую среду, необходимо подвести кабельные или воздушные линии, откуда то их включить, согласовать подключение. Городские ЛЭП могут быть повреждены от упавших деревьев. Сети надо обслуживать и они портят внешний облик города.

Рис. 1. Светофоры

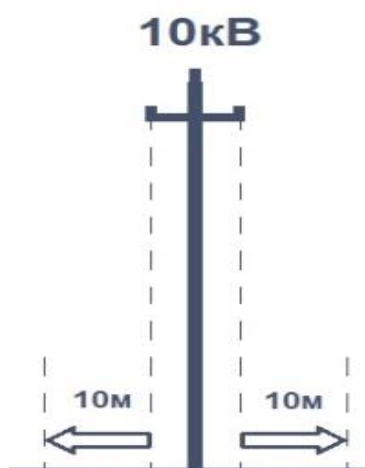
2. Электроснабжение отдалённых малых населённых пунктов и туристических баз

На среднем и северном Урале есть малые населённые пункты, где проживает от 2 до 10 чел. Питающие их линии электропередач проходят по болотистой труднодоступной местности, имеют большую протяжённость, а трансформаторные подстанции находятся на большом удалении от питающих центров, что приводит к низкой эффективности их работы – они убыточны так как:

- в протяжённой ЛЭП большее сопротивление проводов и большие потери;

- снижается надёжность такой ЛЭП, так как в болотистой местности может от ветровой нагрузки упасть опора, или дерево на провода ЛЭП, а устранение повреждения будет затратным и не быстрым;

- значительное удорожание эксплуатации таких объектов (нужна вездеходная техника и спецоборудование);



- каждая ЛЭП имеет охранную зону, где не должны расти деревья и кустарники – это отчуждаемая территория, следовательно, периодически приходится рубить поросль, тем самым уничтожать лес в пределах охранной зоны ЛЭП.

Попробуем обе проблемы решить, используя «зелёные» энергетические установки, которые не будут связаны с единой энергосистемой, а будут

Рис. 2. удовлетворять чисто локальные потребности, это позволит Охранная зона ЛЭП уменьшить потребление электроэнергии из единой энергосистемы.

Цель

Разработать и сконструировать «зелёные» энергетические установки, работающие изолированно от энергосистемы, которые будут питать потребителей там, куда нецелесообразно транспортировать электроэнергию.

Задачи

1. Изучить возможность, определить целесообразность получения «зелёной» энергии в условиях умеренного и северного климата.
2. Определить технические характеристики «зелёной» энергетической установки.
3. Сконструировать установку.
4. Разработать алгоритм работы установки, составить математическую модель и написать программу.
5. Опробовать установку в действии.
6. Проанализировать работу установки, сделать выводы.
7. Поставить задачу на будущее развитие проекта.

Преимущества нашего изобретения:

- появляется возможность подсветить скверы, парки, зоны отдыха у рек, озёр, междугородние автотрассы, установить стойки зарядки гаджетов, запитать базовую станцию сотовой связи там, где невозможно или нецелесообразно подводить централизованное электропитание.

- создаёт комфорт и безопасность городской среды;

- не наносит экологический вред;
- экономит электроэнергию, потребляемую из сети, позволяет разгрузить единую энергосистему;
- работает с минимальными потерями электроэнергии, так как электроэнергия, где вырабатывается, там и расходуется и ненужно её передавать.
- городские зелёные энергетические установки можно использовать в качестве резервирующих источников питания светофоров, видеокамер, базовых станций сотовой связи при отключении основного питания, что повысит уровень городской безопасности;
- позволяет улучшить электроснабжение отдалённых малых населённых пунктов и туристических баз при существенном снижении расходов на эксплуатацию, так как «Зелёная энергетическая установка» работает автономно, не требует частого обслуживания и больших административных расходов;
- повысит эффективность работы электросетей, поскольку они избавятся от убыточных для них объектов;
- появится новый бренд – «зелёные» населённые пункты с туристической инфраструктурой, где электроснабжение осуществляется исключительно от возобновляемых источников;
- зелёная энергетическая установка мобильна – может быть легко перевезена на другое место.
- создаёт рабочее место, не требующее высокой квалификации в малом населённом пункте, так как установке нужен периодический осмотр, уборка снега в зимнее время и помывка солнечных панелей в летнее время.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЗЕЛЁНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Разработанная нами «зелёная энергетическая установка» состоит из двух компонентов:

1. комбинированной установки состоящей из адаптивных солнечных батарей, ветрогенератора и накопителя электроэнергии – аккумулятора;

2. дорожной генерирующей установки «Лежащий полицейский», которая так же работает со своим накопителем электроэнергии.

Эти установки могут быть использованы совместно и по отдельности.

КОМБИНИРОВАННАЯ УСТАНОВКА

В дневное время солнечной активности электроэнергия вырабатывается адаптивной солнечной батареей. Вертогенератор вырабатывает электроэнергию круглосуточно при силе ветра более 3 м/с. Выработанная электроэнергия расходуется, а так-же поступает в аккумулятор, заряжает его, чтобы была возможность пользоваться «Зелёной энергетической установкой» в тёмное время суток и при отсутствии ветра.

