

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Методы размещения зарядных станций электромобилей**

23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

код и наименование направления

23.04.03.01 Автомобильный сервис

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент А.В. Камольцева

Выпускник \_\_\_\_\_ Г.А. Писарев

Рецензент \_\_\_\_\_ техн. директор ООО «Медведь-АТЦ» А.А.Сучков  
подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
подпись      инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ Г

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме магистерской диссертации**

Студенту Писареву Георгию Александровичу

Группа ФТ 17-03М Направление (специальность) 23.04.03

номер

код

Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Методы размещения зарядных станций электромобилей

Утверждена приказом по университету № 14878/с от 16.10.2017 г. \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР: А.В. Камольцева, доцент кафедры «Транспорт», к.т.н., доцент, Политехнический институт Сибирский Федеральный университет

Исходные данные для ВКР 1. Современное состояние сети зарядных станций г. Красноярск \_\_\_\_\_

2. Городское пространство Советского района г. Красноярск \_\_\_\_\_

3. Данные стат. отчетности по жителям г. Красноярск \_\_\_\_\_

Перечень разделов ВКР: 1) Современный рынок электромобилей. Цели и задачи исследования.

2) Методики определения необходимого количества зарядных станций.

3) Предлагаемый метод проектирования сети и размещения зарядных станций.

4) Пример проектирования сети зарядных станций для электромобилей.

Перечень графического материала \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_

подпись

А.В. Камольцева

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

подпись,

Г.А. Писарев

инициалы и фамилия студента

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Методы размещения зарядных станций электромобилей» содержит 74 страницы текстового документа и содержит 16 использованных источников.

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ, ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ, СЕТЬ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ, ПАРАМЕТРЫ СЕТИ, СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ ОПРОС, ПОРТРЕТ ПОТРЕБИТЕЛЯ, РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ, МЕТОДИКИ РАСЧЕТА.

Цель диссертации: повышение эффективности эксплуатации электромобилей в г. Красноярск.

В ходе выполнения работы был использован метод составления портрета потребителя ввиду отсутствия информации об изменении парка электромобилей в г. Красноярск, на основании этого составлен прогноз изменения парка. Разработаны методики определения параметров сети и предложен комплексный метод, позволяющий определить места установки зарядных станций, типы зарядных станций и их необходимое количество.

С помощью предложенного метода размещения зарядных станций электромобилей разработаны два проекта размещения зарядных станций в Советском районе города Красноярска, оценены затраты на их реализацию.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Современный рынок электромобилей. Цели и задачи исследования.....	9
1.1 Электромобили, схема работы, основные характеристики .....	9
1.2 Прогноз развития и современное состояние рынка электромобилей .	13
1.3 Уровни зарядных станций для электромобилей .....	14
1.4 Стандарты зарядки электромобилей.....	15
1.5 Схемы размещения зарядных станций .....	20
1.5.1 МОЭСК-EV.....	21
1.5.2 Tesla Supercharger.....	23
1.5.3 Сеть зарядных станций для электромобилей в Красноярске .....	25
1.6 Выводы по главе, цель и задачи диссертации .....	27
2 Методики определения необходимого количества зарядных станций .....	29
2.1 Обоснование оптимального количества зарядных станций электромобилей.....	29
2.2 Оптимизация количественных и качественных параметров размещения электрочарядных станций для электромобилей в г. Казани с учетом режимов электрических сетей на основе Matlab Simulink.....	32
2.3 Алгоритм модуля программного комплекса для моделирования системы массового обслуживания электрических зарядных станций.....	34
2.4 Исследование состояния и перспективы развития инфраструктуры электромобилей.....	38
2.5 Выводы по второй главе.....	39
3 Предлагаемый метод проектирования сети и размещения зарядных станций .....	40
3.1 Проведение социологического опроса .....	40
3.1.1 Составление портрета потенциального потребителя.....	41
3.1.2 Определение потенциальной ёмкости рынка .....	48
3.2 Определение ключевых точек концентрации потенциальных клиентов.....	48

3.2.1	Выбор зарядных станций для общественной сети .....	49
3.3	Расчет необходимого количества зарядных станций .....	50
3.4	Выводы по третьей главе .....	53
4	Пример проектирования сети зарядных станций для электромобилей .....	55
4.1	Выбор исходных данных .....	55
4.2	Зарядные станции, расположенные в жилых массивах.....	57
4.3	Зарядные станции, расположенные возле торговых центров .....	58
4.4	Зарядные станции, установленные возле спортивных и фитнес центров .....	61
4.5	Зарядные станции, установленные возле ресторанов и кафе .....	62
4.6	Зарядные станции, покрывающие места отдыха на природе .....	64
4.7	Зарядные станции, расположенные возле кинотеатров.....	66
4.8	Окончательные варианты установки зарядных станций для электромобилей.....	67
4.9	Оценка стоимости проекта .....	68
	Заключение .....	71
	Список использованных источников .....	73

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день электромобили достаточно прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Их можно встретить практически в каждом крупном городе и их число постоянно увеличивается. Почему они стали так популярны? На фоне общемировых экологических проблем, на фоне постоянно растущих цен на топливо, электромобили помогают решить как экологические, так и экономические проблемы.

В первую очередь можно заметить отсутствие выбросов вредных отработавших газов, в отличие от автомобилей с ДВС. Улучшение экологической обстановки в современном мире – очень актуальный вопрос, о котором должны задумываться как власти, так и простые люди. Переход на электромобили – один из способов улучшения экологической обстановки.

Шумовое воздействие – так же очень важный вопрос, особенно для крупных городов. Электромобили в процессе работы издают намного меньше шума, ввиду отсутствия выхлопной системы и трущихся деталей ДВС, которые присущи для автомобилей, работающих на топливе.

Эксплуатируя электромобиль, можно достигнуть существенной экономии как на обслуживании, ввиду отсутствия большого количества агрегатов, так и на заправке. В зависимости от тарифа, 100 км пробега на электромобиле обойдутся владельцу около 50 рублей, в то время как 1 литр бензина стоит уже более 40 рублей.

Выгода перехода на электромобили очевидна, однако их эксплуатация требует грамотно спроектированной инфраструктуры, как для зарядки, так и для обслуживания. Согласно статистике 65 % населения проживают в многоквартирных домах, соответственно они не смогут эксплуатировать электромобиль, потому что у них нет возможности их заряжать. При этом процесс зарядки достаточно продолжителен по времени, особенно в сравнении с заправкой бензинового автомобиля.

Результаты данной работы могут применяться властями для проектирования сети зарядных станций, студентами транспортных вузов в ходе обучения.



# 1 Современный рынок электромобилей. Цели и задачи исследования

## 1.1 Электромобили, схема работы, основные характеристики

Электрический автомобиль – транспортное средство, приводимое в движение специальными электрическими двигателями. Питание электродвигателя:

- от солнечной батареи;
- специализированных топливных элементов;
- аккумуляторной батареи.

Аккумуляторная батарея требует подзарядки через определенное время работы, которая осуществляется как от различных источников извне, так и от генератора, который устанавливается на борту автомобиля.

Если генератор приводится в движение ДВС – это разновидность гибридных автомобилей.

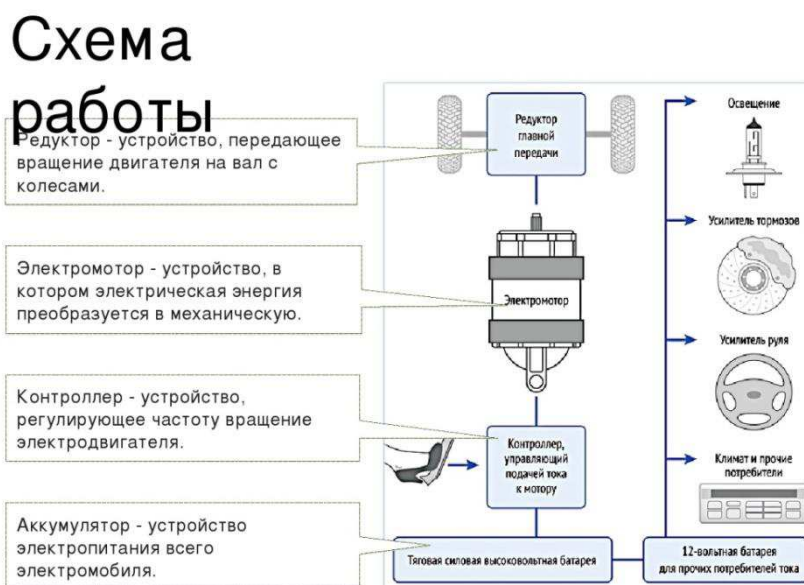


Рисунок 1 – Схема работы электромобиля

Конструкция электромобиля проще – главными конструктивными составляющими являются: трансмиссия, качественный аккумулятор, специальное бортовое зарядное устройство, электронная система управления и т. д.

Для питания главного тягового электродвигателя установлена мощная тяговая аккумуляторная литий-ионная батарея. Ток батареи постоянный порядка 300 Вт .

Тяговый двигатель – это несколько трехфазных асинхронных либо синхронных электрических машин, работающих от переменного тока. Максимальная мощность может быть более 200 кВт.

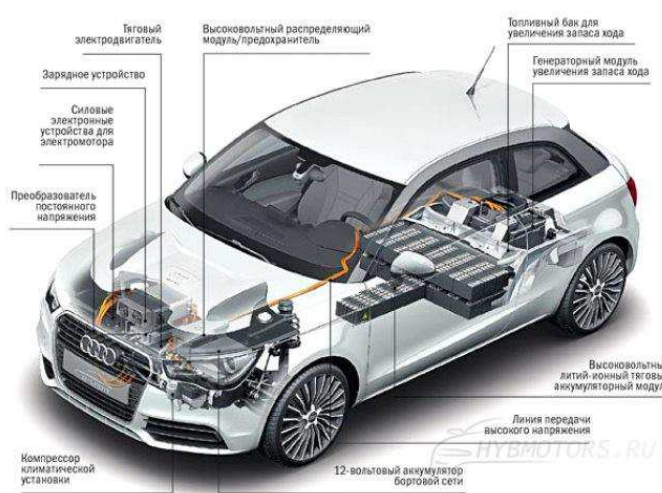


Рисунок 2 – Схема компоновки электромобиля

Электромобилизации подвергаются все виды автомобильного транспорта – легковой, грузовой и автобусный.

Выпускают всемирно известные компании, как Tesla, Ford, BMW, Volkswagen, Nissan и др. Так же можно встретить такие относительно молодые и малоизвестные бренды, как BYD, FaradayFuture и др.

Стоимость и пробег электромобилей – самые важные показатели для потребителей. Конечно, владельцы начинают существенно экономить на топливе, но стоимость самого транспортного средства, как правило, намного превосходит стоимость бензинового автомобиля. В то же время, для того,

чтобы чувствовать себя комфортно и не беспокоиться о нехватке заряда, автовладельцы ожидают увеличения максимального пробега. Как видно из графика (рисунок 3) [1], автопроизводители стараются удовлетворить оба этих запроса, и при постепенном снижении цены наблюдается увеличение максимального пробега.

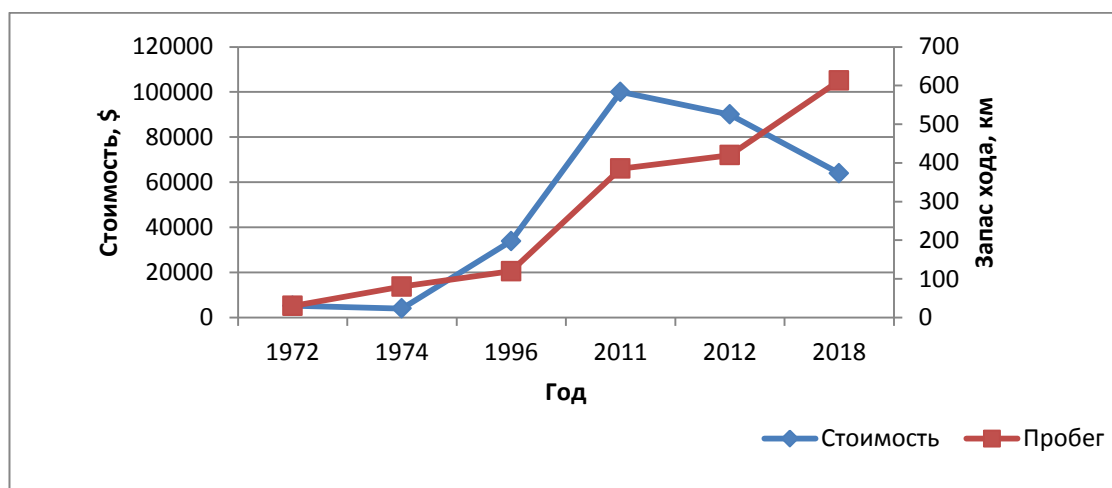


Рисунок 3 – Динамика изменения характеристик электромобилей

Рассмотрим самые популярные модели электромобилей из США, Европы и Азии.

Tesla – лидер в данной сфере. Предлагаемые электромобили:

Tesla Model S с запасом хода в 225, 320 и 426 км, максимальной скоростью 200 км/ч и ценой от 69000\$

Tesla Model X оснащена электродвигателями 60 или 80 кВт×ч, с запасом хода порядка 337 км и 435 км соответственно. Цена от 170000\$

Tesla Model 3 в стандартной комплектации, имеет запас хода в 340 км и разгон автомобиля до 95 км/ч за 6 с., цена составляет 35 тыс. долларов.

Компания Ford предлагает модель Focus Electric с запасом хода – до 160 км и стоимостью около 40000\$.

Рассмотрим модели электромобилей от компании Chevrolet:

Chevrolet Spark EV с пробегом на одном заряде в 160 км. и ценной \$26685.

Chevy Volt с установленным генератором имеет заявленный пробег 500 км., стоимость около 26000\$.

На европейском рынке можно отметить BMW-i3 с заявленным пробегом в 130-160 км в зависимости от выбранного режима. Дальность поездки можно увеличить до 200 км с использованием режима ECO PRO+. Стоимость электрокара начинается с 58000\$

Компания Renault производит электрическую модель Zoe с пробегом на одной зарядке 300 км пути и стоимостью от 28000 \$.

Можно отметить Volkswagen с моделью E-Golf, заявленный пробег которого доходит до 200 км. Стоимость электромобиля стартует от 29000\$.

Fiat выпускает модель 500e с пробегом в экономном режиме до 160 км. Цена электромобиля около \$31800.

Aud iQ6 E-Tron Quattro с пробегом 500 км. и стоимостью от 62000\$.

А также Jaguar с моделью I-Pace, запас хода которой составляет 500 км, а стоимость 73000\$.

Азиатский рынок электромобилей в первую очередь знаменит благодаря Nissan Leaf. Электромобиль может преодолевать на одной зарядке до 387 км, его стоимость составляет 37500\$.

Среди известных автопроизводителей Азии можно отметить Hyundai с их моделью IONIQEV, пробег которого составляет 170 км. на одной зарядке при стоимости 33000\$. А так же Kia Niro с запасом хода 280 км пути на одной зарядке. Стоимость базовой комплектации составляет 45000\$.

