



Automated Tram System



MADE BY ALEXANDR GORDEEV
& OLGA GORSHUNOVA
PROJECT SUPERVISOR: TATYANA VOLKOVA



СОВРЕМЕННЫЙ ТРАМВАЙ



ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТРАМВАЯ, КАК ВИДА ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА



МАРШРУТКА

480
чел/час



АВТОБУС

4000
чел/час



ТРОЛЛЕЙБУС

5000
чел/час



ТРАМВАЙ

9000
чел/час



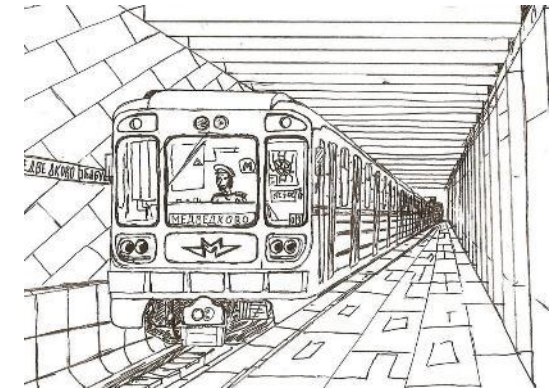
ЭЛЕКТРИЧКА

40000
чел/час



МЕТРО

70000
чел/час



ТРАМВАЙ В РОССИИ



ЦЕЛЬ ПРОЕКТА- РАЗРАБОТАТЬ ПРОТОТИП АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТРАМВАЙНОЙ СИСТЕМЫ И РАССМОТРЕТЬ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

7 НЕДОРОГОСТОЯЩАЯ И ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ



9 ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ, ИННОВАЦИИ И ИНФРАСТРУКТУРА



11 УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДА И НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ



12 ОТВЕТСТВЕННОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО



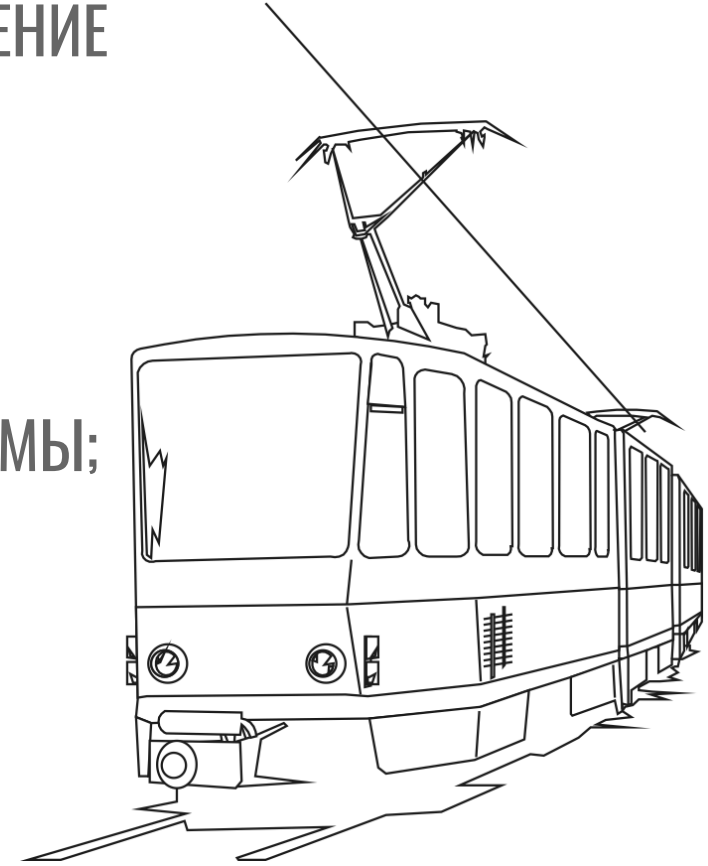
ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

РАЗРАБОТАТЬ УДАЛЁННОЕ (РУЧНОЕ) И АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАМВАЕМ;

АВТОМАТИЗИРОВАТЬ ЧАСТЬ ТРАМВАЙНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (СТРЕЛКИ, СВЕТОФОРЫ, ОСТАНОВКИ);

СОБРАТЬ ПРОТОТИП АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТРАМВАЙНОЙ СИСТЕМЫ;

ПРОДУМАТЬ ВНЕДРЕНИЕ ЕЁ В ТРАНСПОРТНУЮ СИСТЕМУ ГОРОДА





Достоинства

- 1. Снижение человеческого фактора**
- 2. Сокращение числа рабочих и затрат на них**
- 3. Стабильность работы трамваев и сокращение интервала движения**
- 4. Приоритет на дороге**

Недостатки

- 1. При сбое в системе автоматического управления, встают все трамваи**
- 2. Не разработана правовая база по беспилотным ТС**

Сильные стороны

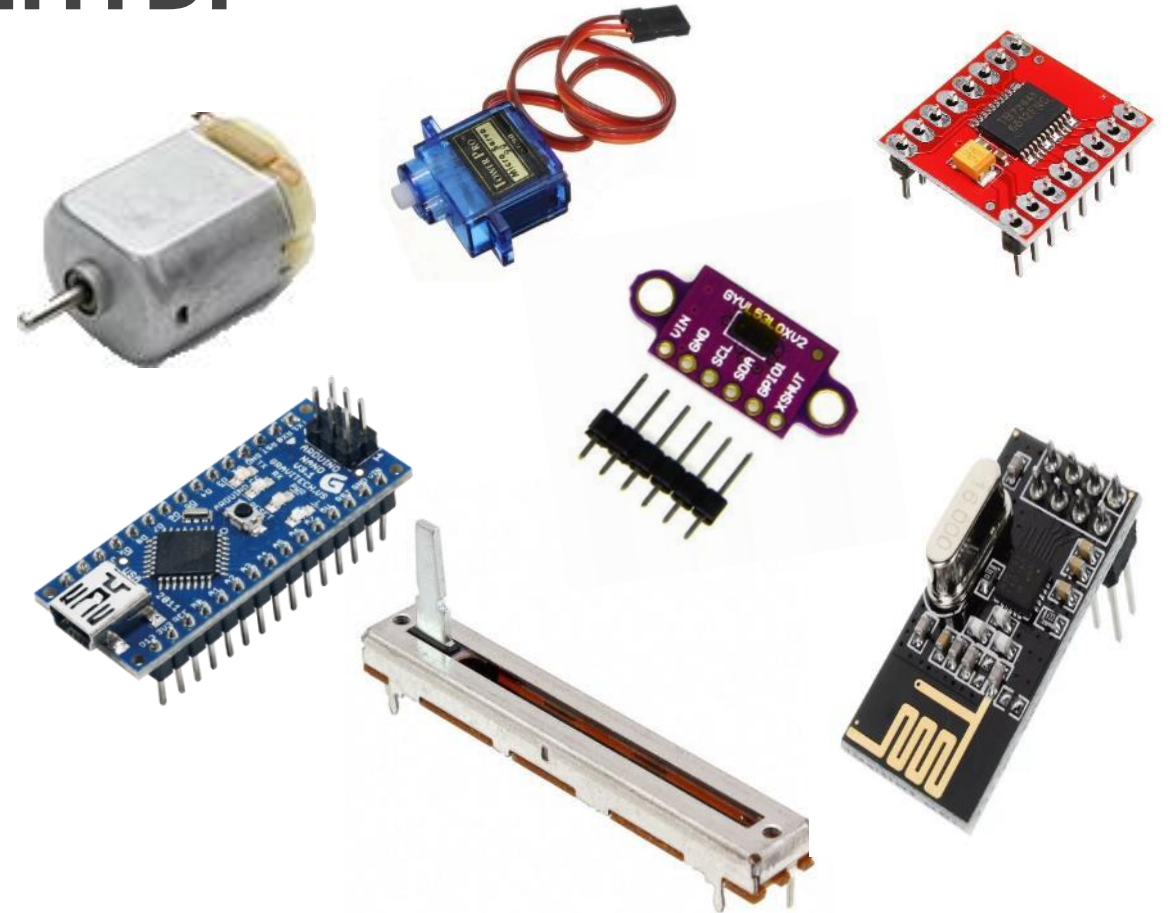
- 1. Автономность работы**
- 2. Относительная дешевизна внедрения, так как система может быть установлена во время КВР вагона**
- 3. Нет необходимости сильно изменять текущую инфраструктуру**
- 4. Украшает город, привлекает туристов**
- 5. Более привлекателен для пассажиров (по сравнению с обычным трамваем)**

Угрозы

- 1. перехват управления**
- 2. утечка данных**

ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ARDUINO NANO(4 ШТ)
ПЛАТА РАСШИРЕНИЯ
NRF24L01(2ШТ)
ДРАЙВЕР ДВИГАТЕЛЕЙ TB6612FNG
ЛАЗЕРНЫЙ ДАЛЬНОМЕР VL53LOX
ГЕРКОН
ПОТЕНЦИОМЕТР
СЕРВОПРИВОД SG-90
ДВИГАТЕЛЬ
СВЕТОДИОДЫ
НАБОР РЕЛЬС
КОРПУС ВАГОНА
АККУМУЛЯТОРЫ