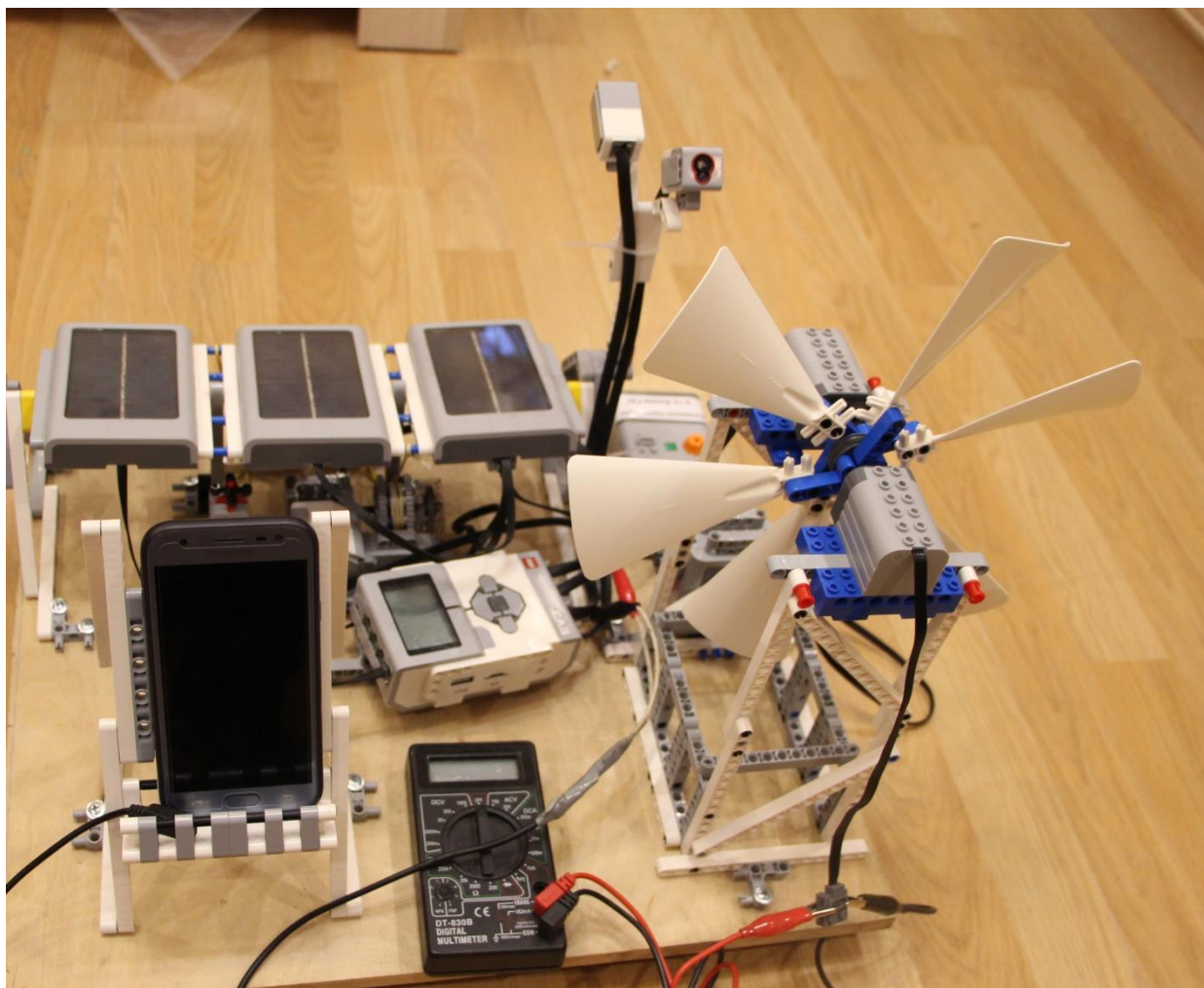


Рис. 3. Процесс разработки комбинированной энергетической установки

На Рис.3 приведён черновой но рабочий вариант комбинированной энергетической установки.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА

Генерируемая мощность:

$P_{\text{макс}} = 250 \text{ Вт}$ - при скорости ветра 9 – 12 м/с,

$P_{\text{ср}} = 80 - 250 \text{ Вт}$ - при скорости ветра 4 – 9 м/с,

$P_{\text{мин}} = 25 - 80 \text{ Вт}$ - при скорости ветра 3 – 4 м/с,

$P_{\text{штиль}} = 0$ - при скорости ветра $< 3 \text{ м/с}$, генерации нет.

Возможны и другие модификации, в зависимости от поставленной задачи, например, для питания малого населённого пункта потребуется мощность от 3 кВт до 15 кВт.

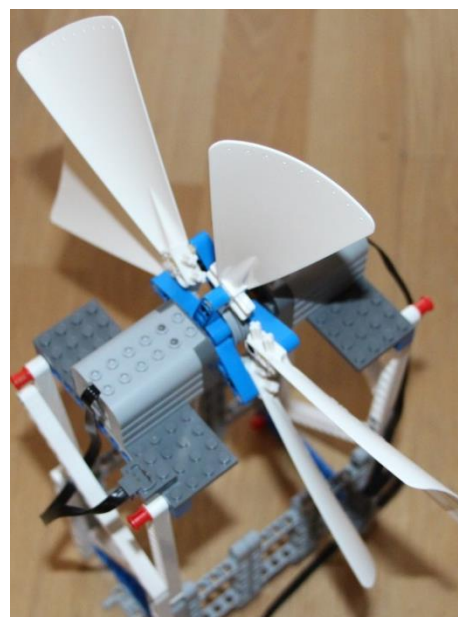


Рис. 4. Ветрогенератор

ПРИНЦИП РАБОТЫ АДАПТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Основная проблема использования солнечных батарей в умеренных и северных широтах заключается в малой солнечной активности. Угол падения солнечных лучей сильно меняется с течением времени суток.

Мы разработали систему, которая позволяет менять положение солнечной батареи относительно солнца. Система ищет точку максимальной генерации батареи, тем самым можно повысить КПД солнечной батареи.

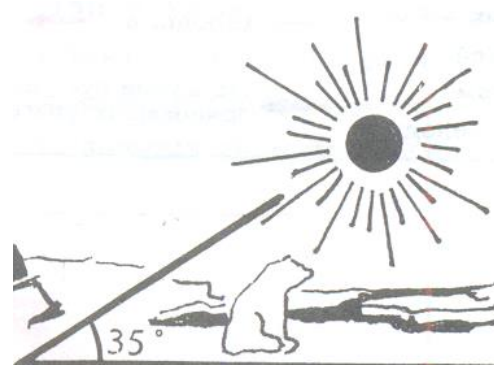


Рис. 5. Солнце в северных широтах

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Генерируемая мощность 2 панели 1000×900мм каждая:

$P_{\text{с}} = 250 \text{ Вт}$ - при солнечной погоде,

$P_{\text{об}} = 80 - 100 \text{ Вт}$ – при облачной погоде,

$P_{\text{пасм}} = 25 - 80 \text{ Вт}$ – при пасмурной дождливой погоде



Рис. 6. Солнечная панель

Принцип действия системы регулирования:

Работа регулятора основана на сравнении светового потока от двух датчиков цвета, включенных в режиме измерения освещённости. Датчики направлены под углом 45° к западному и восточному горизонтам.