Кроме всем известных крупных автогигантов на азиатском рынке электромобилей можно найти американо-китайскую компанию FaradayFuture с их моделью FF 91, запас хода которой составляет 609 км при стоимости от 160000 до 200000\$ в зависимости от комплектации. Так же примечательна компания BYD выпускающая электромобиль BYDE6 с заявленной дальностью поездки в 300 км при цене 52000\$.

## 1.2 Прогноз развития и современное состояние рынка электромобилей

В борьбе за снижение выбросов транспортными средствами, основными из которых являются оксиды азота, двуокись серы и двуокись углерода, руководители различных стран мира поставили амбициозные цели по внедрению электромобилей. Согласно целевой программе Electric Vehicle Initiative, в которой участвуют семь стран, количество электромобилей и гибридных автомобилей за последние семь лет должно вырасти в 10 раз — от 2 до 20 млн. к 2020 году [2].

Эти цифры в виде доли от общего количества автомобилей, находящихся в эксплуатации, представляют собой лишь незначительную часть: в США насчитывалось в 2010 г. Более 230 млн легковых автомобилей по сравнению с примерно 250 млн в странах ЕС и 240 — в Китае.

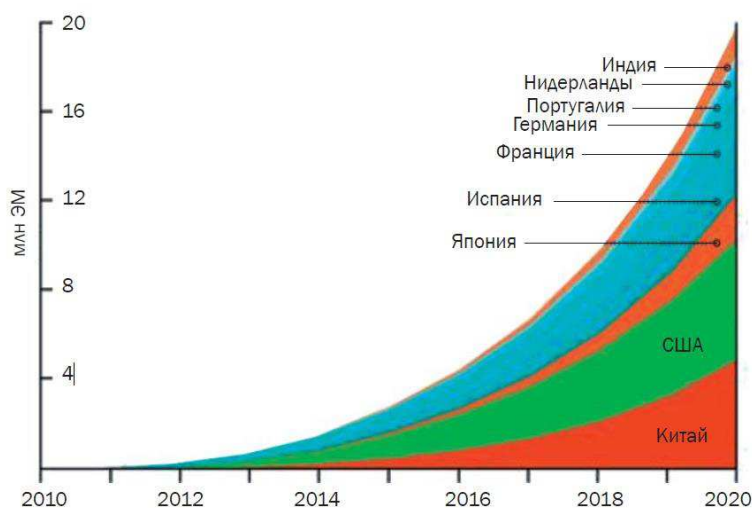


Рисунок 4 – Динамика изменения парка электромобилей в различных странах

Электромобили не обошли стороной и Россию. Парк электромобилей в России по данным Автостат [3] представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Парк электромобилей в России на начало 2018 года

### 1.3 Уровни зарядных станций для электромобилей

В зависимости от уровня изменяются параметры зарядных станций, время зарядки АКБ электромобиля. Зарядные станции принято разделять на 3 уровня.

Зарядки 1 уровня (Level 1) наделены переменным током до 16 А, из-за чего считаются самыми медленными. 16 А-вые зарядки имеют напряжение 120 В и могут дать максимум 1,92 кВт мощности. Если для подзарядки электромобиля использовать такую зарядку, это займёт не менее 12 часов. Её можно использовать, не имея при себе специальной зарядной системы, – для начала работы достаточно её вставить в розетку. Стоимость составит не более 500\$

Данные зарядные станции используются только в домашних условиях ввиду длительности процесса зарядки.

Зарядное устройство 2 уровня (Level 2) вырабатывает 7 кВт мощности, работая от тока в 30 А и с напряжением 240 Вольт. Стоимость подобного механизма составит от 500\$ до 1000\$.

Для зарядных систем 1 и 2 уровня, которые работают при наличии переменного тока, в машине устанавливают устройство, выпрямляющее поток электричества и непосредственно совершающее подзарядку аккумулятора.

Есть автомобили, батарея которых рассчитана для подзарядки в 6-7 кВт. Если для полного заряда им требуется примерно 22-24 кВт×ч, то зарядка будет длиться 4 часа.

Зарядка 3 уровня (Level 3) занимает самое меньшее время до полного заряда аккумулятора, имея большую мощность. Она наделена электрическим напряжением 300-600 В и силой тока 100 А. Её мощность равняется к 50 кВт. Они могут зарядить электромобильную АКБ до 80 % за полчаса. После этого мощность подачи заряда уменьшается либо вовсе прекращается, чтобы не испортить АКБ.

#### **1.4 Стандарты зарядки электромобилей**

Рынок электромобилей довольно динамично развивается. По прогнозам Европейской комиссии к 2020 году количество электрических транспортных средств только в Европе составит 20 миллионов экземпляров.

Для их подзарядки нужны крупные сети зарядных станций. Но их созданию препятствует, среди прочих причин, и неопределенность в стандартах. Каждый производитель использует собственные батареи, параметры зарядки и электрические разъемы.

Общество автомобильных инженеров США (SAE) еще в 2009 году разработало стандарт пятиштырькового разъема J1772, предназначенный для зарядки от сети переменного тока. Это наиболее универсальный разъем, имеющийся практически в любом электромобиле. С целью дальнейшей унификации в конце 2012 года был представлен обновленный разъем стандарта J1772. Его конструкция предусматривает возможность зарядки аккумуляторов электромобиля переменным, постоянными или обоими

видами электрического тока одновременно. Новый разъем представляет собой старый, пятиштырьковый, дополненный штепселем для подключения постоянного тока. Таким образом, электромобили прошлых лет выпусков смогут подключаться к новым зарядным терминалам без дополнительного переоборудования. Обновленный стандарт J1772 так же определяет уровни напряжений, подаваемых на разъем, и требует установки дополнительных средств безопасности, которые позволят подключать и отключать разъем, на контактах которого может присутствовать высокое напряжение, при любых погодных условиях.



Рисунок 6 – Разъем J1772

В январе 2013 года Европейская комиссия обнародовала план развития экологически чистых видов топлива. В нем, в частности, был установлен и общеевропейский тип разъема для зарядных станций и электромобилей. Им стал разработанный немецкой компанией Mennekes разъем Type 2 (согласно международному стандарту IEC 62196-2). Решение комиссии не было волонтаристским, оно лишь официально утвердило факт: разъем этого типа наиболее широко используется в Европе. Он позволяет коммутировать силовые цепи мощностью до 43,5 кВт и силой тока до 63 А. Используется в однофазных и трехфазных сетях. Некоторые европейские автопроизводители высказывали мнение об утверждении в Европе американского J1772, на что в



Еврокомиссии возразили, что разъемы такого типа в Европе не распространены.

Международный стандарт IEC 62196-2 определяет типы электрических разъемов и режимы зарядки электромобилей.

Type1 – это прямое пассивное подключение к электросети переменного тока. Подключение не требует дополнительных управляющих устройств. Простыми словами – это домашняя зарядка от стандартной розетки с простым удлинителем, без каких-либо мер безопасности.

Type 2 – прямое подключение транспортного средства к сети питания переменным током, т.е. зарядка в домашних условиях от обычной розетки, но используя специальный кабель. Обычно он идет в комплекте с новым электромобилем. Этот кабель обеспечивает заземление, защиту от резкого перепада напряжения, температурную защиту. На сегодняшний день кабели Type 2 гарантируют средний уровень безопасности и являются минимальной нормой для зарядки авто. Тем не менее, автопроизводители рекомендуют пользоваться кабелем только в редких случаях, например, дома у друзей, и настаивают на использовании режима Type 3.

Type 3 – это активное подключение электрокара к проводной зарядной станции переменного тока с заземлением и приборами управления, а также кабелем с дополнительными токопроводящими жилами. Домашнюю зарядную станцию можно обустроить в гараже. Зарядная станция режима Type 3, как в общественных местах, так и дома дает возможность получать более высокий уровень энергии, чем в режиме Type 2. Протоколы безопасности идентичны.

Type 4 – подключение электротранспорта к проводной станции постоянного тока. Оборудование для обслуживания электромобилей является промежуточным звеном между источником питания и зарядным портом транспортного средства и, как правило, устанавливается на стене или специальной напольной подставке. Его роль заключается в том, чтобы подать постоянный ток в автомобиль безопасно и быстро. В зарядных станциях

постоянного тока зарядное устройство является частью станции, а не части автомобиля.

Он предусматривает обязательное наличие механизма, отключающего силовую цепь при несанкционированном начале движения электромобиля с подключенным кабелем. Стандарт поддерживается Международной электротехнической комиссией. Однако IEC 62196-2 не устанавливает физические размеры электрических разъемов. Стандартом определены три типа электрических разъемов и четыре вида режима заряда аккумуляторов электромобиля.



Рисунок 7 – Разъем Mennekes Type 2

CHAdeMO — стандарт быстрой зарядки аккумулятора электромобиля постоянным током через специальный разъем. Название происходит от сокращения французских слов «charge de move», что на русский можно перевести как «зарядись для движения». Ассоциация «CHAdeMO» была основана в 2010 году Токийской энергетической компанией («TEPCO»), автоконцернами «Nissan», «Mitsubishi» и «Subaru», позже к ним присоединилась и «Toyota». Мощность зарядки составляет от 50 кВт до 100 кВт, что позволяет заряжать батарею до 80% емкости за полчаса. Зарядные станции CHAdeMO имеются в Японии, Европе и США. Но последние решения американцев и европейцев по утверждению собственных стандартов явно направлены на вытеснение CHAdeMO с рынка.



Рисунок 8 – Разъем CHAdeMO

В мае 2012 года восемь крупнейших европейских и американских производителей (Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche, Volkswagen) объявили о том, что для всех производимых ими электромобилей будет использоваться единый стандарт Combined Charging System. Разъем этого типа позволяет осуществлять зарядку в любом из четырех предусмотренных международным стандартом IEC 62196-2 режимах: медленная зарядка от бытовой розетки; медленная зарядка от бытовой розетки через кабель со встроенным устройством защиты; медленная или быстрая зарядка через специальный разъем с функцией контроля заряда и защиты; быстрая зарядка от внешнего зарядного устройства. Таким образом, оборудованный разъемом Combined Charging System электромобиль можно подключать к любым сетям и зарядным станциям.



Рисунок 9 – Combined Charging System

Better Place – проект быстрой замены батареи, широко разрекламированный в свое время, сейчас, похоже, не имеет перспектив. Его поддерживают только в двух странах (Израиле и Дании) и всего лишь один автопроизводитель (Renault). Идея заключалась в создании сети станций, где электромобиль бы не подзаряжался, а просто менял разряженную батарею на свежую. Ни в Евросоюзе, ни в США Better Place не получил развития по экономическим причинам. Автопроизводители же не пожелали в нем участвовать из технических соображений: переход на эту систему требует переделки батарей, в чем изготовитель совершенно не заинтересован, а конструкция для быстрой замены аккумулятора приводит к увеличению веса электромобиля. Кроме того, в Better Place используется собственный разъем и другие величины напряжения.

### **1.5 Схемы размещения зарядных станций**

Рассматривая методы создания сети зарядных станций нельзя не обратить внимания на существующий опыт в этом вопросе. Можно обратить внимание как на отечественные, так и на зарубежные компании.

### 1.5.1 МОЭСК-EV

«МОЭСК-EV» – публичная сеть зарядных станций для электромобилей, пилотный проект по развитию зарядной инфраструктуры, реализуемый ПАО «МОЭСК» (входит в ГК «Россети») с 2011 года для Московского региона.

Первая зарядная станция была установлена в 2012 году. До конца 2019 планируется подключить 150 зарядных станций на территории Москвы.

По словам заместителя главного инженера МОЭСК-EV компания имеет следующий подход к созданию сети зарядных станций [4]:

- поэтапное увеличение количества зарядных станций. Направленность на соответствие количеству электромобилей. Подключение новых зарядных станций по мере необходимости;

- внедрение и усвоение новых технологий, научно-исследовательская работа. Изучение ёмкости рынка, потребности рынка в расширении инфраструктуры, соответствие ожиданиям потребителей. Поддержание баланса между выработкой и потреблением электроэнергии;

- удобство для электромобилистов и наличие разрешения владельцев земельного участка. Именно поэтому большая часть зарядных станций расположена возле объектов МОЭСК. Таким образом, компании не требуется дополнительное разрешение на строительство;

- зарядные станции ориентированы только на жителей города Москва, гости столицы, приезжающие на своих электромобилях из других городов не могут ими пользоваться, необходима специальная карточка.

Можно отметить несколько недочетов в подходе к расположению зарядных станций от МОЭСК-EV. Первый из них – стремление соответствовать потребности рынка в зарядных станциях, в то время, как многие ученые отмечают необходимость опережающего расширения сети с целью привлечения новых клиентов. Второй – ориентированность на доступную для установки зарядных станций территорию, в то время, как

первоочередной целью должно быть удобство для потребителя и привлечение наибольшего количества клиентов. Третий – отторжение иногородних приезжих владельцев электромобилей, путем введения специальных карт. Гости города не могут получить эту карту, поэтому компания теряет часть клиентов. Так же нельзя не упомянуть о том, что на местах установки используется только одна зарядная станция без возможности одновременной зарядки нескольких автомобилей.

Стоит отметить первый опыт компании по установке зарядной станции во дворе жилого комплекса. Как отмечает руководство компании, эта зарядная станция одна из самых популярных среди автовладельцев.

Расположение зарядных станций МОЭСК-EV представлено на рисунке 10.

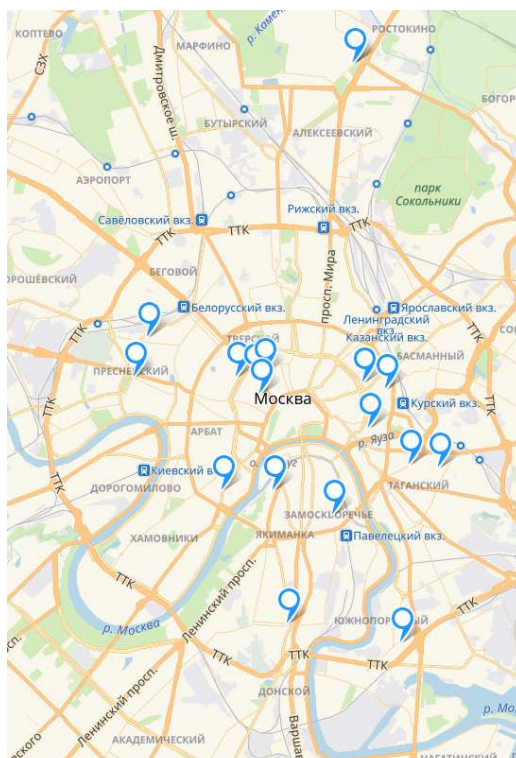


Рисунок 10 – Расположение зарядных станций МОЭСК-EV

## 1.5.2 Tesla Supercharger

Сеть «Tesla Supercharger» – это система зарядных станций постоянного тока с напряжением 480 вольт [5], предназначенных для быстрой подзарядки батарей электрокаров, произведенных Tesla Inc. Все модели машин, включая Tesla Model S, Model 3 и Model X – могут оперативно восстанавливать ресурс своих тяговых батарей, благодаря данным станциям быстрой зарядки.

