

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сочинский государственный университет»

Факультет туризма и сервиса

Кафедра «Управления и технологий в туризме и сервисе»

Допущен к защите  
Зав. кафедрой «УТТС»,  
д.э.н., профессор  
Гриненко С.В.

\_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись) (дата)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему "Разработка мероприятий по внедрению экологичного транспорта на автотранспортное предприятие города Сочи"

Выполнила студентка Елизова В.А.

\_\_\_\_\_ 19.06.2020  
(подпись) (дата)

Руководитель работы Белякова Е.В.

\_\_\_\_\_ (подпись) (дата)

Консультант Попов А.А.

\_\_\_\_\_ (подпись) (дата)

Консультант Белякова Е.В.

\_\_\_\_\_ (подпись) (дата)

Сочи 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сочинский государственный университет»

Факультет туризма и сервиса

Кафедра «Управления и технологий в туризме и сервисе»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой «УТТС»,  
д.э.н., профессор  
Гриненко С.В.

\_\_\_\_\_ 2020 г.  
(подпись) (дата)

## ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студентке Елизовой Виктории Андреевне  
(фамилия, имя, отчество полностью)

Тема работы "Разработка мероприятий по внедрению экологичного транспорта на автотранспортное предприятие города Сочи"

Руководитель Белякова Е.В., ст.преподаватель  
(фамилия, инициалы, ученая степень, звание) (подпись)

Утверждена приказом по университету: № 890-Ст от 20.01.2020 г.

Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта):  
Попов А.А. \_\_\_\_\_

Белякова Е.В. Нормоконтроль

Дата выдачи задания 09.01.2020 г.

Срок сдачи студентом законченного проекта 22.06.2020 г.

Содержание пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке)

Технико-экономическое обоснование. Концептуальное обоснование проектных решений. Технико-технологический раздел. Экономическое обоснование проекта. Производственная и экологическая безопасность.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Генеральный план предприятия МУП "Сочиавтотранс"
2. Предлагаемая модель электробуса для МУП "Сочиавтотранс"
3. Предлагаемая ультрабыстрая зарядная станция ЗСЭ-500Т на конечной станции г.Сочи
4. Предлагаемая система зарядных станций e-park на территории МУП "Сочиавтотранс"
5. Оценка экономической эффективности от предлагаемых мероприятий

Рекомендуемая литература И.В. Спирин "Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник" ; Денисов В. Н. "Проблемы экологизации автомобильного транспорта: учебное пособие"

Задание к выполнению приняла студентка \_\_\_\_\_ 09.01.2020 г.  
(подпись, дата)

## АННОТАЦИЯ

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка мероприятий по внедрению экологичного транспорта на автотранспортное предприятие города Сочи».

Структурно выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 96 листах формата А4 и графической части на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка включает в себя 5 разделов.

Во введении обоснована актуальность темы, цель и задачи выпускной квалификационной работы.

В первом разделе выпускной квалификационной работы представлены данные о предприятии, выполнено обоснование в необходимости внедрения экологичного транспорта.

Во втором разделе выпускной квалификационной работы приведена классификация пассажирского электрического автотранспорта, выявлены требования к подвижному составу, проведен сравнительный анализ подвижного состава, рассмотрены перспективы использования электротранспорта в городе Сочи, а также выбран оптимальный способ зарядки электробусов.

В третьем разделе составлено расписание, определено потребное количество подвижного состава, представлены решения по зарядной инфраструктуре на конечном пункте маршрута и в парке МУП "Сочиавтотранс".

В четвертом разделе были рассчитаны затраты на приобретение электробусов, произведен расчет эксплуатационных затрат для дизельного автобуса и электробуса, произведено сравнение эксплуатационных затрат.

В пятом разделе предложены мероприятия по соблюдению охраны труда при обслуживании электробусов, а также правила пожарной и экологической безопасности.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1.ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	9
1.1. Характеристика предприятия.....	9
1.2. Анализ подвижного состава.....	10
1.3. Характеристика структуры управления.....	12
1.4. Анализ маршрутной сети предприятия МУП "Сочиавтотранс" .....	15
1.5. Анализ экологической опасности в г.Сочи .....	18
1.6. Рост цен на нефтепродукты.....	20
1.7. Мировой опыт использования электробусов .....	22
2. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ .....	24
2.1 Классификация городского пассажирского электротранспорта.....	24
2.2. Сравнение с автобусами .....	25
2.3. Недостатки использования электробусов.....	27
2.4. Обзор существующих электробусов .....	28
2.4.1. Электробус КамАЗ 6282 .....	29
2.4.2. Электробус ЛиАЗ 6274 .....	31
2.4.3. Электробус НЕФАЗ-52992 .....	33
2.4.4. Электробус ТРОЛЗА-52501 .....	34
2.5. Выбор подвижного состава .....	35
2.6. Выбор оптимального способа зарядки для МУП "Сочиавтотранс" .....	39
3. ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	44
3.1. Характеристика и расписание маршрутов.....	44
3.2. Организация зарядной инфраструктуры на конечном пункте маршрута .....	51
3.3. Планировочное решение для зарядки электробусов в парке МУП "Сочиавтотранс" .....	53
4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	57
4.1. Расчет эксплуатационных затрат автобуса ЛиАЗ 5292 на маршрутах.....	57
4.2. Расчет эксплуатационных затрат электробуса ЛиАЗ 6274.....	65

4.3. Сравнение эксплуатационных затрат.....	69
4.4. Расчёт капитальных вложений .....	72
4.5. Расчёт финансовых результатов предприятия .....	73
4.6. SWOT-анализ внедрения электробусов на предприятие МУП"Сочиавтотранс" .....	75
5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	76
5.1. Основные требования к оборудованию электробуса .....	76
5.2. Утилизация литий-ионных батарей.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	82
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	88
Общий вид электробусов.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	90
Расписание для маршрута «ТК Новая заря-Завод стройматериалов» .....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	92
Расписание для маршрута «Ж/д вокзал Олимпийский парк - ж/д вокзал Сочи» .....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	96
Внешний вид ультрабыстрой зарядной станции ЗСЭ-500Т .....	96

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время всё более широкое распространение получает электрический транспорт, это связано с тем, что люди начали задумываться об экологической ситуации в своих городах. Ведущие автотранспортные концерны занимаются исследованиями в сфере электротранспорта и его изготовлением.

Применение моторного углеводородного топлива неизбежно сопровождается повышенным выбросом диоксида углерода (CO<sub>2</sub>). В частности, транспортная деятельность связана с побочными эффектами (внешними воздействиями) шумового загрязнения, загрязнения воздуха и заторов на дорогах, которые на самом деле требуют внимательного отношения со стороны соответствующих органов (включая лиц, ответственных за транспортную политику, операторов, общественность и т. д.).

Электрический автобус - это новая технология, которая является экологически чистой и предназначена для снижения уровня выбросов углерода. Другими словами, применение электромобилей, как одной из самых многообещающих стратегий, может быть хорошим решением для решения экологических проблем. В целях сохранения окружающей среды применение электрического автобуса в качестве жизнеспособного общественного транспорта является хорошей попыткой обезопасить жителей города Сочи и чистый воздух от попадания вредных веществ.

Тем не менее, технология электрических автобусов является довольно новой и незнакомой большинству заинтересованных сторон в секторе общественного транспорта. Применение электропривода позволяет наиболее эффективно решить проблему повышения экологической безопасности автомобильного транспорта. Однако, одно из основных препятствий на пути широкого внедрения электропривода - высокие материальные и финансовые затраты. В нашей стране и за рубежом ведется поиск оптимальных решений по созданию принципиально новых транспортных силовых установок.

На данном этапе основной задачей выпускной квалификационной работы является разработка метода оценки экономической и социально-экологической эффективности результатов использования электропривода на автотранспорте.

Цель работы - оценка экологической и экономической эффективности применения электрических автобусов в г.Сочи.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- анализ состояния экологии Сочи, а также тенденции роста цен на топливо;
- рассмотреть основные достоинства и недостатки внедрения электробусов;
- оценить возможность использования электробусов для перевозок в городе Сочи
- расчет и сравнение эксплуатационных расходов электрического автобуса с эксплуатационными расходами автобуса с двигателем внутреннего сгорания.

Методологической базой исследования в выпускной квалификационной работе является комплекс теоретических и эмпирических методов. Были использованы следующие методы исследования:

При изучении технологий в сфере производства электробусов, а также рассмотрении опыта разных стран, использовался метод анализа источников и литературы. Метод классификации был использован для структурирования информации о разных типах электробусов и их характеристик. При рассмотрении различных характеристик автобусов для выбора наиболее оптимального типа и марки электробуса, был использован сравнительный метод.

Практическая значимость выпускной квалификационной работы заключается в том, что материалы исследования могут быть применены в практической деятельности автотранспортного предприятия и администрации города для внедрения экологичного транспорта в Сочи.

# 1.ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

## 1.1. Характеристика предприятия

Полное наименование предприятия: Муниципальное унитарное предприятие города Сочи «Сочиавтотранс». Создано в соответствии с Распоряжением комитета по управлению имуществом г. Сочи № 119-р от 25.03.97 г.

МУП «Сочиавтотранс» расположено по адресу г. Сочи, ул. Голенева 7, откуда и производится выпуск автотранспортных средств на линию. Директор - Мухомор Анатолий Евгеньевич.

Муниципальное унитарное предприятие (МУП) - это коммерческая организация, владеющая собственностью, но не имеющая права распорядиться ей на свое усмотрение. Такой запрет относится также к извлеченной им прибыли. Фактически всем обладает государство, выделившее изначальный капитал, а организация только пользуется предоставленным имуществом.

Муниципальные унитарные предприятия могут действовать как на федеральном уровне, так и на уровне региона – однако чаще всего такого рода предприятия создаются именно местным самоуправлением муниципальных образований.

Учредительным документом такого юридического лица является устав. Кроме общей информации, он предоставляет сведения о целях деятельности организации и размере уставного фонда.

На предприятии имеется 2 административных здания, а также автомоечный комплекс, теплый стояночный бокс, ремонтная зона с 2 сквозными смотровыми ямами, 1 подъемником, так же 1 ремонтная зона с тупиковой ямой (зона технического обслуживания). Так же на территории предприятия имеется автомобильная заправочная станция (АЗС).

Виды деятельности:

- перевозки пассажиров, а также все производственные функции по техническому обслуживанию, ремонту, хранению и снабжению подвижного состава;

- автомобильные перевозки на основании годовых договоров или разовых заявок, заключенных с различными предприятиями или фирмами;

- междугородные перевозки пассажиров.

Контрольно-технический пункт МУП "Сочиавтотранс" предназначается для контроля технического состояния автомобилей при возвращении с линии и выезде на линию.

Подразделение технического обслуживания выполняет комплекс организационно-технических мероприятий (крепёжные, смазочные, регулировочные работы и т.д.), цель которых - предупредить возникновение неисправностей, уменьшить изнашивание деталей автомобилей при их эксплуатации, повышая их надежность и долговечность.

Ремонтные участки выполняют комплекс операций или совокупность технических воздействий по восстановлению работоспособности автомобиля (агрегата, механизма).

На предприятии имеется охранный комплекс в виде ограждений по периметру предприятия, охранной будки на въезде, шлагбаума, а также сигнализаций.

Помимо всего вышперечисленного, предприятие обладает специальным кабинетом предрейсового медицинского осмотра, а также оборудованным кабинетом для инструктажей по технике безопасности и по безопасности дорожного движения.

## 1.2. Анализ подвижного состава

МУП "Сочиавтотранс" принадлежит 568 единиц подвижного состава.

Таблица 1.1 - Количество и даты поставки различных марок подвижного состава МУП "Сочиавтотранс"

Модель автобуса	Количество, единиц	Дата поставки
ЛИАЗ-5292	26	2018-2019 гг.
ЛИАЗ-5293	110	2012-2018 гг.
МАЗ-103	47	2007-2014 гг.
МАЗ-206	165	2008-2014 гг.
ПАЗ-3203 и ПАЗ-3204	50	2018-2019 гг.
ПАЗ-320412 и ПАЗ-320414 «ВЕКТОР»	32	2013-2017 гг.
ПАЗ-320405 и ПАЗ-320435 «VECTOR NEXT»	115	2016-2019 гг.
ПАЗ-3237	23	2013-2014 гг.

Автопарк предприятия состоит из отечественных марок автомобилей (МАЗ, ПАЗ, ЛиАЗ). Наибольшее число автобусов составляет МАЗ-206 в количестве 165 единиц, также большое количество автобусов составляет ЛиАЗ-5293 в составе 110 единиц и ПАЗ-320405 в количестве 115 единиц. В общем автобусов марки МАЗ - 212 единиц, автобусов марки ЛиАЗ - 136 единиц, автобусов марки ПАЗ - 220 единиц ПС. Количественное распределение представлено на рисунке 1.1

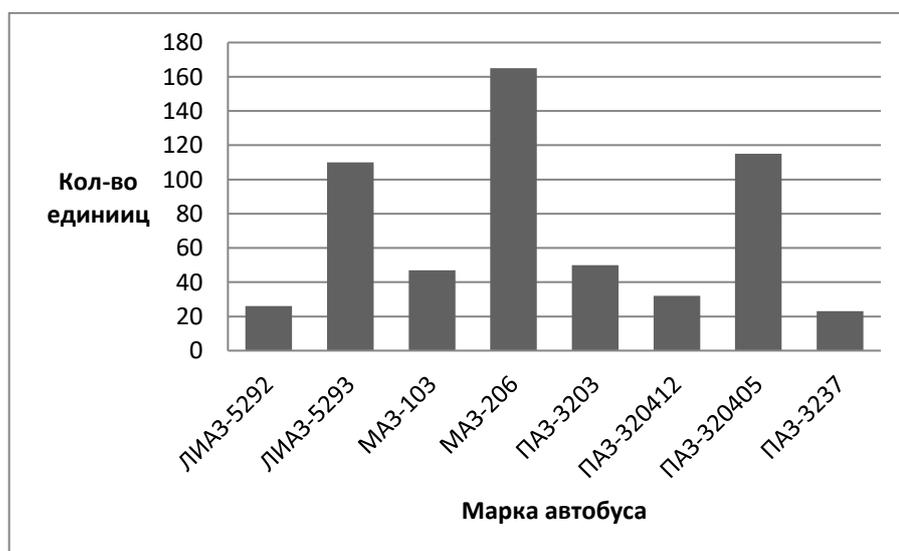


Рисунок 1.1 - Распределение подвижного парка по маркам

Все автобусы оснащены тахографами, учитывающими режим движения автомобиля, труда и отдыха водителей, что сейчас требуется практически во всех странах для международных перевозчиков.

Так же автобусы оснащены GPS трекерами, которые позволяют отслеживать движение ТС в реальном времени, что позволяет диспетчерам моментально вносить корректировки в маршрут, если этого требует дорожная ситуация. Так же уменьшаются расходы на холостые пробеги, несогласованные с управляющим отделом предприятия.

Все транспортные средства проходят техническое обслуживание и ремонт на территории предприятия согласно плану. Своевременное техническое обслуживание и ремонт продлевают срок эксплуатации подвижного состава, повышает безопасность при движении, а также снижает затраты на расходные материалы, т.к. исправное транспортное средство потребляет меньше горюче-смазочных материалов.

### 1.3. Характеристика структуры управления

Руководство технической и эксплуатационной службами осуществляет генеральный директор.

Главный бухгалтер осуществляет документальный хозяйственный учет денежных средств.

Заместитель по эксплуатации руководит водительским составом, хранением автомобилей, расходом топлива и эксплуатацией автомобильных шин.

Главный механик обеспечивает содержание зданий, сооружений и технологического оборудования в исправном состоянии.

Диспетчер осуществляет контроль за работой ПС на линии, устраняет имеющие отклонения в программе перевозок и принимает меры, чтобы перевозки выполнялись в полном объеме, качественно и в соответствии с расписанием.

Инженер по ремонту осуществляет руководство производством всех работ

по обслуживанию и ремонту подвижного состава, разрабатывает и осуществляет мероприятия по устранению причин возникновения ремонта и простоев автомобилей.

Служба эксплуатации занимается вопросами выполнения перевозок пассажиров, т.е. основной производственной деятельностью. Она составляет расписание движения всех маршрутов и руководит их выполнением, ведет учет выполненной работы.

Оперативное руководство работой подвижного состава на линии с момента выпуска его на линию до возвращения в АТП осуществляет диспетчерская группа, состоящая из 4 человек, которая выдает водителям и принимает от них путевые листы, дает указания об особенностях работы и условиях погоды, наблюдает за своевременным выходом автомобилей на линию. О выполнении суточного плана диспетчерская группа ежедневно отчитывается руководству.

Техническая служба обеспечивает исправное состояние подвижного состава и подготовку его к выполнению перевозок. Она разрабатывает графики технического обслуживания подвижного состава и обеспечивает их выполнение, ведет учет автомобилей, занимается техническим нормированием. Проводит необходимые мероприятия по безаварийной работе и технике безопасности, изучает и внедряет прогрессивные методы труда, разрабатывает и осуществляет планы внедрения новой техники, ведет техническую документацию.

В распоряжении технической службы находятся:

- зоны стоянки и технического обслуживания подвижного состава;
- зона ремонта;
- мастерские;
- производственные участки, связанные с поддержанием подвижного состава в технически исправном состоянии;
- отдел главного механика, отвечающий за исправность всего оборудования АТП.

Техническую службу возглавляет главный инженер, являющийся также заместителем директора АТП.

Служба управления АТП включает: отдел снабжения, отдел кадров, финансово-экономический отдел, бухгалтерию, отдел безопасности движения.

Отдел снабжения обеспечивает всеми необходимыми эксплуатационными и другими материалами, шинами, запасными частями и т.п.

Отдел кадров нанимает и увольняет рабочих и служащих, учитывает личный состав, занимается подготовкой и повышением квалификации рабочих.

Финансово-экономический отдел и бухгалтерия начисляют и выдают заработную плату рабочим и служащим, ведут материальный и финансовый учет всех ценностей, составляют месячные, квартальные и годовые отчеты о финансово-хозяйственной деятельности.

Отдел безопасности движения осуществляет инструктаж водителей, проводит проверки знаний.

Структура управления предприятием для наглядности представлена в графическом виде на рисунке 1.2

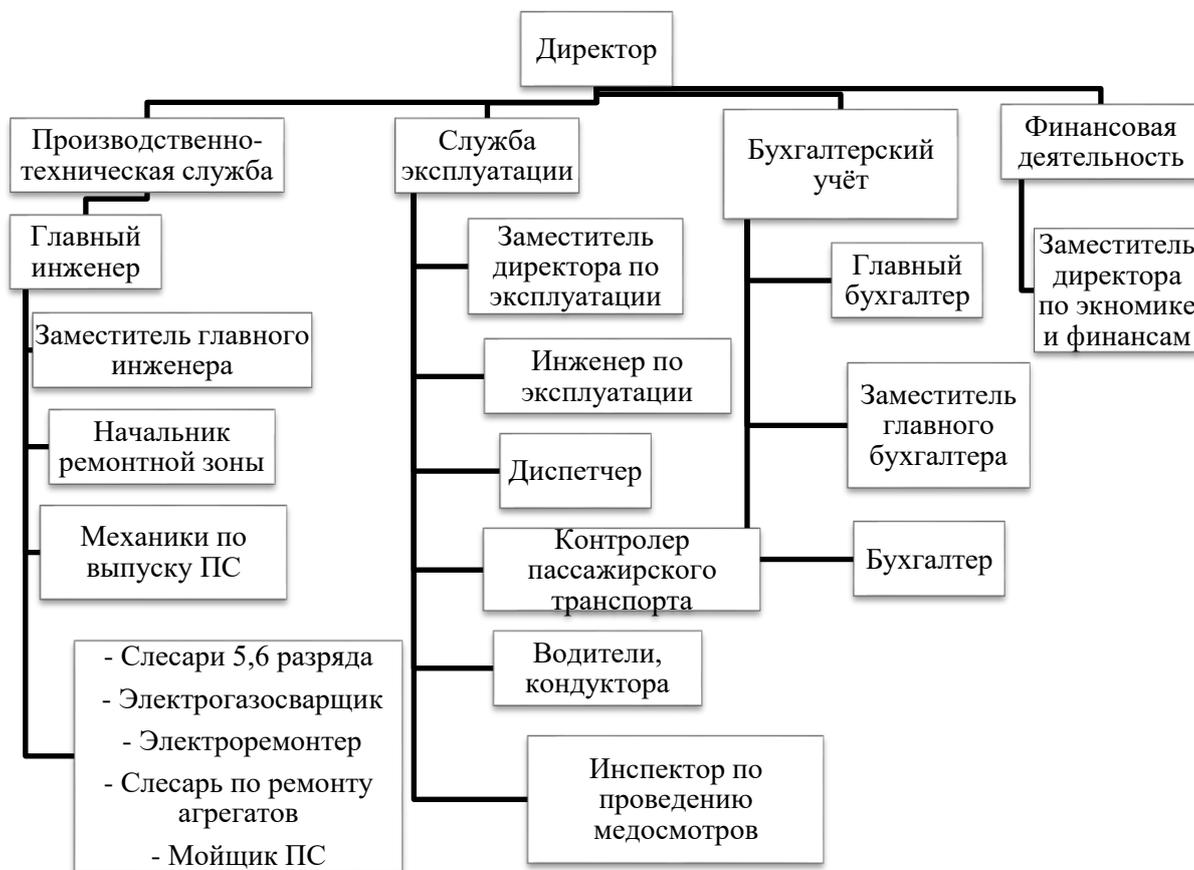


Рисунок 1.2 - Структура управления предприятием

#### 1.4. Анализ маршрутной сети предприятия МУП "Сочиавтотранс"

Маршрутная сеть предприятия охватывает множество направлений города Сочи, а именно территории Адлерского, Хостинского, Лазаревского района, по городским и пригородным маршрутам.