Подстройка панели запускается через равные промежутки времени – 2 часа. После происходит следующее:

- снимаются показания «восточного» и «западного» датчиков и формируется **аргумент функции (ось «X»)** – разность показаний «восточного» и «западного» датчиков – **это управляющее воздействие;**
- **«X»** отправляется в **управляющую функцию (ось «Y»)**, которая рассчитывается в математическом блоке программы; чем больше «X», тем больше получается значение **управляющей функции**, тем больше отклоняется панель, так как управляющая функция задаёт количество оборотов сервопривода – **это есть реакция на управляющее воздействие;**
- перемещение солнечной панели в восточном и западном направлениях ограничиваются датчиками касания;
- при отсутствии генерируемой мощности и срабатывании «западного датчика касания» (это батарея дошла до западной точки и нет света - наступила ночь) прерывается основной цикл и включается сервопривод поворачивающий батарею до «восточного датчика касания» (батарея готовится утром, встретит солнце с востока).

Математика в цикле подстройки батареи:

Сначала мы вводили коэффициенты, регулировали число оборотов – создали **линейные функции регулирования.**

Чтобы обеспечить устойчивость работы системы при малых отклонениях аргумента – **«X»** от -10 до +10, мы провели математический эксперимент в системе ***MathCAD 14 pro***, сформировав кривую полинома 3-й степени, в которой функция мало меняется при изменении аргумента **«X»** в окрестности точки «0» (от -10 до +10) (Зачем тратить энергию на избыточную подстройку батареи?)

Print screen математической модели «Регулятор солнечной панели» Расчёт выполнен в пакете *MathCAD 14 pro*

Математика под управление солнечными батареями

Линейная функция регулирования (потому что график - прямая линия).

a - значение 1-го датчика цвета включенного в режиме измерения яркости внешнего освещения;
b - значение 2-го датчика цвета включенного в режиме измерения яркости внешнего освещения;
x - разность показаний 1-го и второго датчиков.
 Чем больше **x**, тем больше "ошибка", тем сильнее нужно завернуть панель в ту или в другую сторону
 3; 2; 1.2 - коэффициенты, влияющие на "крутизну" прямой, чем меньше коэффициент, тем положе прямая, тем меньше панель поворачивает при том же значении "**x**"
 Коэффициенты 3; 2; 0.5 - усиление/ослабление поворота подбираются для каждого случая индивидуально

$y1(x) := x \cdot 3$
 $y2(x) := x \cdot 2$
 $y3(x) := x \cdot 0.5$

Эксперименты с линейными функциями регулирования

Нелинейная функция регулирования (потому что график - кривая линия)

Хотим, чтобы солнечная батарея постоянно "не поддёргивлась" - не реагировала на малые изменения показания датчиков (показания датчика в реальности всегда не стабильны и меняются в ту и другую сторону на 2 - 3 единицы). Тут нас выручит кубический полином - **нелинейная функция регулирования** (функция составлена так, что она мало меняется в окрестности точки "НОЛЬ" - предыдущее устойчивое состояние.
0,2 и 0,0006 - коэффициенты, влияющие на "форму" кривой, можно подобрать экспериментально в составив несложную программку для построения графиков и проведения эксперименты по получению кривой нужной формы.

$y4(x) := 0.5 \cdot (0.2 \cdot x + 0.0006 \cdot x^3)$
 $x := -50..50$

Эксперимент с нелинейной функцией регулирования (полином 3-й степени)