Сеть начали возводить в 2012 году, и по состоянию на первую половину 2018 года в мире уже насчитывалось около 10000 зарядных устройств на примерно 1250 станциях. Сама идея относительно повсеместного внедрения зарядных станций «Tesla Supercharger» родилась в компании после того, как не задалась самая первая их идея — «быстрая смена аккумулятора», которая оказалась не востребованной и не рентабельной.

Часть зарядных станций установлена в солнечных регионах и имеют солнечные батареи для уменьшения энергопотребления от общей сети.

На Рисунке 11 изображена карта с расположением зарядных станций.



Рисунок 11 – Карта расположения зарядных станций Tesla Supercharger в США

Можно отметить покрытие длинных магистралей, проходящих через всю страну. Компания заинтересована в популяризации длительных междугородних поездок, старается обеспечить максимально удобную инфраструктуру для этих целей. Среди прочих отличий от отечественных сетей – это платное использование зарядных станций. При покупке электромобиля владельцу даётся 400 кВт×ч, что примерно соответствует 1400 км пробега, в ходе которых он может пользоваться зарядными станциями бесплатно, по достижении данных показателей за использование придётся платить.

Ни для кого не секрет, что владельцы электромобилей не всегда убирают их с зарядки даже по достижении максимального заряда. Tesla пытается бороться с этим и ввела штрафные санкции к электромобилям, занимающим зарядные станции после завершения процесса зарядки. Форма и размер санкций остаются неизвестными.

В среднем одна зарядная станция Tesla занимает от 20 до 55 м<sup>2</sup>, как правило устанавливаются возле трассы, торгового центра, ресторанного комплекса и т.п. и обеспечивает около 8-ми зарядных мест. Стоимость установки одной такой зарядной станции от 100000 до 175000\$.

Преимущества данной сети зарядных станций:

- ориентированность как на клиентов, предпочитающих внутригородские поездки, так и на клиентов, использующих электромобили для дальних поездок;
- возможность использования зарядной станции не только в «домашнем» регионе без необходимости получения специальной карты;
- борьба с занятием зарядных мест после окончания процесса подзарядки АКБ;
- возможность подзарядки нескольких электромобилей одновременно.



### 1.5.3 Сеть зарядных станций для электромобилей в Красноярске

В городе Красноярск установлены 3 зарядные станции, найти закономерность достаточно сложно, из-за их малого количества (Рисунок 12).

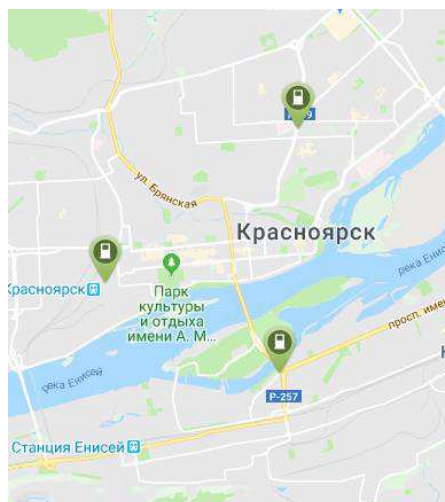


Рисунок 12 – Размещение зарядных станций в Красноярске

На территории России проектированием, обслуживанием занимается компания Россети. На территории города Красноярска – её подразделение МРСК Сибири.

Три быстрые зарядные станции расположены по следующим адресам: улица Богграда 144А, улица Шахтеров 18/1, улица Александра Матросова 4.

Ввиду того, что и МРСК Сибири и МОЭСК-EV принадлежат компании Россети, можно обнаружить схожие черты в подходах к формированию сети зарядных станций, а именно: установка зарядной станции возле собственных объектов (улица Богграда 144А), а также использование специальных карт.

В городе установлены зарядные станции модели EVC 100 – это постовая одноместная зарядная станция Ensto Chago серии "Premium" для быстрой зарядки электромобилей. Данная модель является эффективным современным решением для АЗС, автостоянок, парковок около торговых и офисных центров.

Таблица 1 – Характеристики зарядной станции

Показатель	Значение
Место размещения	Улица
Способ установки	Наземный
Скорость зарядки	Быстрая
Кол-во точек зарядки	1
Число одновременных процессов зарядки	1
Соединение с автомобилем	Зарядка Mode 3
Индикация статуса зарядки	3-х цветная светодиодная индикация (зеленый, синий красный)
Подсчет эл. энергии	Встроенный счетчик с токовым трансформатором
Номинальное питание	Переменное 220/380 Вт, 50 Гц
Защита от скачков напряжения	Нет
Мощность	22 кВт
Ширина-Высота-Глубина	305,5-1388-183 мм
Материал	Нержавеющая сталь
Рабочая температура	От -30 до +50° С

Преимущества:

- экспресс-заправка;
- премиальный урбанистический дизайн;
- долговечная стальная конструкция, устойчива к кислоте, легко очищается;
- легкая установка и простая эксплуатация;
- предназначена для эксплуатации на улице, при самых суровых погодных условиях.

## **1.6 Выводы по главе, цель и задачи диссертации**

Мировой парк электромобилей растет. В большинстве развитых стран строят планы по внедрению и распространению электромобилей в повседневной жизни.

Это выгодно как для государства (новые рабочие места, развитие энергетической промышленности, улучшение экологической обстановки и тд), так и для простых пользователей (меньшие затраты на эксплуатацию, уменьшение «звукового загрязнения» и улучшение экологической обстановки и т.д.). Данное направление развития перспективно и актуально.

Россия в данный момент отстает от ведущих держав в области распространения электромобилей. Отставание происходит по нескольким причинам: малая доступность новых и подержанных электромобилей на российском рынке, плохое развитие зарядной инфраструктуры, отсутствие СТО для электромобилей.

Несмотря на не самую благоприятную атмосферу для покупки электромобиля, они появляются на наших улицах. В крупных городах можно обнаружить и зарядные станции для них. Таким образом, Россия постепенно приходит к внедрению электромобилей в повседневную жизнь. Ускорить темпы развития можно среди прочих воздействий и созданием грамотной и удобной для потребителя зарядной инфраструктуры.

Для успешного увеличения рынка электромобилей в России темпы роста сети зарядных станций должны опережать темпы появления новых электромобилей, тем самым привлекая новых потребителей.

Цель диссертации: повышение эффективности эксплуатации электромобилей в г. Красноярск.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Спрогнозировать количество электромобилей в г. Красноярск на 2030 г.
2. Выделить основные параметры сети зарядных станций.

3. Разработать методику определения параметров сети зарядных станций для электромобилей.

Объект исследования: процесс формирования сети зарядных станций для электромобилей.

Предмет исследования: методы расчета и проектирования сети зарядных станций.

На рисунке 13 представлена блок-схема проведения исследования.

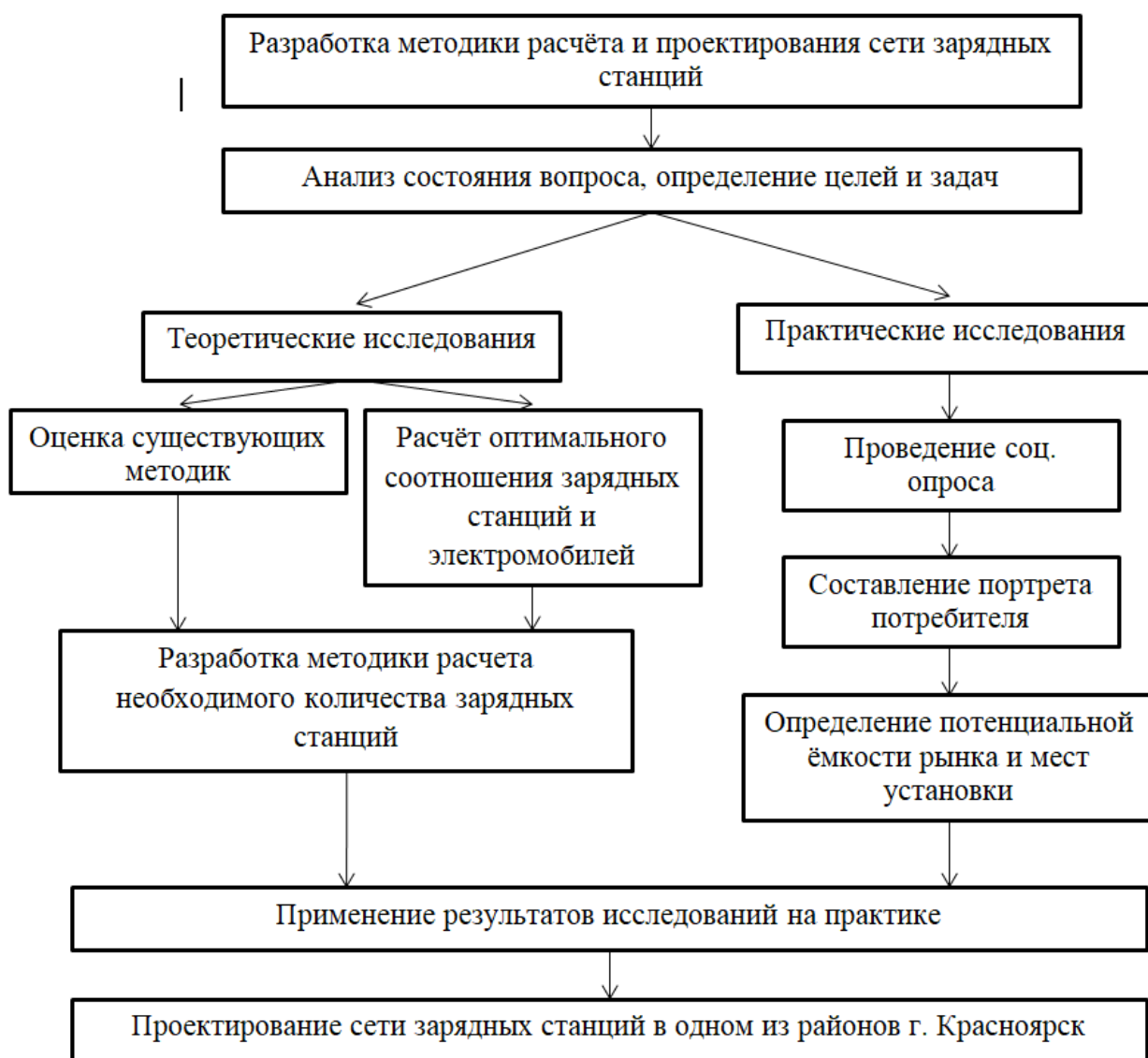


Рисунок 13 – Блок-схема проведения исследования

## **2 Методики определения необходимого количества зарядных станций**

### **2.1 Обоснование оптимального количества зарядных станций электромобилей**

В статье [6] автор считает, что оптимальное количество и эффективность деятельности зарядных станций могут быть определены лишь на основе современных научных методов оптимального проектирования производственных процессов на принципах ресурсосбережения и высокой производительности. Поэтому необходимо установить эффективные соотношения между количеством поступающих за единицу времени заявок и производительностью или пропускной способностью соответствующей зарядной станции.

Автор считает, что зарядные процессы являются типичными системами массового обслуживания. Основная задача при этом заключается в установлении эффективных соотношений между количеством поступающих за единицу времени заявок и производительностью или пропускной способностью соответствующей зарядной станции.

Сложность при этом заключается в том, что из-за случайного характера поступления заявок по времени возможны как образование очереди этих заявок с соответствующим ожиданием, так и простои оборудования зарядной станции из-за отсутствия заявок. Разрабатываемые научные методы должны обеспечить минимальные потери от этих простоев как для обслуживаемых, так и для обслуживающих средств.

Определяем, количество транспортных средств в группе  $m$

$$m = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{КП}} \alpha_{\text{К}} W_m T_{\text{СМ}} K_{\text{СМ}}} \leq m_{\text{Д}}, \quad (1)$$

где  $F_{п}$  – количество подвижного состава в расчетной области, шт;  $D_{кп}$  – обслуживаемый период, ч;  $a_k$  – средний коэффициент использования времени смены;  $W_m$  – производительность одной зарядной станции, шт./ч;  $T_{см}$  – нормативная продолжительность смены, ч.

Также автором представлена схема работы сети зарядных станций в виде замкнутой системы массового обслуживания с ожиданием.

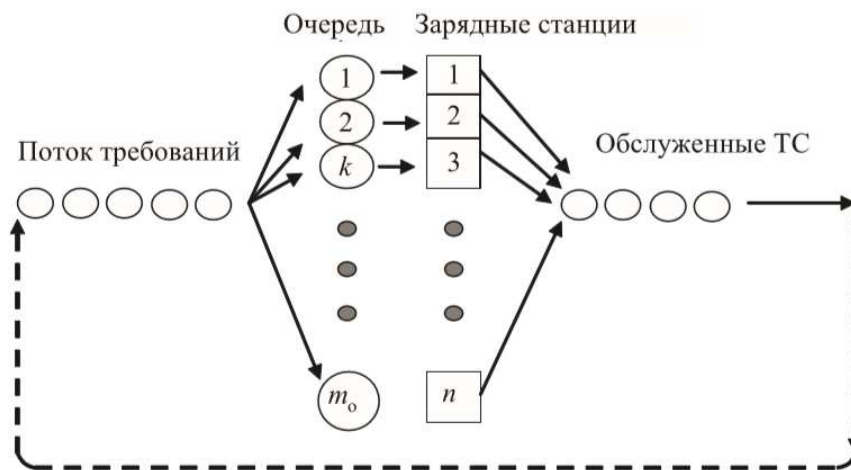


Рисунок 14 – Схема работы сети зарядных станций

Таким образом,  $m_0$  – транспортные средства, ожидающие в очереди;  $n$  – зарядные станции. Основная идея работы: снижение времени простоев как обслуживаемых, так и обслуживающих элементов системы массового обслуживания.

Для упрощения задачи принимают  $n=1$ , проверяя пропускную способность одной зарядной станции с минимальной очередью.

$$\overline{C_{mn}} = m_0 \frac{C_m}{C_n} + P_0 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $m_0$  – длина очереди,  $P_0$  – вероятность простоя обслуживающего средства,  $C_m$  и  $C_n$  – стоимость обслуживаемого и обслуживающего средств соответственно.

$$P_0 = \frac{1}{(1+m\alpha+m(m-1)\alpha^2+\dots+m(m-1)\alpha^m)} \quad (3)$$

$$m_0 = m - (1 - P_0)\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (4)$$

Автор данной работы приводит расчет оптимального количества зарядных станций в зависимости от количества электромобилей на основе теории массового обслуживания.

Преимущества: рассмотрены основные показатели эффективности работы сети зарядных станций, полученные вероятностные математические модели приводят к повышению эффективности работы зарядных станций, определение оптимального количества зарядных станций.

Применяя данную методику можно определить оптимальное количество зарядных станций, необходимое для определённого количества электромобилей, исходя из минимизации простоев и очередей. Однако, формула (2) не учитывает неоднородность поступления заявок в систему. Так в ночное время заявок будет значительно меньше.

