

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»

Ускенбаев Данил Максимович

Разработка рекомендаций по определению максимального пробега электромобиля
между электрозарядкой с учетом рельефа местности

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07108 – Транспортная инженерия

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка рекомендаций по определению максимального пробега
электромобиля между электрозарядкой с учетом рельефа местности»

6B07108 – Транспортная инженерия

Выполнил

Ускенбаев Данил Максимович



Научный руководитель
Кандидат технических наук,
ассоциированный профессор
Токмурзина-Коберняк Н.А.

«10.05» 2024г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

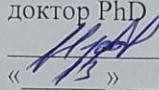
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»

6B07108 – Транспортная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП
«Транспортная инженерия»,
доктор PhD
 Камзанов Н.С.
« 13 » 12 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Ускенбаеву Данилу Максимовичу

Тема: Разработка рекомендаций по определению максимального пробега
электромобиля между электрозарядкой с учетом рельефа местности

Утверждена приказом Ректора Университета за №548-П-Ө от «4» декабря 2023г.

Срок сдачи законченной работы «13» июня 2024 г.

Исходные данные к дипломной работе: Аккумуляторная батарея электромобиля,
Компоновочная схема электромобиля, схема заправочной станции

Краткое содержание дипломной работы:

а) Обзорная часть

б) Расчетная часть

в) Организационная часть

г) Вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда

д) расчет экономической эффективности разработки

Перечень графического материала:

1. Динамика развития парка электромобилей

2. Общий вид электромобиля Tesla Model X

Рекомендуемая основная литература: из 9 наименований

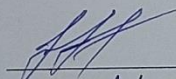
График
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
Исследовательская часть Анализ динамики и перспективы развития парка электромобилей в РК	19.01.2024 - 11.02.2024	выполнено
Особенности конструкции, технические характеристики электромобиля Tesla Model X	12.02.2024 – 27.03.2024	выполнено
Экономическая часть Безопасность жизнедеятельности и охрана труда Общие требования электробезопасности	30.03.2024 – 17.04.2024	выполнено

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основные разделы дипломной работы	Кандидат технических наук, ассоциированный профессор Токмурзина-Коберняк Н.А.	12.06.2024	
Нормоконтролер	Альпеисов А.Т., кандидат технических наук, ассоциированный профессор	12.06.2024	

Научный руководитель

 Н.А. Токмурзина-Коберняк

Задание принял к исполнению обучающийся

 Д.М. Ускенбаев

Дата

«12» 06 2024 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ускенбаев Данил

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: АНТИПЛАГИАТ Ускенбаев Д.М (1)

Научный руководитель: Нурбол Камзанов

Коэффициент Подобия 1: 6.6

Коэффициент Подобия 2: 1.6

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 23

Интервалы: 0

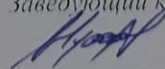
Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

2024-06-11

Дата
13.06.2024

Заведующий кафедрой


Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ускенбаев Данил

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: АНТИПЛАГИАТ Ускенбаев Д.М (1)

Научный руководитель: Нурбол Камзанов

Коэффициент Подобия 1: 6.6

Коэффициент Подобия 2: 1.6

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 23

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

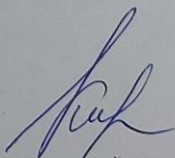
☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2024-06-11

Дата

Перизат Кәрібай


проверяющий эксперт

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Ускенбаев Данил Максимович
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07108 – Транспортная инженерия
(шифр и наименование ОП)

(шифр и наименование ОП)

Тема: «: «Разработка рекомендаций по определению максимального пробега
электромобиля между электрозарядкой с учетом рельефа местности».

Выполнено:

- а) графическая часть на 15 слайдах (листах)
- б) пояснительная записка на 40 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе проведены исследования загородного движения автомобиля Tesla Model X. мощностью 500 кВт, крутящим моментом – 441 Нм и емкостью высоковольтной батареи 85 кВт·ч. Установлено качественное изменение расхода электроэнергии от внешних факторов: рельефа местности, скорости движения автомобиля, режима работы электродвигателя, температуры окружающей среды.