Предприятие МУП "Сочиавтотранс" обслуживает 8 муниципальных городских, 12 муниципальных пригородных, 12 специальных автобусных маршрутов и 24 междугородних маршрута в такие города, как Анапа, Новороссийск, Краснодар, Майкоп, Ялта, Кисловодск и другие.

Специальные(школьные) автобусные маршруты - маршруты, обслуживающие удалённые районы города. Работают по расписанию в определённые периоды года.

Таблица 1.2 - Данные о городских маршрутах МУП "Сочиавтотранс"

Маршрут	Тип(городской, пригородный, специальный)	Протяжённость, км
1	2	3
1. ост. Новая Заря – ул. Виноградная – ул. 20-й Горнострелковой дивизии – ул. Я.Фабрициуса – ул. Транспортная – ул. Донская. (кольцевой)	Муниципальные городские маршруты	14
11. ост. Юбилейная – ул. Новая Заря – ул. Горького – ул. 20-й Горнострелковой дивизии – ул. Яна Фабрициуса – ул. Транспортная – ул. Виноградная –	Муниципальные городские маршруты	19
16. ост. Новая Заря - ул. Донская - ул. Краснодонская (ост.ЗСМ)	Муниципальные городские маршруты	9
23. сан. Салют - ост.к/т Аэлита - ул. Бытха	Муниципальные городские маршруты	12
36.морвокзал Сочи - ост.к/т Юбилейный - ул. Целинная	Муниципальные городские маршруты	10
86 ул. Труда - сан. Искра	Муниципальные городские маршруты	16
50. ТРЦ «МореМолл» - ж/д вокзал Сочи - Хоста - Кудепста - Адлер (ост.Торговый центр) - село Веселое - с/х Россия - ж/д вокзал Олимпийский парк	Муниципальные городские маршруты	47

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
55. ж/д вокзал Олимпийский парк- ТЦ "Новый век" - ж/д вокзал Сочи	Муниципальные городские маршруты	40
105.село Молдовка - ПГТ Красная Поляна - село Эсто-Садок – ГК Лаура - ГЛК Роза Хутор	Муниципальные пригородные маршруты	85
102. ост. Платановая аллея - село Пластунка (ост.Ореховка)	Муниципальные пригородные маршруты	16
105с. МТРК «МореМолл» - ж/д вокзал Сочи – аэропорт Сочи - село Молдовка	Муниципальные пригородные маршруты	83
105э. ж/д вокзал Сочи – ГЛК Роза Хутор	Муниципальные пригородные маршруты	78
125с.МТРК «МореМолл» - ж/д вокзал Сочи – ж/д вокзал Адлер – с/х Россия – ж/д вокзал Олимпийский парк	Муниципальные пригородные маршруты	44
125п. ж/д вокзал Сочи – Адлер (ост.Торговый центр) – село Веселое – КПП «Псоу»	Муниципальные пригородные маршруты	42
135. ж/д вокзал Олимпийский парк – ул. Ленина – аэропорт Сочи – село Казачий брод – ПГТ Красная Поляна – ГК Лаура – ГЛК Роза-Хутор	Муниципальные пригородные маршруты	67
135э. с/х Россия - ГК Лаура - ГЛК Роза Хутор	Муниципальные пригородные маршруты	63
120.ул. Навагинская (ост.ж/д вокзал Сочи) - ж/д вокзал Мацеста - село Семеновка, пер. Калиновый	Муниципальные пригородные маршруты	26
121. ул. Навагинская (ост.ж/д вокзал Сочи) - ж/д вокзал Мацеста - село Прогресс	Муниципальные пригородные маршруты	21
163.ПГТ Красная Поляна (ост.Вертодром) – б/о Красная Поляна – ж/д вокзал Эсто-Садок – ГК Роза Хутор	Муниципальные пригородные маршруты	16
171. ж/д вокзал Адлер – село Ахштырь	Муниципальные пригородные маршруты	18
204.ост.панс. «Белые ночи» – мкр. Дагомыс - село Разбитый котел	Специальные (школьные) автобусные маршруты	16,6
208.село Барановка – мкр. Дагомыс - 3-я Рота – село Верхнее Учдере	Специальные (школьные) автобусные маршруты	43,3
218.ж/д вокзал Хоста - село Калиновое Озеро - село Воронцовка	Специальные (школьные) автобусные маршруты	14,4

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
219.ж/д вокзал Адлер - село Молдовка - ПГТ Красная поляна	Специальные (школьные) автобусные маршруты	45,7
220. ул. Мира - село Липники - село Молдовка (МОБУ СОШ № 66)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	5,5
221. ж/д вокзал Адлер - ост. Дары природы - село Молдовка – ост. Форелевое хозяйство	Специальные (школьные) автобусные маршруты	27,2
222. ост. ТЦ "Новый век" - село Черешня – ул. Сормовская	Специальные (школьные) автобусные маршруты	17,6
225. аул Большой Кичмай – мкр. Головинка (ул. Центральная)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	6,2
226. ост.панс. «Морская Даль» - аул Малый Кичмай – мкр. Головинка (ул. Центральная)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	3,7
232.село Зубова щель (ул. Амурская) – село Каткова Щель (ул. Магистральная)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	8,5
235 мкр. Лазаревское – мкр. Волконка – мкр. Солоники (ул. Солоники)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	10,8
234.аул Малый Кичмай - аул Большой Кичмай (ул. Ачмизова)	Специальные (школьные) автобусные маршруты	11,6

Представим данные таблицы 1.2 в графическом виде и сравним протяжённость маршрутов.

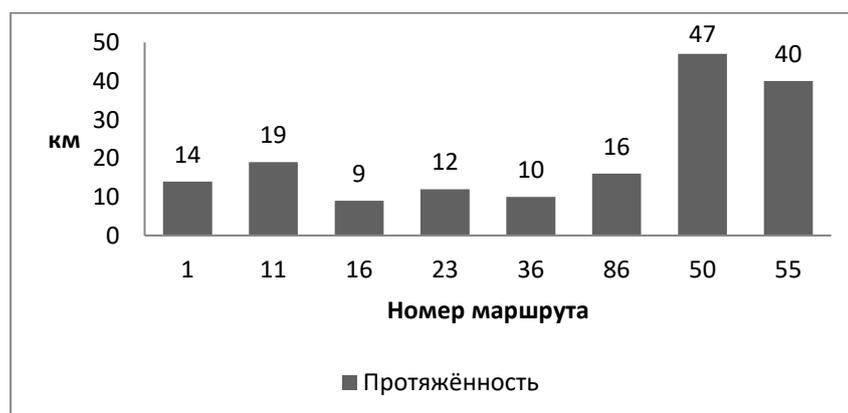


Рисунок 1.3 - Протяженность городских маршрутов

Согласно данным на рисунке 1.3 наибольшая протяженность среди

муниципальных городских маршрутов у маршрута №50 - 47 км, наименьшая у маршрута 16 - 9 км, средняя протяженность 20 км.

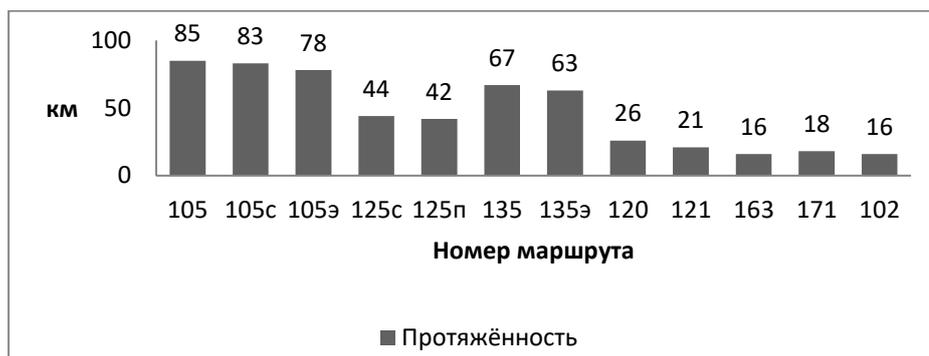


Рисунок 1.4 - Протяженность муниципальных пригородных маршрутов

Исходя из рисунка 1.4 наибольшая протяженность среди муниципальных пригородных маршрутов у маршрута №105 - 85 км, наименьшая у маршрута 102 и 163 - 16 км, средняя протяженность 46 км.

#### 1.5. Анализ экологической опасности в г.Сочи

Город Сочи обладает уникальными климатическими условиями. Последние годы наблюдается тенденция к ухудшению экологической ситуации в нашем городе.

Во-первых, это зависит от особенностей развития демографической ситуации. В связи с этим происходит расширение инфраструктуры города, например, увеличивается количество автомагистралей. Общее количество транспортных средств, зарегистрированных на территории муниципальных образований края на 01.01.2019 года, составляет 2350022 единиц (в 2017 году – 2314065 единиц), при этом не учитывается поток приезжающих туристов на личном автотранспорте. [1]

Во-вторых, значительно влияние вредных веществ, выступающих отходами переработки топлива, на атмосферу и здоровье человека. Выхлопные газы в основном влияют на дыхательную систему, особенно у детей, поскольку именно на уровне дыхательной системы обнаруживается самая высокая концентрация

выхлопных газов. В выхлопных газах содержится около 280 вредных веществ. Некоторые химические элементы имеют свойство оседать в организме, особенно тяжелые металлы. Накапливаясь постепенно в организме, эти вещества отравляют организм и естественно со временем это приводит к серьезным заболеваниям. Шум от движения транспорта может также иметь негативные последствия для здоровья. Например, врачи утверждают, что риск сердечно-сосудистых заболеваний увеличивается на 8% от увеличения уровня шума днем и ночью на 10 дБА (в пределах 52–77 дБА). [2]

В среднем, автомобилем потребляется в год 2 тонны бензина и выбрасывается в воздух от 20 до 25 000 м<sup>3</sup> продуктов сгорания, которые содержат 700 кг СО, 40 кг NO, 230 кг углеводородов и от 2 до 5 кг твердых частиц.[3]

Качество топливной смеси обуславливает состав отработанных газов автотранспорта. Состав и свойства ядовитых веществ, попадающих в атмосферный воздух города с выхлопными газами, существенно зависят не только от вида топлива, но и от типа, модели, технических характеристик автомобилей, в том числе от степени их износа.

По данным федеральной статистики (источник информации – база данных ЕМИСС Росстата РФ - Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора РФ) объем выбросов от автотранспорта по Краснодарскому краю составил в 2018 году 1127,82 тыс. тонн (в 2016 году - 562,2 тыс. тонн) загрязняющих веществ (таблица 1.3).

Таблица 1.3 - Объём выбросов от автотранспорта в Краснодарском крае за 2018 год [1]

	РФ	ЮФО	Краснодарский край	Краснодарский край в % по отношению к РФ и ЮФО	
				к РФ	к ЮФО
1	2	3	4	5	6
Всего	30 215,28	3 397,88	1 127,82	3,73	33,19
Азота диоксид	1 647,7	188,9	62,8	3,81	33,25
Аммиак	40,11	4,91	1,6	3,99	32,59

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6
Ангидрид сернистый	85,28	9,48	3,2	3,75	33,76
Всего	15 107,8	1 699,1	563,9	3,73	33,19
Летучие органические соединения	1 543,7	175,5	58,2	3,77	33,16
Метан	61,85	6,85	2,3	3,72	33,58
Сажа	28,14	3,04	1,02	3,62	33,55
Углерода оксид	11 700,7	1 310,1	434,8	3,72	33,19

Согласно приведённой статистике в таблице 1.3, вполне серьезно стоит задуматься о проблеме загрязнения атмосферного воздуха автотранспортными средствами в городе Сочи. Предлагаемый способ решения этой проблемы - постепенный переход к экологическому транспорту и строгий контроль за количеством выбросов и техническим состоянием устаревающих транспортных средств.

#### 1.6. Рост цен на нефтепродукты

Еще одним аргументом в пользу электрического транспорта является рост цен на бензин. Нефть является исчерпаемым природным ресурсом, добыча которого растет с каждым годом. Добыча займет больше времени, и по мере приближения дефицита цены будут только расти. Мы уже сталкиваемся с проблемой все еще медленного, но непрерывного роста цен на топливо, что наблюдается в таблице 1.4

Таблица 1.4 - Соотношение цен производителей на бензин и нефть (на конец периода, рублей за нефть)

	Январь 2020 г.	Январь 2019 г.
Цены производителей на:		
Бензин автомобильный	25201	23595
Нефть	20937	20727
Соотношение цен, раз	1,2	1,1

Правительство России прилагает большие усилия для сдерживания розничных цен на топливо. В том числе распределение колоссальных сумм компенсации нефтяным компаниям и снижение экспортных пошлин, что еще больше истощает бюджет.

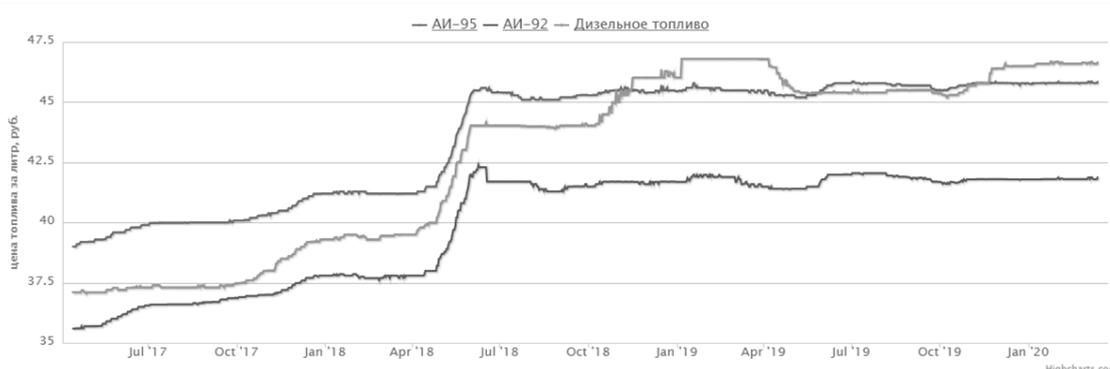


Рисунок 1.5 - График распределения роста цен на топливо с 2017-2020 год

По графику, представленному на рисунке 1.5 можно наблюдать тенденцию к ежегодному и постепенному увеличению цен на топливо.

Согласно данным Statistical review of world energy, при нынешних темпах добычи в мире, человечеству хватит топлива только на ближайшие 50 лет. [4] Уже сейчас пора задуматься о переходе на экологически чистые возобновляемые источники энергии, коим является электричество.

## 1.7. Мировой опыт использования электробусов

Внедрение электробусов в городском парке общественного транспорта растет во всем мире. Это началось в Китае, и другим регионам потребовалось несколько лет, чтобы начать переходный период. Но сейчас Европа переживает бум: 2019 год запомнится как год, когда объемы продаж электрических автобусов окончательно возросли. В то время как в 2018 году европейский рынок электрических автобусов увеличился на 48 процентов по сравнению с 2017 годом, в 2019 году число регистраций электрических автобусов в Западной Европе утроилось.[5]

На сегодняшний день в Европе работает около 4000 электрических автобусов (в определение включены не только аккумуляторные электробусы, но также гибриды с подключаемыми модулями, троллейбусы и автобусы с топливными элементами).

В Китайских городах происходит самый массовый перевод автобусных маршрутов на электробусы с ночной зарядкой. Их преимущество для массовой замены автобусов – не требуется сеть зарядной инфраструктуры, нужна только инфраструктура в электробусном парке. Но они работают не вместо другого электротранспорта, а вместо дизельных автобусов, вместе с электробусами с динамической зарядкой, использующими троллейбусную контактную сеть. Сегодня эти города являются мировыми лидерами по развитию электробусов с динамической зарядкой.

В городах Швейцарии активно начинают внедряться электробусы с динамической зарядкой особо большой вместимости, так как используется контактная сеть троллейбусов для работы и зарядки электробусов в движении. Также в городах Швейцарии продолжают активно использоваться троллейбусы, преимущественно особо большой и "супер большой" вместимости длиной 24 метра с небольшим автономным ходом. [6]

В ряде европейских городов (Амстердам, Варшава, Хельсинки, Копенгаген и др.) работают электробусы с ультрабыстрой зарядкой. Наибольшее развитие

такие электробусы получили в Амстердаме: порядка 130 штук. Заметим, что троллейбусной сети в городе нет, есть только трамвайная.

В 2016 году и США вступили в фазу электрификации транспорта. В течение года в страну было поставлено около 200 электрических автобусов с полным аккумулятором. Министерство транспорта США выделило 55 млн. долл. США в виде конкурсных грантов для наращивания количества автобусов с нулевым уровнем выбросов по всей стране. По мере того, как операторы стали внедрять электрический пассажирский транспорт, потребности в закупках возросли кратно.

На конец 2017 года в мире насчитывалось 3 млн. городских автобусов, из них 385 тыс. относились к категории электробус. [7] На рисунке 1.6 представлена карта распространения электробусов в мире.



Рисунок 1.6. - Страны, использующие электробусы

## 2. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

### 2.1. Классификация городского пассажирского электротранспорта

Автотранспорт классифицируется на основе ряда эксплуатационных и технических характеристик для определения конкретных типов и видов единиц подвижного состава, пригодных для производства и эксплуатации, с учетом экономических, производственных и эксплуатационных условий и требований.

В зависимости от типа используемой линии связи, транспортные средства подразделяются на жесткие (железнодорожные), которые подключены к сети и нежесткие (не железнодорожные). Нерельсовые транспортные средства делятся на автомобильные и городские электрические наземные транспортные средства и перемещаются по дороге с помощью пневматического удара.

Автомобили, предназначенные для перевозки пассажиров, подразделяются на легковые автомобили и автобусы в зависимости от вместимости пассажиров. Средства нерельсового пассажирского транспорта делятся на троллейбусы и электрические автомобили.

Электромобили начнут заменять автомобили в ближайшее время (через 10-15 лет). Также производятся и применяются гибридные безрельсовые автобусы - дуобусы с ДВС, чтобы продолжать движение, там где нет возможности присоединения к троллеям.

Транспорт, который привязан к маршруту в городе - трамвай, который использует рельсы для прямого движения, проложенный либо на проезжей части, либо рядом на отдельной полосе движения. Городские монорельсы, метро, фуникулер можно отнести к внедорожным типам пассажирских транспортных средств.[8] В этой работе будет рассматриваться не железнодорожный транспорт, а именно автобусы, работающие на электричестве - электробусы.