Рис. 7. Математическая модель управления солнечными

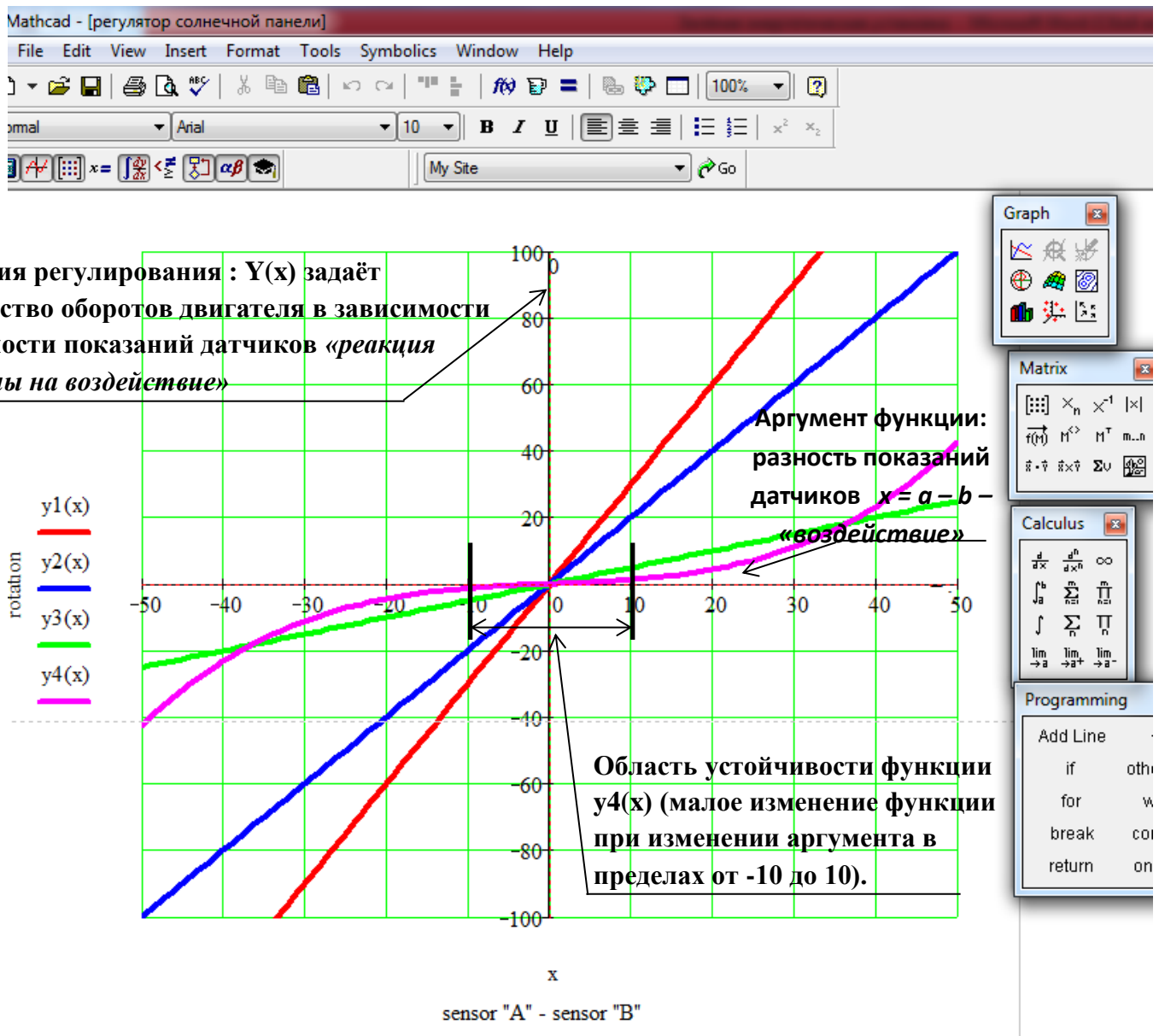


Рис. 8. Функции регулирования

Комбинированная установка построена на платформе *Lego Mindstorms EV-3* и *LEGO 9686* технология и физика.

На Рис.8 показан редуктор солнечной панели

Программа управления подстройкой солнечной батареей комбинированной установки приведена на рис. 9