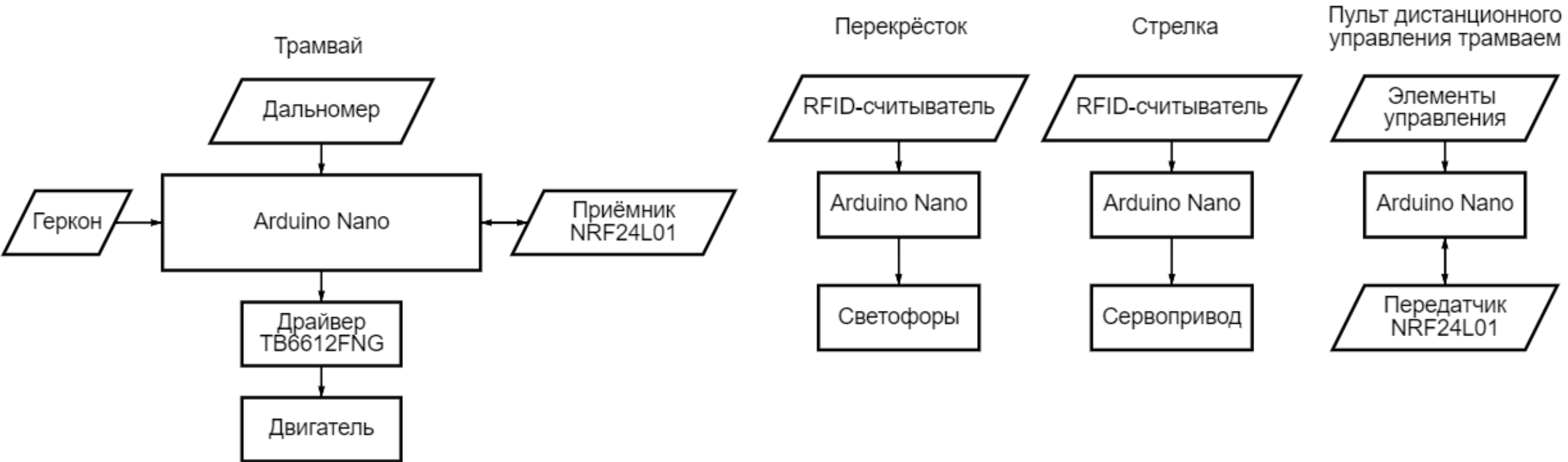


ПРИМЕРНАЯ СТОИМОСТЬ ПРОЕКТА

(БЕЗ УЧЁТА РАБОТЫ)

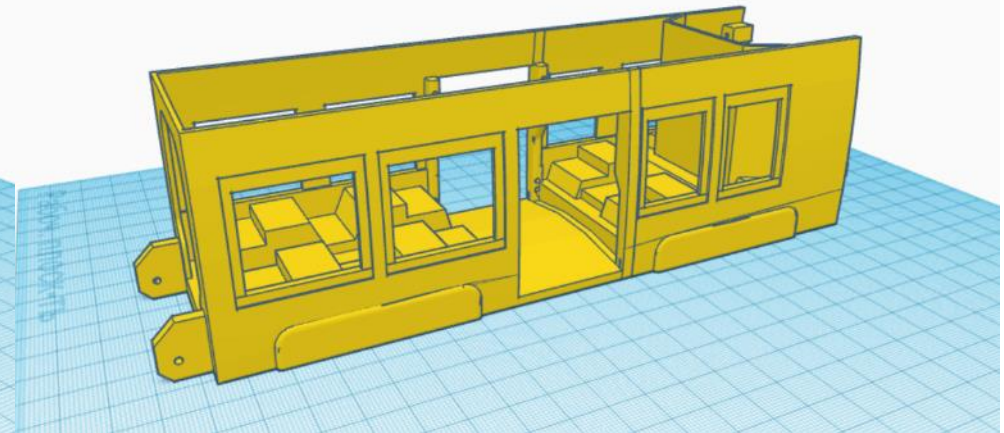
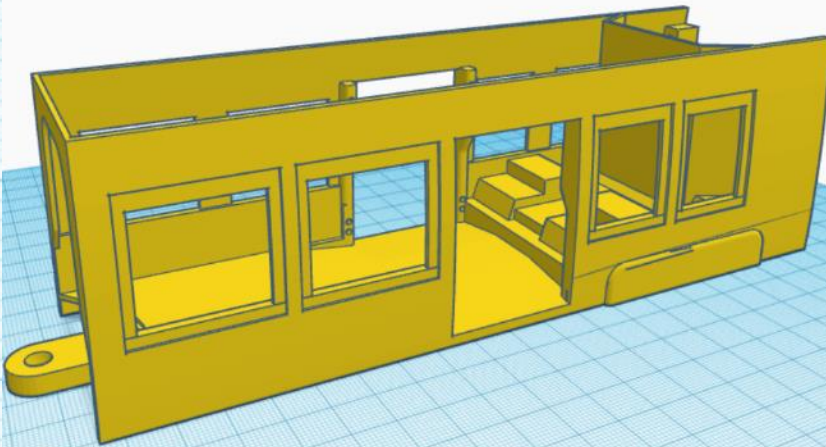
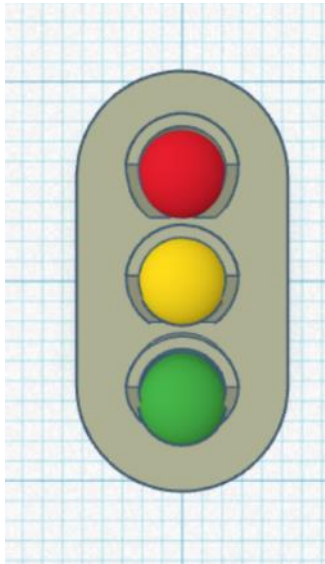
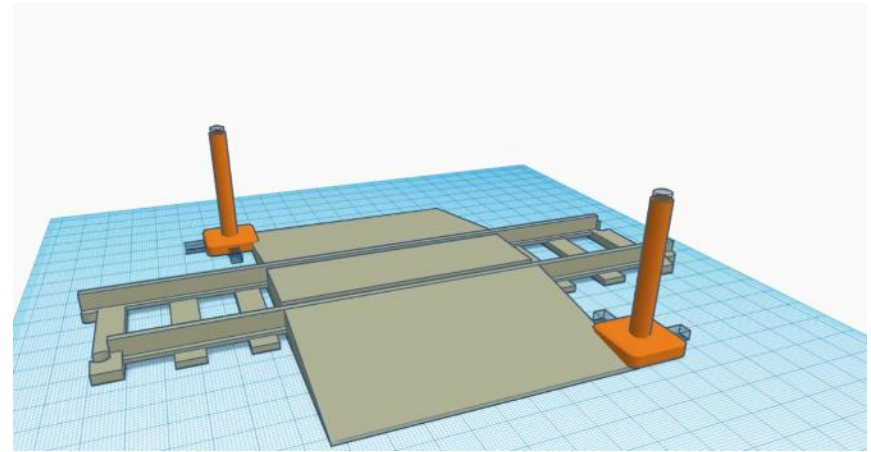
Наименование	Кол-во	Стоимость за 1шт	Всего
Изготовление плат	6шт.		800руб.
Arduino Nano	3шт.	200руб.	600руб.
Драйвер двигателя TB6612FNG	1шт.	70руб.	70руб.
Двигатель	1шт.	50руб.	50руб.
Сервопривод SG-90	1шт.	150руб.	150руб.
Модуль беспроводной связи NRF24L01	2шт.	125руб.	250руб.
Аккумулятор	3шт. Li-Po 1шт. Li-Ion	300руб. 173руб.	900руб. 173руб.
Геркон	1шт.	50руб.	50руб.
Потенциометр	1шт.	25руб.	25руб.
Светодиоды	6шт.	3руб.	18руб.
Резисторы	4шт.	5руб.	20руб.
Затраты на печать			≈2000 руб.
Макетная плата Arduino Nano	1шт.	150руб.	150руб.
Лазерный дальномер VL53L0X	1шт.	450руб.	450руб.
Подшипники	20 шт.		500 руб.
			Всего:≈6206руб.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ

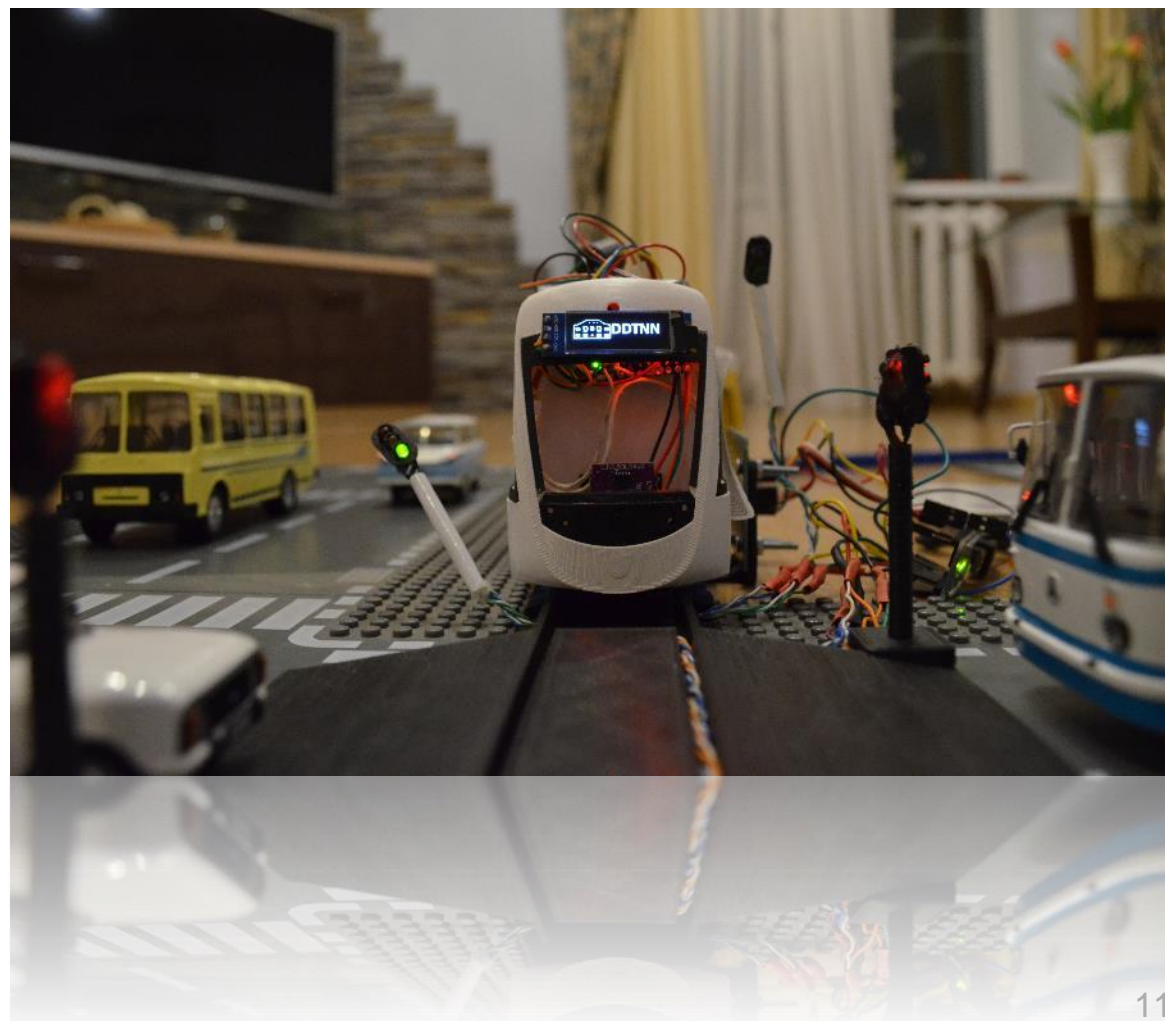


ДЕТАЛИ И МЕХАНИЗМЫ

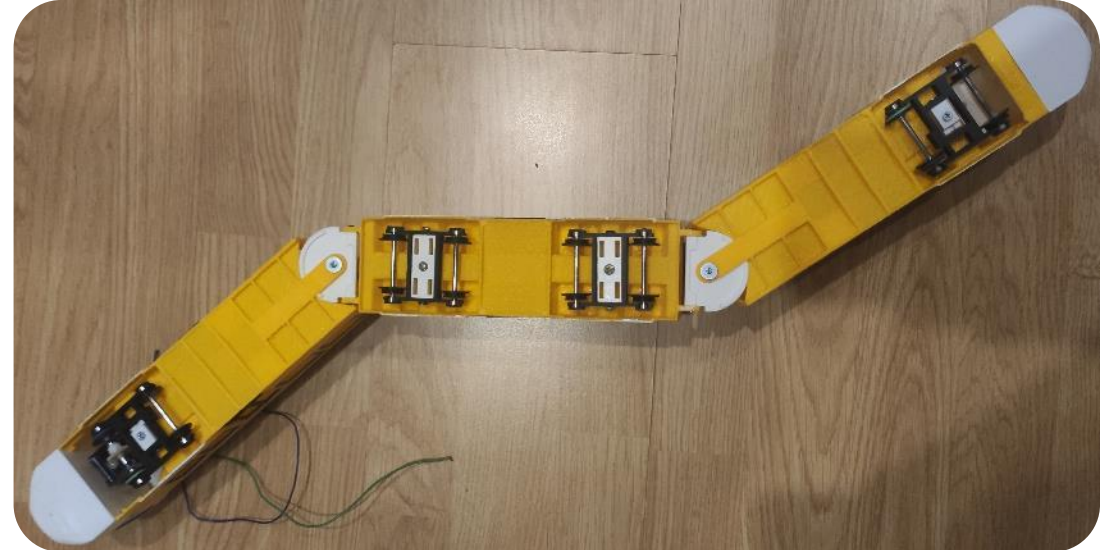
Корпус трамвая, рельсы, стрелки, перекрёстки, элементы крепления светофоров были смоделированы и напечатаны на 3D-принтере



ТРАМВАЙ

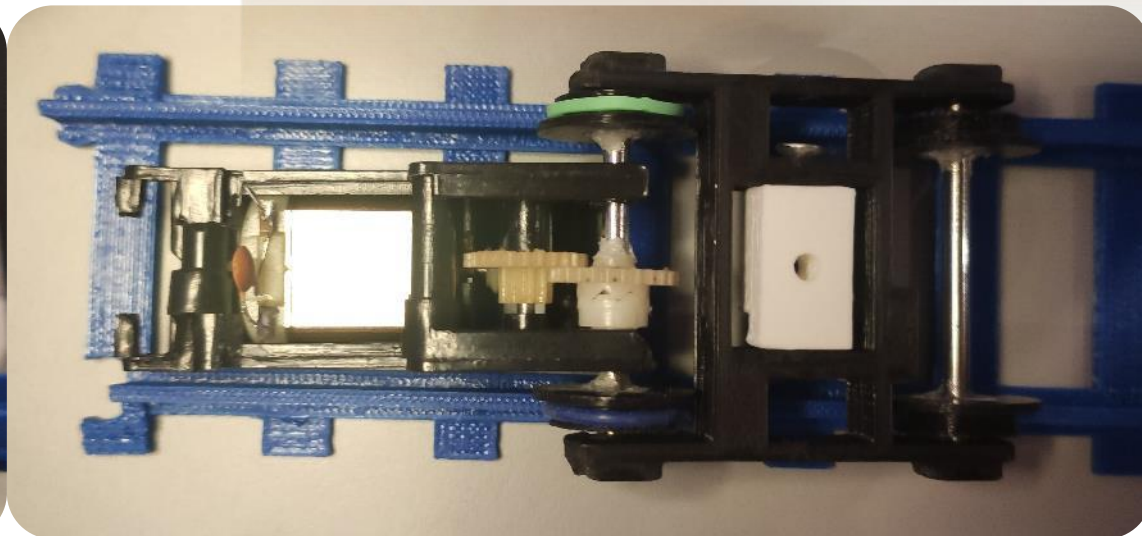
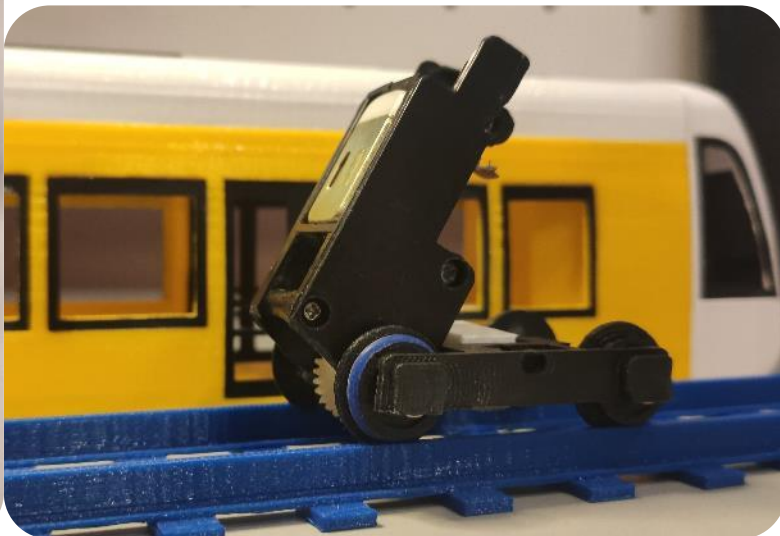
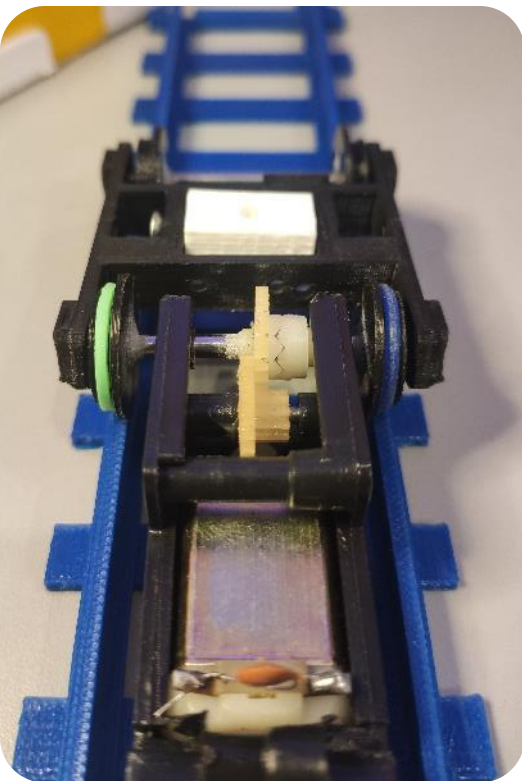