## 2.2. Сравнение с автобусами

Электродвигатели электрических автобусов имеют значительно более высокий КПД - до 85-95%, по сравнению с двигателями внутреннего сгорания автобусов - до 45%. Помимо низкой эффективности ДВС в традиционных автобусах, наблюдается потеря производительности на трансмиссии, карданных валах и мостах.[9]

Стоимость обслуживания парка электрических автобусов меньше, чем стоимость обслуживания парка автобусов с двигателями внутреннего сгорания, так же как стоимость перевозки электробусами меньше, чем стоимость автобусов.

Некоторые электрические автобусы используют безредукторные электродвигатели с прямым приводом - мотор-колёса, в которых эффективнее расходуются энергия, а также они с лёгкостью монтируются на шасси электрических автобусов. Заметное уменьшение массы электробуса и возможность более удобного решения при планировании салонов электрических автобусов - всё это благодаря применению мотор-колёс.[10]

У электробусов существует различная сборка, которая разрешает устанавливать абсолютно ровный пол без ступеней и перепадов в высоте, из-за отсутствия у них ДВС, трансмиссии, карданных валов, осей и выхлопной системы.

Тяговый двигатель более надежен, чем двигатель внутреннего сгорания. Двигатель внутреннего сгорания является источником вибраций, которые чувствуются в салоне автобусов. Электродвигатели работают практически бесшумно.

Снаряженная масса электробуса всегда постоянна и не зависит от уровня заряда батареи. Снаряженная масса автобуса с ДВС меняется вместе с уровнем топлива в бензобаке.

Все параметры электрического тока для зарядки батареи электробуса идентичны в любой стране мира, а более точная подстройка происходит индивидуально на каждой зарядной станции. Качество нефти очень сильно

различается в зависимости от региона добывания. Например, в России она содержит достаточно много серы, и такое "черное золото" довольно сложно разделять на фракции для дальнейшей переработки. В то же самое время, нефть из стран Персидского нефтяного бассейна лишена таких недостатков. Всем транспортным средствам с двигателями внутреннего сгорания необходимо высококачественное топливо.

В случае возникновения пожара в автобусе с ДВС, последствия будут намного значительней, так как огромный бензобак, наполненный горючей смесью, сам по себе уже является источником повышенной опасности. Электробусы же намного лучше защищены от возникновения пожароопасной ситуации, так как нынешнее поколение батарей обеспечено надежной защитой. Они не подвержены горению, а опасные химические вещества остаются внутри, даже если есть механические повреждения.

Электротранспорт не оказывает вредного влияния на окружающую среду своим выхлопом, что в свою очередь ведет к улучшению общей экологической обстановке в регионе и сохранению здоровья граждан.

При торможении, у электробуса происходит процесс рекуперации энергии, то есть осуществляется подзарядка батарей, что ведет к увеличению максимального пробега на одной зарядке. [11]

В современных электробусах применяются высококачественные сплавы из алюминия, самые современные композитные материалы и батареи, а также мощные (при этом малогабаритные) электродвигатели. Благодаря этому, масса электробуса значительно не различается от обычного автобуса с двигателем внутреннего сгорания.

Применение электробусов более экономично, чем автобусов с двигателями внутреннего сгорания [12]:

а) Срок службы подвижного состава электрического автобуса больше, чем срок службы автобуса с двигателем внутреннего сгорания;

б) Стоимость обслуживания электрического автобуса меньше, чем стоимость обслуживания автобуса;

### 2.3. Недостатки использования электробусов

Для массового применения электрических автобусов необходимо создать сеть зарядных пунктов. Кардинальное различие между станцией электрической зарядки и АЗС состоит в том, что для первых нет таких строгих законодательных ограничений в плане постройки. Таким образом, они могут быть размещены в очень удобных в плане логистики местах: конечные остановочные пункты, автобусный парк, стоянки возле крупных магазинов и торговых центров. [13]

Основным недостатком эксплуатации электрических автобусов в России до сих пор являлась ситуация, когда во время зимнего периода батареи быстро теряли заряд и мощность. Но, благодаря разработкам американских и японских компаний (AltairNano, Toshiba), появились батареи нового класса, которые успешно себя зарекомендовали в работе в различных климатических условиях.[14]

Суммарная мощность всех электрических станций в мире значительно меньше, чем общая мощность всех автомобилей на всей планете. Если мы одновременно заменим все автомобили с ДВС на электромобили, то нам не хватит электроэнергии для одновременной зарядки их всех. Но, стоит заметить, что при производстве горючего топлива тоже требуется электроэнергия, поскольку глобальное потребление углеводородного топлива (бензина, дизельного топлива) уменьшается, то мощность электростанции будет разделена на источники энергии для электромобилей и электрических автобусов. Кроме того, во многих автомобилях мощность двигателя значительно завышена, чтобы обеспечить быстрое ускорение.[15]

Помимо недостатков, которые существовали до сих пор при эксплуатации электрических автобусов во время зимних холодов (увеличенная скорость разрядки, уменьшение емкости батареи), возникла другая проблема, а именно отопление салона. Электрическая печка потребляет огромное количество энергии, снижая запас хода электробуса. Проблема решилась применением высокотехнологичного энергосберегающего (низкоэмиссионного) стекла (имеют

хорошее светопропускание и прозрачность и в то же время обеспечивают достаточно высокий коэффициент теплоизоляции) решает эту проблему.

Исходя из вышесказанного, можно определить, что использование аккумуляторов последнего поколения с возможностью быстрой зарядки, а также размещение зарядных станций в автопарках (ночная зарядка по сниженным тарифам и меньшей нагрузкой на общую сеть) и конечных остановочных пунктах, приводит к тому, что все недостатки электробусов нивелируются и сводятся к минимуму. Ведется огромная работа, многие компании и научно-исследовательские институты работают над увеличением емкости и улучшением характеристик аккумуляторной батареи электробуса.

#### 2.4. Обзор существующих электробусов

Электробусы делятся по типу зарядки. С типом зарядки взаимосвязаны остальные характеристики электробусов: ёмкость аккумуляторов, длина пробега без подзарядки, ток зарядки. Из описанных технических характеристик следуют важные потребительские характеристики для города и пассажиров: стоимость электробуса и его эксплуатации, необходимость специальной инфраструктуры, пассажироместимость, трата времени на простои при зарядке.

Выделяют три основных типа электробусов.

1) Электробус с концепцией ночной зарядки. Заряжается ночью и целый день ездит на заряде аккумуляторов. Он имеет множество недостатков (малая пассажироместимость, высокая стоимость и т.д.), так как имеет аккумуляторы массой более 4 тонн. Преимущество – не требуется специальная инфраструктура, зарядка производится кабелем промышленной сети, фактически "от розетки". [16]

2) Электробус с концепцией ультрабыстрой зарядки. Заряжается от специальных зарядных станций на конечных. Недостатки связаны с необходимостью сложной зарядной инфраструктуры на конечных станциях, которая рассчитана на огромные токи в несколько тысяч Ампер, и с тратой времени на зарядку во время рабочего дня. Столь существенные недостатки

позволяют добиться преимущества по уменьшению аккумуляторов по сравнению с электробусами с ночной зарядкой.

3) Электробус с концепцией динамической зарядки. Заряжается от имеющейся троллейбусной контактной сети во время движения: часть маршрута заряжается от сети, часть маршрута едет на аккумуляторах без сети. Для данного типа недостатки описанных выше электробусов нивелированы возможностью минимизировать аккумуляторы, исключить трату времени на зарядку и распределить нагрузку в электросети. Для него требуется наличие инфраструктуры троллейбусной сети на половине трассы маршрута, поэтому он считается приоритетным типом электробуса для городов с имеющейся троллейбусной сетью. Данный тип электробуса, к сожалению, не подходит для города Сочи, так как отсутствует троллейбусная сеть.[17]

Рассмотрим четыре электробуса российского производства - КамАЗ 6282, ЛиАЗ 6274, НЕФАЗ 52992, ТРОЛЗА 52501. Далее представлены их описание и характеристики.

Внешний вид электробусов представлен в приложении А.

#### 2.4.1. Электробус КамАЗ 6282

Данный электрический автобус является более модернизированным, нежели старые электробусы. Он считается автобусом «второго поколения», где используются современные составляющие электрического тягового оборудования, такого как электропортальный мост (где встроены мотор-колеса) и литий-титанатные аккумуляторные батареи, срок эксплуатации которых - 10 лет.

Корпус вагонного типа, состоит из двухстороннего оцинкованного металла, цельнометаллической рамы, с гарантией защиты от коррозии 15 лет.

Особенное внимание следует обратить на асинхронный двигатель КамАЗ 6282. Его основные свойства представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Характеристики асинхронного двигателя КамАЗ 6282

Тип	асинхронный
Мощность	(312 л.с.)(2 x 115 кВт)
Крутящий момент	2000 (об/мин)
Система охлаждения	жидкостная (этиленгликоль)

На борту электрического автобуса есть два электромотора, смонтированные как моторное колесо. Любой из них характеризуется мощностью 115 кВт. Это тяговое оборудование позволяет машине набирать скорость до 75 км / ч, достигая 60 км / ч за половину минуты.

Двигатели работают от литий-титановых батарей мощностью 105 кВт/ч и для восстановления их заряда от 0 до 100% требуется 6-20 минут. Без подзарядки Камаз 6282 может проехать сотни километров.

Зарядка осуществляется от сверхбыстрой зарядной станции с использованием полупантографов. Автоматическая система подзарядки самостоятельно соединяет токоприемник, который размещён на крыше электрического автобуса, с контактами, размещёнными на «зарядном столбе», и держит под контролем качество контакта. Станция сверхбыстрой зарядки подключена к промышленной трехфазной сети переменного тока.

На данный момент цена КАМАЗа-6282 составляет около 33 млн. руб.

Таблица 2.2 - Основные параметры и размеры электробуса КамАЗ 6282

Характеристики	Значения
1	2
Габаритные размеры, мм	12155/2500/3480
База (расстояние между передней осью и задним мостом), мм	5840
Максимальная техническая масса, кг	19000
Пассажировместимость, чел.	85
Уровень пола пассажирского помещения, мм	360
Максимальная конструктивная скорость движения электробуса на горизонтальном участке, км/ч	75
Максимальный запас хода электробуса на накопителях без подзарядки, км.	100

## Продолжение таблицы 2.2

1	2
Максимальный преодолеваемый подъем электробуса, %	19
Расход электроэнергии на тягу при условной расчетной скорости 23 км/ч, на 100 км, кВт*ч	25
Время полного заряда, ч	6,5

Салон выдержан в спокойных оттенках синего и серого. Пол электрического автобуса, сделан под ламинат, на примере новейшего автотранспорта для пассажирских перевозок от европейских производителей.

### 2.4.2. Электробус ЛиАЗ 6274

Электрический автобус ЛиАЗ 6274 был спроектирован вместе с компанией "MOBEL" на примере низкопольного автобуса ЛиАЗ 5292. Электрический автобус оснащен асинхронным двигателем, преобразователем тягового двигателя на базе IGBT-транзисторов, где имеется функция: рекуперативное торможение и накопление энергии. В накопителе энергии, оборудованном термостатической системой управления, используются литий-ионные батареи компании-производителя "Лиотех", обеспечивающие запас хода примерно 200 километров.

В 2016 году была представлена модернизированная версия с новым дизайном. Обновлённый ЛиАЗ-6274 оснащён синхронным электродвигателем "Siemens", развивающим мощность 160 кВт (217л.с.) и крутящий момент 1020 Нм.

Предполагается, что во время ночной парковки аккумуляторы электрических автобусов будут полностью заряжены в течение 4-6 часов, а в течение рабочего дня блок питания будет частично пополняться за счет двух или трех коротких перезарядок в течение 20-30 минут в конечных точках маршрута. Эта схема должна обеспечивать ежедневный пробег транспортного средства более 200 км.

Электробус ЛиАЗ-6274 имеет меньшую вместимость по сравнению с дизельной версией - 105-112 мест. Ориентировочная стоимость автобуса составляет около 25-30 млн. рублей.

Таблица 2.3 - Основные параметры и размеры электробуса ЛиАЗ 6282

Характеристики	Значения
Габаритные размеры, мм	12155/2500/3480
База (расстояние между передней осью и задним мостом), мм	5840
Максимальная техническая масса, кг	19000
Пассажировместимость, чел.	85
Уровень пола пассажирского помещения, мм	360
Максимальная конструктивная скорость движения электробуса на горизонтальном участке, км/ч	75
Максимальный запас хода электробуса на накопителях без подзарядки, км.	100
Максимальный преодолеваемый подъем электробуса, %	19
Расход электроэнергии на тягу при условной расчетной скорости 23 км/ч, на 100 км, кВт*ч	25
Время полного заряда, ч	6,5

В данном электробусе предусмотрен пистолетный тип зарядки, а также ультрабыстрая зарядка с помощью пантографа.

Характерной особенностью ЛиАЗ-6274 считается способность адаптироваться к детским и инвалидным коляскам, что достигается благодаря пандусу в центральной двери и площадки посередине автобуса.



Рисунок 2.1 - Пандус для колясок в автобусе ЛиАЗ 6282

В кабине есть USB-порты (Рисунок 2.2), которые позволяют зарядить различные гаджеты, а также сеть Wi-Fi. Среди стандартного бортового оборудования следует подчеркнуть наличие видеокамер в салоне и систем спутниковой навигации.



Рисунок 2.2 - USB разъем для зарядки гаджетов в автобусе ЛиАЗ 6282

#### 2.4.3. Электробус НЕФАЗ-52992

Электробус НЕФАЗ создан на базе шасси полунизкопольного автобуса НЕФАЗ-52992. На одной зарядке электробус способен проехать 250 километров, рассчитан на перевозку 110 человек. Он оснащен трехфазным асинхронным двигателем мощностью 150 кВт и литий-железо-фосфатной аккумуляторной батареей (LiFePO<sub>4</sub>) емкостью 313,6 кВт\*ч, три секции которой размещены на крыше, в салоне и в заднем свесе электробуса.

Внешняя зарядная станция мощностью до 500 кВт позволяет полностью заряжать аккумулятор электробуса за 30 минут. Процесс полной зарядки электробуса бортовым зарядным устройством мощностью 48 кВт занимает восемь часов (так называемая «ночная зарядка»).

Электробус оборудован системой телеметрии, которая передает информацию о состоянии основных блоков и батареи (напряжение, температура в элементах, токи заряда и другие параметры) на компьютер. Опытная зимняя эксплуатация электрического автобуса показала, что аккумулятор не может потерять свои эксплуатационные свойства в условиях сильных морозов.

Электробус успешно прошел сертификацию. Его конструкция, комплектующие и качество сборки отвечают всем требованиям, предъявляемым к городскому пассажирскому транспорту.

Цена данного автобуса составляет от 13 до 15 миллионов рублей.

Таблица 2.4 - Основные параметры и размеры электробуса НЕФА3-52992

Характеристики	Значения
Габаритные размеры, мм	11760/2500/3436
Максимальная техническая масса, кг	19000
Пассажировместимость, чел.	110
Уровень пола пассажирского помещения, мм	730
Максимальная конструктивная скорость движения электробуса на горизонтальном участке, км/ч	70
Максимальный запас хода электробуса на накопителях без подзарядки, км.	200
Затраты электроэнергии на километр пробега, кВт*ч	1-1,6
Время полного заряда, ч	8

#### 2.4.4. Электробус ТРОЛЗА-52501

Первый крупный российский электрический автобус был построен на базе троллейбуса. Это решение позволило минимизировать структурные изменения, так как электродвигатель и все кабели уже были установлены на троллейбусе. Применение электрического привода с преобразователем на транзисторах IGBT может снизить энергопотребление на 35-40% в отличие от обычных троллейбусов, к тому же использование рекуперативного торможения приводит к дополнительной экономии при зарядке накопителей за счет кинетической энергии электробуса.

Несмотря на значительную степень объединения с троллейбусом с точки зрения электропривода, у электробуса имеется только половина цепей высокого напряжения. Ключевые компоненты собраны с использованием модульной идеологии, которая в дополнение к возможностям безопасности и производства позволяет проводить немедленную диагностику системы и быструю замену конструктивных элементов.

Низкопольный (уровень пола 360 мм) 12-метровый электробус оснащен асинхронным электрическим тяговым двигателем с автоматическим двухполюсным выключателем, тяговым выпрямителем-инвертором на основе модулей IGBT и оборудован блоком с современными литий-ионными

аккумуляторами от компании "Лиотех".

Вместимость автобуса 98 человек (21 сидячее место). Максимальная скорость при полной нагрузке достигает 60 км / ч. Есть возможность частично заряжать батареи электрических автобусов на конечных станциях и полностью ночью. В то же время для полной зарядки машины потребуется от 4 до 6 часов, а быстрая подзарядка с повышенной силой тока - 30 минут. Масса в снаряженном состоянии составляет 11 090 кг., общий вес - 17 620 кг.

Таблица 2.5 - Основные параметры и размеры электробуса ТРОЛЗА-52501

Характеристики	Значения
Габаритные размеры, мм	11680/2520/3370
База (расстояние между передней осью и задним мостом), мм	5900
Максимальная техническая масса, кг	17620
Пассажировместимость, чел.	98
Уровень пола пассажирского помещения, мм	360
Максимальная конструктивная скорость движения электробуса на горизонтальном участке, км/ч	60
Максимальный запас хода электробуса на накопителях без подзарядки, км.	120
Максимальный преодолеваемый подъем электробуса, %	8
Расход электроэнергии на тягу при условной расчетной скорости 23 км/ч, на 100 км, кВт*ч	25
Время полного заряда, ч	3

## 2.5. Выбор подвижного состава

Для обеспечения перевозок в городе Сочи основными характеристиками при выборе подвижного состава будет запас хода без подзарядки, время заряда и наличие быстрой зарядки, цена, мощность двигателя для расчета транспортного налога. Сравнительные характеристики разных моделей электробуса представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Сравнительные характеристики разных моделей электробуса

Характеристики	Электробусы			
	КамАЗ 6282	ЛиАЗ 6274	НЕФАЗ 52992	ТРОЛЗА 52501
Время полного заряда, ч	6,5	6,5	8	3
Быстрая зарядка, мин	20	15	30	20
Цена, млн рублей	20-25			
Мощность двигателя, л.с.	312	245	204	170
Транспортный налог, рублей/год	13728	10780	8976	4250
Максимальный запас хода электробуса без подзарядки, км	200	200	200	120

Для уточнения представим данные в графическом виде. Проанализируем и подберем наиболее подходящую по важным характеристикам для города Сочи модель электрического автобуса.

Поскольку рассматриваемые модели не являются серийными моделями, ценовой показатель колеблется от 20 до 25 миллионов рублей и будет только уменьшаться в будущем.

На рисунке 2.3 представлено сравнение электробусов по времени полного заряда.

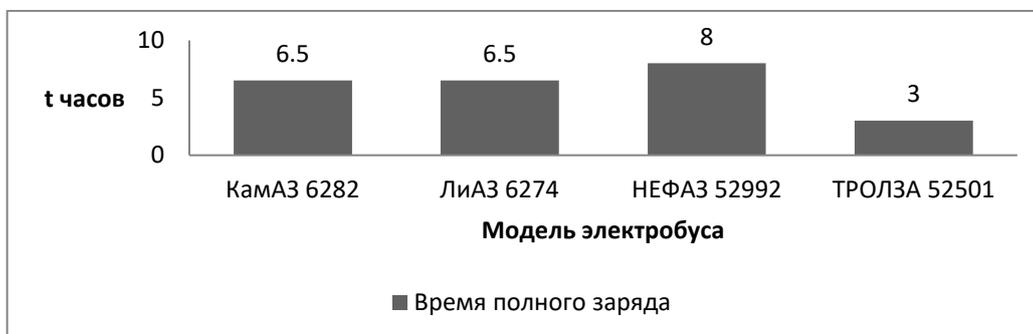


Рисунок 2.3 - Сравнение времени полного заряда электробусов

Данный показатель важен для выбора оптимального ТС, так как зарядка

электробуса будет осуществляться преимущественно ночью. Исходя из данных, представленных на рисунке 2.3 самое быстрое время заряда у ТРОЛЗА 52501.