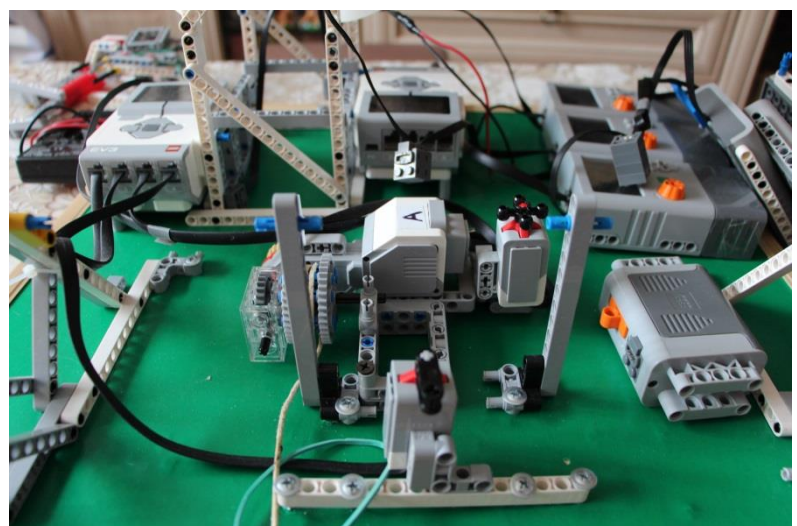


Рис. 9. Редуктор солнечной панели
9

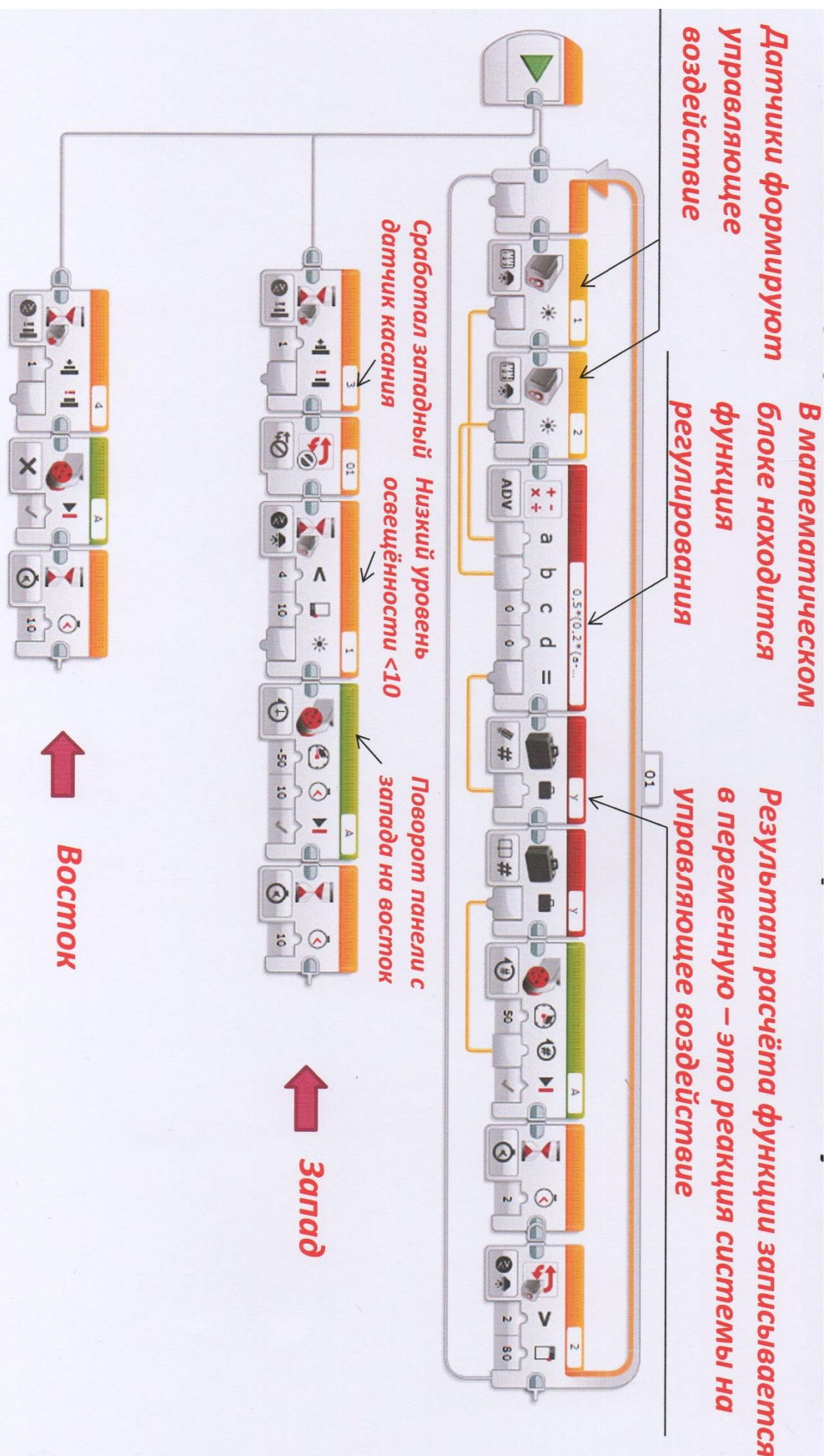


Рис. 10. Программа управления солнечными панелями

После проведённых исследований и доработок мы получили комбинированную энергетическую установку.



Рис. 11. Комбинированная энергетическая установка

«Зелёный лежащий полицейский»

В ходе работы над проектом мы разбирались в физических принципах преобразования энергии и пришли к мысли, что «зелёная энергия» иногда лежит в буквальном смысле под ногами. Например, автомобиль, преодолевая перед пешеходным переходом «лежащий полицейский», расходует механическую энергию. А что если попробовать преобразовать эти бесполезно расходуемые энергии в электрическую.

Мы попробовали найти какие либо разработки. Задались вопросом: «Кто-нибудь этим занимался?» Оказалось, что над этим уже работают американские учёные компании *New Energy Technologies* из штата *Maryland*.

Мы сконструировали «лежачий полицейский» со специальным приводом с генератором и возвратным механизмом Рис.11

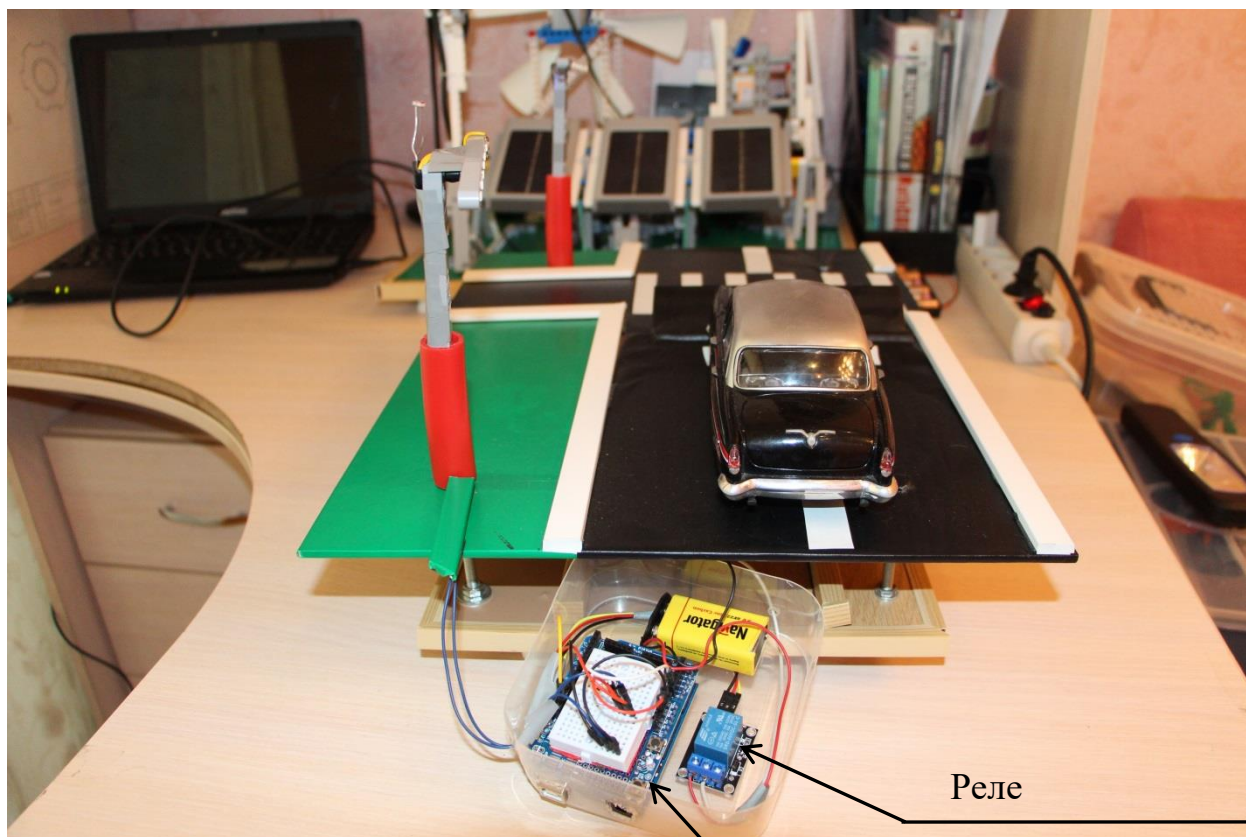


Рис. 12. Лежачий полицейский

Микроконтроллер
управления светом

Датчик касания при срабатывании до нижнего положения «зелёного лежачего полицейского» даёт сигнал на отключение от сети генератора, чтобы без нагрузки его вернули пружины в исходное состояние. После чего «зелёный лежачий полицейский» снова готов к работе. То есть генерация энергии происходит только при движении вниз.