ТРАМВАЙ



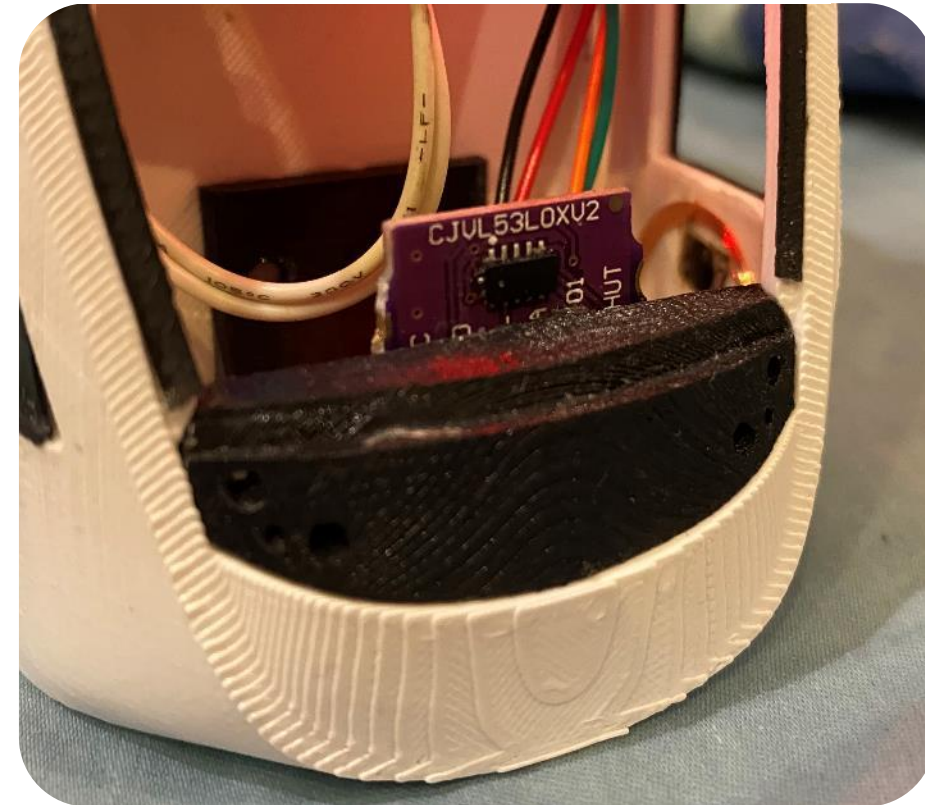
ТРАМВАЙ. Тележки

ВАГОН ПРИВОДИТСЯ В ДВИЖЕНИЕ ОДНОЙ МОТОРНОЙ ТЕЛЕЖКОЙ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВПЕРЕДИ, С ПОМОЩЬЮ КОЛЛЕКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И НЕБОЛЬШОГО РЕДУКТОРА

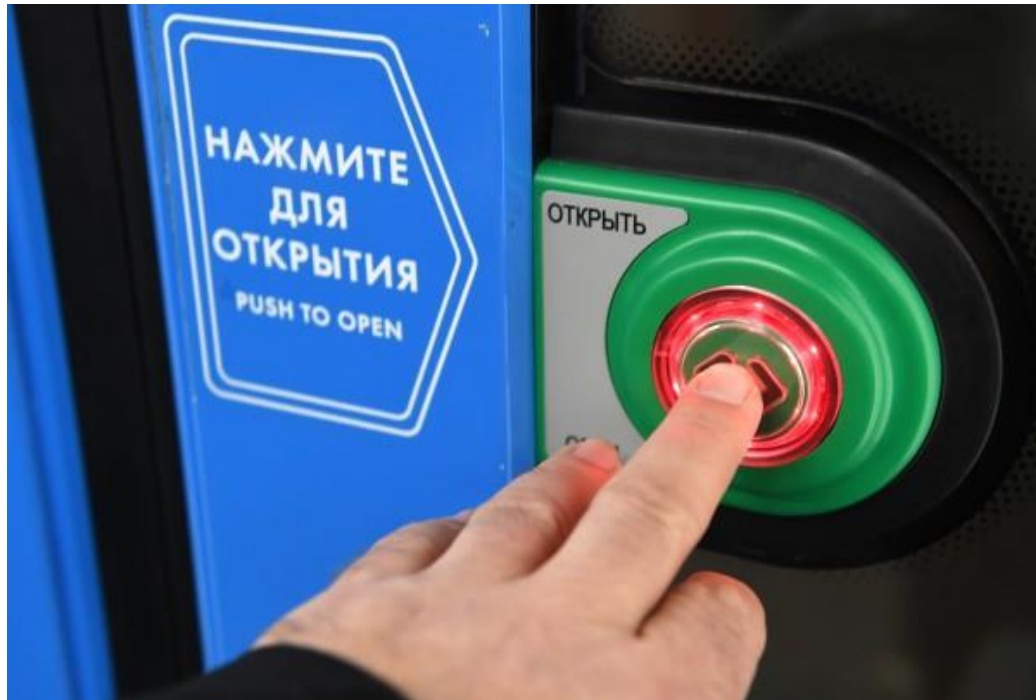


ТРАМВАЙ. Дальномер

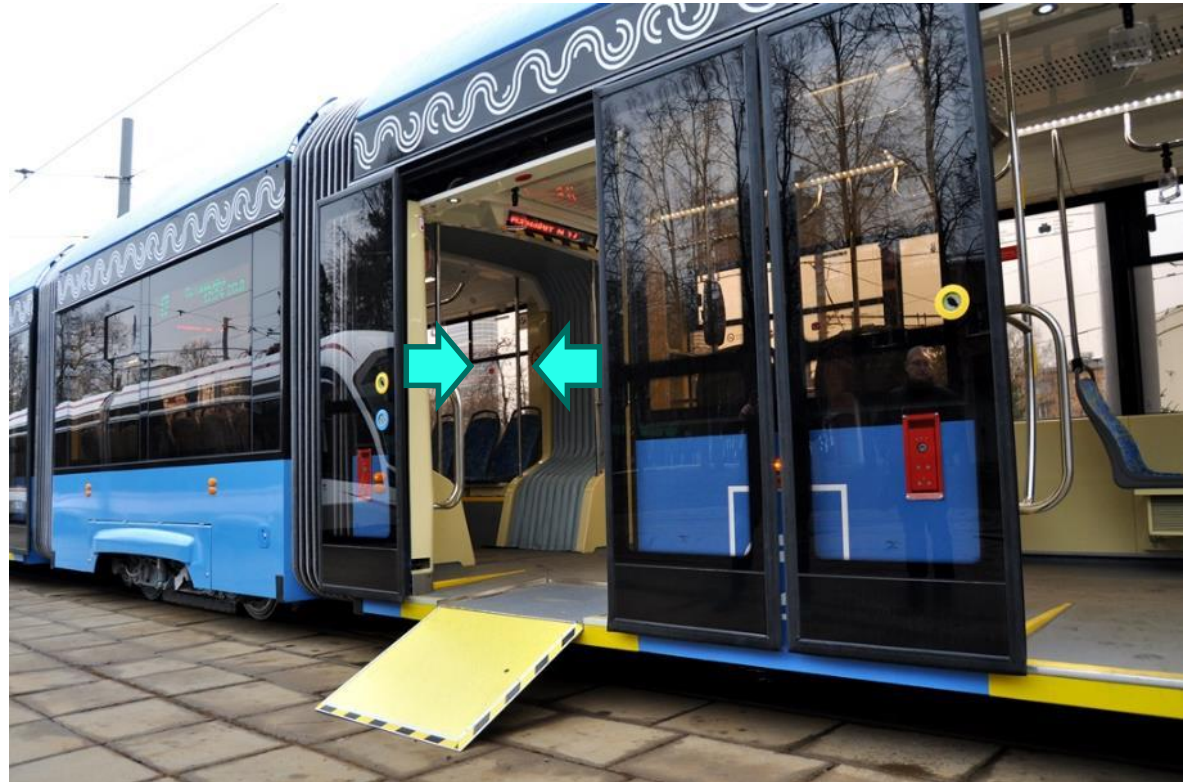
ВАГОН ОБОРУДОВАН ЛАЗЕРНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ, РАСПОЛОЖЕННЫМ В КАБИНЕ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ СОСТАВУ ОСТАНАВЛИВАТЬСЯ ПЕРЕД ПОМЕХОЙ НА ПУТЯХ