Чтобы оценить экономическую эффективность и результативность, необходимо сравнить время полной зарядки и запас хода. Чем меньше время зарядки автобуса и чем больше расстояние, преодолеваемое на этой зарядке, тем он экономичнее.

На рисунке 2.4 представлено сравнение электробусов по времени быстрой зарядки. На данных автобусах обустроены специальные разъемы питания для быстрой зарядки от источника высокого напряжения от 350 до 500 кВт.

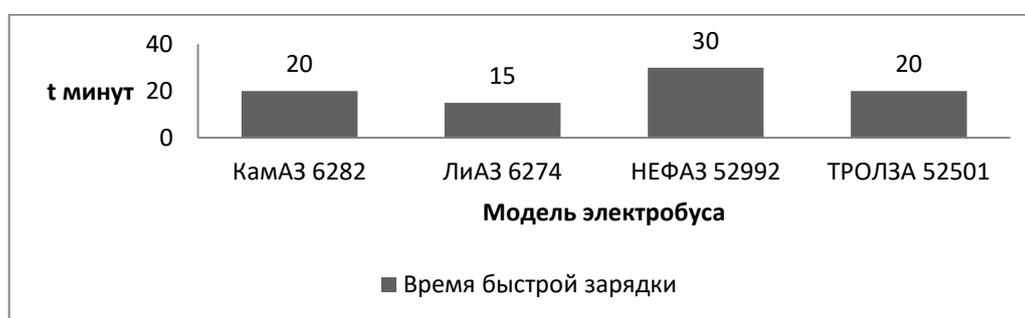


Рисунок 2.4 - Сравнение времени быстрой зарядки электробусов

Этот показатель имеет наибольшее значение при составлении расписания и планировании числа автотранспортных единиц на маршруте. Согласно данным рисунка 2.4 аккумуляторы ЛиАЗ6274 возможно подзарядить достаточно быстро за 15 мин., что в основном соответствует времени, когда автобус стоит во время остановив конечном пункте.

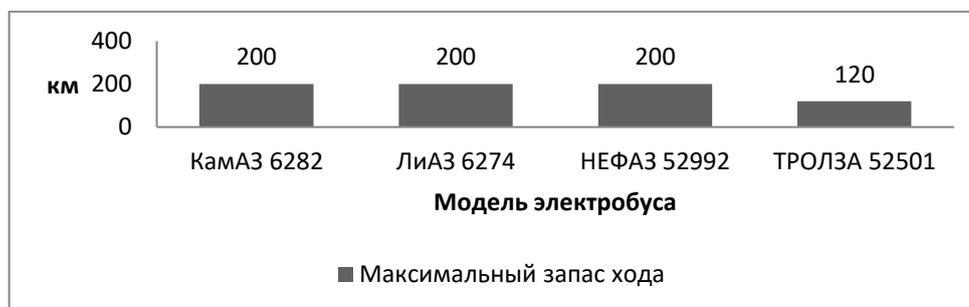


Рисунок 2.5 - Сравнение максимального запаса хода электробусов безподзарядки

Данная характеристика играет важную роль на маршрутах большой протяженности. Для целей, рассматриваемых в этой работе, исходя из рисунка 2.5 нужен автобус с максимальным запасом хода без подзарядки, т.к. например протяженность маршрута 55 Ж/д вокзал Сочи - Ж/д вокзал Олимпийский парк составляет 40 км.

Транспортный налог рассчитывается путём умножения количества лошадиных сил транспортного средства на ставку, согласно Налоговому кодексу. Автобус с мощностью двигателя не больше 200 л/с. (до 147,1 кВт) включительно - 5 рублей на одну лошадиную силу; До 200 л/с. (от 147,1 кВт) - 10 рублей на одну лошадиную силу. Мощности двигателей приведены в таблице 2.6.

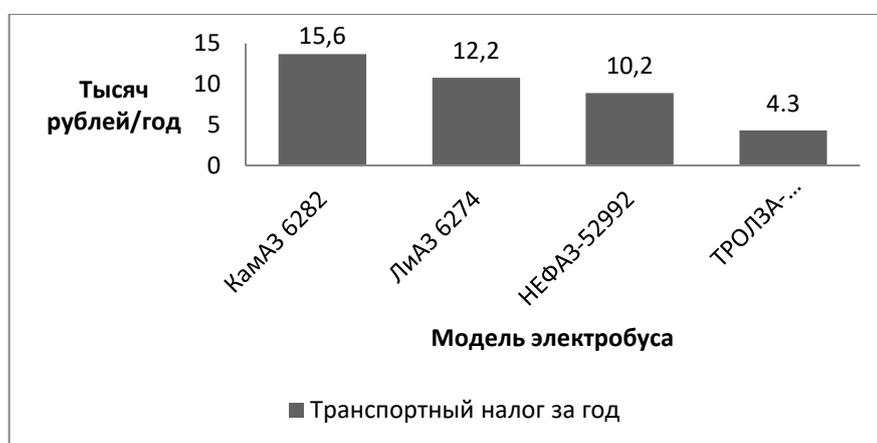


Рисунок 2.6 - Сравнение транспортного налога на электробусы

Согласно данным рисунка 2.6 TROLZA-52501 имеет наименее мощный двигатель соответственно и налоговая стоимость этого электробуса будет в 2-3 раза меньше, чем у других рассматриваемых моделей.

Исходя из приведенных сравнений, мы выбираем самый оптимальный вариант для города Сочи -электрический автобус ЛиАЗ 6274, потому что он соединяет в себе такие важные качества, как большой запас хода без подзарядки, он быстро заряжается во время маршрута и облагается не самым высоким налогом на транспортные средства.

## 2.6. Выбор оптимального способа зарядки для МУП "Сочиавтотранс"

Переход на электрические автобусы влечет за собой больше, чем просто изменение типа привода. Новые технические и экономические условия электрических автобусов также требуют интеллектуального решения для зарядки.

Есть 2 основных режима зарядки:

### 1. Стандартный режим зарядки.

Для стандартного режима зарядки электрического автобуса используется стационарная зарядная станция, которая подает переменный ток до 200 А и напряжение 380 В, необходимая мощность зарядной станции составляет не менее 40 кВт / ч. Сама станция требует сетевого подключения, которое обеспечивает характеристики, необходимые для ее нормальной работы. Существуют версии станций для стандартной зарядки для 2-х электрических автобусов.

### 2. Быстрая зарядка.

Для неё нужно наличие специального подключения от самой зарядной станции, но и возможна подзарядка через другой разъем на электробусе, снабженный каналом обмена данными между накопителем на электроавтобусе и зарядной станцией. Параметры подключения станции быстрой зарядки: постоянный ток 550 (600) В, 200 А, мощность подключения до 120 кВт.

Не рекомендуется заряжать электромобили только методом быстрой зарядки, так как это косвенно влияет на срок службы батареи (уменьшает количество циклов зарядки / разрядки).[18]

Самый оптимальный вариант использования электробусов - ночная полная зарядка аккумуляторов, и быстрые подзарядки на конечном маршруте во время простоя автобусов во время перерывов водителей.

Типы зарядных станций для электробусов [19]:

- Пистолетные. Мощность: 25 – 150кВт. Время зарядки: 5-7 часов. Назначение: зарядка в депо.



Рисунок 2.7 - Пистолетный тип зарядки

- Ультрабыстрые. Мощность: 150 – 600кВт. Время зарядки: 2-6 мин. Назначение: ультрабыстрая зарядка на конечных остановках и на маршруте.

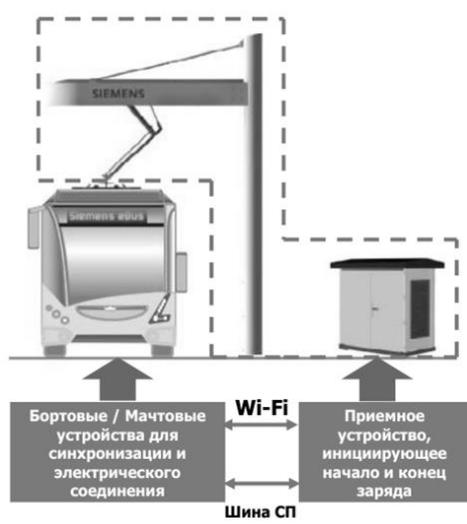


Рисунок 2.8 - Принципиальная схема ультрабыстрой зарядной станции

Общая схема организации зарядного процесса на ультрабыстрой зарядной станции:

- Станция заряда состоит из сетевого разъема с преобразователем тока и трансформатора, а также зарядной мачты с контактным рычагом.
- Когда автобус подъезжает к станции, по беспроводной локальной сети (WLAN) устанавливается соединение, автобус проходит процедуру идентификации и проверку системы управления аккумуляторами. Датчики обеспечивают правильное расположение автобуса в пространстве.

- Как только водитель ставит автобус на стояночный тормоз, из зарядной мачты на крышу автобуса опускается пантограф (токосъемник) и заряжает аккумулятор (300 кВт) в течение шести минут.
- Водитель автобуса получает уведомление об актуальном заряде батареи и может прекратить процесс заряда, просто сняв автобус со стояночного тормоза. Если аккумулятор заряжен полностью, процесс заряда прекращается автоматически.

Преимущество новой техники состоит в том, что почти вся зарядная инфраструктура располагается в зарядной станции. На автобусе располагается только модуль WLAN и две параллельно расположенные легкие контактные шины. Это позволяет значительно уменьшить вес автобуса. Зарядные станции могут быть расположены не только на конечных остановках, чтобы автобус мог проехать большее расстояние на электрической энергии.

#### Электробусы с беспроводной индукционной зарядкой

Канадская транспортная компания "Bombardier Transportation", представила спроектированный совместно с компанией "Solaris" электробус "Urbino Electric" и специализированную станцию бесконтактной индукционной зарядки.

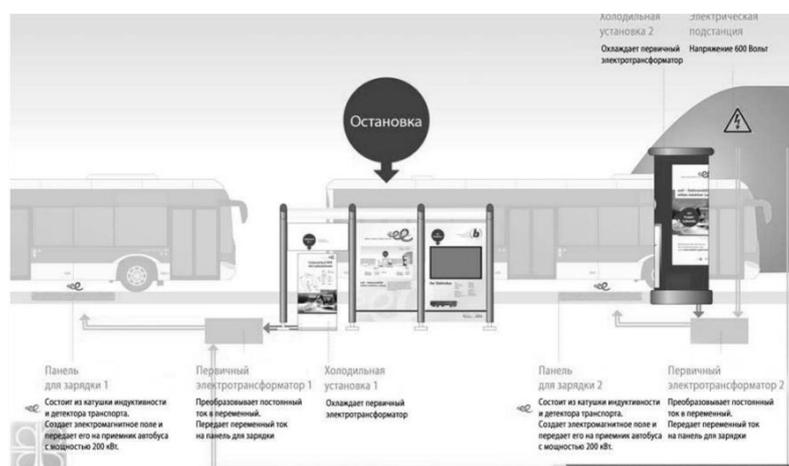


Рисунок 2.9 - Схема устройства беспроводной индукционной зарядной станции

Электробус останавливается на специально промаркированной зоне зарядной панели, под которой установлена индукционная катушка, и переходит в

режим подзарядки, опуская токоприёмную панель на расстояние 4 сантиметров от земли. Блок управления, получив сигнал от детектора транспорта, передаёт преобразованный переменный ток на индукционную катушку, где между ней и токоприёмником возникает индукционное электромагнитное поле. В среднем, подзарядка занимает 10 минут, восстанавливая 20% объёма аккумулятора. [20]

Самой очевидной проблемой подобного способа подзарядки является факт того, что в очень многих городах будет необходима тотальная модернизация дорог ради прокладки этих самых кабелей. Этот дорогостоящий процесс может занять довольно долгий период времени, а иногда даже полностью парализовать движение на отдельно взятых дорогах.

#### Электробусы на солнечных батареях

Использование фотоэлектронных панелей – также один из возможных способов подпитки аккумуляторов электробусов. Так, например, совершенно недавно в Северной Корее, в городе Нампхо, начали курсировать электробусы, полностью работающие на солнечной энергии. [21] В виду постоянного подорожания топлива, а также изношенности линий электропередач, было принято решение перейти на более экономный вариант транспорта и оборудовать старые автобусы марки Ikarus тридцати двумя панелями солнечных батарей мощностью по 100 Вт, установленных на крыше и соединённых с конденсаторами, питающими электромоторы автобуса. Он способен развивать скорость всего до 40 км/ч, что не удивительно, учитывая способ получения энергии, а вместимость такого электробуса варьируется от 70 до 140 человек, в зависимости от типа кузова.



Рисунок 2.10 - Солнечные панели на крыше электробуса Ikarus

Довольно сложно выбрать наилучший электробус, работающий непосредственно на энергии солнца, так как подобный способ получения энергии очень невыгоден, нестабилен и жёстко зависит от погодных условий, даже при учёте возможности накопления энергии в аккумуляторах.

Таблица 2.7 - Сравнение использующихся в настоящее время способов зарядки.

Способ получения энергии	Положительные факторы	Отрицательные факторы
Электропровода/зарядные станции	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность зарядки от токопроводящих линий, имеющих в большинстве крупных городов.</li> <li>– Высокая скорость зарядки от специальных станций</li> <li>– Высокий запас автономного хода.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Большие размеры аккумуляторов.</li> <li>– Необходимость грамотного распределения зарядных станций и линий электропередач.</li> </ul>
Беспроводная индукционная зарядка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Относительно быстрая (либо непрерывная) скорость зарядки.</li> <li>– Малые размеры установленных в электробусах накопителей.</li> <li>– Нет открытых токоведущих элементов.</li> <li>– Защищённость зарядных элементов от коррозии и погодных условий.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Необходимость переоборудования дорожного полотна.</li> <li>– Низкий запас автономного хода.</li> <li>– Трудоёмкий процесс ремонта/восстановления.</li> <li>– Высокие потери мощности.</li> <li>– Отсутствие совместимости оборудования от разных производителей.</li> </ul>
Солнечные батареи	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Независимость от прочих внешних источников электричества.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Зависимость от погодных условий.</li> <li>– Высокая себестоимость фотоэлектрических панелей</li> <li>– Низкий КПД.</li> </ul>

Таким образом, проведя анализ и сравнив по положительным и отрицательным характеристикам различные способы зарядки, был сделан вывод о том, что самый оптимальный способ зарядки электробусов на данный момент остаётся зарядка с помощью зарядных станций от переменного и постоянного тока.

### 3. ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1. Характеристика и расписание маршрутов

Для реализации проекта по внедрению электробусов на предприятие МУП "Сочиавтотранс" рассмотрим для примера 2 маршрута: по городу маршрут номер 16 (ост.Новая Заря - ЗСМ); маршрут между Сочи и Адлером номер 55 (ж/д вокзал Олимпийский парк- ТЦ "Новый век" - ж/д вокзал Сочи). Следует проанализировать оба маршрута по таким характеристикам как протяженность, время в пути, экономическая эффективность. Для данного исследования были выбраны именно эти маршруты с абсолютно разными характеристиками, чтобы выявить эффективность использования электробусов как на коротких маршрутах, так и на длинных.

Описание маршрутов:

1. Маршрут 16 (ост.Новая Заря - ЗСМ). Время в пути от 28 мин., протяженность 9 км.



Рисунок 3.1 - Маршрут 16 на карте

В таблице 3.1 представлены характеристики для маршрута 16 с учётом использования обычных автобусов. Предлагается замена всех автобусов на данном маршруте на электробусы с сохранением таково же количества ПС и количества рейсов в день. Количество электробусов на данном маршруте будет составлять 2 единицы.

Таблица 3.1 - Эксплуатационные характеристики маршрута 16

Показатели	Условное обозначение	Единицы измерения	Количество
Количество дней в работе	$D_p$	дни	365
Коэф.выпуска а/м на линию	$\alpha$		0,8
Вместимость 1-ого автобуса	qn	Мест	112
Кол-во а/м на линии	$A_l$	Ед.	2
Автомобиле-дни в эксплуатации	$AD_э$	дни	584
Общий пробег/день/год	$L_{общ}/L_{общгод}$	км	351/128115
Среднесуточный пробег одного автобуса	$L_c$	км	171
Нулевой пробег	$L_0$	км	9
Время обратного рейса	$t_{об}$	Мин.	60
Суточное кол-во пассажиров	$Q_{сут}$	Пасс.	1235
Суточный пассажирооборот	$P_{сут}$	Пасс.км.	5557,5
Годовой объём перевозок	$Q_{год}$	Пасс./год	2028487,5
Кол-во водителей на линии	$n_{вод}$	Чел.	4
Длина маршрута	$L_m$	км	9
Кол-во рейсов на маршруте	$n_{общ}$	рейсы	38
Кол-во рейсов на один автобус	$n$	рейсы	19
Время рейса	$t_p$	Мин.	30
Число промежуточных остановок	$n_{ост}$	Ост.	17
Цена за билет	$\bar{Ц}$	Руб.	22

Автомобиле-дни в эксплуатации определяем по формуле 3.1:

$$AD_{\text{э}} = A_{\text{сн}} * D_{\text{к}} * \alpha, \quad (3.1)$$

где  $A_{\text{сн}}$  – количество автобусов на маршруте;

$D_{\text{к}}$  – количество календарных дней в году;

$\alpha$  – коэффициент выпуска на линию (примем равным 0,8)

$$AD_{\text{э16}} = 2 * 365 * 0,8 = 584$$

Общий пробег определяется по формуле 3.2.[22]

$$L_{\text{общ}} = L_0 + L_{\text{м}} * n_{\text{общ}} \quad (3.2)$$

где  $L_{\text{общ}}$  - общий пробег;

$L_0$  - нулевой пробег;

$L_{\text{м}}$  - длина маршрута;

$n$  - количество рейсов

Нулевым называется пробег подвижного состава от автотранспортного предприятия или другого места стоянки до начального пункта маршрута и пробег при возвращении в парк. Путь движения от гаража до остановки "ЗСМ" 5,7 км. Время в пути 13 минут. Путь движения от гаража до остановки "ТК Новая заря" 3,3 км. Время в пути 8 минут.

$$L_{\text{общ}} = 9 + 9 * 38 = 351 \text{ км}$$

Общий пробег за год равен:

$$L_{\text{общ год}} = 128 \text{ 115 км}$$

Суточный пассажирооборот определяем по формуле 3.3:

$$P_{\text{сут}} = Q_{\text{сут}} * l_{\text{ен}}, \quad (3.3)$$

где  $P_{\text{сут}}$  – суточный пассажирооборот, пасс.·км/сут.;

$Q_{\text{сут}}$  – суточный объем перевозок пассажиров, пасс./сут.;

$l_{\text{ен}}$  – средняя дальность ездки пассажиров (принять условно как 0,5 от  $l_{\text{м}}$  (длина маршрута))

Суточный объем перевозок пассажиров определяем по формуле 3.4:

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{б}} * n, \quad (3.4)$$

где  $Q_{\text{б}}$  среднее количество пассажиров за рейс

$n$ -количество рейсов за день

$$Q_{сут16} = 65 * 19 = 1235 \text{ пасс./сут}$$

$$P_{сут16} = 1235 * 0,5 * 9 = 5557,5 \text{ пасс.} \cdot \text{км/сут}$$

Объём перевозок за год:

$$Q_{год16} = 5557,5 * 365 = 2028487,5 \text{ пасс./год}$$

Подробное расписание маршрута движения электробусов по маршруту 16 будет представлено в приложении Б.

Таким образом, так как пробег одного электробуса в день не будет превышать 200 км, следует вывод, что в течение дня для данного маршрута не требуется дополнительная подзарядка. Заряд электробуса будет осуществляться только ночью в парке МУП "Сочиавтотранс".