Возвратный механизм с генератором постоянного тока приведены на рис. 12 и рис. 13

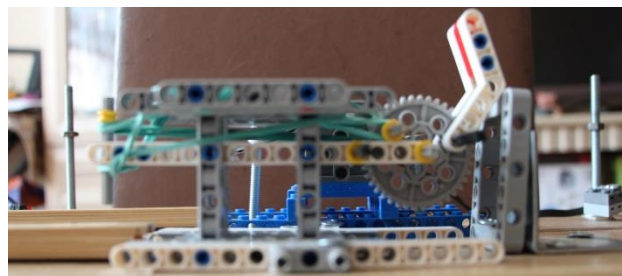


Рис. 13. Возвратный механизм

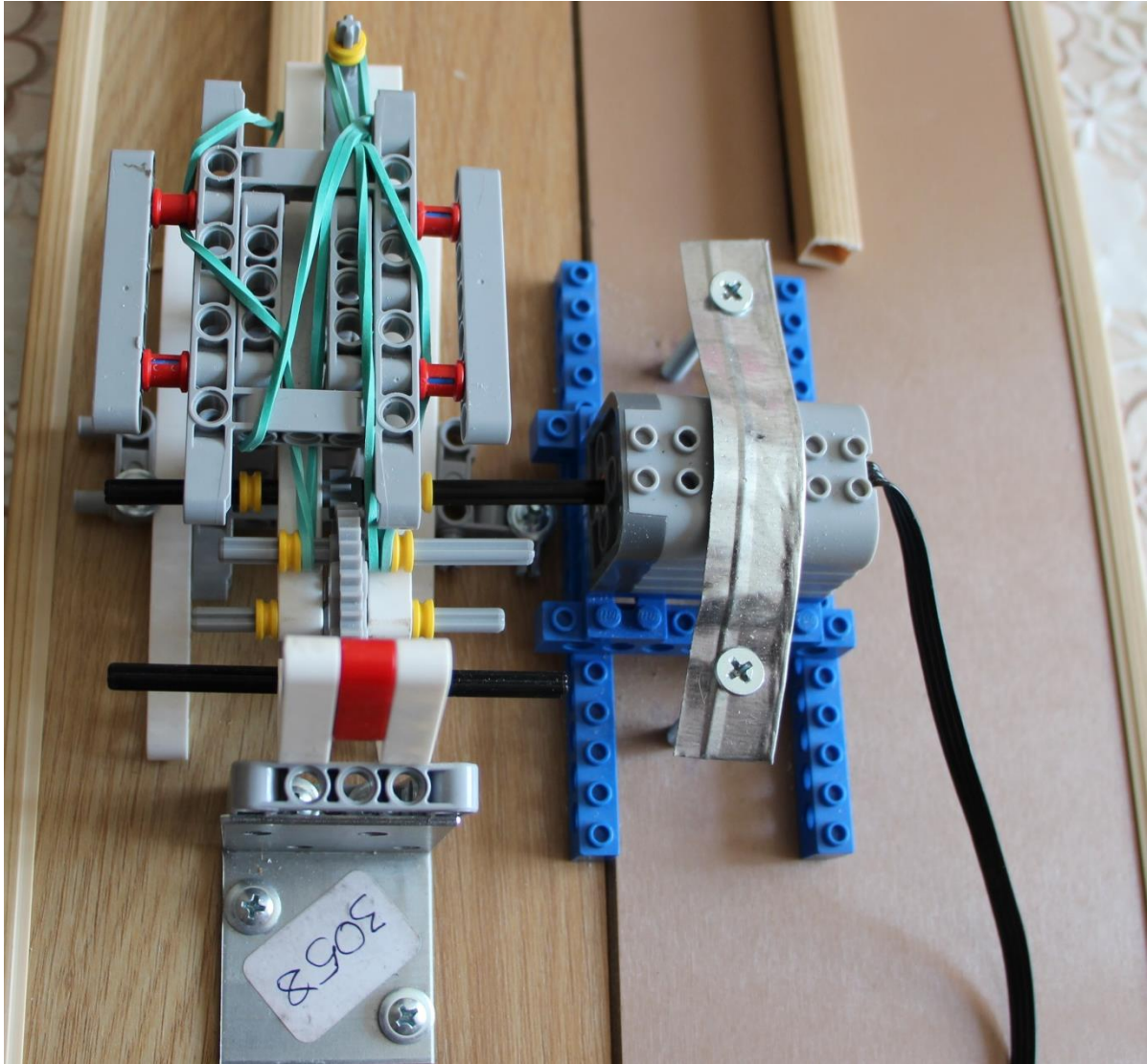


Рис. 14. Возвратный механизм с генератором постоянного тока

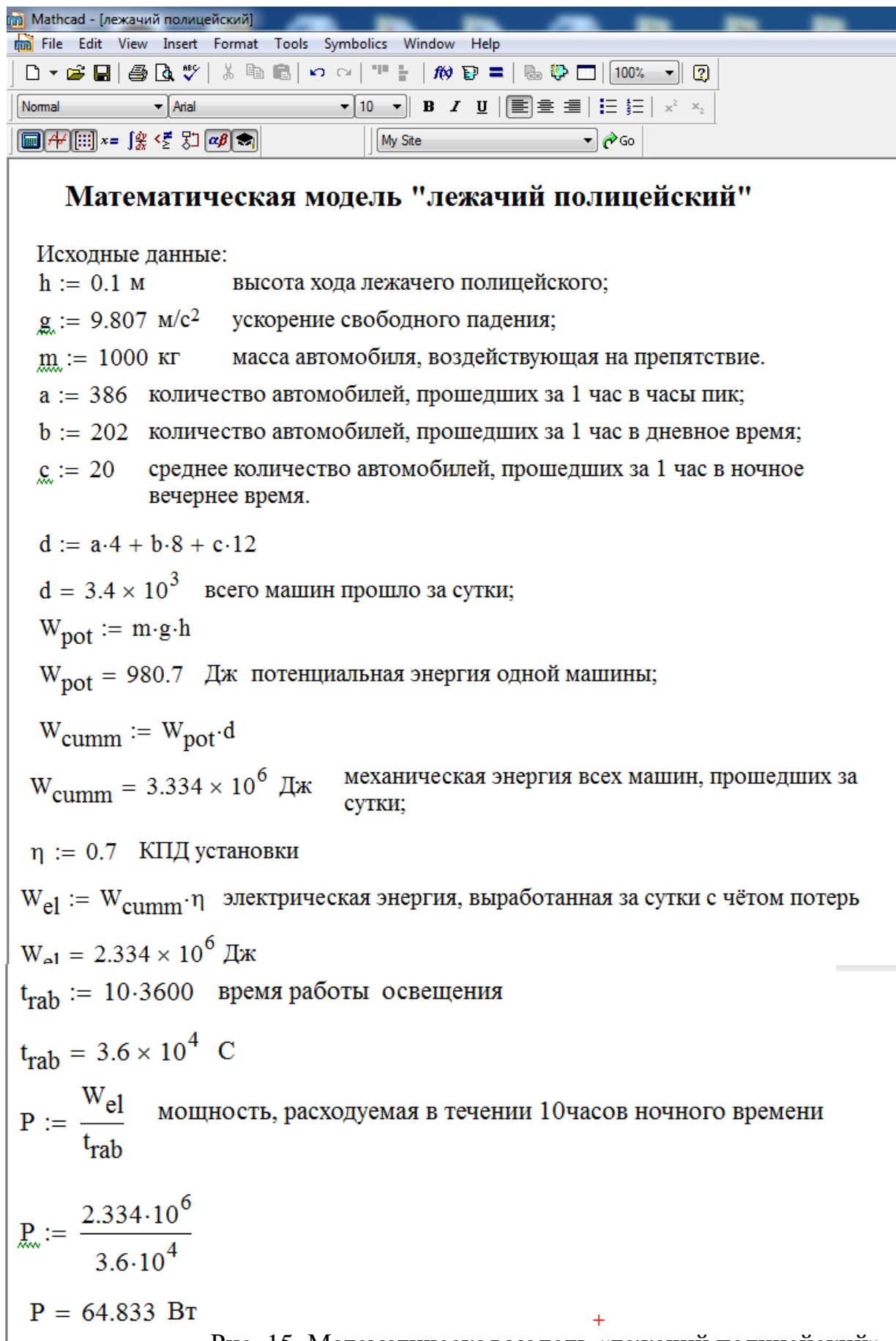
Провели исследования:

- проанализировали возможность преобразования механической энергии в электрическую;
- проанализировали трафик автомобилей на ул. Ленина в разное время суток;
- определили количество энергии, получаемой при срабатывания устройства с учётом потерь;
- рассчитали количество электроэнергии, которую можно выработать и запасти в аккумуляторы за час, за сутки.

В пакете ***MathCAD 14 pro*** мы создали математическую модель, которая позволяет оценить целесообразность применения устройства «зелёный лежащий полицейский».

Print screen математической модели «Лежащий полицейский»

Расчёт выполнен в пакете *MathCAD 14 pro*



Математическая модель "лежащий полицейский"

Исходные данные:

$h := 0.1$ м высота хода лежащего полицейского;

$g := 9.807$ м/с² ускорение свободного падения;

$m := 1000$ кг масса автомобиля, воздействующая на препятствие.

$a := 386$ количество автомобилей, прошедших за 1 час в часы пик;

$b := 202$ количество автомобилей, прошедших за 1 час в дневное время;

$c := 20$ среднее количество автомобилей, прошедших за 1 час в ночное вечернее время.

$d := a \cdot 4 + b \cdot 8 + c \cdot 12$

$d = 3.4 \times 10^3$ всего машин прошло за сутки;

$W_{pot} := m \cdot g \cdot h$

$W_{pot} = 980.7$ Дж потенциальная энергия одной машины;

$W_{cumm} := W_{pot} \cdot d$