ТРАМВАЙ. Двери



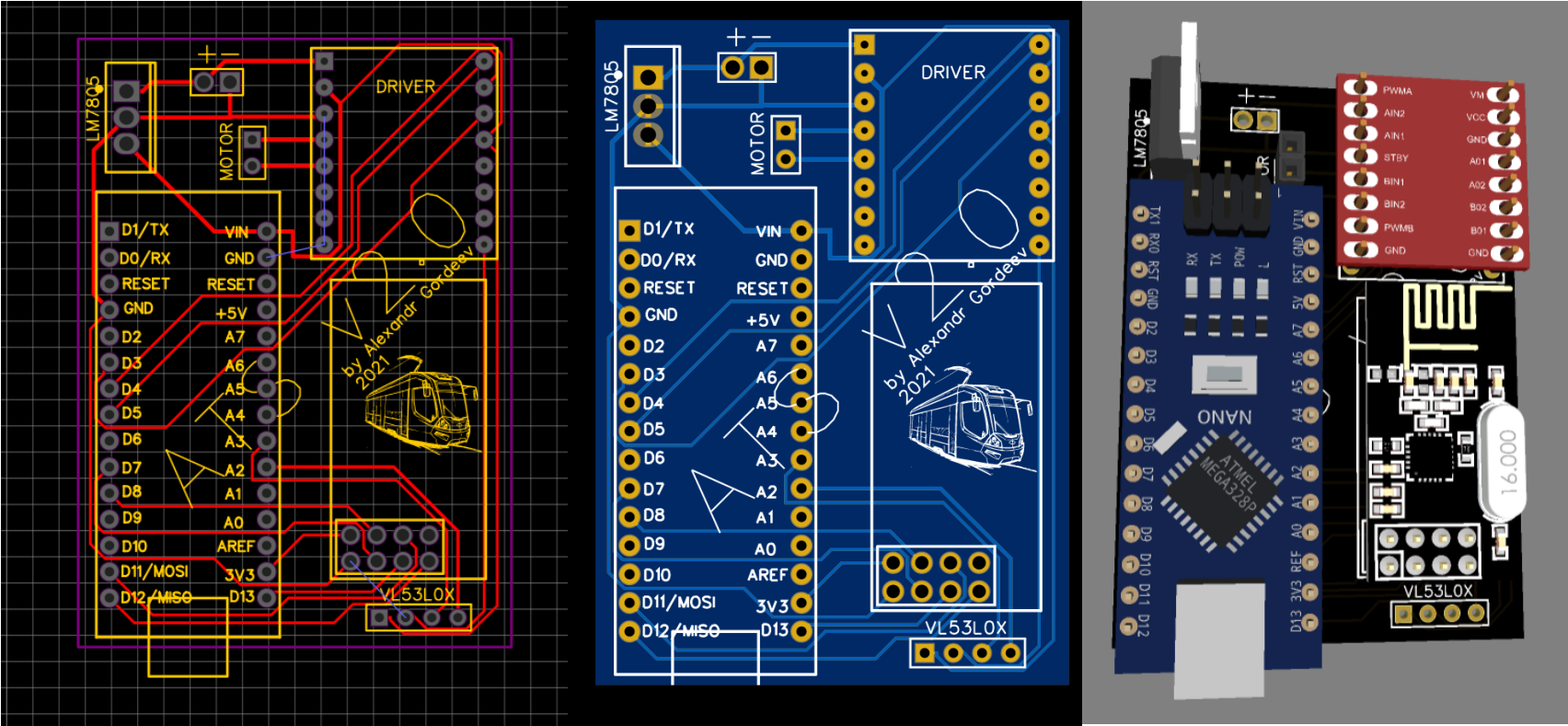
КНОПКИ АДРЕСНОГО ОТКРЫТИЯ ДВЕРЕЙ



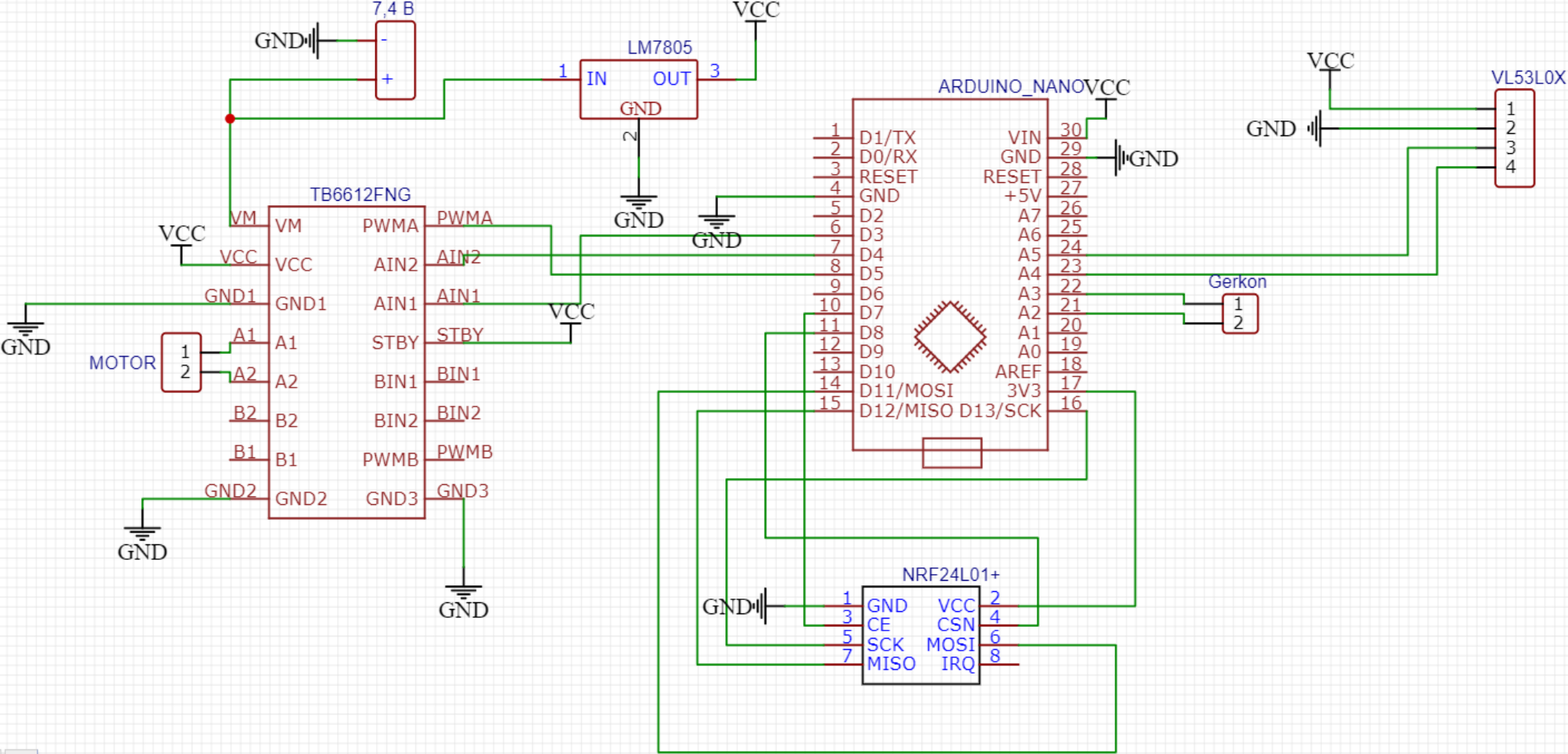
СИСТЕМА АНТИЗАЩЕМЛЕНИЯ

ПЛАТА УПРАВЛЕНИЯ

БЫЛА РАЗВЕДЕНА ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА В ПРОГРАММЕ EasyEDA