2. Маршрут 55 (ж/д вокзал Олимпийский парк- ж/д вокзал Сочи). Время в пути от 1 час 25 минут, протяжённость 40 км. Время работы: 05:55 - 22:45

Расписание или интервал движения:

10 - 20 мин

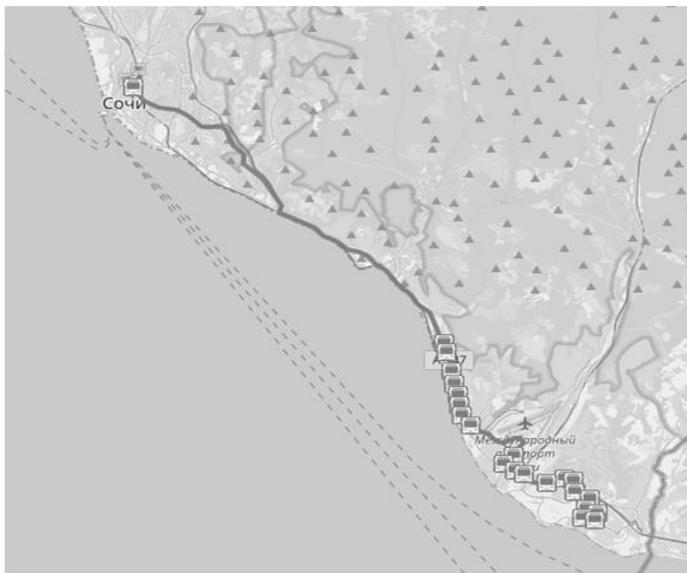


Рисунок 3.2 - Маршрут 55 на карте

Путь движения от гаража до остановки "Ж/д вокзал Сочи" 4,8 км. Время в пути 14 минут. Путь движения от гаража до остановки "Ж/д вокзал Олимпийский парк" 34 км. Время в пути 33 минуты.

В таблице 3.2 представлены характеристики для маршрута 55 с учётом использования электрических автобусов. Предлагается замена всех автобусов на данном маршруте на электробусы с сохранением таково же количества ПС и количества рейсов в день. Количество электробусов на данном маршруте будет составлять 10 единиц.

Таблица 3.2 - Характеристики маршрута 55

Показатели	Условное обозначение	Единицы измерения	Количество
Количество дней в работе	$D_p$	дни	365
Коэф.выпуска а/м на линию	$\alpha$		0,8
Вместимость 1-ого автобуса	qn	Мест	112
Кол-во а/м на линии	$A_l$	Ед.	10
Автомобиле-дни в эксплуатации	$AD_э$	дни	2920
Общий пробег/день/год	$L_{общ}/L_{общгод}$	км	3209,6/1171504
Среднесуточный пробег одного автобуса	$L_c$	км	320
Нулевой пробег	$L_0$	км	9,6
Время обратного рейса	$t_{об}$	Мин.	170
Суточное кол-во пассажиров	$Q_{сут}$	Пасс.	6400
Суточный пассажирооборот	$P_{сут}$	Пасс.км.	128000
Годовой объём перевозок	$Q_{год}$	Пасс./год	46720000
Кол-во водителей на линии	$n_{вод}$	Чел.	20
Длина маршрута	$L_m$	км	40
Кол-во рейсов на маршруте	$n_{общ}$	рейсы	80
Кол-во рейсов на один автобус	$n$	рейсы	8
Время рейса	$t_p$	Мин.	85
Число промежуточных остановок	$n_{ост}$	Ост.	22
Цена за билет	$\bar{Ц}$	Руб.	90

Общий пробег определяется по формуле 3.2.

Путь движения от гаража до остановки "Ж/д вокзал Сочи" 4,8 км. Время в пути 14 минут. Нулевой пробег равен 9,6 км

$$L_{\text{общ}} = 9,6 + 40 \cdot 80 = 3209,6 \text{ км}$$

Общий пробег за год равен:

$$L_{\text{общгод}} = 1\,171\,504 \text{ км}$$

Суточный объем перевозок пассажиров, пасс./сут определяем по формуле 3.4:

$$Q_{\text{сут55}} = 80 \cdot 80 = 6400 \text{ пасс./сут}$$

Суточный пассажирооборот определяем по формуле 3.3:

$$P_{\text{сут55}} = 6400 \cdot 0,5 \cdot 40 = 128000 \text{ пасс.} \cdot \text{км/сут}$$

Объём перевозок за год:

$$Q_{\text{год55}} = 128000 \cdot 365 = 46720000 \text{ пасс./год}$$

Подробное расписание маршрута движения электробусов по маршруту 55 будет представлено в приложении В.

Исходя из данных о том, что один электробус в день будет проезжать 320 км следует вывод о необходимости организации зарядной инфраструктуры на конечных пунктах маршрута 55 для дополнительной быстрой подзарядки, так как полностью заряженный автобус может проехать только 200 км. На рисунке 3.3 представлен общий вид технического решения для маршрута 55.

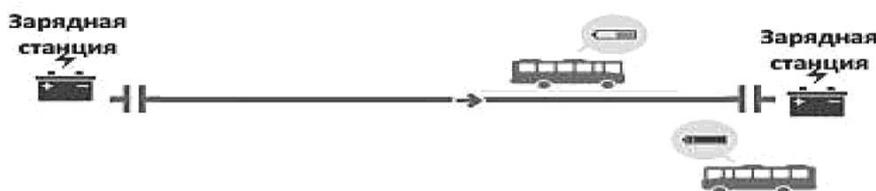


Рисунок 3.3 - Техническое решение, общий вид

Дополнительная подзарядка будет осуществляться 2 раза в день в гараже для электробусов, начинающих своё движение с остановки "Ж/д вокзал Сочи"; 3 раза на конечном пункте "Ж/д вокзал Олимпийский парк" для электробусов

начинающих своё движение с остановки "Ж/д вокзал Олимпийский парк".  
 Дополнительная подзарядка будет длиться около 40 минут и даст заряд примерно на 100 км. Расписание подзарядок представлено в расписании маршрута в приложении В.

Расположение данной станции отмечено на рисунке 3.4. Марка, технические характеристики, габаритные размеры ультрабыстрой зарядной станции представлены в разделе 3.2

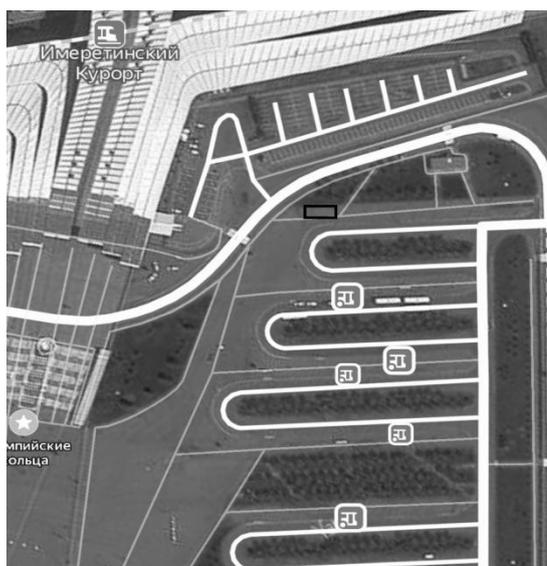


Рисунок 3.4 - Расположение ультрабыстрой зарядной станции на остановке ж/д вокзал Олимпийский парк

Таблица 3.3 - Сравнительные характеристики маршрутов 16 и 55 с применением электробусов

	Маршрут 16	Маршрут 55
Протяженность, км	9	40
Время рейса, мин	25	85
Пробег одного автобуса в день, км	171	320
Количество ПС, единиц	2	10
Количество водителей, чел	4	20
Стоимость проезда, руб	22	90
Способ зарядки	Ночная	Ночная + быстрая подзарядка на конечных пунктах маршрута

В таблице 3.3 представлены сравнительные характеристики с учетом замены маршрутов с использованием автобусов с ДВС на маршруты с применением электробусов. Экономическая эффективность данных маршрутов посчитана в главе 4.

### 3.2. Организация зарядной инфраструктуры на конечном пункте маршрута

Краснодарский край является частью общероссийской программы развития инфраструктуры зарядки для электрического транспорта, реализуемой ОАО "Россети". В перспективе данной программы, к 2020 году внедрить зарядную инфраструктуру для общественного и личного электротранспорта в первую очередь в крупных городах регионов, а затем и по всей стране. Основные цели реализуемой ОАО "Россети" программы это создать необходимые условия, чтобы общественный электротранспорт смог развиваться в России, а также обустроить для городских автобусных парков сеть зарядных станций. Согласно программе, предусматривается установка не менее 300 зарядных станций для электромобилей в период 2019-2023 г., а также техническое обслуживание данных станций фирмой "Россети" в течение 15 лет в рамках контракта о жизненном цикле.[23]

Успешное функционирование пассажирской транспортной инфраструктуры с использованием электробусов требует наличия зарядных станций на АТП и конечном пункте маршрута.

В целях реализации проекта по внедрению электробусов в город Сочи предлагается для маршрута номер 55 организовать ультрабыструю зарядную станцию фирмы "НПП Энергия", марки ЗСЭ-500Т в конечном пункте маршрута 55"Ж/д вокзал Олимпийский парк". Расположение данной станции представлено на рисунке 3.4. Основные технические данные зарядной станции ЗСЭ-500Т представлены в таблице 3.4.[24]

Таблица 3.4 - Основные технические данные зарядной станции ЗСЭ-500Т

Диапазон входного напряжения постоянного тока, номинальный, В	580 - 720
Диапазон входного напряжения постоянного тока, предельный*, В	300-720 (Зарядная станция сохраняет работоспособность в диапазоне входного напряжения 300-580В со снижением максимального выходного напряжения)
Диапазон входного напряжения переменного тока, номинальный, В (для исполнения с питанием от сети переменного тока)	380
Номинальный выходной ток, А	500
Максимальный выходной ток, А	540
Номинальная мощность, кВт	300
Точность установки выходного тока, %	10
Диапазон выходного напряжения, В	380 – 720
КПД, не менее %	95
Охлаждение	принудительное
Габаритные размеры, не более (ш х г х в), мм	в зависимости от типа исполнения
Защита от поражения электрическим током	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Защитное заземление, исключающее появление потенциала на корпусе зарядной станции;</li> <li>- Устройство гальванической развязки между входным питающим напряжением и выходным зарядным напряжением;</li> <li>- Контроль изоляции выходного зарядного напряжения.</li> <li>- Сопротивление изоляции, Мом, не менее 10;</li> <li>- Организация механической защиты корпуса и технологических люков от несанкционированного вскрытия и проникновения внутрь установки;</li> <li>- Разъединитель с видимым разрывом в цепи питающего напряжения.</li> <li>- Разъединитель с видимым разрывом в цепи зарядного напряжения.</li> </ul>
Защита от аварийных процессов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Электронная защита по превышению предельных значений тока заряда;</li> <li>- Электронная защита по превышению предельных значений потребляемого тока;</li> <li>- Электронная защита по превышению предельных значений входного напряжения;</li> </ul>

Внешний вид зарядной станции и её габаритные размеры представлены в приложении Г. Стоимость одиночной станции заряда 300 кВт (e-City) – 12,1 млн. руб. с НДС.

### 3.3. Планировочное решение для зарядки электробусов в парке МУП "Сочиавтотранс"

Логическое развитие зарядной инфраструктуры - парковые системы заряда, применяемые в мировой практике. В рамках реализации проекта по внедрению электробусов, предлагается установка системы зарядных станций "e-Park" от фирмы "НПП Энергия" в парке АТП "Сочиавтотранс".

В АТП "Сочиавтотранс" будет смонтировано 10 зарядных устройств для зарядки электробусов из расчёта одно зарядное устройство на один электробус. Электроснабжение будет осуществляться за счёт существующих лимитов электрической энергии, выделенной на нужды АТП.

Система e-Park состоит из десяти терминалов (куполов) и зарядной станции мощностью 300 кВт, питающейся как от сети переменного тока 380 В, так и постоянного 600 В. Зарядная станция разделена на десять самостоятельных зарядных станций, работающих ночью в режиме медленного заряда с мощностью 30 кВт каждая.

Преимущества данной системы:

- Возможность одновременного заряда большого количества электробусов малой мощностью. Эффективное использование выделенной мощности;
- Поддержание заряда батареи во время стоянки. Подвижной состав полностью заряжен перед отправкой на маршрут;
- Нет снижения тока заряда при охлаждении батареи.

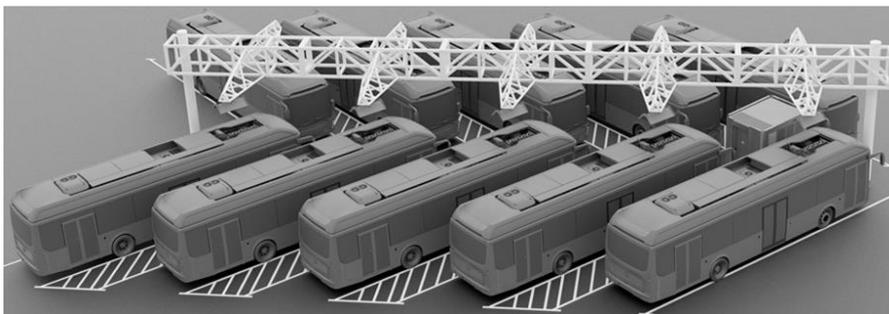


Рисунок 3.5 - Внешний вид зарядной станции e-Park

Уникальной особенностью зарядных станций электробуса серии e-Park является возможность динамического перераспределения мощности между зарядными терминалами, что позволяет использовать зарядную станцию днём, как зарядную станцию ультрабыстрого заряда.

Система управления зарядной станции e-Park позволяет автоматически по заданному алгоритму, либо принудительно по сигналу диспетчера распределять мощность зарядной станции между занятыми и свободными терминалами. На рисунке 3.6 представлен пример распределения мощности заряда между терминалами.



Рисунок 3.6 - Схема распределения мощностей в терминалах

Комбинируя в одном решении медленный ночной заряд и быстрый заряд большой мощностью, становится возможным отказаться от применения в парках отдельностоящих станций ультрабыстрого заряда, что сократит минимум на 17%

стоимость зарядной инфраструктуры. Снижение затрат за счёт рационального использования места стоянки электробусов в парке.

Система управления зарядом электробусов позволяет настроить режим работы каждого терминала, как на постоянный режим заряда малой мощностью, так и на работу в режиме динамического увеличения мощности за счёт свободных терминалов. У диспетчера парка есть возможность дистанционно управлять режимами, в том числе, оперативно увеличить мощность заряда с 30 до 300 кВт на любом терминале для ускоренного заряда электробуса перед выпуском в рейс.

Анализ данных от всех терминалов в парке позволяет системе реализовывать различные сценарии заряда:

- заряд сразу после подключения, либо отложенный заряд;
- приоритетный заряд на выделенных терминалах;
- последовательный заряд нескольких электробусов для распределения и снижения потребляемой мощности во времени;
- возможность организации подзаряда электробусов перед выпуском в рейс с учётом расписания.

На рисунке 3.7 представлен пример получаемых диспетчером данных о состоянии зарядной станции.

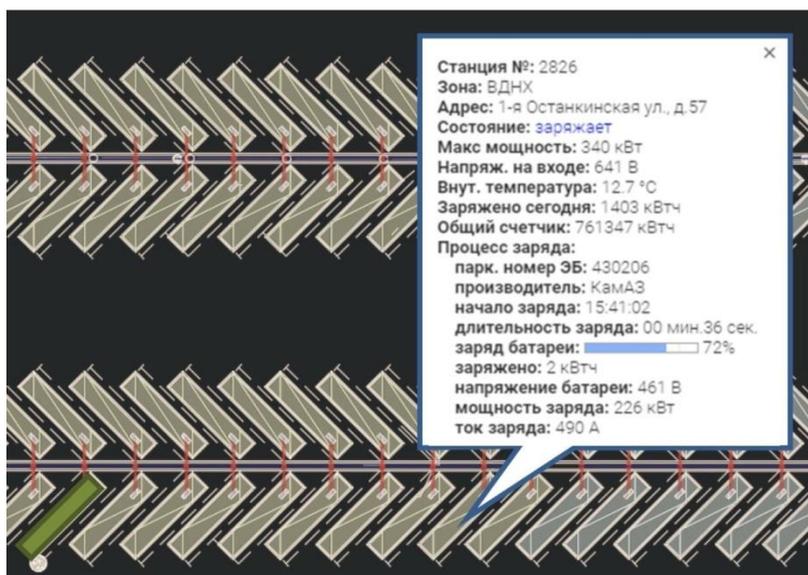


Рисунок 3.7 - Данные системы управления о зарядной станции для электробуса

Ориентировочная стоимость системы e-Park на 10 зарядных терминалов – 19,2 млн. руб. с НДС.

В случае удачного эксплуатирования электробусов и выгодных экономических показателей, в целях организации дополнительной зарядной инфраструктуры в АТП, предлагаются следующие решения:

- заключение договора на технологическое присоединение к электрическим сетям - увеличение электрической мощности на 2000 кВт

- заключение договора на разработку проектов внутреннего и внешнего электроснабжения (реконструкция) АТП в связи с увеличением электрической мощности

- проведение конкурсной процедуры на выполнения строительно-монтажных работ в связи с реконструкцией АТП

После выполнения вышеуказанных мероприятий возможна будет эксплуатация до 60 единиц электробусов.

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Общая стоимость 12 электробусов составит 264 млн рублей, но так как известно, что серийное производство электробусов еще окончательно не налажено и стоимость на них сильно завышена, по сути на данный момент мы имеем хорошо функционирующие прототипы. Так же стоит понимать, что оптовые закупки обходятся дешевле.

При расчете окупаемости проекта по внедрению электробусов необходимо учитывать следующие факторы:

- снижение эксплуатационных расходов до 30%/год по сравнению с транспортом с ДВС за счет отсутствия операций по обслуживанию ДВС,

- отсутствие платежей по томам ПДВ при сдаче отработанного масла и других технологических материалов по регламенту обслуживания ДВС,

- снижение времени ТО в течение года и большее количество дней нахождения транспорта на маршруте,

- для оценки экономического эффекта при запуске пилотных проектов необходимо рассматривать запуск полноценного маршрута с электробусами, а не одной/двух машин, так как необходимо учитывать стоимость установки зарядных станций и реновации инфраструктуры,

- транспортная компания, эксплуатирующая электробусы, может провести переговоры о снижении стоимости технологического подключения для зарядных станций и специальном тарифе на подключаемую мощность для зарядки транспорта в ночное время с энергосетевой компанией.

### 4.1. Расчет эксплуатационных затрат автобуса ЛиАЗ 5292 на маршрутах

В состав переменных затрат войдут затраты на топливо, затраты на восстановление шин, горюче-смазочные и эксплуатационные материалы,

ремонтный фонд.[25]

Затраты на топливо включают в себя: затраты на топливо при пробеге автобуса, а также затраты на внутри гаражные нужды.

Расчет эксплуатационных затрат автобуса ЛиАЗ 5292 будет рассчитан на 16 маршрут ("ТК Новая заря-ЗСМ") и на 55 маршрут ("Ж\д вокзал Сочи-ж/д вокзал Олимпийский парк").

Методика расчета себестоимости по формулам использована из [26].

Расход топлива на транспортную работу определяется по формуле 4.1:

$$Q_m = L_{\text{общ}} * Q_n / 100 \quad (4.1)$$

где  $L_{\text{общ}}$  - пробег,

$Q_n$  - норма расхода топлива на 100 км.

Заявленный производителем расход топлива при скорости 60 км/ч - 29 л/100 км.

Рассчитаем расход топлива по формуле 4.2:

$$Q_{T16} = 351 * \frac{29}{100} = 101,79 \text{ л} \quad (4.2)$$

$$Q_{T55} = 3209,6 * \frac{29}{100} = 930,8 \text{ л}$$

На внутригаражные нужды необходимо 0,5% от  $Q_T$  по формуле 4.3:

$$Q_{\text{гар}} = Q_m * 0,005 \quad (4.3)$$

$$Q_{\text{гар}16} = 101,79 * 0,005 = 0,51 \text{ л}$$

$$Q_{\text{гар}55} = 930,8 * 0,005 = 4,7 \text{ л}$$

Общий расход топлива в день на маршрут рассчитываем по формуле 4.4:

$$Q_{\text{общ}} = Q_m + Q_{\text{гар}} \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{общ}16} = 101,79 + 0,51 = 102,3 \text{ л}$$

$$Q_{\text{общ}55} = 930,8 + 4,7 = 935,5 \text{ л}$$

Расход топлива на весь маршрут за год составит:

$$Q_{\text{общ}16} = 102,3 * 365 = 37\ 339,5 \text{ л}$$

$$Q_{\text{общ}55} = 935,5 * 365 = 341\ 457,5 \text{ л}$$

Автобус ЛиАЗ 5292 - дизельный, следовательно, в дальнейших расчетах

используется цена за 1 литр дизельного топлива. Средняя цена топлива в г.Сочи на данный момент составляет 45,90 рублей за один литр.