Расчеты производятся на основе минимизации простоев как обслуживающих, так и обслуживаемых средств. В современных реалиях данный подход не может быть реализован, потому что зарядные станции и электромобили принадлежат разным лицам с различными приоритетами. Так владельцы зарядных станций стремятся привлечь максимальное количество посетителей, основная цель – отсутствие простоев в работе. Владельцы электромобилей в свою очередь ожидают отсутствие очереди и беспрепятственную зарядку. Данные желания взаимно исключают друг друга.

При применении методики результат не указывает на места установки зарядных станций, что является очень важным вопросом ввиду продолжительности тех. процесса зарядки.

## **2.2 Оптимизация количественных и качественных параметров размещения электростанций для электромобилей в г. Казани с учетом режимов электрических сетей на основе Matlab Simulink**

Один из ключевых вопросов научной работы [7] – подключение зарядных установок к действующей электрической сети. Объектом исследования в данной работе является изучение параметров размещения электростанций в г. Казани на основе моделирования Matlab Simulink. Целью исследований является изучение влияния количества и параметров зарядных установок на режимы работы электрических сетей.

При моделировании изучаются такие показатели, как удаленность трансформаторных подстанций от городской распределительной сети, их загруженность и график работы, количество одновременно заряжаемых автомобилей и режимов их зарядки.

Для достижения целей исследования использован программный продукт Matlab Simulink, который позволяет рассматривать и регулировать режимы электрической сети в виртуальной модели.

Рассчитывается максимальное количество зарядных станций, которые возможно подключить к трансформаторной подстанции, с учетом мощности потребителей. По результатам модельного опыта делается вывод о количественных и качественных параметрах размещения электростанций.

Модель состоит из нескольких блоков: источник трехфазного напряжения (Three-Phase Source), трехфазный измеритель (Three-Phase V-I Measurement), линия с распределенными параметрами (Distributed Parameters Line), трехфазный трансформатор (Three-Phase Transformer), нагрузка (Three-Phase Parallel RLC Load).



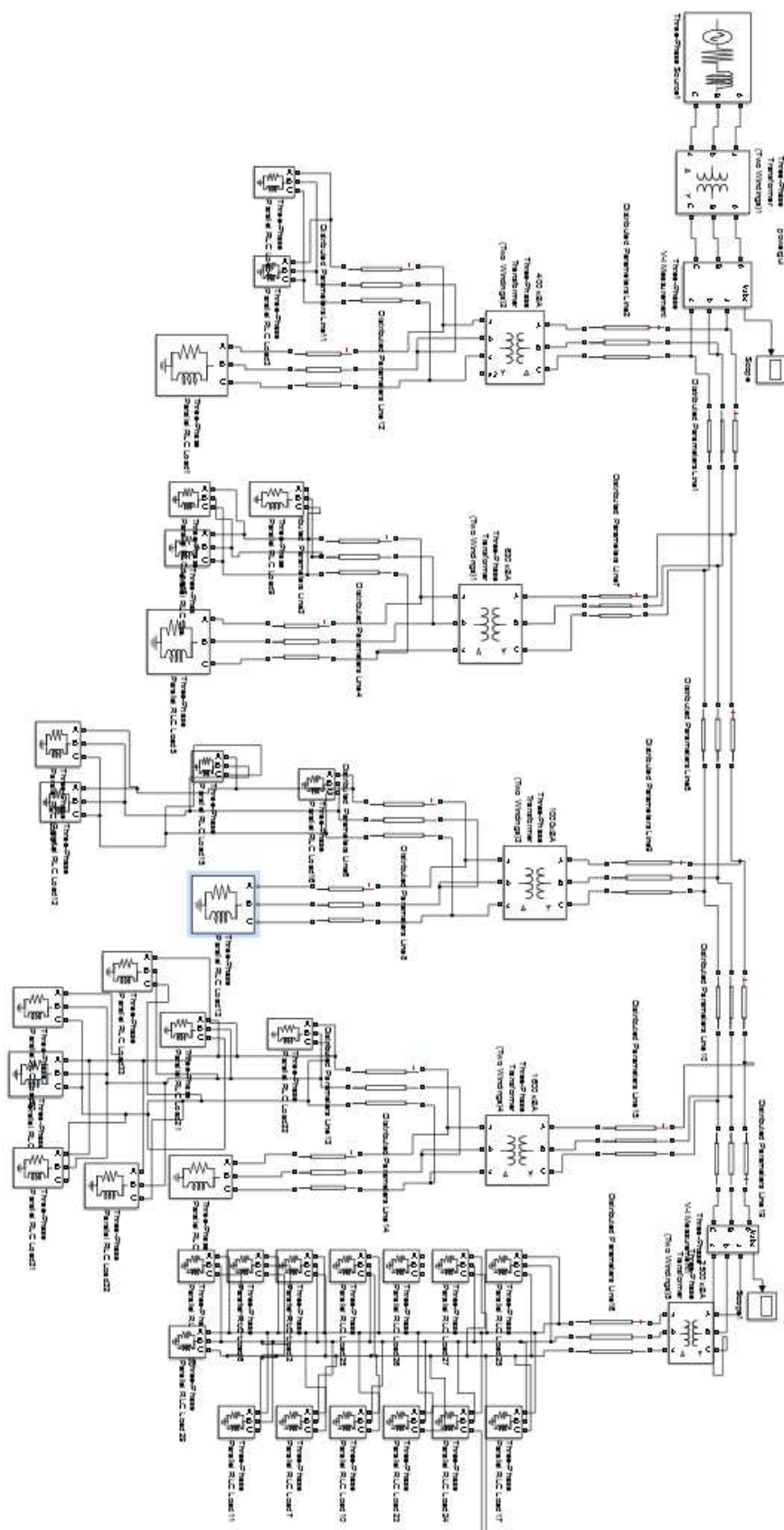


Рисунок 15 – Диалоговое окно с моделью размещения электростанций

С учетом мощности потребителей рассчитывается, максимальное количество зарядных станций, которые возможно подключить к трансформаторной подстанции. Анализ математической модели показывает, что подключение заправочных станций в электрическую сеть не вызывает аварийных ситуаций и значительных помех у других потребителей.

Преимущества работы: рассмотрение вопросов размещения зарядных станций с точки зрения городской сети электроснабжения и нагрузки на эту сеть.

Недостатки: высокая квалификация человека, проводящего моделирование, не учитываются вопросы количества электромобилей в городе, отсутствуют пути определения мест установки зарядных станций в интересах потребителя.

Применение данной методики позволяет определить максимально возможное количество зарядных станций, которое может быть установлено в населенном пункте, без ущерба для системы электроснабжения.

### **2.3 Алгоритм модуля программного комплекса для моделирования системы массового обслуживания электрических зарядных станций**

В данной статье [8] рассматривается алгоритм, позволяющий рассчитывать показатели эффективности системы массового обслуживания электрических зарядных станций. На основе данных показателей производится анализ целесообразности размещения электрической зарядной станции при заданных характеристиках.

Исследуемая система массового обслуживания (СМО) электрических зарядных станций относится к многоканальным СМО с ограниченной длиной очереди, то есть имеется несколько каналов обслуживания, на которые поступает поток заявок.

В качестве показателей эффективности рассматриваются:

1. А – абсолютная пропускная способность СМО;

2.  $Q$  – относительная пропускная способность;
3.  $P_{отк}$  – вероятность отказа;
4.  $P_{оч}$  – вероятность образования очереди;
5.  $k_{зан}$  – среднее число занятых каналов;
6.  $L_{сист}$  – среднее число находящихся в системе заявок;
7.  $T_{сист}$  – среднее время пребывания заявки в системе;
8.  $L_{оч}$  – средняя длина очереди;
9.  $T_{оч}$  – среднее время ожидания в очереди.

Частота появления событий, поступающих в СМО в единицу времени  $\lambda$  – частота появления электромобиля на зарядной станции, определяется по формуле:

$$\lambda_{ref} = \frac{S_{km}}{S_{pr}}, \quad (5)$$

где:  $S_{km}$  – суточный пробег электромобиля,  $S_{pr}$  – запас хода электромобиля. Автор принимает суточный пробег  $S_{km} = 45,75$  км, согласно статистике.

Географическое расположение ЭЗС относительно центра населенного пункта оказывает значительное влияние на количество прибывающих электромобилей на ЭЗС в сутки.

Процент снижения количества электромобилей, прибывающих на ЭЗС, незначительно смещенной от центра населенного пункта – 10,8%, значительно смещенной – 15,65%.

Определена интенсивность количества поступающих в систему заявок, в зависимости от времени суток.

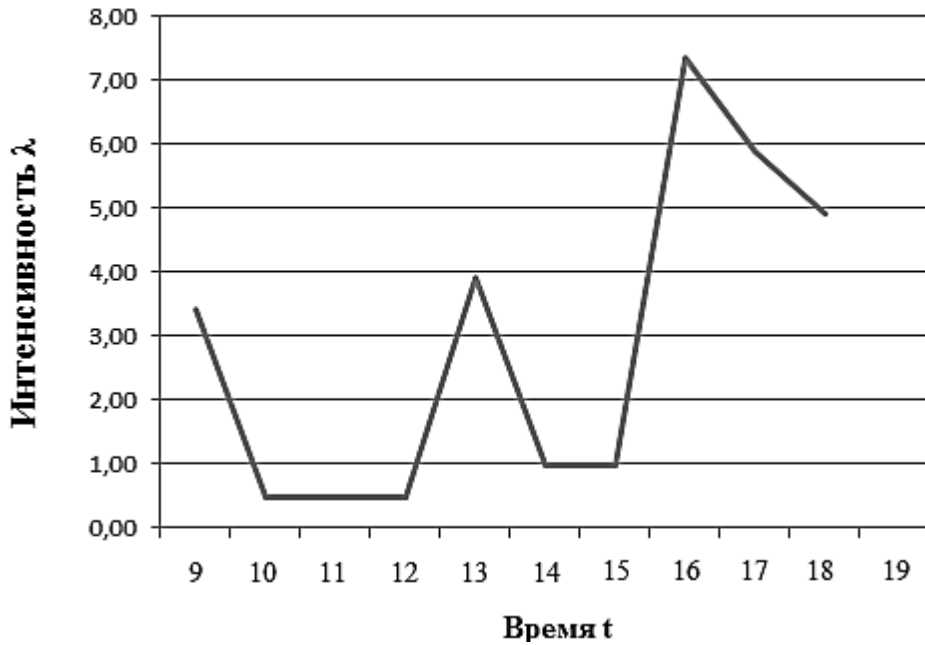


Рисунок 16 – Интенсивность поступающих заявок

По мнению автора, система имеет следующие состояния:

- 1)  $S_0$  – все каналы свободны;
- 2)  $S_1$  – занят только один канал;
- 3)  $S_n$  – заняты все  $n$  каналов;
- 4)  $S_{n+1}$  – заняты все  $n$  каналов и одна заявка в очереди;
- 5)  $S_{n+m}$  – заняты все  $n$  каналов и все  $m$  мест в очереди.

А переходы системы из состояния в состояние стояние происходят под влиянием потоков событий, где:  $\lambda$  и  $\mu$  – интенсивности этих потоков.

Изображен граф представления системы

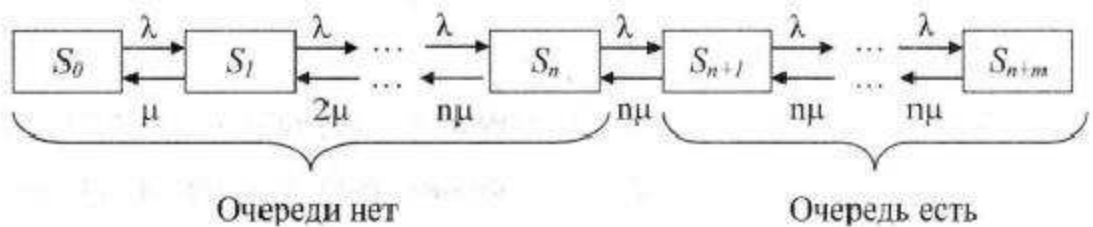


Рисунок 17 – Граф представления СМО

Автовладельцы в данной статье разделены на 3 группы.

1. Заряжают электромобили только дома, не используют городские зарядные станции.
2. Используют как домашние, так и городские зарядные станции.
3. Используют только городские зарядные станции.

Определены параметры эффективности.

1. Вероятность образования очереди.
2. Пропускная способность
3. Число занятых каналов
4. Число заявок в очереди
5. Среднее время ожидания в очереди
6. Число заявок в системе
7. Время пребывания заявки в СМО

Преимущества данной работы: расчет необходимого количества зарядных станций для электромобилей, разделение зарядных станций на группы с описанными изменениями количества обращений в зависимости от удаленности от центра города, разделение автовладельцев на группы, определение интенсивности потока, методы расчета основных параметров сети зарядных станций.

Недостатки данной работы: в работе вводятся поправки в зависимости от удалённости зарядной станции от центра города, что не всегда может говорить о меньшей проходимости владельцев электромобилей как потенциальных, так и действующих. Необходима высокая квалификация человека производящего расчет. Кроме того, методика предполагает наличие определенной сети зарядных станций и определенного парка электромобилей и помогает оценить целесообразность строительства новой зарядной станции.

Применяя данную методику, получаем необходимое количество зарядных станций для определенного количества электромобилей, используя в качестве исходных данных максимальный пробег на одной зарядке и средний суточный пробег.

## **2.4 Исследование состояния и перспективы развития инфраструктуры электромобилей**

В статье [9] автор изучает мировой рынок электромобилей и зарядной инфраструктуры. Автор отмечает, что основным сдерживающим фактором развития рынка электромобилей является отсутствие инфраструктуры, прежде всего сети зарядных станций.

Опытным путём автор определяет следующую закономерность: на начальном этапе развития на каждый электромобиль должно приходиться от 2 до 4 зарядных станций. В пример автор приводит один из самых крупных проектов по созданию инфраструктуры электромобилей в США (The EV Project) на 8500 электромобилей предполагает создание 14 960 зарядных станций всех типов.

Применяя данные показатели для России, автор, применяя коэффициент дисконтирования, получает следующие цифры: во всех крупных городах России появится 168000 электромобилей, для них должно быть оборудовано 333600 зарядных станций. После чего можно ожидать взрывной рост массового рынка электромобилей, так как будет создана необходимая инфраструктура и потребителям станет комфортно покупать электромобили.

Так же автор отмечает, что количество новых предприятий будет исчисляться сотнями, а количество новых рабочих мест – тысячами.

Недостатки работы: для определения необходимого количества применяется опытный подход, однако автор приводит только один пример. Кроме того определение границ применения методики производится экспертным методом, что может нести в себе большие погрешности. Не предлагается подход к определению мест установки зарядных станций, при их большом количестве могут нарушаться парковочные пространства города с пустующими зарядными станциями.

## **2.5 Выводы по второй главе**

Существующие методики расчета необходимого количества зарядных станций имеют существенные недостатки. Не учитывают множества факторов формирования сети, а так же не позволяют решить задачи данной диссертации. Они могут применяться в узких особенных случаях и для решения определённых целей: оценка нагрузки на электрическую сеть города, целесообразность увеличения уже существующей сети, оценка простоев зарядных станций и электромобилей. Либо основываются на предыдущем опыте без приведения доказательств.