$W_{cumm} = 3.334 \times 10^6$ Дж механическая энергия всех машин, прошедших за сутки;

$\eta := 0.7$ КПД установки

$W_{el} := W_{cumm} \cdot \eta$ электрическая энергия, выработанная за сутки с учётом потерь

$W_{a1} = 2.334 \times 10^6$ Дж

$t_{rab} := 10 \cdot 3600$ время работы освещения

$t_{rab} = 3.6 \times 10^4$ с

$P := \frac{W_{el}}{t_{rab}}$ мощность, расходуемая в течении 10 часов ночного времени

$P := \frac{2.334 \cdot 10^6}{3.6 \cdot 10^4}$

$P = 64.833$ Вт

Рис. 15. Математическая модель «лежащий полицейский»

В результате проведённых исследований и анализа мы пришли к выводу, что на центральных улицах нашего города (население 97 тыс. чел) промышленная установка «зелёный лежащий полицейский» позволит выработать электроэнергию: $64,833 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 2 \approx 1,3$ кВт/ч в сутки на две полосы движения, которой достаточно для питания 4-х светодиодных светильников мощностью 30 Вт каждый в течении 10 часов тёмного времени суток. Это позволит осветить 30 м дороги до и после пешеходного перехода.

От установки можно включить светофоры или предусмотреть резервное питание светофоров на случай отключения электроэнергии сети.

В нашем случае от установки «лежащий полицейский» запитаны 2 светодиодных светильника, которые управляются микроконтроллером *Arduino* через реле. Датчиком света служит фоторезистор.

Датчик света – аналоговый датчик, он представляет обычный фоторезистор, меняющий своё сопротивление в зависимости от освещённости, поэтому мы собрали схему делителя напряжения с фоторезистором и обычным резистором, подключили ее к