С учетом цены дизельного топлива, затраты на топливо по формуле 4.5 составляют:

$$Z_m = Q_{\text{общ}} * C_m, \quad (4.5)$$

где  $C_m$  - цена за 1 литр топлива,

Затраты за 365 дней на весь маршрут:

$$Z_{16} = 37\,339,5 * 45,90 = 1\,713\,883,05 \text{ рублей}$$

$$Z_{55} = 341\,457,5 * 45,90 = 15\,672\,899,2 \text{ рублей}$$

Результаты расчета затрат на топливо представлены на весь маршрут с учётом количества а/м на линии (для маршрута 16 - 2 автобуса, для маршрута 55 - 10 автобусов) в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты расчета расхода топлива на год

Элементы расчетов	Значение для 16 маршрута	Значение для 55 маршрута
Норма расхода топлива, л/100 км	29	29
Пробег, км	128115	1171504
Расход топлива, л	37 339,5	341 457,5
Цена топлива, рублей/л	45,90	45,90
Затраты на топливо за 1 день, рублей	4695,57	42 939
Затраты на топливо за год, рублей	1 713 883,05	15 672 899,2

Все дальнейшие результаты расчётов будут выражены в рублях.

Затраты на восстановление износа шин определяется по формуле 4.6:

$$Z_{ш} = \frac{L_{\text{общ}}}{L_n} * n * C_{ш}, \quad (4.6.)$$

где  $L_{\text{общ}}$  - общий пробег;

$L_n$  - нормативный пробег;

$n$  - количество колес;

$C_{ш}$  - стоимость одной шины.

$$Z_{u16} = \frac{128115}{60000} * 6 * 7500 = 96\ 086,25$$

$$Z_{u55} = \frac{1171504}{60000} * 6 * 7500 = 878\ 628$$

Произведем расчеты затрат на эксплуатационные материалы по формуле 4.7:

$$Z_{эм} = Z_{мм} + Z_{тм} + Z_{см} + Z_{пс}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{мм}$  - затраты на моторные масла;

$Z_{тм}$  - затраты на трансмиссионные и гидравлические масла;

$Z_{см}$  - затраты на специальные масла и жидкости;

$Z_{пс}$  - затраты на пластичные смазки.

Затраты на моторные масла рассчитываем по формуле 4.8:

$$Z_{мм} = C_{мм} * n_{мм} * Q_{общ} / 100, \quad (4.8)$$

где  $C_{мм}$  - стоимость 1 л моторного масла;

$n_{мм}$  - норма расхода масла на 100 л общего расхода топлива;

$Q_{общ}$  - общий расход топлива.

$$Z_{мм16} = 250 * 3,2 * \frac{37\ 339,5}{100} = 298\ 716$$

$$Z_{мм55} = 250 * 3,2 * \frac{341\ 457,5}{100} = 2\ 731\ 660$$

Затраты на трансмиссионные и гидравлические масла определим по формуле 4.9:

$$Z_{тм} = C_{тм} * n_{тм} * Q_{общ} / 100, \quad (4.9)$$

где  $C_{тм}$  - стоимость 1 л масла;

$n_{тм}$  - норма расхода масла на 100 л общего расхода топлива.

$$Z_{тм16} = 300 * 0,4 * \frac{37\ 339,5}{100} = 44\ 807,4$$

$$Z_{тм55} = 300 * 0,4 * \frac{341\ 457,5}{100} = 409\ 749$$

Затраты на специальные масла и жидкости определим по формуле 4.10:

$$Z_{см} = C_{см} * n_{см} * Q_{общ} / 100, \quad (4.10)$$

где  $C_{см}$  - стоимость 1 л масла;

$n_{см}$  - норма расхода масла на 100 л общего расхода топлива.

$$Z_{см16} = 300 * 0,1 * \frac{37\ 339,5}{100} = 11201,85$$

$$Z_{см55} = 300 * 0,1 * \frac{341\ 457,5}{100} = 102\ 437,25$$

Затраты на пластичные смазки определим по формуле 4.11:

$$Z_{пс} = Ц_{пс} * n_{пс} * Q_{общ} / 100, \quad (4.11)$$

где  $Ц_{пс}$  - стоимость 1 л смазки;

$n_{пс}$  - норма расхода смазки на 100 л общего расхода топлива.

$$Z_{пс16} = 450 * 0,3 * \frac{37\ 339,5}{100} = 50\ 408$$

$$Z_{пс55} = 450 * 0,3 * \frac{341\ 457,5}{100} = 460\ 968$$

Просуммируем расчеты затрат на эксплуатационные материалы, чтобы получить общие затраты за год:

$$Z_{эм16} = 298\ 716 + 44\ 807,4 + 11201,85 + 50\ 408 = 405133,25$$

$$Z_{эм55} = 2\ 731\ 660 + 409\ 749 + 102\ 437,25 + 460\ 968 = 3704814,25$$

Ремонтный фонд - специальный резервный фонд затрат на осуществление капитального, среднего и текущего ремонта основных фондов, создаваемый предприятием, рассчитывается по формуле 4.12:

$$N_{рф} = \frac{РН * C_б}{1000 * 100} \text{ рублей/1 км}, \quad (4.12)$$

где РН - расчетный норматив затрат в процентах от стоимости приобретения подвижного состава, РН=0,2;

$C_б$  - балансовая стоимость ТС, рублей

$$N_{рф} = 0,2 * \frac{9200000}{1000 * 100} = 18,4 \text{ руб/1 км}$$

$$Z_{рф16} = 18,4 * 128115 = 2357316$$

$$Z_{рф55} = 18,4 * 1171504 = 21555673,6$$

В постоянные затраты включают ФОТ, амортизационные отчисления, платеж по обязательному страхованию имущества (ОСАГО) и транспортный налог. [26]

Таблица 4.3 - Фонд оплаты труда для маршрута 16

Профессия	Кол-во человек	Оклад	Фонд оплаты труда в месяц (руб.)
Водитель автобуса	4	30000	120 000
Отчисления на соц.нужды (30% от ФОТ)			36 000
ИТОГО			156 000

Таблица 4.4 - Фонд оплаты труда для маршрута 55

Профессия	Кол-во человек	Оклад	Фонд оплаты труда в месяц (руб.)
Водитель автобуса	20	30000	600 000
Отчисления на соц.нужды (30% от ФОТ)			180 000
ИТОГО			780 000

Сумма амортизационных отчислений определяется по формуле 4.13:

$$A_r = C_6 * \text{НАО}_r / 100, \quad (4.13)$$

где  $C_6$  - балансовая стоимость автобуса;

$\text{НАО}_r$  - норма амортизации, рассчитывается по формуле 4.14:

$$\text{НАО}_r = 100 / \text{СПИ}, \quad (4.14)$$

где СПИ - срок полезного использования объекта, который составляет 10 лет.

$$\text{НАО}_r = 100 / 10 = 10\%$$

Таким образом, сумма амортизационных отчислений в год составит:

$$A_r = \frac{9200000 * 10}{100} = 920000 \text{ руб. на один автобус}$$

Сумма амортизационных отчислений в год на весь маршрут:

$$A_{r16} = 920000 * 2 = 1\,840\,000 \text{ руб.}$$

$$A_{r55} = 920000 * 10 = 9\,200\,000 \text{ руб.}$$

Транспортный налог рассчитывается на основе мощности двигателя и типе транспортного средства, а именно является произведением мощности двигателя (в л.с.) на налоговую ставку. Мощность двигателя автобуса ЛИАЗ 5292 - 230 л.с.

Налоговая ставка для него в 2020 году представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Ставки по транспортному налогу [27]

Мощность двигателя	Налоговая ставка, рублей
до 200 л.с. (до 147,1 кВт) включительно	25
свыше 200 л.с. (свыше 147,1 кВт)	50

Годовой транспортный налог на один автобус составит 11500 рублей.

Для 16 маршрута годовой транспортный налог составит  $11500 \cdot 2 = 23000$

Для 16 маршрута годовой транспортный налог составит  $11500 \cdot 10 = 115000$

Общехозяйственные расходы, руб.

На основании исследований, проведенных авторами издания [26], доля общехозяйственных расходов в себестоимости автотранспортных пассажирских перевозок в среднем составляет 107 % от фонда оплаты труда водителя:

$$Z_{обх16} = 1,07 \cdot 120000 = 128400 \text{ руб.}$$

$$Z_{обх55} = 1,07 \cdot 600000 = 642000 \text{ руб.}$$

Занесём полученные данные в таблицу 4.6 и просуммируем получившиеся эксплуатационные затраты.

Таблица 4.6 - Затраты на эксплуатацию автобуса ЛиАЗ 5292

Статьи затрат	Всего затрат, рублей	
	Затраты за год маршрут 16	Затраты за год маршрут 55
Срок	2	3
1		
Топливо	1 713 883,05	15 672 899,2
Восстановление износа и ремонт шин	96 086,25	878 628
Эксплуатационные материалы	405133,25	3704814,25
Ремонтный фонд	2 357 316	21 555 673,6
Все переменные расходы	4 572 418,55	41 812 015,05

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3
ФОТ	156 000	780 000
Амортизация	1 840 000	9 200 000
Транспортный налог	23000	115000
Общехозяйственные расходы	128400	642000
Все постоянные расходы	2 147 400	10 737 000
Итого затрат на весь маршрут(с учётом количества автобусов) $C_{\text{экспл}}$	6 719 818,55	52 549 015,05

Для наглядности представим соотношение эксплуатационных затрат для двух маршрутов в виде круговой диаграммы на рисунке 4.1 и 4.2



Рисунок 4.1 - Процентное соотношение затрат на эксплуатацию автобуса ЛиАЗ 5292 для маршрута 16

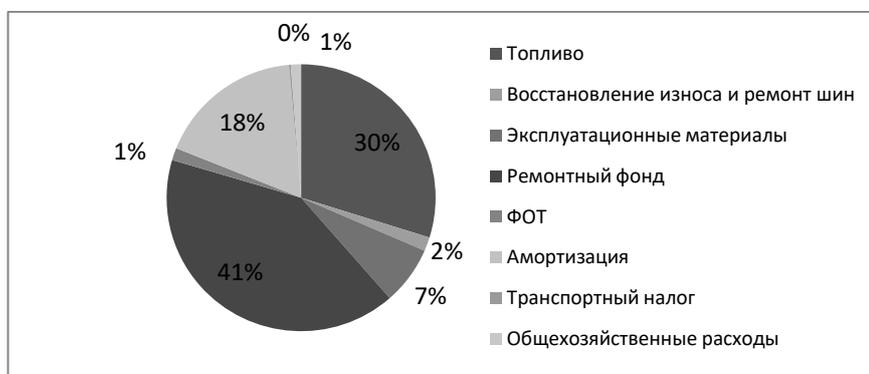


Рисунок 4.2 - Процентное соотношение затрат на эксплуатацию автобуса ЛиАЗ 5292 для маршрута 55

По диаграммам, расположенным на рисунке 4.1 и 4.2, можно сделать вывод, что наиболее затратные статьи расходов при эксплуатации дизельного автобуса ЛИАЗ 5292 это:

- ремонтный фонд;
- амортизация;
- топливо;
- эксплуатационные материалы.

Ремонтный фонд и амортизация - обязательные статьи затрат, которые напрямую связаны со стоимостью ТС, соответственно их можно сократить только, приобретая более дешевые автобусы. В то время как затраты на топливо и эксплуатационные материалы, можно уменьшить, используя автобус на электродвигателе, что будет доказано и проанализировано в следующих пунктах.

#### 4.2. Расчет эксплуатационных затрат электробуса ЛиАЗ 6274

В состав переменных затрат войдут затраты на электроэнергию, затраты на восстановление шин, эксплуатационные материалы, ремонтный фонд.

Электробус ЛиАЗ 6274 так же будет выезжать из АТП, расположенного по адресу ул. Голенева, 7. Воспользуемся данными о пробегах из таблицы 4.2, методика расчета аналогична той, что была применена в пункте 4.2

Рассчитаем расход электроэнергии на маршруте по формуле 4.15. Согласно данным из таблицы 2.3 электробус ЛиАЗ 6274 расходует 25 кВт\*ч на 100 км.

$$Q_э = L * Q_н / 100 \quad (4.15)$$

где L - пробег,

$Q_н$  - расход электроэнергии на 100 км.

$$Q_{э16} = 128115 * \frac{25}{100} = 32\,028,75 \text{ кВт/ч}$$

$$Q_{э55} = 1171504 * \frac{25}{100} = 292\,876 \text{ кВт/ч}$$

Так как в электробусе применяется отопитель WEBASTO, то необходимо

посчитать расход топлива. Расход топлива для отопителя определяется по формуле 4.16.  $N_{от} = 1,5$  литр / час.

$$R_{\text{бот}} = N_{\text{от}} * L * V, \quad (4.16)$$

где  $V$  - эксплуатационная скорость (примем равной 50 км/ч)

$$R_{\text{бот}16} = 1,5 * 128115 / 50 = 3843,45 \text{ л}$$

$$R_{\text{бот}55} = 1,5 * 1171504 / 50 = 35145,12 \text{ л}$$

Так как тарифы «Кубаньэнерго» для юридических лиц варьируются в зависимости от предприятия и потребляемой им мощности, расчеты будем проводить по среднерыночной цене за 1 кВт\*ч - 5,38 рублей для физических лиц. Рассчитаем затраты на электроэнергию по формуле 4.17:

$$Z_T = Q_э * C_э, \quad (4.17)$$

где  $C_э$  - цена за 1кВт\*ч электроэнергии,

Затраты за 365 дней для одного электробуса:

$$Z_{T16} = 32\ 028,75 * 5,38 = 172\ 314,7 \text{ рублей}$$

$$Z_{T55} = 292\ 876 * 5,38 = 1\ 575\ 672,9 \text{ рублей}$$

Затраты на бензин для отопителя за год, руб.:

$$Z_{от16} = 3843,45 * 46 = 176798,7 \text{ рублей}$$

$$Z_{от55} = 35145,12 * 46 = 1616675,52 \text{ рублей}$$

Общие затраты на электроэнергию и топливо для отопителя равны:

$$Z_{T16} = 172\ 314,7 + 176798,7 = 349113,4 \text{ рублей}$$

$$Z_{T55} = 1\ 575\ 672,9 + 1616675,52 = 3192348,42 \text{ рублей}$$

Затраты на восстановление износа шин будут такие же как у автобуса ЛиАЗ 5292 - 96 086,25 рублей для 16 маршрута и 878 628 рублей для 55 маршрута с применением электробусов за год.

Затраты на эксплуатационные материалы будут отличаться от тех, что были рассчитаны для автобуса ЛиАЗ 5292 по формуле 4.7, так как электродвигатель не нуждается в моторном масле. Формула затрат на эксплуатационные материалы для электробуса 4.18 будет выглядеть так:

$$Z_{эм} = Z_{тм} + Z_{см} + Z_{пс}, \quad (4.18)$$

где  $Z_{тм}$  - затраты на трансмиссионные и гидравлические масла;

$Z_{см}$  - затраты на специальные масла и жидкости;

$Z_{пс}$  - затраты на пластичные смазки.

Затраты на остальные эксплуатационные материалы помимо затрат на моторное масло аналогичны рассчитанным в пункте 4.1, соответственно затраты на эксплуатационные материалы для одного электробуса на двух маршрутах за год составят:

$$Z_{эм16} = 44\,807,4 + 11\,201,85 + 50\,408 = 106\,417,25 \text{ руб.}$$

$$Z_{эм55} = 409\,749 + 102\,437,25 + 460\,968 = 973\,154,25 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонтный фонд рассчитываем по формуле 4.12. Так как в формуле используется стоимость ТС, то рассчитаем затраты с учетом текущей цены из пункта 4.1. - 22 млн рублей

$$N_{рф} = \frac{PН * C_б}{1000 * 100} \text{ рублей/1 км,} \quad (4.12)$$

где РН - расчетный норматив затрат в процентах от стоимости приобретения подвижного состава, РН=0,2;

$C_б$  - балансовая стоимость ТС, рублей

$$N_{рф} = 0,2 * \frac{22\,000\,000}{1000 * 100} = 44 \text{ руб/1 км}$$

$$Z_{рф16} = 44 * 128\,115 = 5\,637\,060 \text{ руб.}$$

$$Z_{рф55} = 44 * 1\,171\,504 = 51\,546\,176 \text{ руб.}$$

Т.к. за счет отсутствуют операции по обслуживанию ДВС, то происходит снижение эксплуатационных расходов до 30%/год по сравнению с транспортом с ДВС.

Следовательно:

$$Z_{рф16} = 5\,637\,060 * 0,3 = 1\,691\,118 \text{ руб.}$$

$$Z_{рф55} = 51\,546\,176 * 0,3 = 15\,463\,852,8 \text{ руб.}$$

Сумму амортизационных отчислений в год определим по формуле 4.13:

$$A_r = \frac{22\,000\,000 * 10}{100} = 2\,200\,000$$

Сумма амортизационных отчислений в год на весь маршрут:

$$A_{r16} = 2\,200\,000 * 2 = 4\,400\,000 \text{ руб.}$$

$$A_{r55} = 2\,200\,000 * 10 = 22\,000\,000 \text{ руб.}$$

Затраты на транспортный налог, ФОТ и на общехозяйственные расходы для электробуса ЛиАЗ 6274 будут соответствовать затратам для автобуса ЛиАЗ 5292 из таблицы 4.6.

Занесём полученные данные в таблицу 4.7 и просуммируем получившиеся эксплуатационные затраты.

Таблица 4.7 - Затраты на эксплуатацию электробуса ЛиАЗ 6274

Статьи затрат	Всего затрат, рублей	
	Затраты за год маршрут 16	Затраты за год маршрут 55
Срок		
Электроэнергия+бензин для отопителя	349 113,4	3 192 348,42
Восстановление износа и ремонт шин	96 086,25	878 628
Эксплуатационные материалы	106 417,25	973 154,25
Ремонтный фонд	1 691 118	15 463 852,8
Все переменные затраты ( $H_{об}$ )	2 242 734,9	20 507 983,47
ФОТ	156 000	780 000
Амортизация	4 400 000	22 000 000
Транспортный налог	23000	115000
Общехозяйственные расходы	128400	642000
Все постоянные затраты	4707400	23537000
Итого затрат на весь маршрут(с учётом количества электробусов) $C_{экспл}$	6950134,9	44044983,47

$$C_{\text{экспл общ}} = 6\,950\,134,9 + 44\,044\,983,47 = 50\,995\,118,37 \text{ руб.}$$

Для наглядности представим соотношение эксплуатационных затрат для двух маршрутов в виде круговой диаграммы на рисунке 4.3 и 4.4



Рисунок 4.3 - Процентное соотношение затрат на эксплуатацию электробуса ЛиАЗ 6274 для маршрута 16



Рисунок 4.4 - Процентное соотношение затрат на эксплуатацию электробуса ЛиАЗ 6274 для маршрута 55

По диаграммам, расположенным на рисунке 4.3 и 4.4, можно сделать вывод, что наиболее затратные статьи расходов при эксплуатации электробуса ЛИАЗ 6274 это:

- амортизация
- ремонтный фонд;
- электроэнергия и топливо для отопителя

#### 4.3. Сравнение эксплуатационных затрат

В этом пункте будет произведено сравнение эксплуатационных затрат на автобус ЛиАЗ 5292 и на электробус ЛиАЗ 6274 для двух маршрутов. Данные для сравнения будут взяты из таблиц 4.6 и 4.7.

Затраты на восстановление износа и ремонт шин, ОСАГО и транспортный

налог будут одинаковы для обеих моделей, эти статьи затрат к сравнению представлены не будут.