### **3 Предлагаемый метод проектирования сети и размещения зарядных станций**

Для разработки грамотной методики необходимо провести следующие действия:

- составить прогноз изменения парка электромобилей в городе Красноярск на обозримую перспективу;
- предложить методики определения параметров сети зарядных станций для электромобилей.

#### **3.1 Проведение социологического опроса**

Зарядные станции предназначены для потребителей – владельцев электромобилей. Они должны быть удобными, чтобы постоянно использовались для зарядки. Заряжаясь в публичных местах, электромобили будут привлекать внимание, что поможет заинтересовать людей и впоследствии увеличить рынок электромобилей в Красноярске.

Но для этого они должны быть востребованы, для чего в свою очередь они должны быть удобными. Ввиду длительности процесса, зарядка электротранспорта должна проходить, не отвлекая автовладельцев от привычных занятий. Соответственно зарядные станции должны быть территориально распределены в наиболее популярных общественных местах.

Для того, чтобы определить ключевые точки концентрации действующих и потенциальных клиентов был проведен социологический опрос среди автовладельцев и автолюбителей на различных автомобильных площадках: Drom.ru, тематические группы «ВКонтакте», а также, путем прямого анкетирования. Кроме определения ключевых точек для установки электромобилей соц. опрос позволит определить потенциальную ёмкость рынка электромобилей в Красноярске. В настоящее время в опросе приняли участие 473 человека.



### **3.1.1 Составление портрета потенциального потребителя**

Для успешного осуществления коммерческой деятельности очень важно знать свою целевую аудиторию, ее портрет.

Если грамотно составить портрет потребителя: изучить его поведение, потребности, особенности и, образ жизни и привычки, можно создать доступную, удобную и востребованную инфраструктуру.

Портрет потребителя — это собирательный образ потенциального клиента, основанный на определенных социально-демографических и психологических характеристиках: его возраст, пол, семейное положение, место жительства, сфера деятельности, должность, уровень дохода, социальный статус, привычки, увлечения и т. д.

Портрет клиента необходим, чтобы понять, чего именно ожидает потребитель, где и какой зарядной станцией ему будет удобно пользоваться, а также выделить группу людей, потенциальных потребителей, чтобы понимать ёмкость рынка. Чем подробнее описание потенциального потребителя, чем больше характеристик учитывает портрет, тем выше шанс создать действительно актуальное, удобное и востребованное предложение для потребителя.

Таким образом, для понимания потребностей владельцев электромобилей, для того, чтобы предоставить максимально удобную сеть зарядных станций, а так же для определения потенциальной ёмкости рынка, составлена анкета и проведен опрос среди автолюбителей.

В первую очередь, разделим людей на 2 группы: Те, кто хотели бы приобрести электромобиль и тех, кто нет. Результат опроса представлен на рисунке 18.

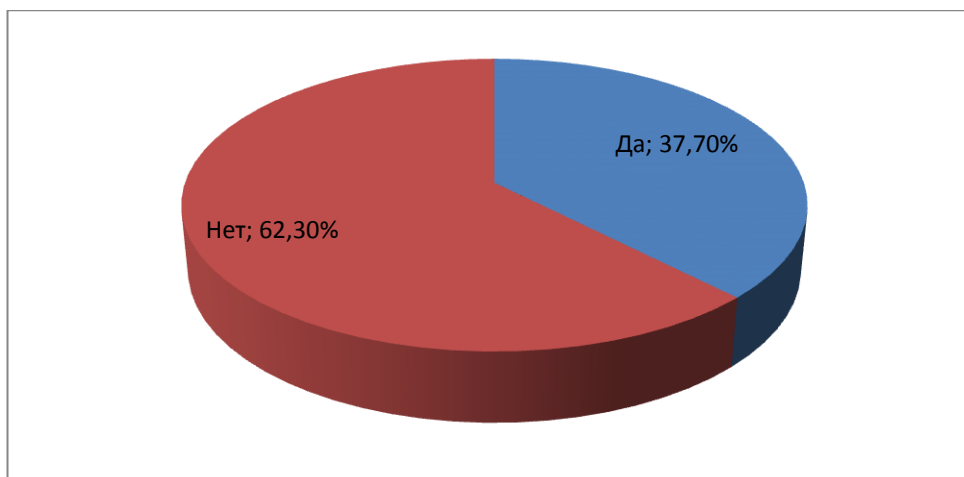


Рисунок 18 – Ответы на первый вопрос

Для выявления портрета потребителя продолжаем работать с группой людей, которые ответили «Да». В дальнейшем, подробнее рассмотрим вторую группу людей, для выявления причин отсутствия интереса к электромобилям, чтобы оценить возможность влияния на отталкивающие факторы.

Для определения группы людей было решено определять следующие показатели: Возраст, пол семейное положение, образование, род занятий, место проживания, средний месячный доход. Рассмотрим результаты опроса.

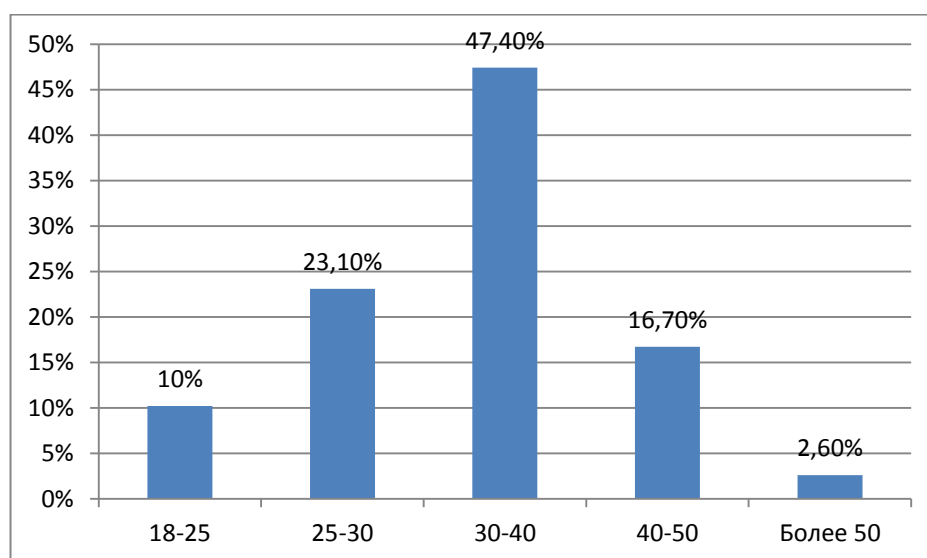


Рисунок 19 – Возрастная структура потребителя

Таким образом, около 50-ти процентов опрошенных, желающих приобрести электромобиль находятся в возрасте от 30 до 40 лет.

Рассмотрим половую структуру потенциального потребителя.

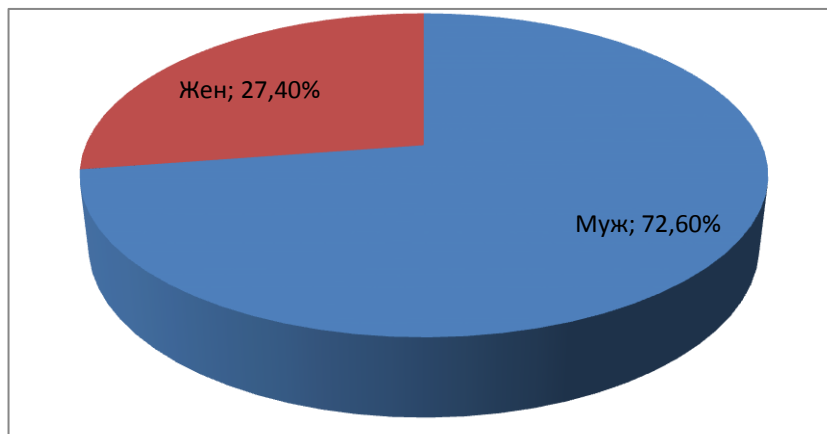


Рисунок 20 – Структура потенциальных потребителей по половому признаку

Большинство потенциальных владельцев электромобилей – мужчины, однако присутствуют и женщины. Обусловлено это универсальностью электромобилей. Они могут быть использованы, как семейные автомобили, личные для поездок на работу, в коммерческой деятельности (например, такси) и тд.

Рассмотрим структуру потенциальных потребителей по семейному положению.

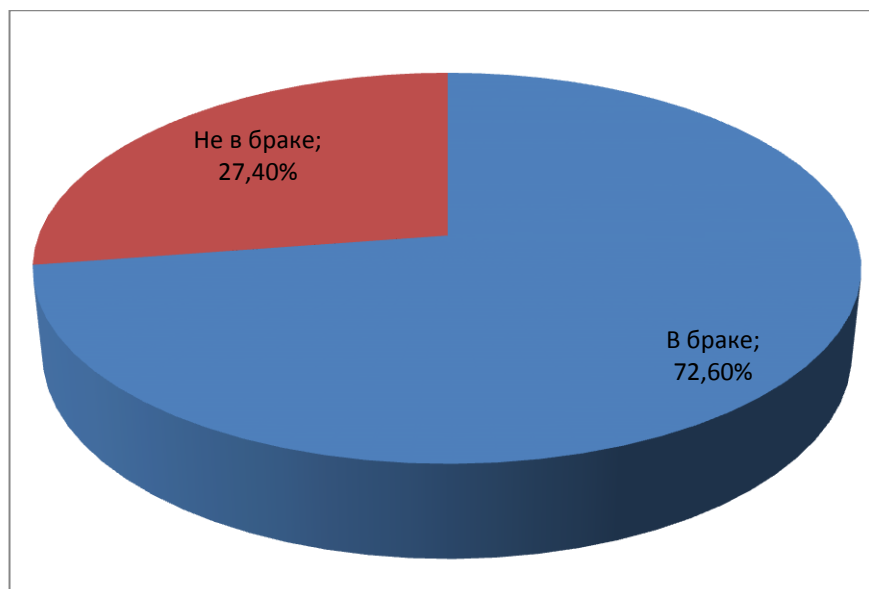


Рисунок 21 – Структура потенциальных потребителей по семейному положению

Как видно из диаграммы, большинство потенциальных потребителей – состоят в браке, но присутствуют и люди, не состоящие в браке, что опять же подчеркивает универсальность электромобилей.

Структура потенциальных потребителей по образованию представлена на рисунке 22.

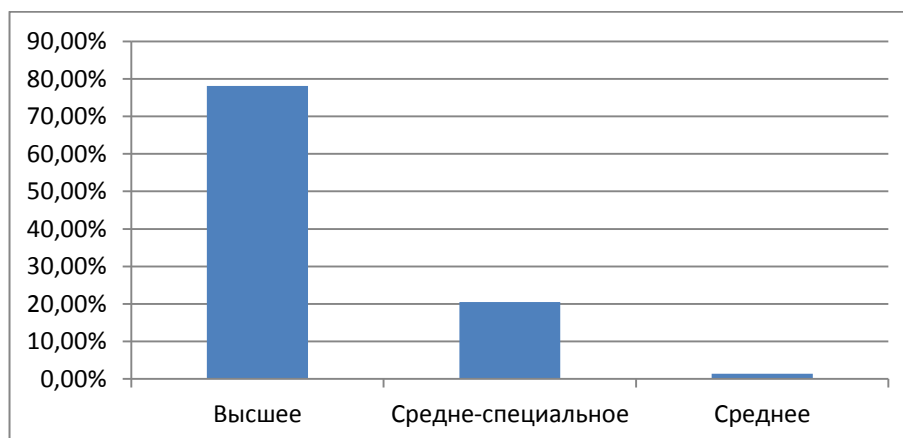


Рисунок 22 – Структура потенциальных потребителей по образованию

Электромобили предпочитают, как правило, люди с высшим образованием, возможно, это обусловлено более высоким средним

заработком. Ввиду того, что электромобили дороже традиционных автомобилей с ДВС, особенно в бюджетном классе, люди с низкими доходами не могут себе их позволить.

Для сужения круга людей, определим, кто больше заинтересован в приобретении электромобилей люди, проживающие в городе или в пригородных жилых комплексах. Результаты представлены на рисунке 23.

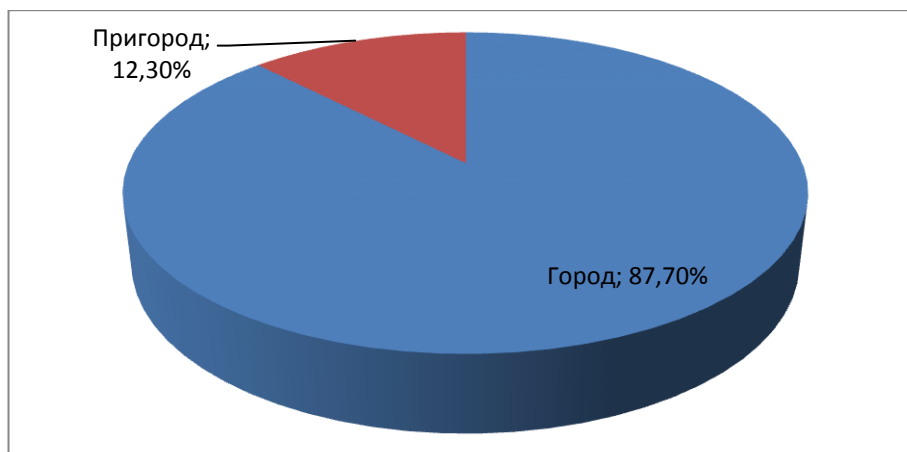


Рисунок 23 – Структура потенциальных потребителей по месту проживания

Подавляющее большинство опрошенных проживают в пределах города.

Для оценки необходимости зарядной инфраструктуры а так же дополнительного уточнения для более полного портрета потребителя необходимо уточнить тип жилья потенциальных потребителей. Люди, проживающие в частных домах, в меньшей степени зависимы от зарядной инфраструктуры, потому что могут заряжать электромобили ночью непосредственно в своем доме. В то время как люди, проживающие в многоквартирных домах, лишены такой возможности.