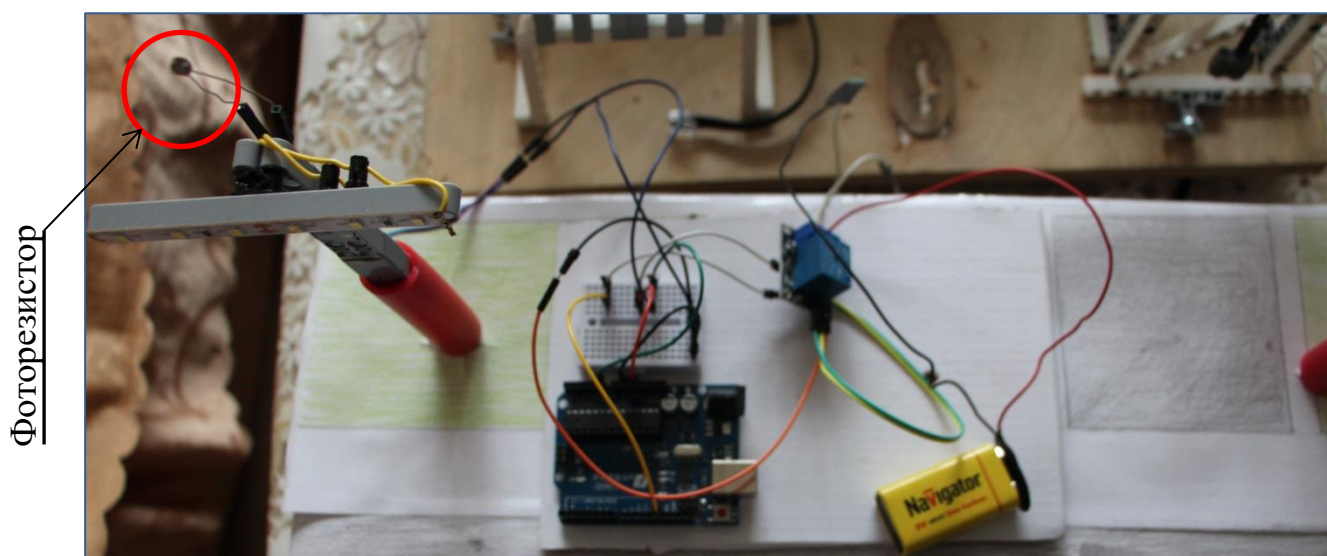


Рис. 16. Схема управления освещением пешеходного перехода микроконтроллеру.

На модуль подается питание 5 Вольт, а в зависимости от освещенности в помещении на выходе модуля (S) напряжение меняется от 0 до 5 Вольт. При подаче этого сигнала на аналоговый вход микроконтроллера *Arduino* преобразует его при помощи АЦП в диапазон значений от 0 до 1023.

Чтобы узнать напряжение, поступающее на вход *Arduino*, следует умножить получаемое значение на 0,0048 или $U = \textit{light} * (5 / 1023)$.

Нам нужно снять текущее значение напряжения с аналогового пина, к которому подключен датчик. Делаем это с помощью функции *analogRead()*. Затем мы можем выполнять любые действия, в зависимости от уровня освещенности.

Написали скетч для датчика освещенности, включающего или отключающего реле.

```
#define PIN_LED 13

#define PIN_PHOTO_SENSOR A0

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(PIN_LED, OUTPUT);
}

void loop() {
  int val = analogRead(PIN_PHOTO_SENSOR);
  Serial.println(val);
  if (val < 700) {
    digitalWrite(PIN_LED, LOW);
  } else {
    digitalWrite(PIN_LED, HIGH);
  }
}
```


Алгоритм работы:

- Определяем уровень сигнала с аналогового пина.
- Сравниваем уровень с пороговым значением. Максимально значение будет соответствовать темноте, минимальное – максимальной освещенности. Пороговое значение выберем равное 700.
- Если уровень меньше порогового – темно, нужно включать реле.
- Иначе – выключаем реле.

При достижении порогового значения датчика контроллер включает реле, а реле собирает силовую цепочку питания освещения.

Чтобы была возможность контроля уровня освещенности, на котором находится фоторезистор, в скетче выполнено сериал-соединение «*Serial.begin(9600)*» - текущие значения будут отображаться на мониторе.

Мы планируем разработать на базе микроконтроллера «*Arduino*» автоматический ввод резервного питания светофора, то есть во время высокого трафика автомобилей, при исчезновении основного питания светофора от сети, включается резервное питание от «зелёной» энергии. Во время низкого трафика автомобилей (ночью) энергии может оказаться недостаточно, но тогда и нет пробок, водители будут руководствоваться знаками приоритета.

Установку «лежачий полицейский» можно поставить на промышленный поток - конвейер, создав несколько модификаций по ширине и мощности, что сделает её значительно дешевле, а значит, «зелёная энергия» станет ещё ближе.

Экономическая часть проекта

Проект выполнен на платформах ***LEGO Mindstorms EV3, LEGO 9686 технология и физика***, микроконтроллера ***Arduino***

Проект получился не затратным, было приобретено:

- лист фанеры (обрезь) - 80руб;
- светодиодная лента , 20см – 40 руб;
- саморезы 3× 30, 20шт – 57 руб;
- клейкая плёнка 2м. – 180 руб;

- кабельный канал для окантовки площадки зелёной комбинированной энергетической установки, 1 шт. - 48 руб;

- заглушки полипропиленовые (подставки), 4 шт. - $6 \times 4 = 24$ руб.;

ИТОГО: 399руб.

Выводы

В ходе работы над инженерным проектом основная цель достигнута:

Разработаны и сконструированы модели «зелёных» энергетических установок:

- комбинированная установка;

- лежащий полицейский

Установки не связаны с единой энергосистемой, а удовлетворяют чисто локальные потребности, но позволяют:

- создавать безопасную, комфортную, эстетичную городскую среду;

- существенно снизить стоимость проектов по цифровизации городской среды, так как подключение такой установки исключит затратные бюрократические процедуры согласования подключения объектов и снизит стоимость технических решений;

- в несколько раз снизить издержки электросетевых компаний на эксплуатацию априори убыточных удалённых объектов с малым потреблением электроэнергии.

- уменьшить потребление электроэнергии из сети, а значит снизить сжигание нефти и газа, сохранить природу и внести свой посильный вклад в борьбу с глобальным потеплением.

Зелёные энергетические установки - это значительная часть нашей будущей энергетики, а будущее уже наступило.

А.Б. Чубайс писал: *«Есть две фотографии: улица Нью-Йорка 1910 года и 1920 года. На обеих фотографиях виден плотный поток транспорта. Но если присмотреться, то увидим, что на первой фотографии это повозки с лошадьми и один автомобиль, а на второй фотографии — автомобили и одна повозка с лошадьми. И если мы пропустим точку входа, то через десять лет будем смотреться как эта лошадь на фотографии с автомобилями».*