Сравним затраты на топливо для автобуса с ДВС и электроэнергию+ топливо для отопителя в рублях на рисунке 4.5

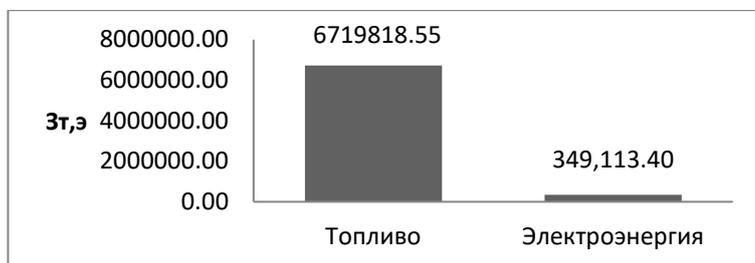


Рисунок 4.5 - Сравнение затрат на топливо и электроэнергию автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6272

На заправку дизельным топливом уйдет в 5 раз больше денег, чем на зарядку электроэнергией даже с учётом бензина для отопителя. Выгода от использования электробуса значительна.

Сравним затраты на эксплуатационные материалы на рисунке 4.6

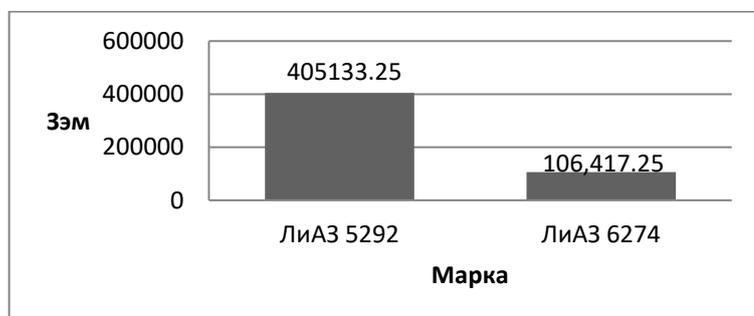


Рисунок 4.6 - Сравнение затрат на эксплуатационные материалы автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6272

Затраты на эксплуатационные материалы для электробуса ЛиАЗ 6274 в 3,8 раза ниже. Так как значительную долю занимают затраты на моторное масло, которое в электродвигателях не используется.

Сравним затраты на ремонтный фонд на рисунке 4.7

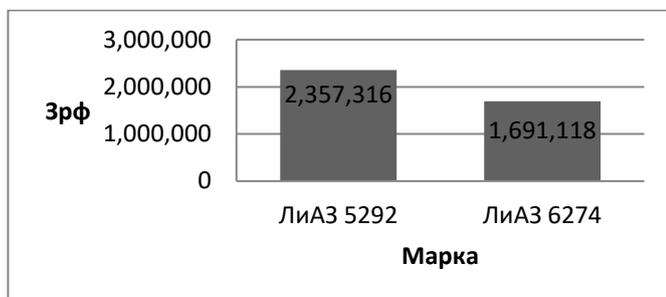


Рисунок 4.7 - Сравнение затрат на ремонтный фонд автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6272

Затраты на ремонтный фонд для электробуса ЛиАЗ 6274 в 1,4 раза ниже. Так как у электробусов происходит снижение эксплуатационных расходов до 30%/год по сравнению с транспортом с ДВС за счет отсутствия операций по обслуживанию ДВС

Сравним затраты на амортизацию на рисунке 4.8.

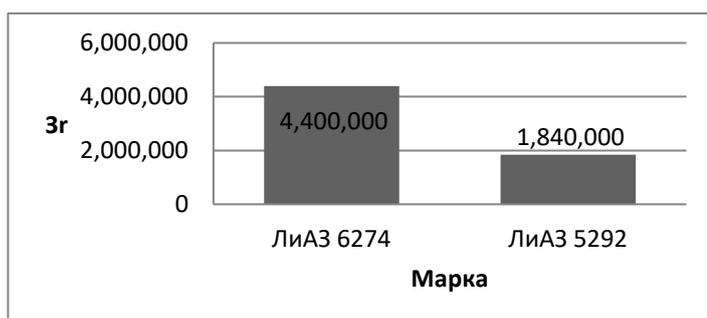


Рисунок 4.8 - Сравнение затрат на амортизацию автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6272

Затраты на амортизацию напрямую зависят от стоимости ТС, соответственно, чем оно дороже, тем дороже отчисления. Затраты на амортизацию у ЛиАЗ 6274 больше затрат на ЛиАЗ 5292 в 2,4 раза, но как уже было сказано, что серийное производство электробусов еще окончательно не налажено и стоимость на них сильно завышена, поэтому есть возможность в ближайшем будущем снижения затрат на амортизацию.

Теперь сравним общие эксплуатационные затраты на рисунке 4.9

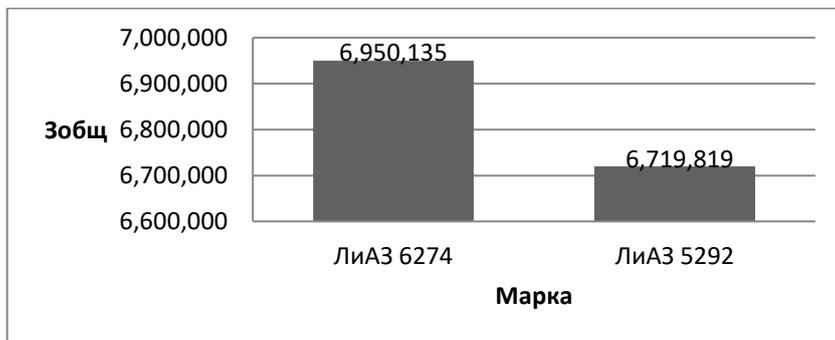


Рисунок 4.9 - Сравнение общих эксплуатационных затрат автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6272

Разница в общих эксплуатационных затратах составляет примерно 230 тысяч рублей. При текущей цене эксплуатации и покупка электробуса ЛиАЗ 6274 не оправдана с экономической точки зрения, только с экологической. Но учитывая правительственные программы, направленные на внедрение электротранспорта, есть хорошие перспективы в снижении стоимости. В таком случае эксплуатация будет выгодней, воздух в городах, использующих электробусы станет чище - нет отработавших газов, а поездки пассажиров комфортней - тихий двигатель, меньше вибраций в салоне, отсутствие запаха топлива.

#### 4.4. Расчёт капитальных вложений

В расчете капитальных вложений учитываются затраты на монтаж, транспортировку оборудования, стоимость его приобретения.

Капитальные вложения определяются по формуле 4.19:

$$K = C_{об} * n + C_{тр} + C_{м}, \quad (4.19)$$

где  $C_{об}$  - стоимость приобретаемого оборудования, руб.;

$n$  - количество приобретаемого оборудования;

$C_{тр}$  - затраты на транспортировку оборудования, руб.;

$C_{м}$  - затраты на монтаж оборудования, руб.

$$C_{об} * n \text{ для 16 маршрута} = 2 * 22\,000\,000 + 19\,200\,000 = 63\,200\,000 \text{ руб.}$$

$C_{об} * n$  для 55 маршрута =  $10 * 22\ 000\ 000 + 19\ 200\ 000$  (система зарядных станций) +  $12\ 100\ 000$  (ультрабыстрая станция) =  $251\ 300\ 000$  руб.

$C_{об} * n$  общая =  $12 * 22\ 000\ 000$  (электробусы) +  $19\ 200\ 000$  (система зарядных станций) +  $12\ 100\ 000$  (ультрабыстрая станция) =  $295\ 300\ 000$  руб.

Затраты на транспортировку оборудования принимаем равными 10 % от стоимости оборудования, руб.

$$C_{тр} = 0,10 * C_{об},$$

$$C_{тр\ 16} = 0,10 * 632\ 000\ 000 = 63\ 200\ 000 \text{ руб.}$$

$$C_{тр\ 55} = 0,10 * 251\ 300\ 000 = 25\ 130\ 000 \text{ руб.}$$

$$C_{тр\ общ} = 0,10 * 295\ 300\ 000 = 29\ 530\ 000 \text{ руб.}$$

Монтаж оборудования входит в стоимость оборудования

Всего сумма капитальных вложений в проект составляет

$$K_{16} = 63\ 200\ 000 + 25\ 130\ 000 = 257\ 620\ 000 \text{ руб.}$$

$$K_{55} = 25\ 130\ 000 + 29\ 530\ 000 = 320\ 430\ 000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ} = 29\ 530\ 000 + 29\ 530\ 000 = 324\ 830\ 000 \text{ руб.}$$

Стоимость основных фондов равна:  $ОФ = 324\ 830\ 000$  руб.

#### 4.5. Расчёт финансовых результатов предприятия

Выручка предприятия за год рассчитывается по формуле 4.20, необходимые данные возьмём из таблиц 3.1 и 3.2:

$$B = \bar{Ц} * \gamma * n_p * q_n * Дн, \quad (4.20)$$

где  $\bar{Ц}$  - цена за билет;

$\gamma$  – средний коэффициент использования вместимости; (примем равным 0,6)

$n_p$  – количество рейсов;

$q_n$  – нормативная вместимость одного автобуса, чел. (у ЛиАЗ 6274 - 110 человек);

$Дн$  - количество рабочих дней

$$B_{16} = 22 * 0,6 * 38 * 110 * 365 = 20\ 139\ 240 \text{ руб./год}$$

$$B_{55}=90*0,6*80*110*365=173\ 448\ 000 \text{ руб./год}$$

Прибыль рассчитывается из разницы валового дохода со всеми эксплуатационными затратами.

$$П_{16}=20\ 139\ 240 - 6\ 950\ 134,9 = 13189105,1 \text{ руб.}$$

$$П_{55}=173\ 448\ 000 - 44\ 044\ 983,47 = 129403016,53 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{общ}}=13189105,1 + 129403016,53 = 142592121,63 \text{ руб.}$$

Сумма отчислений налога на прибыль (20% от П)

$$\text{ОНП}_{16}=13189105,1 * 0,2 = 2637\ 821 \text{ руб.}$$

$$\text{ОНП}_{55}=129403016,53 * 0,2 = 25880603,3 \text{ руб.}$$

$$\text{ОНП}_{\text{общ}}=142592121,63 * 0,2 = 28\ 518\ 424,3 \text{ руб.}$$

Чистая прибыль равна

$$П_{\text{ч}16}= 13189105,1 - 2637\ 821 = 10551284,1 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{ч}55}=129403016,53 - 25880603,3 = 103522413,23 \text{ руб.}$$

$$П_{\text{ч общ}}=142592121,63 - 28\ 518\ 424,3 = 114073697,33 \text{ руб.}$$

Рентабельность представляет собой относительный показатель экономической эффективности. С помощью данного параметра определяется, эффективно ли предприятие использует ресурсы, которые находятся в его распоряжении.

Рентабельность рассчитывается по формуле 4.21:

$$R = \frac{П_{\text{ч}}}{\text{ОФ} + \text{Н}_{\text{об}}} * 100\% , \quad (4.21)$$

$$R_{16} = \frac{10\ 551\ 284,1}{257\ 620\ 000 + 2\ 242\ 734,9} * 100\% = 4\%$$

$$R_{55} = \frac{103\ 522\ 413,23}{320\ 430\ 000 + 20\ 507\ 983,47} * 100\% = 30\%$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{114\ 073\ 697,33}{324\ 830\ 000 + 22\ 750\ 718,37} * 100\% = 33\%$$

Срок окупаемости проекта это минимальный период реализации инвестиционного проекта, в течение которого произойдет полное возмещение инвестиционных расходов.

Расчёт срока окупаемости производится по формуле 4.22:

$$T = \frac{K}{П_{\text{ч}}}, \quad (4.22)$$

$T_{16}=257\ 620\ 000/10551284,1=24$  года

$T_{55}=320\ 430\ 000/103522413,23=3$  года

$T_{\text{общ}}=324\ 830\ 000/114073697,33=3$  года

Таким образом, можно сделать вывод, что первоначальные вложения в покупку электробусов и зарядных станций быстрее окупятся на маршруте 55, длиною 9 км и стоимостью проезда 90 рублей. В целом, вложения в оба маршрута также окупятся за 3 года, так как мы для зарядки электробусов двух маршрутов покупаем одну систему зарядных станций на 10 мест.

#### 4.6. SWOT-анализ внедрения электробусов на предприятие МУП "Сочиавтотранс"

Таблица 4.8 - SWOT-анализ внедрения электробусов на предприятие МУП "Сочиавтотранс"

Сильные стороны -Экологичность -Снижение операционных издержек -Снижение уровня шума -Независимость от исчерпаемых природных ресурсов	Слабые стороны -Высокие первоначальные инвестиции -Ограниченный пробег -Зависимость от зарядных станций -Организация зарядной инфраструктуры
Возможности -Снижение стоимости по мере развития технологий -Государственная поддержка электрического транспорта -Большой потенциал в развитии технологий в области электротранспорта	Угрозы -Увеличение цен на электроэнергию -Потенциальная нехватка энергоресурсов -Повышение стоимости оборудования -Выход из строя оборудования

Таким образом, по таблице 4.8 можно сделать вывод, что риски не зависят от организации, поэтому полностью избежать их практически невозможно. Создание из чистой прибыли резервного фонда может обеспечить снижение рисков. Есть факторы на которые предприятие может повлиять, например, устранить недостатки (слабые стороны) за счет внедрения новых технологий, использования решений (возможностей).

## 5. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 5.1. Основные требования к оборудованию электробуса

Электробус должен соответствовать Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»[29].

Внутренний шум должен быть, не более 76 дБА на рабочем месте водителя, и не более 76 дБА в пассажирском помещении. Внешний шум должен быть, не более 76 дБА. Номинальное напряжение цепей управления - 24В.

Все элементы салона должны: - обеспечивать пассивную безопасность пассажиров при перевозках; - иметь надежно закрепленные поручни, подходящие варианту расположения сидений. В салоне должны быть предусмотрены аварийные выходы в достаточном количестве (в том числе, при необходимости – напольные). Сервисные люки, находящиеся в салоне электробуса, должны обеспечивать легкий доступ ко всем деталям, узлам и агрегатам электробуса, без дополнительного демонтажа спинок сидений и самих сидений.

Высоковольтное электрооборудование электробуса:

- должно иметь не менее двух ступеней изоляции от кузова и аппаратов с другим номинальным напряжением питания;

- защита высоковольтных цепей вспомогательного оборудования должна быть выполнена с применением автоматических выключателей.

- маркировка реле и предохранителей должна быть расположена в непосредственной близости от установки аппаратов с обязательным указанием типа, номинала и цепей, которые они защищают (коммутируют).

Срок службы блока тяговых батарей должен обеспечивать работу электробуса в течении всего назначенного срока службы. При снижении эксплуатационных характеристик до состояния, не позволяющего осуществлять

работу электробуса в соответствии с требованиями настоящего технического задания (более чем на 10%), производитель гарантирует их безвозмездную замену на новые;

Токосъемное контактное устройство для зарядки (подзарядки) и технологической зарядки для балансировки тяговых батарей на специальных зарядных станциях, должно быть:

- в виде полупантографа или аналогичного устройства, расположенного на крыше;
- установлено на двух ступенях изоляции от кузова:
- с максимальным напряжением до 1000В;
- иметь пневматический или электромеханический привод со временем подъема (опускания) не более 10 с, управляемый переключателем, расположенными на панели приборов водителя.

Система контроля заряда тяговых батарей должна иметь механизмы защиты и автоматического отключения при отклонении параметров тока утечки, температуры батареи и иных в случае отклонения от допустимых с выводом расшифровки ошибки на дисплей панели приборов и по системе удалённой диагностики электробуса.

Провода и жгуты должны быть выполнены по двухпроводной схеме. Не допускается использование кузова или каких-либо металлических элементов конструкции электробуса в качестве проводника. - должны быть только медные, многопроволочные с изоляцией, не распространяющей горение и не выделяющей вредных и отравляющих веществ в пределах рабочих температур на электробусе; - высоковольтные провода должны быть с изоляцией на 3кВ постоянного тока; - должны быть проложены в изоляционных трубках или желобах, обеспечивающих дополнительную ступень изоляции и защиты от воды и пыли; - провода и жгуты низковольтных и высоковольтных цепей должны быть выполнены отдельными жгутами и расположены отдельно друг от друга; - провода и жгуты на крыше должны быть защищены от прямого воздействия солнечного излучения.

Защита пассажиров при посадке. На электробусе должно быть обеспечено автоматическое отключение всего высоковольтного оборудования при превышении допустимого тока утечки при посадке-высадке пассажиров на остановках.

Сопротивление изоляции электрических цепей электробусов. Со всеми подключенными электроаппаратами при нормальных значениях климатических факторов по ГОСТ 15150-69 [28], должно быть, не менее, МОм: - между кузовом и высоковольтными электрическими цепями – 5; - между высоковольтными и низковольтными электрическими цепями – 5; - между кузовом и низковольтными электрическими цепями – 1.

На кожухах аппаратов, дверцах и крышках отсеков, содержащих элементы опасного напряжения должны наноситься знаки безопасности.

Система пожаротушения.

- В состав АСОПТ (автоматическая система обнаружения и тушения пожара) должен входить источник бесперебойного питания (ИБП), в кабине водителя должен быть размещен блок (БСУ) для автоматического обнаружения аварийного перегрева или возгорания, а также оповещения и управления средствами пожаротушения как в ручном так и в автоматическом режимах с элементами самодиагностики системы;

- АСОПТ должны быть размещены в местах установки высоковольтного оборудования, согласованных отдельно с представителем Заказчика. В отсеках компрессорной установки и автономного дизельного отопителя должны быть установлены модули порошкового пожаротушения объемом не менее 7 л., в отсеках с высоковольтным и низковольтным электрооборудованием – не менее 1 л. В кабине водителя должен быть установлен блок сигнализации и управления с функцией аварийного пуска всех средств пожаротушения.

Материалы, применяемые на электробусах, в зависимости от назначения должны соответствовать следующим видам пожароопасности: - негорючие для изготовления потолков, диффузоров и воздухопроводов, каркасов сидений, клиц, клеммников, коннекторов и других устройств, для монтажа огнезадерживающих

перегородок между аппаратными отсеками и отделением водителя или пассажирским помещением; - для облицовки стен, покрытия пола, обивки сидений, плафонов светильников, уплотнений дверей и окон группа горючести материалов должна быть Г1 (слабогорючие), группа воспламеняемости В1 (трудновоспламеняемые), группа по дымообразующей способности Д1 (с малой дымообразующей способностью), группа токсичности материалов Т1 (малоопасные); - электрические провода и жгуты с оболочками должны не распространять горение при групповой прокладке и не выделять вредных веществ при нагревании в течение всего срока службы. Материал покрытия пола не должен выделять продукты термического разложения в пассажирское помещение. Материал перегородок не должен выделять продукты термического разложения в пассажирское помещение и отделение водителя.

В салоне электробуса: два огнетушителя порошковых (ОПУ 5/4 (л/кг)) Огнетушители должны располагаться в доступном месте в зоне видимости водителя, быть аттестованы в соответствии с требованиями эксплуатации на транспорте, иметь соответствующую маркировку и иметь манометры для контроля работоспособности. Место установки огнетушителя должно быть оборудовано датчиком, который обозначает наличие или отсутствие огнетушителя.

В кабине водителя: один огнетушитель порошковый (ОПУ 5/4 (л/кг)) Огнетушитель должен быть аттестован в соответствии с требованиями эксплуатации на транспорте, иметь соответствующую маркировку и иметь манометр для контроля работоспособности.