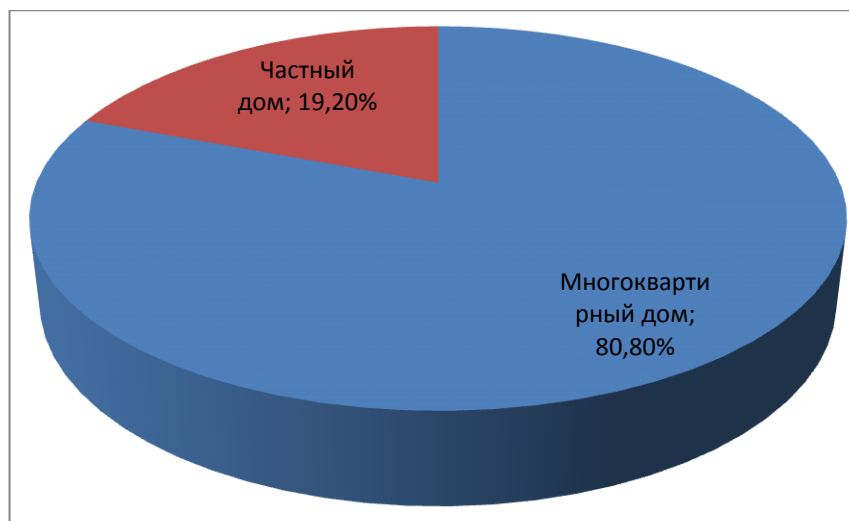


Рисунок 24 – Тип жилья потенциальных клиентов

Исходя из данного графика, 80% людей, которые положительно настроены на покупку электромобиля, проживают в многоквартирных домах. Это целевая категория, на которую в первую очередь направлено строительство зарядной инфраструктуры. Как показывает практика, заряжать электромобиль во дворе собственного дома даже при наличии собственной зарядной станции практически невозможно ввиду того, что постоянно занятое парковочное место негативно оценивается другими автовладельцами.

Для окончательного завершения портрета потребителя оценим средний месячный доход людей, желающих приобрести электромобиль. Это так же поможет оценить, какие именно электромобили могут приобретаться на территории города Красноярск. Результаты представлены на рисунке 25, единицы измерения тыс. рублей.

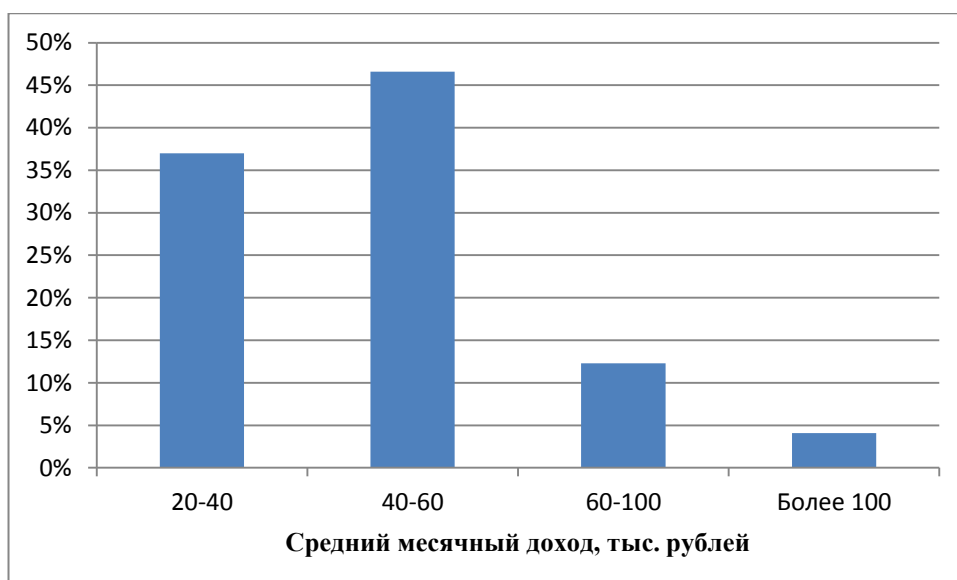


Рисунок 25 – Распределение потенциальных потребителей по среднему месячному доходу

Исходя из данного графика, можно сделать вывод, что электромобили желают приобрести люди среднего класса. Объяснить это можно экономией на топливе и на обслуживании. Таким образом, люди получают существенную экономию своих денежных средств.

Подытожив все вышеупомянутое можно составить портрет потенциального владельца электромобиля. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Портрет потенциального владельца электромобиля

Показатель	Значение
Возраст, лет	30-40
Пол	М
Семейное положение	В браке
Образование	Высшее
Место проживания	Город
Тип жилья	Множкквартирный дом
Средний месячный доход, рублей	40000-60000

### 3.1.2 Определение потенциальной ёмкости рынка

После определения схожих признаков среди потенциальных потребителей, необходимо определить процент людей, подходящих по каждому признаку на исследуемой территории, в случае нашего исследования это город Красноярск. Для упрощения определения потенциального количества электромобилей можно воспользоваться органами государственной статистики. Воспользуемся сервисом Красноярскстат [10].

После определения доли потенциальных владельцев электромобилей по каждому признаку, воспользуемся следующей формулой:

$$N_{\text{П.В.}} = \frac{N_{\text{ч}}}{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{П.В.}}$  – количество потенциальных владельцев электромобилей,  $N_{\text{ч}}$  – численность населения на исследуемой территории,  $X_1 \dots X_n$  – используемые признаки.

Подставляем полученные данные в формулу (6), получаем 11254 человека или 1,03% населения, подходящего под полученные признаки.

Таким образом, при должном уровне развития зарядной инфраструктуры, постоянно подстраивающейся под текущие потребности владельцев можно получить парк электромобилей в размере 11254 экземпляров к 2030 году.

### 3.2 Определение ключевых точек концентрации потенциальных клиентов

Составив портрет потребителя, и определив потенциальную ёмкость рынка электромобилей в городе Красноярске, необходимо вернуться к



другому важному вопросу – ключевые точки концентрации потенциальных владельцев электромобилей. Результат опроса представлен на рисунке 22.

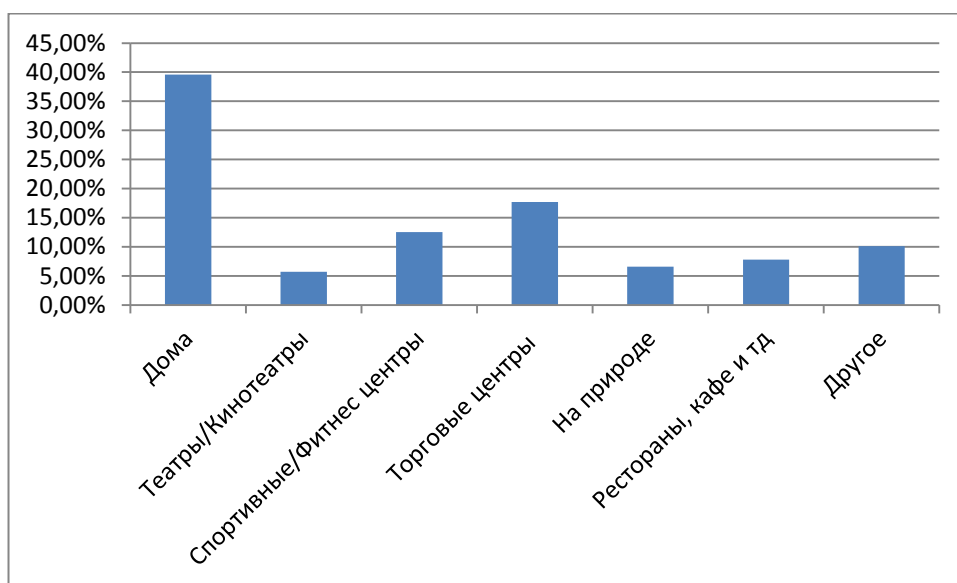


Рисунок 26 – Ключевые точки концентрации потенциальных потребителей

Анализируя график, можно сделать вывод, что наиболее популярное место времяпровождения – это дом, за ним идут торговые центры и спортивные/фитнес центры. Наименее популярные места – театры и кинотеатры. В графу «Другое» вошли ответы – в гараже, на рыбалке, на дачном участке и т.п. – места, на которых невозможно обеспечить потребителя зарядной инфраструктурой.

### 3.2.1 Выбор зарядных станций для общественной сети

Под выбором зарядных станций понимаем тип (уровень) зарядных станций. Данные уровни рассмотрены в пункте 1.3. От этого зависит время зарядки АКБ электромобиля. Поэтому необходимо определить места, в которых люди проводят достаточно времени для зарядки электромобиля различными уровнями зарядных станций.

В данном пункте рассматриваются только зарядные станции 2-го и 3-го уровня, потому что зарядки 1-го уровня применяются только в домашних условиях и не устанавливаются в общественных местах. Во-первых, они обладают очень большим временем зарядки. Во-вторых, они не предназначены для установки на улице и не адаптированы к изменению погодных условий.

Места установки зарядных станций изображены на рисунке 22.

Зарядные станции 3-го уровня подходят для установки во всех перечисленных местах.

Зарядные станции второго уровня подходят только для установки возле мест проживания людей, потому что только дома люди могут комфортно провести достаточное количество времени для зарядки электромобиля.

В дальнейшем будут рассмотрены 2 варианта сети зарядных станций: только с зарядными станциями 3-го уровня и с зарядными станциями 2-го и 3-го уровней.

### **3.3 Расчет необходимого количества зарядных станций**

Нормы необходимого количества зарядных станций на определённый парк отсутствуют. Предлагается адаптировать нормы для АЗС, сделать поправки на особенности тех. процесса зарядки и количества зарядок в единицу времени.

Согласно «СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [11] применяются следующие нормы, установленные на необходимое количество АЗС, а именно 1 топливораздаточный пистолет на 1200 автомобилей. Адаптируем данные нормы для зарядных станций.

Согласно проведенному опросу получаем средний дневной пробег автомобилей.

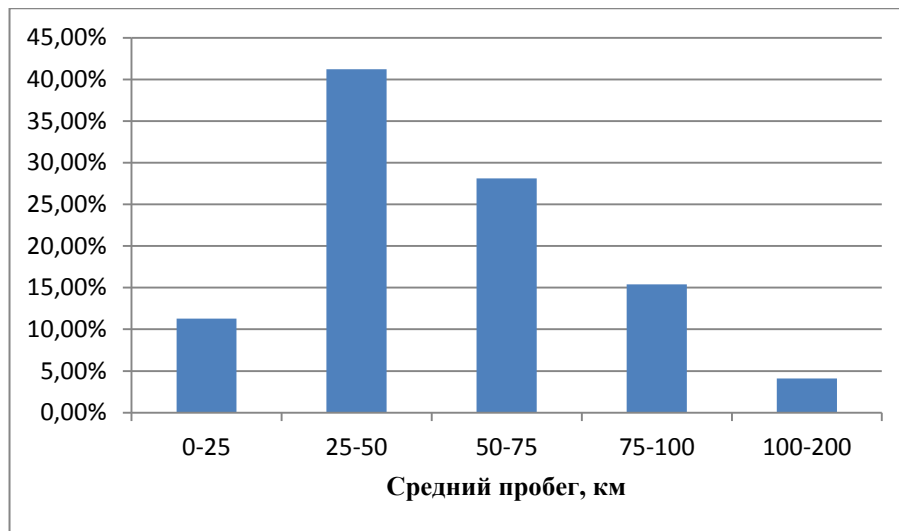


Рисунок 27 – Средний дневной пробег опрошенных

Таким образом, получаем в среднем 53,96 км в день, недельный пробег при этом составит 377,72 км.

Для того чтобы оценить необходимое количество топлива на неделю выберем самый популярный автомобиль в России за 2018 год. Согласно рейтингу [12] это Лада Vesta. В заявленных характеристиках автомобиля расход топлива в смешанном цикле составляет 8,5 л. на 100 км. Тогда автомобилю понадобится 32,11 л. топлива в неделю. В среднем это составит 2 заправки в неделю по 16 л.

Рассмотрим электромобили на примере самой популярной марки в России – Nissan Leaf. Заявленный производителем пробег – 160 км. на одном заряде. Все зарядные станции, находящиеся в Красноярске являются быстрыми, которые обеспечивают заряд электромобиля до 80% за 30 минут. Необходимое количество зарядок в неделю определим при помощи формулы:

$$\frac{L}{L_3 \times 0,8}, \quad (7)$$

где  $L$  – недельный пробег электромобиля,  $L_3$  – пробег электромобиля на одном заряде.

Подставляем значения пробегов в формулу (7) и получаем следующий результат, зарядок электромобиля в неделю зарядными станциями 3-го уровня:

$$\frac{377,72}{160 \times 0,8} = 2,95$$

Таким образом, электромобилю потребуется 3 зарядки за неделю.

Необходимо сравнить затраты времени на заправку автомобиля топливом и зарядку электромобиля.

Согласно [13] тех. процесс заправки автомобиля топливом на АЗС составляет в среднем 5 минуты.

Для определения оптимального соотношения зарядных станций к электромобилям воспользуемся следующей формулой:

$$X_{\text{э}} = \frac{X_{\text{а}}}{\frac{T_{\text{э}} \times N_{\text{э}}}{T_{\text{а}} \times N_{\text{а}}}}, \quad (8)$$

где  $X_{\text{э}}$  и  $X_{\text{а}}$  – нормы количества электромобилей и автомобилей соответственно;  $T_{\text{э}}$  и  $T_{\text{а}}$  – время заправки электромобиля и автомобиля соответственно;  $N_{\text{э}}$  и  $N_{\text{а}}$  – среднее количество заправок в неделю.

Подставляем известные данные в формулу (8) и получаем следующее соотношение зарядных станций к электромобилям:

$$\frac{1200}{\frac{30 \times 3}{5 \times 2}} = 133,333$$

Получаем норму не менее 1 зарядной станции 3-го уровня на 133 электромобиля.

Аналогичным образом определим соотношение для зарядных станций 2-го уровня.

Количество зарядок в неделю определяем по формуле (7). С учетом того, что в данном случае зарядка производится уже до 100%, получаем 2,36 зарядок в неделю. Округляем до 2-х в среднем в неделю.

По формуле (8) определяем необходимое количество зарядных станций 2-го уровня.

$$\frac{133}{\frac{240}{30} \times \frac{2}{3}} \approx 25$$

Получаем не менее 1 зарядной станции 2-го уровня на каждые 25 электромобилей.

### **3.4 Выводы по третьей главе**

Для грамотного проектирования необходим всесторонний подход определения параметров сети зарядных станций. Необходимо составить прогноз изменения парка электромобилей в исследуемом регионе. При отсутствии долговременных статистических данных, предлагается использовать социологический опрос с последующим составлением портрета потребителя.

Кроме того необходимо определить структуру зарядной сети, а именно типы зарядных станций и необходимое количество зарядных станций. Ввиду отсутствия норм необходимого количества зарядных станций и правил проектирования зарядной сети, установленных государством, принято решение адаптировать нормы количества АЗС и использовать их для зарядных станций.

Определено потенциальное количество электромобилей в городе Красноярск на обозримую перспективу, можно сделать вывод о возможности

использования как зарядных станций 2-го уровня (с некоторыми особенностями), так и только 3-го уровня. Определено соотношение количества зарядных станций 2-го и 3-го уровня к количеству электромобилей.

## 4 Пример проектирования сети зарядных станций для электромобилей

### 4.1 Выбор исходных данных

В качестве примера целесообразно рассмотреть часть города, чтобы показать работоспособность методики. В дальнейшем подобным образом можно рассмотреть город целиком.

Для демонстрации методики был выбран Советский район города Красноярска.



Рисунок 28 – Карта Советского района города Красноярск

Население советского района 323783 человека. Согласно пункту 3.1.2 под портрет потребителя подходит 1,03% населения. Таким образом, получаем прогнозируемый парк 3335 электромобилей к концу расчётного периода.