В ходе работы была выявлена высокая значимость коэффициента аэродинамического сопротивления на конечный результат расхода энергии.

Были получены формулы для определения ключевых точек статической механической характеристики тягового электродвигателя. Также была разработана методика для определения номинальных значений мощности и угловой скорости данного электродвигателя. Был проведен расчет требуемой статической механической характеристики для электромобиля. В экономической части произведен сравнительный расчет содержания автомобиля с ДВС и электромобиля.

В разделе безопасность и охрана труда рассмотрена электробезопасность при зарядке электромобиля.

Оценка работы

Дипломная работа выполнена на хорошем техническом уровне, заслуживает оценки А -, 95%, «отлично», а ее автор Ускенбаев Данил Максимович заслуживает присвоения академической степени бакалавра по специальности 6B0710B – Транспортная инженерия.

Рецензент

Ассоциированный профессор

АЛТ университета,

кандидат технических наук

(должность, уч. степень, звание)

М.Н.Есенгалиев

2024г.

Ф КазНТУ 706-17. Рецензия

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломную работу
(наименование вида работы)

Ускенбаев Данил Максимович
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07108 – Транспортная инженерия
(шифр и наименование ОП)

Тема: Разработка рекомендаций по определению максимального пробега электромобиля между электрозарядкой с учетом рельефа местности

Дипломная работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию. Тема дипломной работе актуальна и посвящена разработке методологических подходов к расчету максимального пробега электромобиля между электрозарядкой с учетом рельефа местности. На расход электроэнергии влияют множество факторов: климатические условия, режимы эксплуатации, тип и профиль дорожного покрытия.

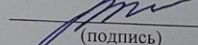
Работа состоит из 4 разделов: исследовательская часть, расчетно-технологическая часть, экономическая часть и безопасность жизнедеятельности, и охрана труда. Графическая часть состоит из 6 листов формата A1.

Студент выполнен анализ динамики роста парка электромобилей. Подробно рассмотрены устройство и технические характеристики электромобиля Tesla Model X. Были проведены тяговые расчеты и получены зависимости мощности электродвигателя от угла наклона дороги, что позволяет при нормировании расхода электроэнергии учитывать рельефа местности. В экономической части произведен сравнительный расчет на содержание автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и электромобиля, который доказывает экономическую эффективность электромобилей.

Рекомендую принять дипломную работу к защите.

Научный руководитель

Ассоциированный профессор, к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)


(подпись)

Токмурзина-Коберняк Н.А.

«30» мая 2024 г.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость улучшения экологии и борьба с энергетическим кризисом способствовали развитию транспортных средств с электрическим приводом. Существует три вида привода: с двигателем внутреннего сгорания, совмещающий ДВС и электромотор, и только с электрическим двигателем. Электромотор обладает особенностями, такими как высокий тяговый момент и широкий диапазон скорости, что обеспечивает эффективное использование энергии. Это позволяет создавать компактные и энергоэффективные электромобили, благодаря отсутствию потерь холостого хода при остановке.

На сегодняшний день создание электрических транспортных средств сравнимых по характеристикам с традиционными автомобилями с ДВС является приоритетной задачей для разработчиков автотранспорта. Одним из перспективных направлений развития в энергетическом комплексе Казахстана является использование электротяги в большегрузных и пассажирских транспортных средствах.

Для обеспечения электрического транспорта энергией необходимо использовать аккумуляторные батареи, которые на сегодняшний день являются наиболее распространенным источником тока для электромобилей. Однако основными проблемами массового использования электрических автомобилей являются низкая производительность, ограниченный ресурс аккумуляторов, ограниченный запас хода по сравнению с автомобилями на ДВС, высокие затраты на аккумуляторные батареи, необходимость развития зарядной инфраструктуры и ухудшенная работа при низких температурах. Эффективное управление заполнением, хранением и использованием электроэнергии на электромобиле существенно влияет на его эксплуатационные характеристики, такие как пробег, срок службы тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) и экономические затраты. Оптимизация использования энергии может также способствовать снижению веса батареи, что в конечном итоге улучшает общую производительность и эксплуатационные характеристики автомобиля. При необходимости можно разработать стратегии для повышения эффективности работы наиболее уязвимого компонента - тяговой батареи - с целью увеличения ее срока службы и энергетической эффективности электромобиля.