Экологическая безопасность. Выбрасывание или течь технологических жидкостей, смазки, масла из любых агрегатов электробуса не допускается. Содержание вредных веществ в салоне и кабине должно удовлетворять требованиям п. 3 Приложения 3 к ТР ТС 018/2011 о безопасности колесных транспортных средств.[29]

## 5.2. Утилизация литий-ионных батарей

Растущее число электромобилей представляет серьезную проблему для утилизации отходов для переработчиков в конце срока службы. Тем не менее, отходы также могут стать важным ресурсом. Элементы и материалы, которые содержатся в литий-ионных батареях, недоступны во многих странах, и доступ к ресурсам имеет решающее значение для обеспечения стабильной цепочки поставок. В будущем электромобили могут оказаться ценным вторичным ресурсом для критически важных материалов

В 2017 году продажи электромобилей впервые в мире превысили миллион автомобилей в год. Если исходить из консервативных предположений о среднем весе аккумуляторной батареи 250 кг и объеме в пол кубического метра, то в результате этого отходы упаковки будут содержать около 250 000 тонн и полмиллиона кубических метров необработанных упаковочных отходов, когда эти автомобили достигнут конца своей жизни. Когда они попадают на свалки, они рискуют подвергнуться процессу, который называется «тепловое ускорение», являющееся хим. реакцией в аккумуляторной батарее. Есть вероятность, что батарея может сильно нагреться или даже взорваться.

Очевидно, что потребители сами не будут вынимать старые батареи из электромобилей и выбрасывать их в «мусорное ведро». Компании-производители транспортных средств должны быть ответственны за сбор и утилизацию батарей. Уже сегодня соответствующие нормативные акты используются на многих крупных рынках. Например, существуют правила ЕС, которые обязывают производителей батарей покрывать расходы на сбор, хранение и утилизацию всех собранных батарей. Другими словами, соответствующие технологические цепочки уже созданы, чтобы обеспечить экологически эффективное управление использованными литий-ионными батареями.

Поскольку автомобили, работающие на литий-ионных аккумуляторных батареях, лишь на данный момент выходят на мировой рынок, центры переработки, которые могут перерабатывать свои компоненты, ещё пребывают на

начальной стадии. В Антверпене, Бельгия, компания "Umicore" в сотрудничестве с Tesla и Toyota управляет заводом по переработке аккумуляторов. Технология включает плавление батарей с выделением в процесс драгоценных металлов, таких как никель и кобальт.[30]

Когда литий-ионные аккумуляторы попадают на завод по переработке, есть два способа их измельчить. Если они полностью заряжены, они просто измельчаются, чтобы можно было легко разобрать металлические компоненты, такие как медь и сталь. Если батареи все еще можно заряжать, они замораживаются в жидком азоте и разбиваются на замороженные кусочки. Жидкий азот настолько холодный, что батареи не могут реагировать, поэтому разбивание безопасно. Затем металлы отделяются для повторного использования.

Таким образом, проблема утилизации литий-ионных батарей на сегодняшний день еще не полностью решена. Вместе с этим, технологии переработки существуют и развиваются, разрабатываются новые способы извлечь экономическую выгоду из утилизации данных батарей, а также решить экологическую проблему.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе на тему «Разработка мероприятий по внедрению экологичного транспорта на автотранспортное предприятие города Сочи» были рассмотрены перспективы использования электротранспорта в г. Сочи. В ходе работы было проанализировано предприятие МУП "Сочиавтотранс" - его характеристика, структура, охватываемая маршрутная сеть и подвижной состав.

В технологической части были рассмотрены и проанализированы 4 электробуса российского производства, для перевозок был выбран ЛиАЗ 6274, так как он имеет удовлетворяющий требованиям запас хода на одном заряде, имеет функцию быстрой зарядки.

В данный момент в Сочи не существует зарядной инфраструктуры для электротранспорта, поэтому было предложено решение - в первую очередь оснастить зарядными станциями фирмы НПП "Энергия" парк в МУП "Сочиавтотранс" и в районе конечного пункта "Жд вокзал Олимпийский парк".

Также был произведен расчет и сравнение эксплуатационных затрат для автобуса ЛиАЗ 5292 и электробуса ЛиАЗ 6274. Рассчитаны различные показатели, такие как стоимость оборудования, затраты на его монтаж и транспортировку, расчет себестоимости услуг и рентабельности, был посчитан срок окупаемости проекта.

В разделе производственной и экологической безопасности были рассмотрены основные требования к обслуживанию электрооборудования, правилам к системе пожаротушения и экологической безопасности. Был исследован вопрос безопасной утилизации литий-ионных батарей.

В ходе выпускной квалификационной работы, следует заключение о том, что в сравнении с автобусом с ДВС, электрический автобус имеет несколько очевидных достоинств. Он экологичен, прост в эксплуатации, практически бесшумен, долговечен и надежен.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЗС - автомобильная заправочная станция;

АТС - автотранспортное средство;

АТ - автомобильный транспорт;

АТП- автотранспортное предприятие;

АУП - административно-управленческий персонал;

ед. - единица;

ДВС - двигатель внутреннего сгорания;

ГНЭТ - городской наземный электрический транспорт;

ГСМ - горюче-смазочные материалы;

ИЗА - индекс загрязнения атмосферы;

кВт\*ч - киловатт-час;

КПД- коэффициент полезного действия;

л.с. - лошадиных сил;

МУП- муниципальное унитарное предприятие;

мин. - минута;

млн - миллион;

ПС - подвижной состав;

ПДВ- предельно-допустимый выброс;

ТО - техническое обслуживание;

ТС - транспортное средство;

шт - штук;

АСОТП - Автоматическая система обнаружения и тушения пожара.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2018 году: Доклад / Краснодар, 2019. – 548 с.
2. Денисов В. Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта / В. Н. Денисов, В. А. Рогалев. — СПб. : учебное пособие МАНЭБ, 2003. — 213 с.
3. Прохоров, В. Ю. Экология транспорта : учебное пособие / В. Ю. Прохоров, Д. В. Акинин, Н. В. Гренц. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 69 с. — ISBN 978-5-4486-0759-2.
4. Семикашев В.В. Рост цен на бензин в России и возможные меры по его сдерживанию : научная статья / В.В.Семикашев. / Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 16с.
5. M.Mahmouda, R.Garnettb, M.Ferguson, P.Kanaroglouc. Electric buses: A review of alternative powertrains. - 2016. - Vol 62 , P. 673-684
6. L. Nurhadi, S. Boren, N. Henrik A sensitivity analysis of total cost of ownership for electric public bus transport systems in Swedish medium sized cities. - Transportation Research Procedia. - 2015. - Vol 3 , P. 818-827
7. W. Jing, Y. Yan, I. Kim, M. Sarvi. Electric vehicles: a review of network modelling and future research needs. - Advances in Mobility Theories, Methodologies, and Applications. - 2015, P. 1-8
8. Чашин, А. Н. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта : практический постатейный комментарий / А. Н. Чашин. — Саратов : Вузовское образование, 2015. — 524 с. — ISBN 2227-8397.
9. Иванов О.Н. Исследование технических характеристик электробусов, как перспективных видов наземного пассажирского транспорта / О.Н Иванов., Н.О. Листов, А.В. Остроух // Международный журнал перспективных исследований. – 2017.– № 4-2.–Т. 7. –С. 29-48.

10. Тадивосе Т.З. Тяговый электропривод пассажирского транспортного средства для кампусов университета г. Бахр-Дар, Эфиопии : Дисс. канд. техн. наук, 2016. – 179 с.
11. Макарова И.В. Сервис энергоэффективных транспортных средств // Макарова И.В, Габсалихова Л.М., Мухаметдинов Э.М., 2018 г. - 3-8с.
12. A.A. Juan, C.A. Mendex, J. Faulin, J.D. Armas. Electric vehicles in logistics and transportation: A survey on emerging environmental, strategic and operational challenges. - «Energies». - 2016. - Vol. 9, P. 1-21
13. Y. Wang, C. Wang. Locating passenger vehicle refueling stations. - Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. - 2015. - Vol 46. - P. 791-801
14. M. Catenacci, E. Verdolini, V. Bosetti, G. Fiorese. Going electric: Expert survey on the future of battery technologies for electric vehicles. - Energy Policy. - 2015. - Vol. 61, P. 403-413
15. Прядкин В.И. Основные проблемы применения городского электробуса// научная статья// Бычков В.П., Прядкин В.И., Романов В.В. - Том: 2 , Год: 2015 Страницы: 79-82. - УДК: 658.138
16. L.E. Teoha, H.L. Khoob, S.Y. Goh, L.M. Chong . Scenario-based electric bus operation: A case study of Putrajaya, Malaysia. - International Journal of Transportation Science and Technology. - 2018. - Vol 7, P. 10-25
17. Lajunen. Energy consumption and cost-benefit analysis of hybrid and electric city buses. - Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 2015. - Vol 38 , P.1-15
18. A. Kontou, J. Miles. Electric Buses: Lessons to be Learnt from the Milton Keynes Demonstration Project. - Procedia engineering. - 2015. - Vol. 118, P. 1137-1144
19. Бутарович Д.О., Косицын Б.Б., Котиев Г.О. «Метод разработки энергоэффективного закона управления электробусом при движении по городскому маршруту» //Труды НАМИ. -2017. -№ 2 (269). -С. 16-27

20. P. Ribau, C.M. Silva, J.M.C. Sousa. Efficiency, cost and life cycle CO2 optimization of fuel cell hybrid and plug-in hybrid urban buses. -Applied Energy. - 2015. - Vol. 129. - P. 320-335
21. Elgowainy, A. Rousseau, M. Wang, M. Ruth, D. Andress, J.Ward, F. Joseck, T. Nguyen, S. Das. Cost of ownership and Well-to-Wheels carbon emissions/oil use of alternative fuels and advanced light-duty vehicle technologies. - Energy for Sustainable Development. - 2016. - Vol 17, P.626-641
22. Вахрушев, В. Д. Экономика отрасли (транспорт) : учебное пособие / В. Д. Вахрушев. — Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2009. — 418 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/46349.html>
23. Россети [Электронный ресурс]: Реализации Всероссийской программы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта - Режим доступа: <http://www.rosseti.ru/media/zakupki/electro-2.pdf>.
24. НПП "Энергия". Ультрабыстрая зарядная станция ЗСЭ-500Т. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://npp-energy.ru/catalog/viii/>
25. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник / И. В. Спирин. - 9-е изд., испр. и доп. - М. : Академия, 2015. - 398с. : ил. - (Профессиональное образование. Эксплуатация транспорта). - с. 394-395. - ISBN 978-5-4468-2447-2
26. Будрин А. Г. Экономика автомобильного транспорта: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений /, Е. В. Будрина, М. Г. Григорян и др. / под ред. Г. А. Кононовой. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 320 с.
27. НК РФ Статья 361. Налоговые ставки: [Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ] (ред. от 08.06.2020)
28. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды: утверждён 29.12.1969 Государственным комитетом

СССР по стандартам: дата введения 01.01.1971: дата актуализации 01.02.2020 – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения:02.06.2020). – Текст: электронный.

29. О безопасности колесных транспортных средств: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011: [Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 877]. – (с изменениями на 21 июня 2019 года) – 158 с.

30. Литвиненко Г.М «Организация утилизации литий-ионных аккумуляторов»// научная статья// 2016 г., С. 5-7

Общий вид электробусов



Рисунок А.1 - КамАЗ 6282



Рисунок А.2 - ЛиАЗ 6274



Рисунок А.3 - НЕФА3-52992



Рисунок А.4 - ТРОЛЗА-52501

Расписание для маршрута  
«ТК Новая заря-Завод стройматериалов»

Таблица Б.1 - Расписание (прямое направление)

Номер автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия	Обед/пересмена
1	1	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	6:05	0:25	6:30	
2	2	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	6:40	0:25	7:05	
1	1	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	7:10	0:25	7:35	
2	2	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	7:50	0:25	8:15	
1	1	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	8:15	0:25	8:40	8:40- 9:35 обед
2	2	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	9:00	0:25	9:25	9:25-10:45 обед
1	1	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	10:10	0:25	10:35	
2	2	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	11:20	0:25	11:45	
1	1	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	11:55	0:25	12:20	12:20-13:40 пересмена
2	2	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	13:05	0:25	13:30	13:30-14:50 пересмена
1	3	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	14:15	0:25	14:40	
2	4	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	15:25	0:25	15:50	
1	3	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	16:35	0:25	17:00	
2	4	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	17:10	0:25	17:35	
1	3	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	17:45	0:25	18:10	
2	4	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	18:17	0:25	18:42	
1	3	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	18:55	0:25	19:20	
2	4	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	19:24	0:25	19:49	
1	3	ТК Новая заря	Завод стройматериалов	20:05	0:25	20:30	

Таблица Б.2 - Расписание (обратное направление)

Номера автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия
2	2	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	6:05	0:25	6:30
1	1	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	6:35	0:25	7:00
2	2	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	7:15	0:25	7:40
1	1	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	7:40	0:25	8:05
2	2	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	8:25	0:25	8:50
1	1	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	9:35	0:25	10:00
2	2	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	10:45	0:25	11:10
1	1	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	11:20	0:25	11:45
2	2	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	12:30	0:25	12:55
1	3	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	13:40	0:25	14:05
2	4	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	14:50	0:25	15:20
1	3	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	16:00	0:25	16:25
2	4	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	16:35	0:25	17:00
1	3	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	17:10	0:25	17:35
2	4	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	17:42	0:25	18:07
1	3	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	18:20	0:25	18:45
2	4	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	18:49	0:25	19:14
1	3	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	19:30	0:25	19:55
2	4	Завод стройматериалов	ТК Новая заря	20:05	0:25	20:30

Расписание для маршрута  
«Ж/д вокзал Олимпийский парк - ж/д вокзал Сочи»

Таблица В.1 - Расписание (прямое направление)

Номер автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия	Обед/пересмена
1	1	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	5:55	1 ч. 25 мин	7:20	
2	2	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	6:28	1 ч. 25 мин	7:53	
3	3	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	6:54	1 ч. 25 мин	8:19	
4	4	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	7:17	1 ч. 25 мин	8:42	
5	5	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	7:40	1 ч. 25 мин	9:05	
6	6	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	08:06	1 ч. 25 мин	9:31	
7	7	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	08:32	1 ч. 25 мин	9:57	
8	8	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	8:58	1 ч. 25 мин	10:23	
9	9	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	9:24	1 ч. 25 мин	10:49	
10	10	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	9:50	1 ч. 25 мин	11:15	
1	1	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	10:16	1 ч. 25 мин	11:41	
2	2	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	10:42	1 ч. 25 мин	12:07	
3	3	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	11:21	1 ч. 25 мин	12:46	
4	4	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	11:47	1 ч. 25 мин	13:12	
5	5	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	12:13	1 ч. 25 мин	13:38	
6	6	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	12:26	1 ч. 25 мин	13:51	
7	7	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	13:05	1 ч. 25 мин	14:30	
8	8	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	13:18	1 ч. 25 мин	14:43	
9	9	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	13:57	1 ч. 25 мин	15:22	
10	10	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	14:23	1 ч. 25 мин	15:48	

## Окончание таблицы В.1

Номер автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия	Обед/пересмена
1	11	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	14:49	1 ч. 25 мин	16:14	14:04-14:49 Заряд 1 в гараже пересмена
2	12	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	15:15	1 ч. 25 мин	16:40	14:30-15:15 Заряд 1 в гараже пересмена
3	13	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	15:41	1 ч. 25 мин	17:06	14:56-15:41 Заряд 1 в гараже пересмена
4	14	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	16:07	1 ч. 25 мин	17:32	15:22-16:07 Заряд 1 в гараже пересмена
5	15	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	16:46	1 ч. 25 мин	18:11	15:48-16:46 Заряд 1 в гараже пересмена
6	16	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	17:12	1 ч. 25 мин	18:37	Пересмена
7	17	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	17:38	1 ч. 25 мин	19:03	Пересмена
8	18	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	17:51	1 ч. 25 мин	19:16	Пересмена
9	19	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	18:30	1 ч. 25 мин	19:55	Пересмена
10	20	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	18:43	1 ч. 25 мин	20:08	Пересмена
1	11	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	19:22	1 ч. 25 мин	20:47	18:37-19:22 Заряд 2 в гараже
2	12	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	19:48	1 ч. 25 мин	21:13	19:03-19:48 Заряд 2 в гараже
3	13	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	20:14	1 ч. 25 мин	21:39	19:29-20:14 Заряд 2 в гараже
4	14	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	20:40	1 ч. 25 мин	22:05	19:55-20:40 Заряд 2 в гараже
5	15	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	21:00	1 ч. 25 мин	22:25	20:21-21:00 Заряд 2 в гараже
6	16	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	21:20	1 ч. 25 мин	22:45	Заряд 3 20 минут
7	17	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	21:40	1 ч. 25 мин	23:05	Заряд 3 20 минут
8	18	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	22:00	1 ч. 25 мин	23:25	Заряд 3 20 минут
9	19	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	22:20	1 ч. 25 мин	23:45	Заряд 3 20 минут
10	20	ж\д вокзал Сочи	ж/д вокзал Олимп.парк	22:45	1 ч. 25 мин	00:00	Заряд 3 20 минут

Таблица В.2 - Расписание (обратное направление)

Номер автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия	Обед/пересмена
6	6	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	5:55	1 ч. 25 мин	7:20	
7	7	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	6:28	1 ч. 25 мин	7:53	
8	8	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	6:54	1 ч. 25 мин	8:19	
9	9	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	7:17	1 ч. 25 мин	8:42	
10	10	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	7:40	1 ч. 25 мин	9:05	
1	1	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	08:06	1 ч. 25 мин	9:31	
2	2	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	08:32	1 ч. 25 мин	9:57	
3	3	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	8:58	1 ч. 25 мин	10:23	
4	4	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	9:37	1 ч. 25 мин	11:02	
5	5	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	10:03	1 ч. 25 мин	11:28	
6	6	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	10:29	1 ч. 25 мин	11:54	
7	7	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	10:55	1 ч. 25 мин	12:20	
8	8	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	11:08	1 ч. 25 мин	12:33	
9	9	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	11:47	1 ч. 25 мин	13:12	
10	10	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	12:13	1 ч. 25 мин	13:38	
1	1	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	12:39	1 ч. 25 мин	14:04	
2	2	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	13:05	1 ч. 25 мин	14:30	
3	3	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	13:31	1 ч. 25 мин	14:56	
4	4	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	13:57	1 ч. 25 мин	15:22	
5	5	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	14:23	1 ч. 25 мин	15:48	
6	16	ж/д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	15:02	1 ч. 25 мин	16:27	13:51-15:02 Заряд 1 на конечном пункте

## Окончание таблицы В.2

Номер автобуса	Водитель	Место отправления	Место прибытия	Время отправления	Время в пути	Время прибытия	Обед/пересмена
7	17	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	15:15	1 ч. 25 мин	16:40	14:30-15:15 Заряд 1 на конечном пункте
8	18	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	15:54	1 ч. 25 мин	17:19	14:43-15:54 Заряд 1 на конечном пункте
9	19	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	16:20	1 ч. 25 мин	17:45	15:22-16:20 Заряд 1 на конечном пункте
10	20	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	16:46	1 ч. 25 мин	18:11	15:48-16:46 Заряд 1 на конечном пункте
1	11	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	17:12	1 ч. 25 мин	18:37	
2	12	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	17:38	1 ч. 25 мин	19:03	
3	13	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	18:04	1 ч. 25 мин	19:29	
4	14	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	18:30	1 ч. 25 мин	19:55	
5	15	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	18:56	1 ч. 25 мин	20:21	
6	16	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	19:22	1 ч. 25 мин	20:47	18:37-19:22 Заряд 2 на конечном пункте
7	17	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	19:48	1 ч. 25 мин	21:13	19:03-19:48 Заряд 2 на конечном пункте
8	18	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	20:27	1 ч. 25 мин	21:52	19:16-20:27 Заряд 2 на конечном пункте
9	19	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	20:40	1 ч. 25 мин	22:05	19:55-20:40 Заряд 2 на конечном пункте
10	20	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	21:00	1 ч. 25 мин	22:25	20:08-21:00 Заряд 2 на конечном пункте
1	11	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	21:20	1 ч. 25 мин	22:45	
2	12	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	21:40	1 ч. 25 мин	23:05	
3	13	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	22:00	1 ч. 25 мин	23:25	
4	14	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	22:20	1 ч. 25 мин	23:45	
5	15	ж\д вокзал Олимп.парк	ж\д вокзал Сочи	22:45	1 ч. 25 мин	00:00	

Внешний вид ультрабыстрой зарядной станции ЗСЭ-500Т



Рисунок Г.1- Зарядная станция в г. Москва