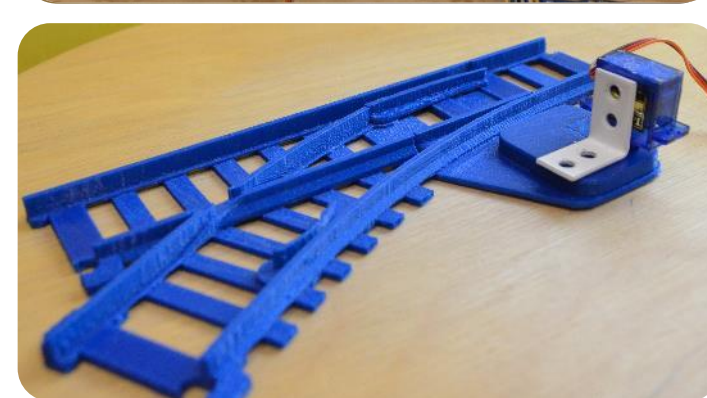
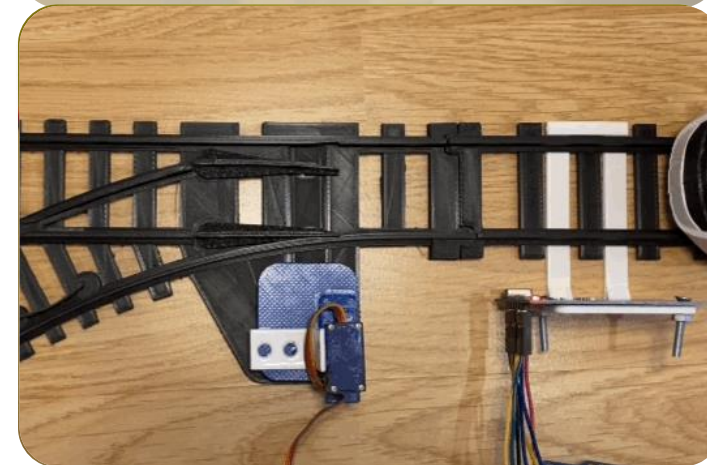
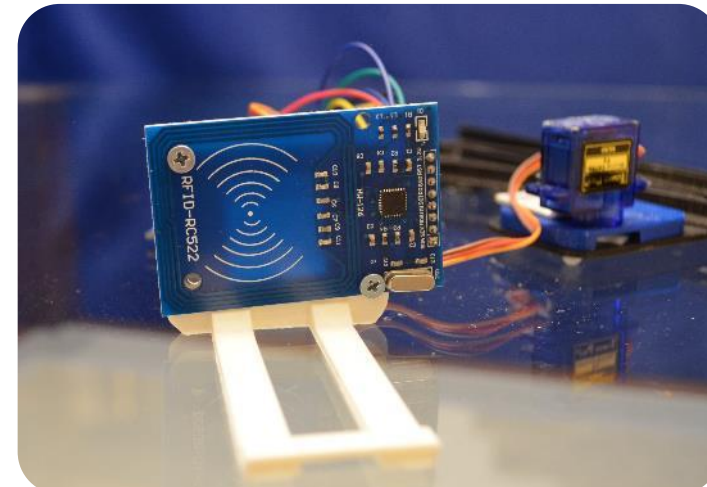
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА



СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД



СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД

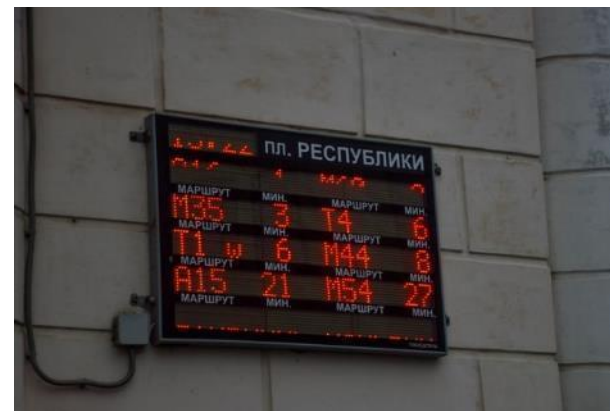


СВЕТОФОРЫ



ИНТЕРВАЛЫ

СИСТЕМА ВСЕГДА ПОДДЕРЖИВАЕТ ОДИНАКОВЫЙ ИНТЕРВАЛ МЕЖДУ ВСЕМИ ТРАМВАЯМИ, ВНЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ВЫХОДА НА ЛИНИЮ. БЛАГОДАРЯ ЭТОМУ, ПАССАЖИРЫ ВСЕГДА ТОЧНО БУДУТ ЗНАТЬ, КОГДА ПРИЕДЕТ ИХ ТРАМВАЙ.



Трамваи

6 7

Прогноз прибытия

- 7 **прибывает** 6 мин
Московский вокзал
- 6 **3 ми**
Московский вокзал

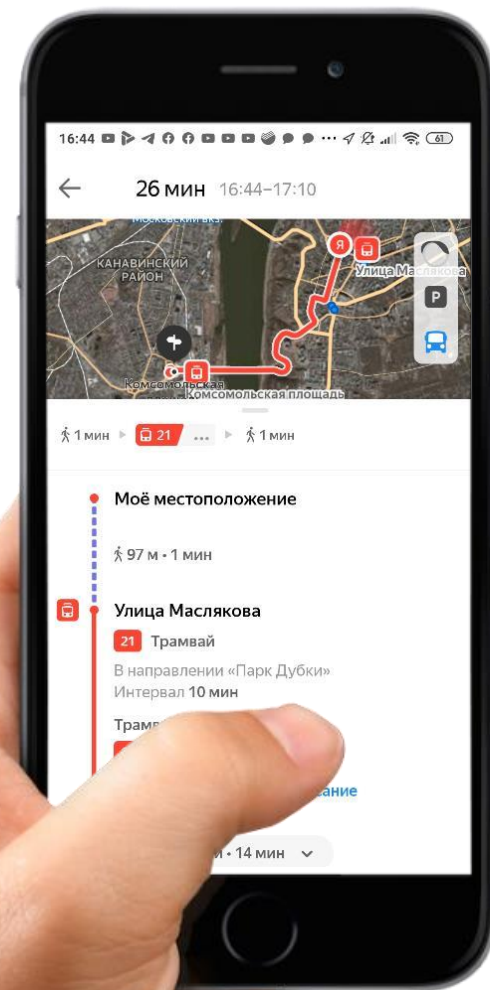
Смотрите на остановке, когда придет трамвай

Попр

Метро и остановки рядом

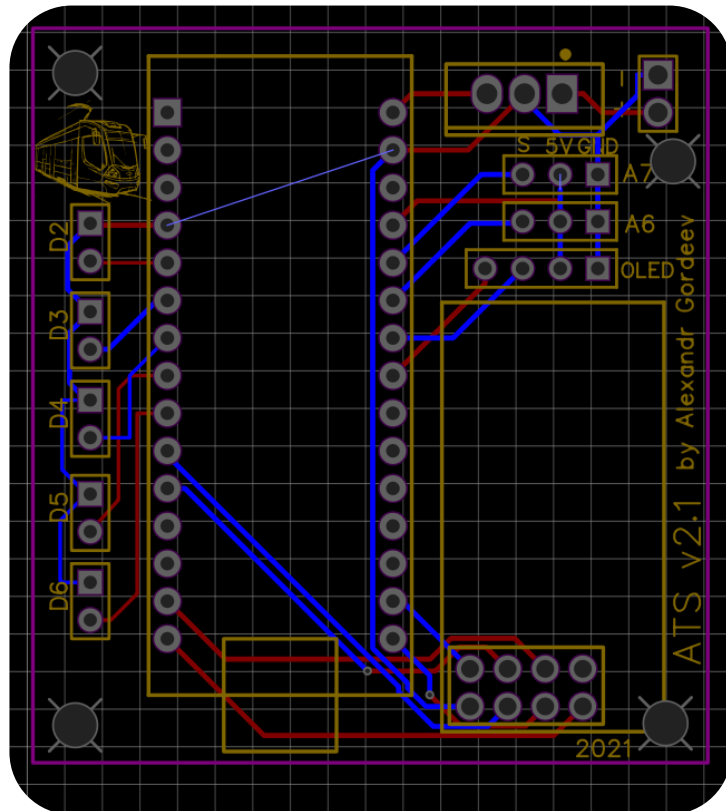
- М Бурнаковская 1,2 км
- Школа № 149 810 м

Пример: Яндекс.Транспорт



ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ ТРАМВАЕМ

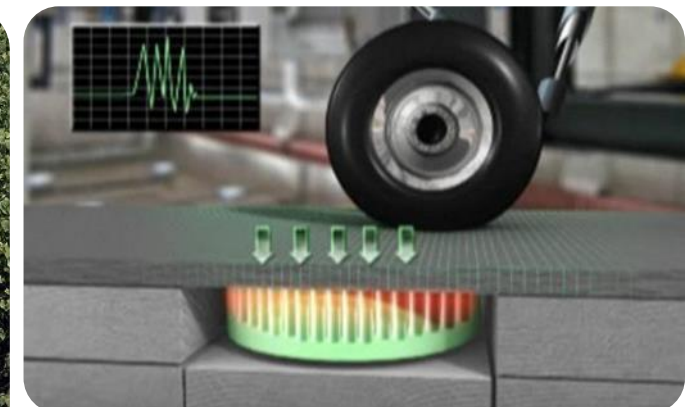
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАМВАЕМ В СЛУЧАЕ СБОЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ



ОСТАНОВКИ

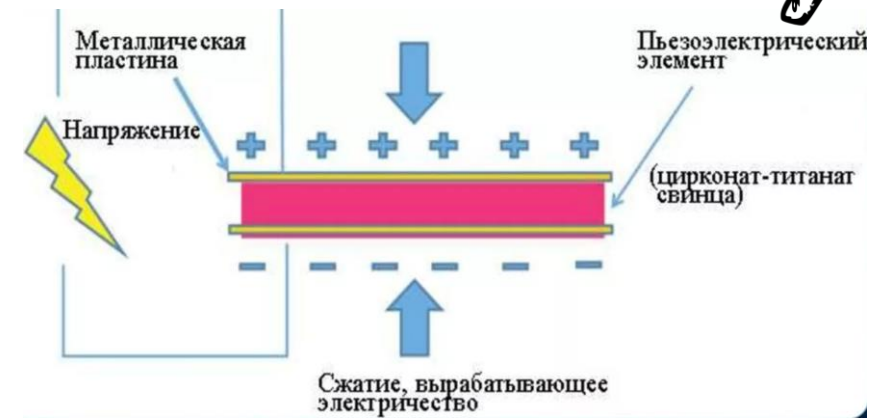
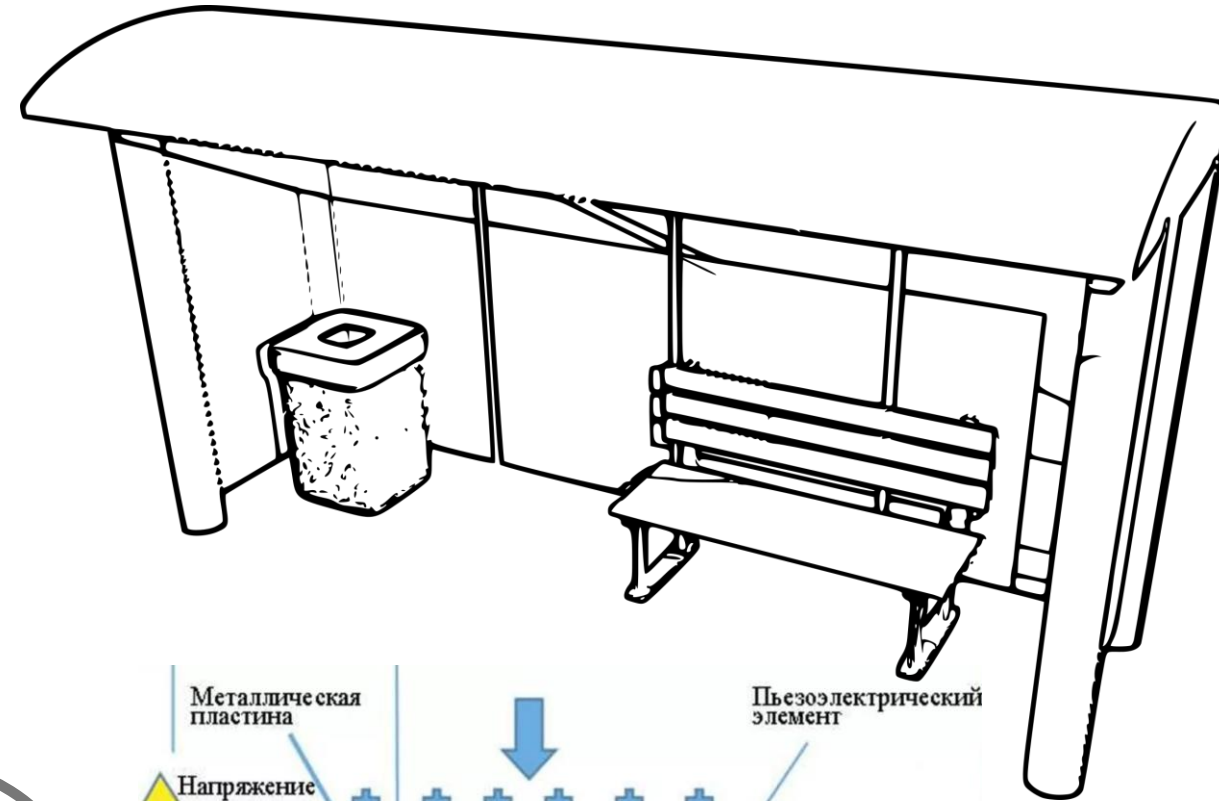


СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ НА КРЫШЕ
ОСТАНОВОЧНОГО ПАВИЛЬОНА



ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТЫ ПОД
БРУСЧАТКОЙ НА ОСТАНОВКАХ

ПЛИТКА С ПЬЕЗОЭФФЕКТОМ

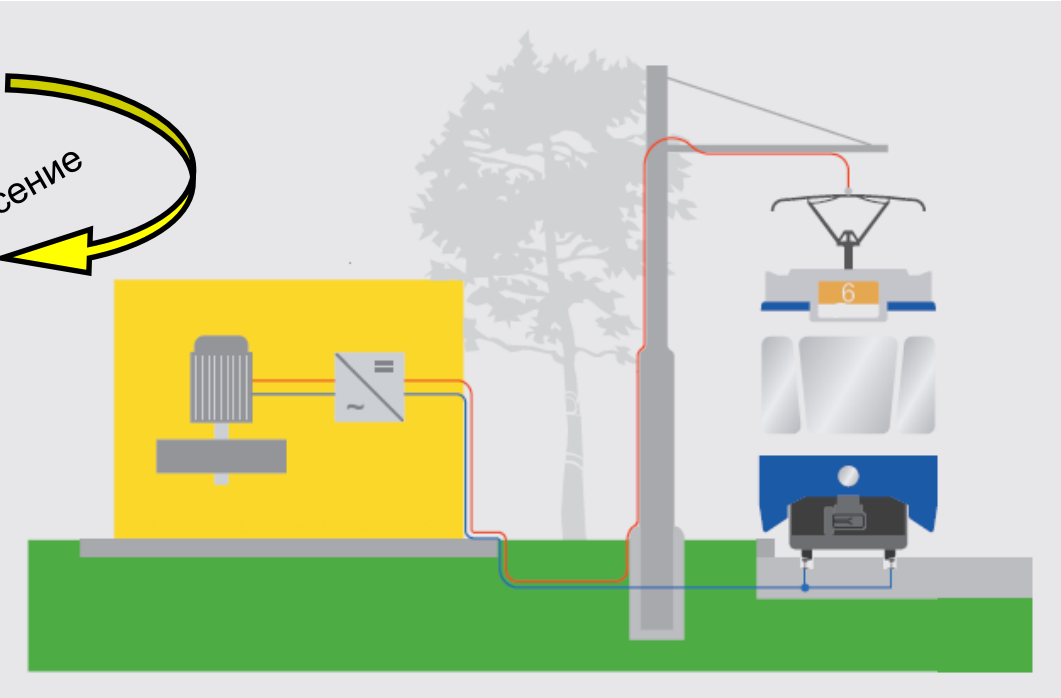
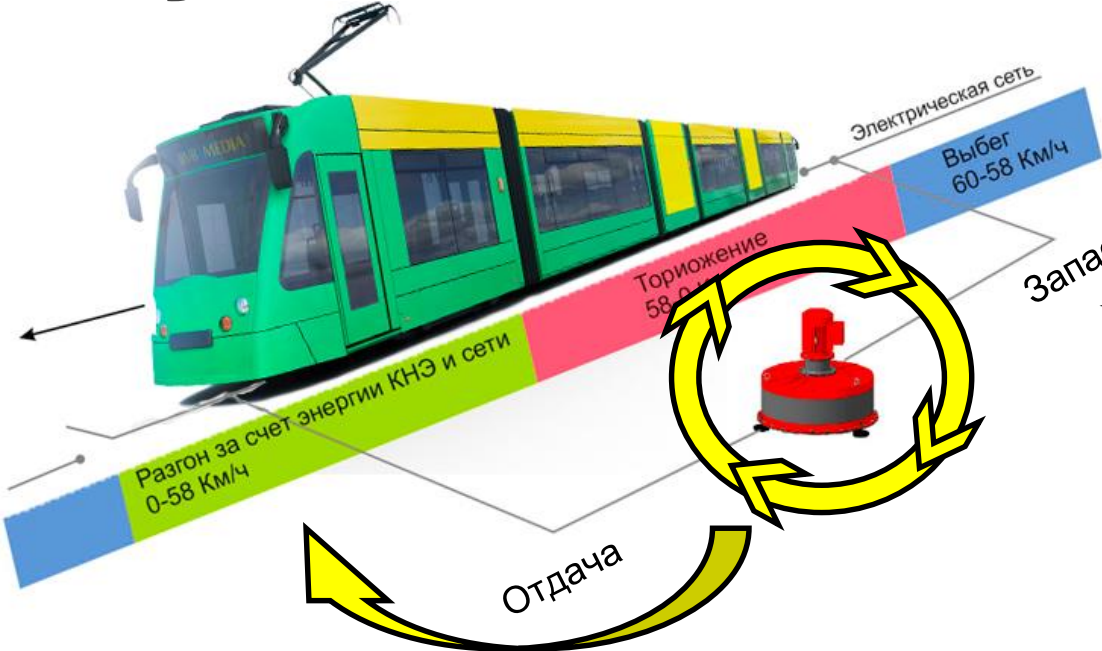


ПРОИЗВОДИТЕЛИ

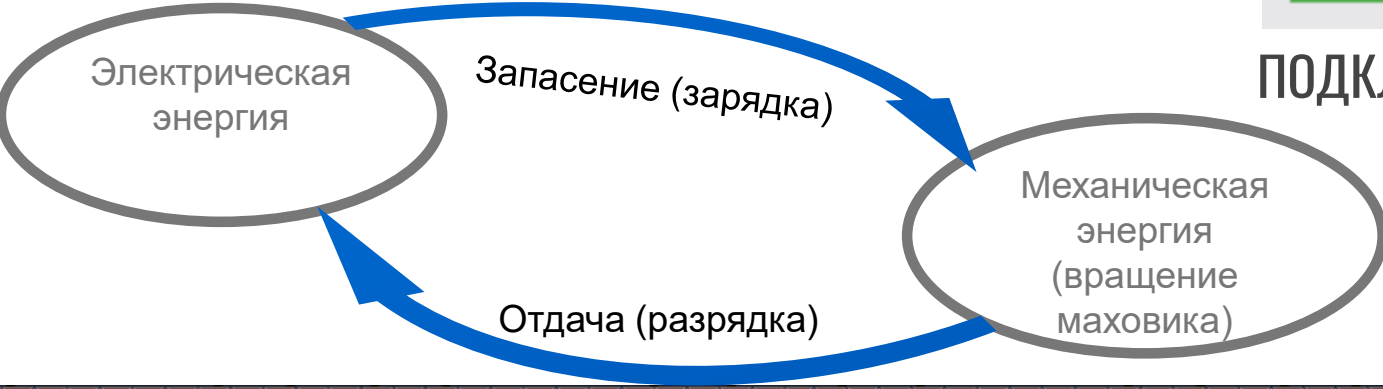
- ❑ Smart Energy Floor (SEF) от Veranu (Италия);
- ❑ Плитка от Pavegen Systems (Великобритания);
- ❑ Sustainable Energy Floor от Energy Floors (Нидерланды).



РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ



ПОДКЛЮЧЕНИЕ СТАЦИОНАРНОГО НКЭ К КОНТАКТНОЙ СЕТИ
(Связь напрямую с участком контактной сети, не требуется подключения к подстанции)



ПРИМЕНЕНИЕ

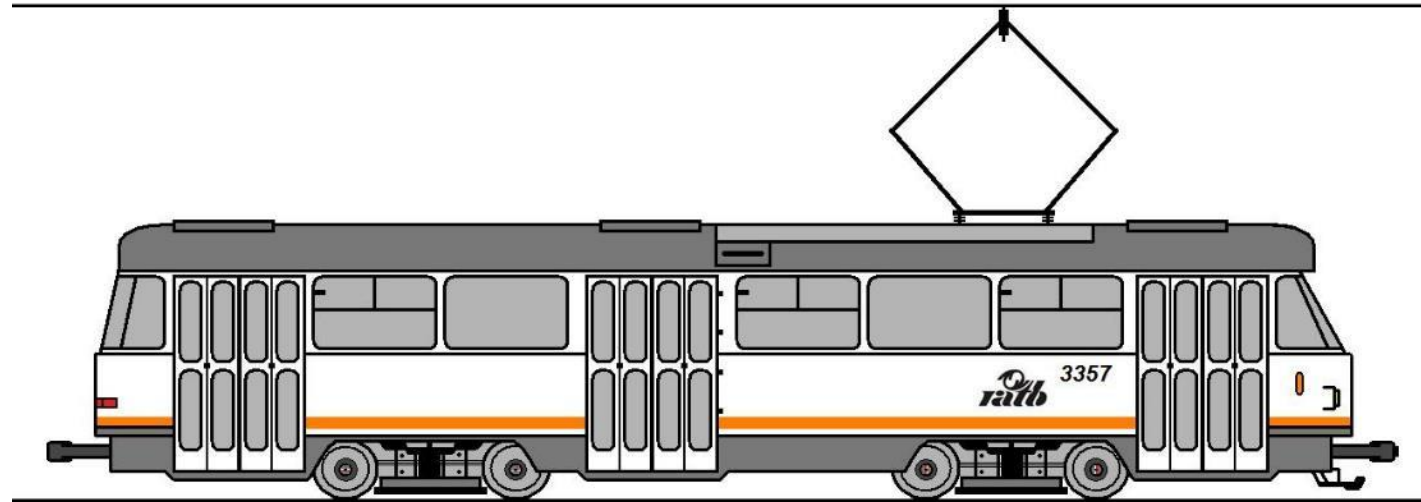


Производитель	Татра (ЧССР)
Технические данные	
Род тока и напряжение	= 600 В
Выходная мощность	4*50 кВт
Ускорение	1,2 м/с ²
Масса 1 вагона	20 тонн
Торможение	1,1 м/с ²
Система управления	инверторная

Сейчас рекуперируемая энергия торможения в сети практически не используется. С применением подобной системы она может полностью направляться на разгон вагона.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

- ✓ Снижение платы энергоснабжающим организациям за потребляемую пиковую мощность
- ✓ Снижение энергопотребления на тягу
- ✓ Повышение эксплуатационного ресурса оборудования ПС и тяговых подстанций.



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Трамвай (1 вагон, тара) – 20 000 кг.

+

Кол-во пассажиров (100 чел) – 7 500 кг.

||

Общая масса – 27 500 кг.

$$A_{\text{движ.}} = m (v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2) / 2 = 1,7 \text{ МДж}$$

$V_{\text{н}} = 0 \text{ м/с}$
 $V_{\text{к}} = 11 \text{ м/с}$
 $l = 500 \text{ м}$
 $g = 9,8 \text{ м/с}$
 $k = 0,002$

Срок окупаемости НКЭ ~ 4 лет

Энергозатраты для разгона 1 трамвая
 $>1,7 \text{ МДж} \approx 0,46 \text{ кВт*часов}$

За 20 часов через остановку проходит 800 трамваев в обе стороны

Общие затраты электроэнергии на разгон трамваев в сутки : 370 кВт*часов

Цена потребленной электроэнергии из расчета 4 рубля за 1 кВт*час составляет 1480 рублей в сутки

Общая экономия в год с одной остановки составляет **540 200 рублей (без учета торможений на светофорах и др.)**

Срок службы НКЭ – 25 лет

Если НКЭ установить на 50 аналогичных остановках



Экономия за год:
27 010 000 рублей

ПРИМЕРЫ В МИРЕ

- Европейский экспериментальный аналог – стационарный НКЭ для использования рекуперированной энергии трамваев.
- Экономия на участке контактной сети - до 30% годового энергопотребления.



ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА

ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ (ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТЫ НА
СОВМЕЩЕННОМ ПОЛОТНЕ);

РАБОТА НАД ПОВЫШЕНИЕМ
БЕЗОПАСНОСТИ;

РАБОТА НАД ПРАВОВОЙ БАЗОЙ;

ТРАМВАЙ-ЛАБОРАТОРИЯ (ДИАГНОСТИКА ПУТЕЙ И
КОНТАКТНОЙ СЕТИ), РЕЛЬСОШЛИФОВАЛЬНЫЙ ВАГОН;



ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА

МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТРАМВАЯ;

ОБЪЕДИНЁННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ
ТРАНСПОРТОМ;

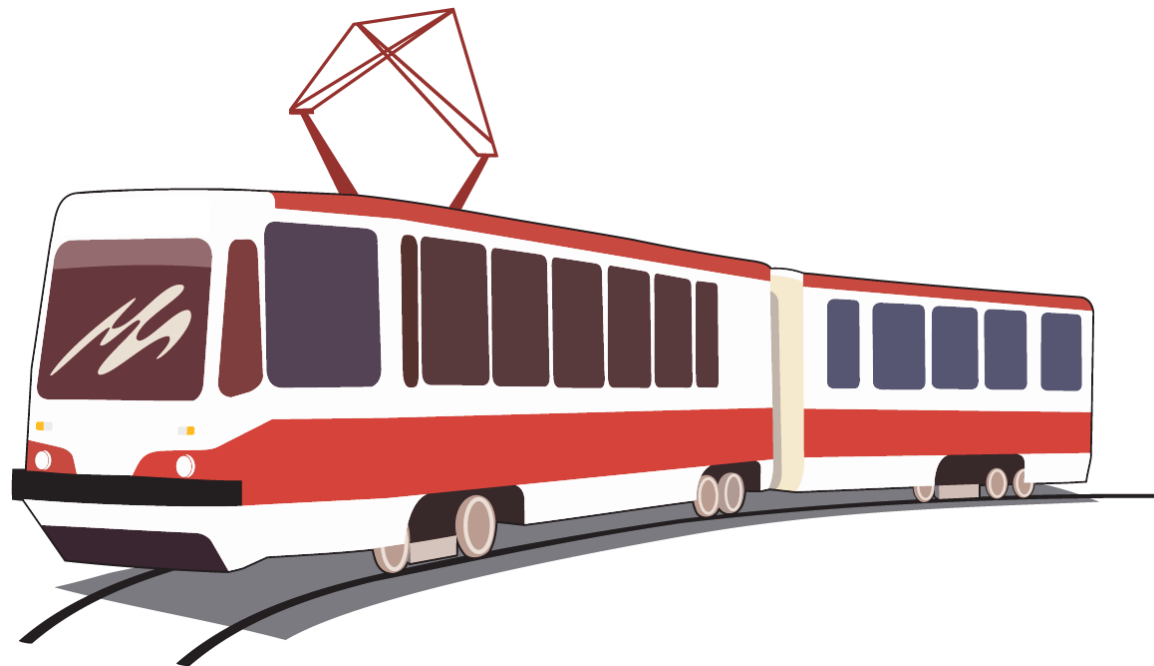
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ;

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

РЕКУПЕРАТИВНОЕ ТОРМОЖЕНИЕ

УВЕЛИЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ





ВЫВОД

БЛАГОДАРЯ СОЗДАНИЮ ПРОТОТИПА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТРАМВАЙНОЙ СИСТЕМЫ И ДЕТАЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСА, УДАЛОСЬ ВЫЯСНИТЬ ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ, НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ МЕСТА И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ.