Согласно формуле (8) для данного парка потребуется:

$$\frac{3335}{134} = 24,89 \text{ зарядных станций 3-го уровня}$$

Т.к. в адаптированных нормах получаем не менее 1 зарядной станции на 134 электромобилей, округляем до 25.

Согласно рисунку 26 получаем следующую структуру сети (Таблица 3).

Таблица 3 – Структура сети зарядных станций

Место расположения	Количество
Жилые массивы	10
Торговые центры	5
Спортивные/Фитнес центры	4
Рестораны, кафе и тд	2
На природе	2
Театры/Кинотеатры	2
Итого	25

Определим прогнозируемое количество электромобилей, заряжающихся возле мест проживания людей и необходимое количество зарядных станций второго уровня для их обслуживания.

$$134 \times 10 = 1340$$

$$\frac{1340}{25} = 53,6 \text{ Зарядных станций.}$$

Округляем до 54.

После этого необходимо среди вариантов в таблице 3 выделить ключевые точки концентрации потенциальных клиентов в Советском районе.



## 4.2 Зарядные станции, расположенные в жилых массивах

В Советском районе города Красноярск большую часть площади занимают жилые массивы. Заранее предугадать в какой части района будет проживать наибольшее число потребителей невозможно. Таким образом, основная задача покрыть наибольшую территорию и грамотно распределить зарядные станции.

Кроме того, необходимо учитывать расстояние до зарядных станций, установленных у других объектов для наилучшего распределения ресурсов, расширения доступности зарядных станций и покрытия наибольшей площади.

Предложенный вариант распределения зарядных станций в жилых массивах Советского района представлены на рисунках 29 и 30.

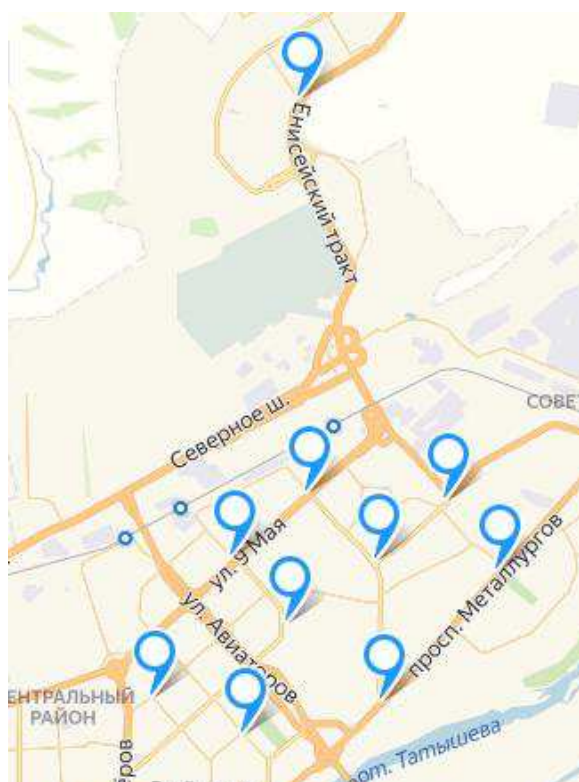


Рисунок 29 – Предложенный вариант установки зарядных станций 3-го уровня в жилых массивах



Окончание таблицы 4

Название	Площадь, м <sup>2</sup>	Оценка Flamp	Адрес
Планета	110 000	3,5	9 Мая 77
Комсомольский	30000	3	Комсомольский проспект 18
Сибирский городок	22560	3	МатеЗалки 5
Тополя	8139	2	Металургов 2р
Лента	12000	3	9 Мая 62
Командор	25718	3,5	78 Добр. Бригады 12
Авиатор	24494	3,5	Авиаторов 5

Для определения целесообразности размещения зарядных станций обозначим данные торговые центры на карте.

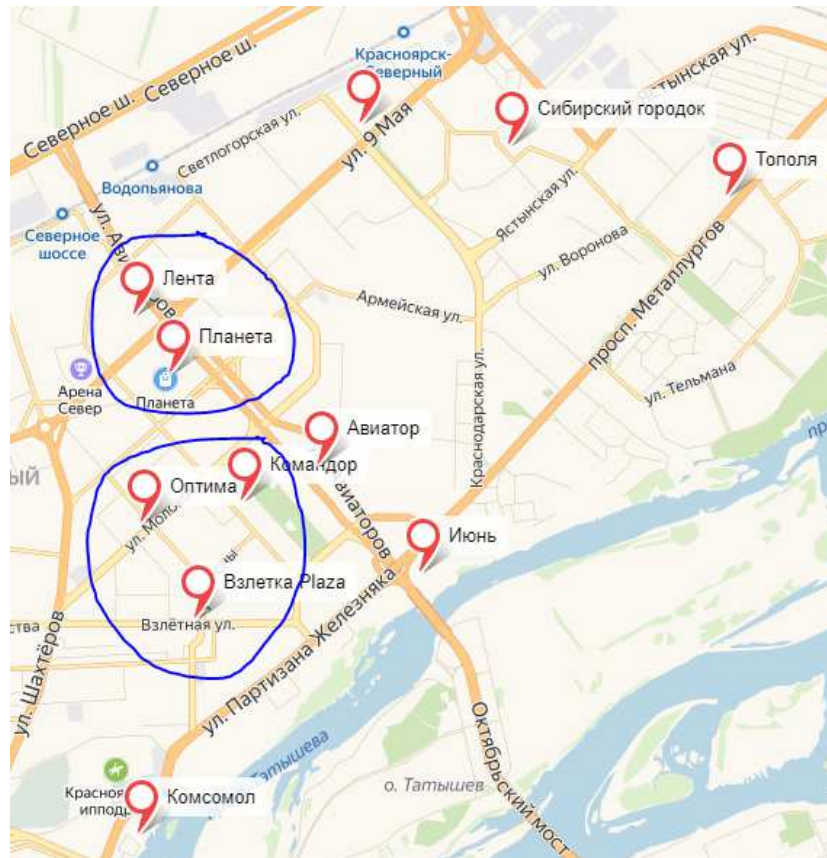


Рисунок 31 – Карта торговых центров Советского района

На карте видно, что в нескольких локациях достаточно большая концентрация торговых центров. Исходя из необходимого количества зарядных станций, установленных возле торговых центров, необходимо выбрать наиболее удачные варианты и распределить затраченные ресурсы с максимальной доступностью и востребованностью.

Конечный вариант предложенной установки зарядных станций возле торговых центров представлен на рисунке 32.

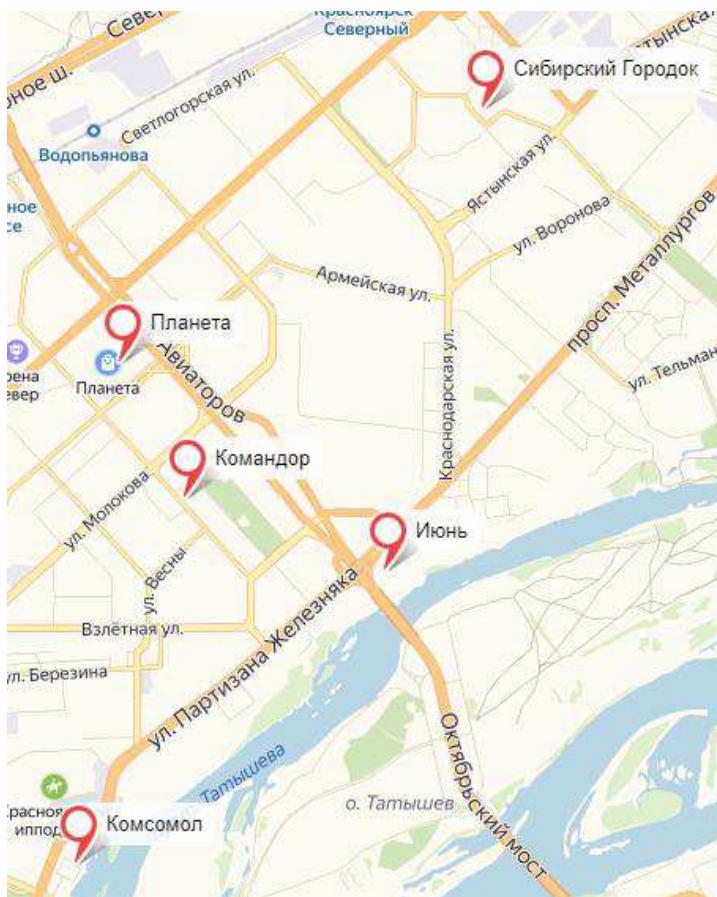


Рисунок 32 – Предлагаемый вариант установки зарядных станций возле торговых центров

В местах наибольшего скопления торговых центров выбираем самые крупные и наиболее популярные. Таким образом, получаем равномерное распределение зарядных станций по территории района, охват основных ключевых точек в виде самых крупных торговых центров или наибольший охват дополнительных «случайных» клиентов.

#### **4.4 Зарядные станции, установленные возле спортивных и фитнес центров**

В Советском районе присутствуют 2 ледовые арены – Кристалл арена и арена Север. Кроме того присутствует самая крупная сеть фитнес-залов Колизей. Наиболее крупные фитнес-центры Колизей располагаются в ТЦ Июнь и Планета, в непосредственной близости от которых находятся арена Север и Кристалл арена. Соответственно посетители данных заведений могут быть обслужены соответствующими зарядными станциями. Среди других фитнес залов можно отметить Strongo и Самсон – как крупные тренажерные залы с высоким рейтингом на Flamp.

При проектировании сети необходимо учитывать не только зарядные станции у отдельных объектов, но и общую городскую сеть. Избегать повторной установки зарядных станций у мало значимых объектов и «укрепление» сети в ключевых наиболее посещаемых точках.

Предлагаемый вариант установки зарядных станций изображен на рисунке 32.

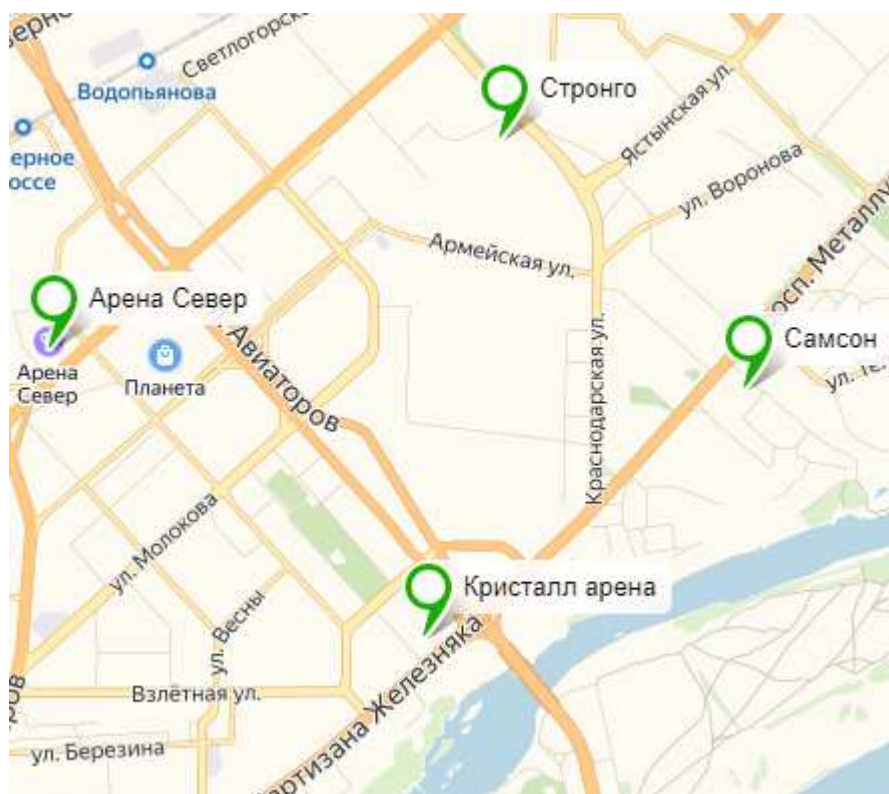


Рисунок 33 – Предлагаемый вариант установки зарядных станций возле спортивных и фитнес центров

#### 4.5 Зарядные станции, установленные возле ресторанов и кафе

Согласно Таблице 3 необходимо 2 зарядные станции данного типа. Очевидно, что в современных условиях пунктов быстрого питания достаточно много и таким количеством зарядных станций покрыть все пункты питания просто невозможно.

В данном случае необходимо оценить застройку города пунктами питания, выделить ключевые точки с наибольшей концентрацией и обеспечить их покрытие сетью зарядных станций.

Согласно [14] в Советском районе города Красноярска находится 546 пунктов приёма пищи, включая рестораны, кафе, рестораны быстрого питания и т.п.



Рисунок 34 – Пункты приема питания Советского района

Проанализировав данное изображение, предлагается следующий вариант установки зарядных станций, изображен на рисунке 34.

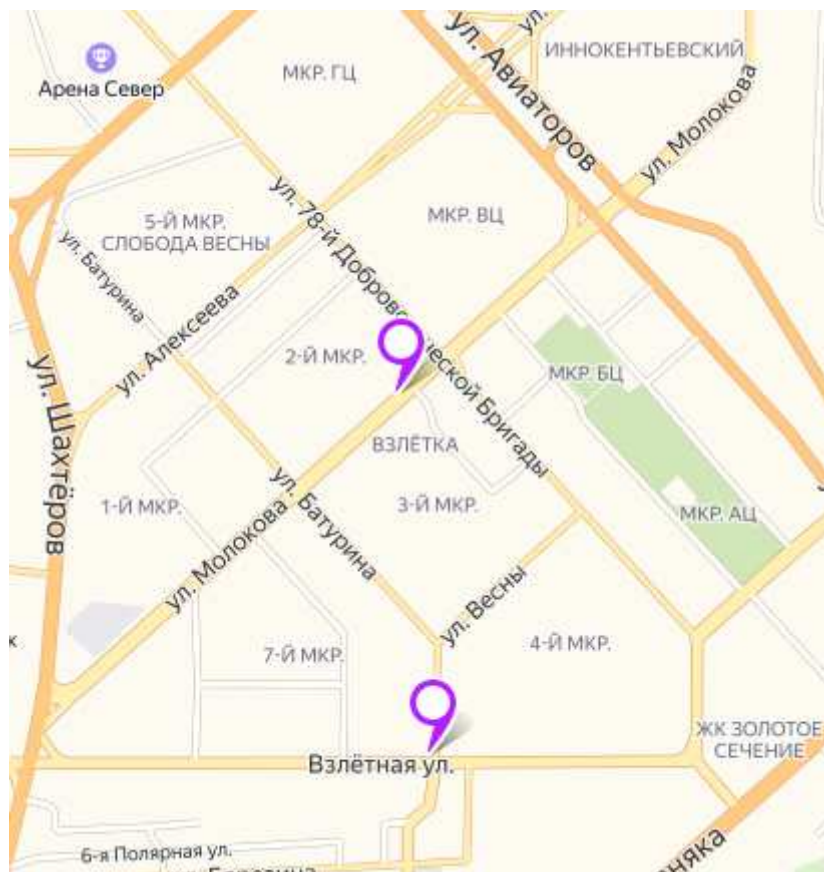


Рисунок 35 – Предложенный вариант расстановки зарядных станций возле пунктов приема питания

Таким образом, мы покрываем максимальную территорию, пункты приема питания расположенные возле ТРЦ Планета и Июнь будут покрыты другими зарядными станциями. Приём пищи в ТРЦ осуществляется в основном людьми, которые совершают покупки, в данном же вопросе рассматриваются только люди, основная цель которых прием пищи и отдых в публичных заведениях.