Данная дипломная работа направлена на повышение энергетической эффективности и эксплуатационных показателей электромобилей на основе совершенствования параметров и режимов работы тяговых аккумуляторных батарей.

Для достижения цели исследования будут рассмотрены следующие основные задачи:

- Изучение различных типов аккумуляторных батарей, применяемых в электромобилях, с целью определения наиболее перспективных с точки зрения увеличения срока службы и улучшения эксплуатационных показателей. Также будет проанализированы ключевые факторы, влияющие на уменьшение ресурса аккумуляторов.

- Создание комплексной математической модели системы тягового электрооборудования для оценки различных режимов зарядки и разрядки.
- Исследование эксплуатационных режимов тяговой аккумуляторной батареи с использованием имитационного моделирования, включая анализ их влияния на ресурс батареи.
- Определение тепловых режимов аккумуляторной батареи с помощью имитационного моделирования в условиях интенсивного движения электромобиля.
- Разработка методики определения ресурсных характеристик на основе эксплуатационных циклов электромобилей.

1 Исследовательская часть

1.1 Анализ динамики и перспективы развития парка электромобилей в РК

В Казахстане наблюдается стремительный рост числа электромобилей за последние годы, хотя их доля в автопарке все еще невелика - менее 1%. Власти принимают различные меры для поощрения перехода на экологически чистый транспорт, такие как освобождение от транспортного налога и утилизационного сбора. Однако существуют препятствия, такие как высокая стоимость электромобилей и недостаточная инфраструктура зарядных станций.

Бизнес и финансовые институты также активно участвуют в переходе к зеленому транспорту, заменяя свой автопарк на электромобили и предоставляя "зеленые" автокредиты. Однако для более широкого распространения электромобилей требуются дополнительные меры, такие как увеличение платежеспособного спроса, развитие инфраструктуры зарядных станций и поддержка отечественного производства.

Международный финансовый центр "Астана" играет ключевую роль в содействии устойчивому экономическому росту страны и переходу к низкоуглеродной экономике. Центр зеленых финансов при Международном финансовом центром предоставляет независимую оценку зеленым финансовым инструментам в соответствии с международными стандартами. Для увеличения доступности электромобилей в стране центр может помочь финансовым организациям выпустить зеленые облигации и предоставить кредиты, разрабатывая необходимые документы и политики в области зеленых финансов.



Рисунок 1.1 -Динамика развития электрокаров в Казахстане

2017-2021 гг

Количество легковых автомобилей в Казахстане на 1 июня 2020 года составляло 3,8 миллиона, что на 1,4% меньше, чем годом ранее. Доля электромобилей также сократилась: они составляли 0,014% от общего числа автомобилей в 2021 году и 0,02% в 2019 году. На 1 июня текущего года количество электромобилей уменьшилось на 10,1%, составив 528 единиц. В мае этого года их количество составляло 587. Значительная часть электромобилей (78,4%) не имеет указанного региона, но среди тех, у которых регион указан, лидирует Алматы с 49 единицами. Нур-Султан занимает второе место с 38 электромобилями, а Костанайская область третье место с 11 единицами. Общие статистические данные показывают, что количество электромобилей в стране уменьшается второй год подряд. Интерес населения к покупке экологически чистого транспорта переключается на другие виды автомобилей: прирост машин на газобаллонном топливе составил 3,3% за год, а на смешанном топливе - 3,6% в годовом выражении.

Тем временем, в Казахстане зафиксирован рост цен на автогаз. Это связано с отменой временного регулирования цен на сжиженный газ в марте текущего года и истечением срока действия совместного приказа Министерства энергетики и Министерства Национальной экономики РК о предельных ценах на автомобильный газ. Это стало негативной новостью для автолюбителей, использующих газобаллонное и смешанное топливо, поскольку их стоимость возросла.