#### **4.6 Зарядные станции, покрывающие места отдыха на природе**

Необходимо оценить места отдыха на природе в Советском районе. Под отдыхом на природе понимается возможность занятия спортом на природе, зона для барбекю, рыбная ловля, возможно отдых на собственных садовых участках.



На территории Советского района расположено достаточно большое количество скверов и парков, однако они не подходят под описание отдыха на природе, имеют достаточно небольшое количество посетителей, основная часть которых проживает поблизости и приходит в парк пешком, без автомобиля. Остальные же посетители могут быть покрыты другими зарядными станциями. В черте города можно выделить остров Татышев, как самую крупную площадку для отдыха на природе в Советском районе, как в летнее, так и в зимнее время года.

Необходимое количество зарядных станций данного типа – 2. Наиболее популярное место отдыха на природе в Советском районе – остров Татышев, который посещают как в летнее, так и в зимнее время года. Парки Советского района являются небольшими и не обеспечены достаточной площадью парковочных пространств, ввиду того, что посещаются в основном жителями близлежащих домов. Исходя из этого, предлагается установить 2 зарядные станции на острове Татышев. Предложенный вариант установки зарядных станций данного типа предложен на рисунке 35.

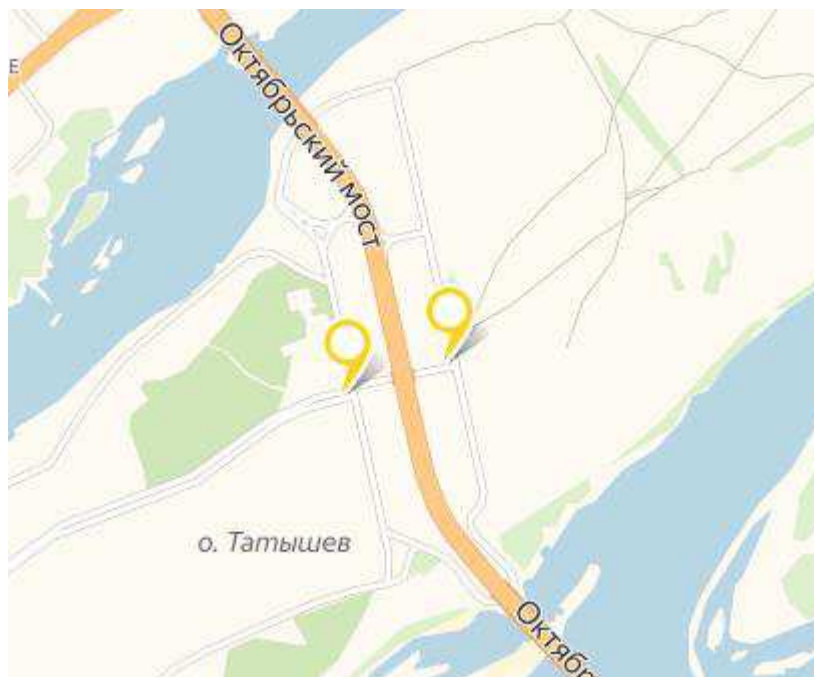


Рисунок 36 – Зарядные станции, помогающие обеспечить отдых на природе владельцам электромобилей

#### 4.7 Зарядные станции, расположенные возле кинотеатров

На территории Советского района расположено 2 кинотеатра: Mori Cinema и Киномакс, которые расположены соответственно в ТРЦ Июнь и Планета.

По 1 зарядной станции предлагается установить возле каждого кинотеатра. Дополнительная зарядная станция рекомендуется к установке в районе ТРЦ Планета и возле кинотеатра Киномакс соответственно.

Данное решение принято ввиду большего объема посетителей, так же это поможет закрепить данную точку и охватить больший поток пользователей.

Вариант расстановки зарядных станций возле кинотеатров представлен на рисунке 36.

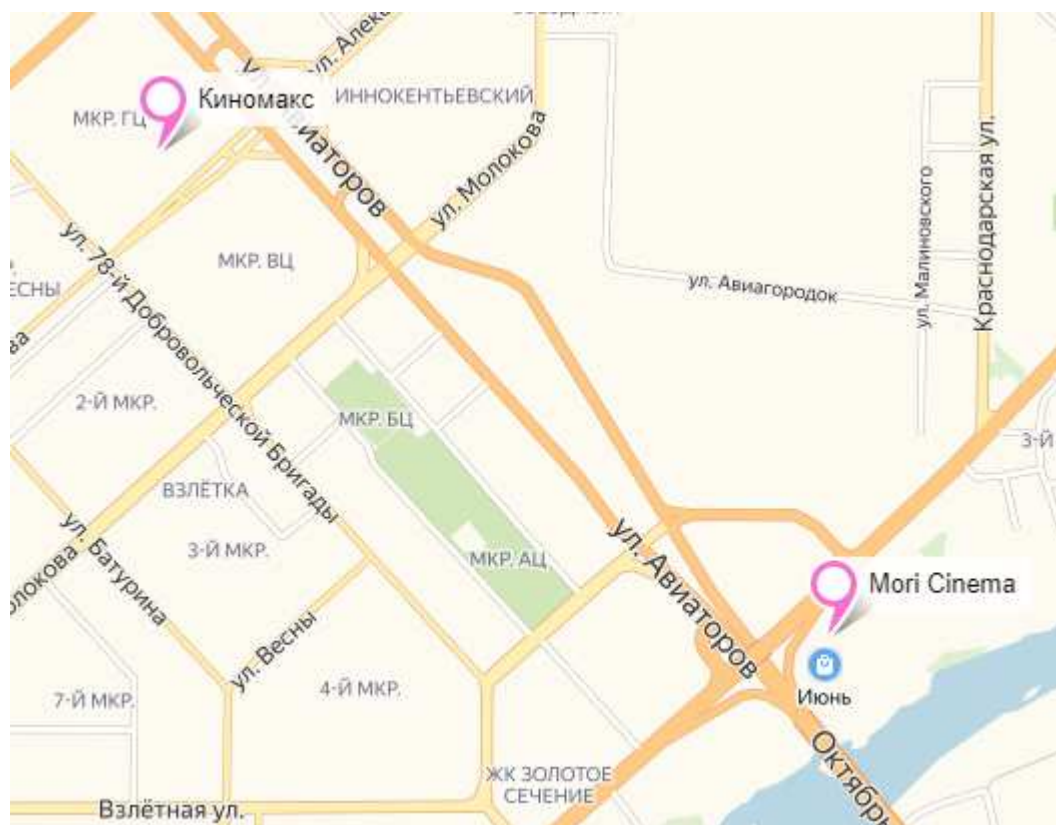


Рисунок 37 – Зарядные станции, установленные возле кинотеатров

#### 4.8 Окончательные варианты установки зарядных станций для электромобилей

Окончательные варианты предложенных вариантов установки зарядных станций изображены на рисунка 38 и 39.



Рисунок 38 – Окончательный предложенный вариант установки зарядных станций для электромобилей 3-го уровня



Рисунок 39 – Окончательный предложенный вариант установки зарядных станций для электромобилей 2-го и 3-го уровня

Таким образом, получаем 2 варианта сети зарядных станций для электромобилей, включающих в себя 25 зарядных станций 3-го уровня или из 54 зарядных станций 2-го уровня и 15 3-го.

#### 4.9 Оценка стоимости проекта

Для установки в общественных местах лучше подходят напольные зарядные станции. Предлагается использовать зарядные станции 2-го уровня российского производства EVA Eco, стоимостью 130 тыс. рублей и зарядные станции 3-го EVA Future, стоимостью 355 тыс. рублей [15]. Данные зарядные

станции имеют закрытый корпус и устойчивы к погодным условиям как в летнее, так и в зимнее время года. Закрытый корпус препятствует осуществлению актов вандализма по отношению к зарядным станциям.

Согласно опыту автовладельцев, которые организовали точку зарядки для электромобилей в собственном дворе, стоимость монтажных работ и стоимость обустройства существующего парковочного места составит порядка 35 тыс. рублей на каждую точку зарядки [16].

Таким образом, затраты на приобретение 25 станций 3-го уровня составят:

$$25 \times 0,355 = 8,875 \text{ млн.рублей}$$

Затраты на обустройство 25 точек зарядки составят:

$$25 \times 0,035 = 0,875 \text{ млн. рублей}$$

Итого получаем 9,75 млн. рублей. При постепенной реализации данного варианта установки зарядных станций в течение следующих 10 лет, годовые затраты составят порядка 1 млн. рублей.

При реализации второго варианта планировки сети зарядных станций, который предполагает 54 зарядные станции 2-го уровня и 15 зарядных станций 3-го уровня получаем следующие затраты:

$$54 \times 0,13 = 7,02 \text{ млн. рублей}$$

$$15 \times 0,355 = 5,325 \text{ млн. рублей}$$

Затраты на обустройство 69 точек зарядки составят:

$$69 \times 0,035 = 2,415 \text{ млн. рублей}$$

Итого получаем 14,76 млн. рублей. При постепенной реализации данного варианта установки зарядных станций в течение следующих 10 лет, годовые затраты составят порядка 1,5 млн. рублей.

Можно сделать вывод о том, что первый вариант сети зарядных станций для электромобилей является более выгодным как в плане материальных вложений, так и в плане занимаемой полезной площади городских парковочных пространств.

В осуществлении данного проекта в условиях всего города Красноярск могут быть заинтересованы администрация города Красноярск, ПАО «МРСК Сибири», а так же автопроизводители. Это связано с тем, что в результате осуществления данного проекта ожидается улучшение экологической обстановки города, прибыль от зарядки электромобилей и продажа новых электромобилей автомобильными дилерами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы произведена оценка мирового и российского парка электромобилей, можно сделать вывод о существенном отставании России от наиболее развитых стран. Отставание можно отметить и в области зарядной инфраструктуры.

Страны с наиболее развитой зарядной инфраструктурой имеют более крупный парк электромобилей. Из этого следует, что создание зарядной инфраструктуры способствует росту парка электромобилей.

Создание сети зарядных станций требует комплексных методов расчета и проектирования. Существующие методы расчета параметров сети зарядных станций обладают рядом недостатков. Данные недостатки учтены в ходе работы, предложенный метод является более предпочтительным, ввиду того, что полностью охватывает параметры сети зарядных станций.

В ходе работы:

- определены основные параметры сети зарядных станций;
- разработана методика определения перспективной численности парка электромобилей;
- разработана методика определения количества электромобилей на точку зарядки;

С использованием разработанных методик:

- составлен прогноз увеличения парка электромобилей;
- определены места установки зарядных станций и типы зарядных станций.

Разработаны 2 варианта проектов сети зарядных станций в Советском районе г. Красноярск:

1. 25 зарядных станций 3-го уровня.
2. 54 зарядных станции 2-го уровня + 15 станций 3-го уровня.

Оценены затраты на реализацию каждого из вариантов проектов. Согласно расчётам, вариант проекта предполагающий установку 25 зарядных станций 3-го уровня является экономически целесообразным, ввиду того, что требует меньших денежных затрат и площади городских парковочных пространств.

В осуществлении данного проекта в условиях всего города Красноярск могут быть заинтересованы администрация города Красноярск, ПАО «МРСК Сибири», а так же автопроизводители. Это связано с тем, что в результате осуществления данного проекта ожидается улучшение экологической обстановки города, прибыль от зарядки электромобилей и продажа новых электромобилей дилерскими центрами.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Писарев Г.А. Сети зарядных станций для электромобилей как эффективный элемент транспортной инфраструктуры/ Писарев Г. А., Камольцева А. В. // Авиамашиностроение и транспорт Сибири сборник статей X Международной научно-технической конференции –2018. –С. 358 – 426.
2. International Energy Agency: сайт. URL: <https://www.iea.org/topics/transport/evi/>
3. АВТОСТАТ аналитическое агентство: сайт. URL: <https://m.autostat.ru>
4. ПАО «МОЭСК» Россети Московский регион: сайт. URL: [https://www.moesk.ru/spec\\_projects/moesk\\_ev/](https://www.moesk.ru/spec_projects/moesk_ev/)
5. TESLA: сайт. URL: <https://www.tesla.com/supercharger>
6. Асадов Д. Г. Обоснование оптимального количества зарядных станций электромобилей / Асадов Д. Г. // Международный научный журнал – 2011. – № 5. – С. 131 – 135.
7. Оптимизация количественных и качественных параметров размещения электрочарядных станций для электромобилей в г.Казани с учетом режимов электрических сетей на основе MATLAB SIMULINK: отчет о НИР / Зиганшина А.И. – Томск :Томский Политехнический университет, 2016. – 4 с.
8. Гопаченко Ю. А. Алгоритм модуля программного комплекса для моделирования системы массового обслуживания электрических зарядных станций/ Гопаченко Ю. А., Якунин А.Г. // Ползуновский альманах – 2016. – № 2. – С. 58 – 62.
9. Асадов Д. Г. Исследование состояния и перспективы развития инфраструктуры электромобилей / Асадов Д. Г. // Международный технико-экономический журнал – 2011. – № 5. – С. 132 – 135.

10. Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва: сайт. URL: <http://www.krasstat.gks.ru>

11. Свод Правил 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. 2011. 84 с.

12. Рейтинги, списки и факты: сайт. URL: <https://best-top10.ru/top-10-samyx-prodavaemux-avtomobilej-v-rossii-v-2018-godu.html>

13. В.С. Оленев., Камольцева А.В. Разработка схемы размещения сети АЗС для административного района крупного города: магистерская диссертация // Сибирский Федеральный университет Политехнический институт. 2010. 82 с.

14. Zoon – Все организации с отзывами и рейтингом в Красноярске: сайт. URL: [https://krasnoyarsk.zoon.ru/restaurants/?search\\_query\\_form=1&districts\[\]=sovetskij](https://krasnoyarsk.zoon.ru/restaurants/?search_query_form=1&districts[]=sovetskij)

15. ElectricVehicleAid производство электрозаправок: сайт. URL: <http://e-va.pro/#2>

16. Новостной портал TUT.BY: сайт. URL: <https://auto.tut.by/news/exclusive/588362.html>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

И.М.Блянкинштейн

подпись      инициалы, фамилия

«    »      20    г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Методы размещения зарядных станций электромобилей**

23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

код и наименование направления

23.04.03.01 Автомобильный сервис

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель Камольцева к.т.н., доцент А.В. Камольцева

Выпускник Писарев 17.07.2019 Г.А. Писарев

Рецензент Сучков техн. директор ООО «Медведь-АТЦ» А.А.Сучков

подпись, дата      должность, ученая степень      инициалы, фамилия



Красноярск 2019