Рисунок 1.2 -Динамика развития электромобилей в Казахстане
2019-2023 гг

На данный момент в Казахстане около 3600 транспортных средств, работающих на электричестве, из них 135 автобусов, 226 грузовых авто и 3200

легковых электрокаров. Количество легковых авто с электродвигателями к 1 июня 2023 года выросло сразу в 7 раз за год.

Алматы лидируют по количеству зарегистрированных электромобилей, составляя 59,9% от общего числа в РК, с 1900 автомобилями против 40 годом ранее, что составляет увеличение в 48 раз за год. На втором и третьем местах находятся Нур-Султан и Алматинская область с 325 и 118 электромобилями соответственно. Имеют наименьшее количество зарегистрированных электромобилей Абайская область - 5, Акмолинская область 7 и Улытауская область - всего 8

1.2 Динамика развития парка электромобилей в мире

Прогнозы Bloomberg New Energy Finance указывают на то, что к 2040 году ежегодные продажи электромобилей по всему миру достигнут 56 миллионов единиц. В соответствии с "Зеленым списком дел" Европейского союза, к 2035 году все новые автомобили, поступающие на рынок, должны будут быть электрическими. К 2025 году планируется, что каждый пятый продаваемый автомобиль в ЕС будет электрическим, а к 2035 году продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания будут запрещены. Новые стандарты по углероду также предусматривают снижение выбросов новых автомобилей на 55% к 2030 году и новых фургонов на 50% к 2030 году для постепенного перехода к нулевым выбросам. В США планируется, что к 2030 году половина всех продаж транспортных средств будет приходиться на электромобили.

В 2022 году глобальное производство электромобилей впервые превысило отметку в 10 млн за год, что означает значительный рост на 56% по сравнению с производством в 2021 году, которое составило шесть с половиной млн автомобилей.

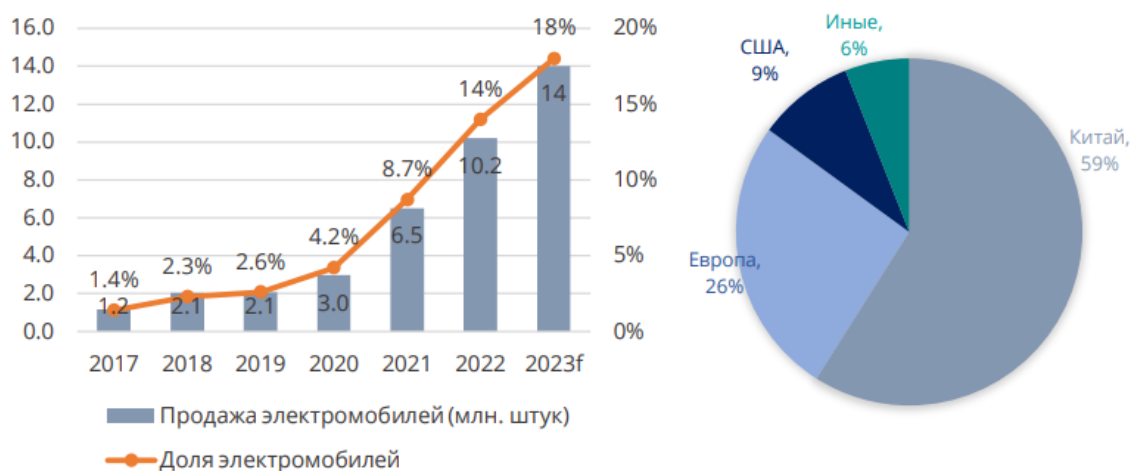


Рисунок 1.3 -Динамика развития продаж электромобилей в мире

В 2022 году Китай занял 59% от общемировых продаж электромобилей, причем 6 из топ-15 наиболее продаваемых моделей электромобилей были произведены китайскими автопроизводителями. Компания BYD (Build Your Dream) из Китая стала одним из мировых лидеров, увеличив продажи на 211% в 2022 году и реализовав свыше 1,8 миллиона электромобилей.

Благодаря прогрессу в технологиях производства, электромобили становятся более доступными. Согласно исследованию Bloomberg New Energy Finance, к 2027 году в Европе производство электромобилей с нулевыми выбросами станет дешевле, чем автомобилей, работающих на ископаемом топливе.

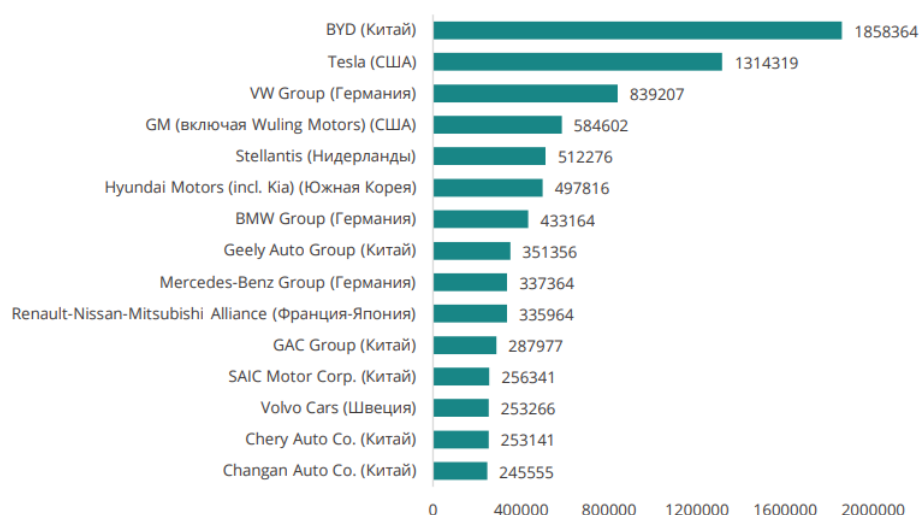


Рисунок 1.4 -Топ проданных моделей электромобилей за 2022 г

Начиная с 2026 года, производство электрических среднеразмерных и полноразмерных седанов и внедорожников станет таким же дешевым, как у автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. К 2027 году небольшие электромобили также станут доступнее благодаря уменьшению стоимости аккумуляторов и развитию специализированных производственных линий для электромобилей.

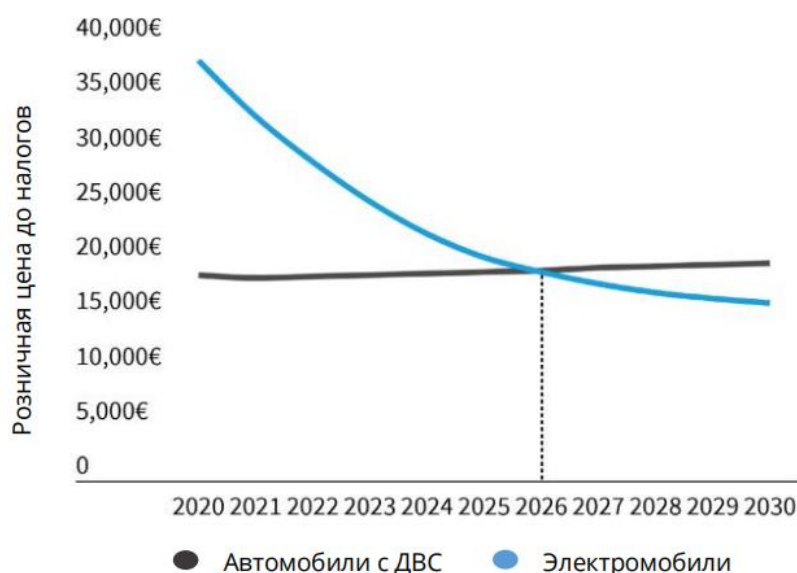


Рисунок 1.5 -Динамика цен на электромобили

После нескольких лет роста цены на литий, важный металл, используемый для производства батарей электромобилей, значительно снизились с пика, достигнутого в ноябре 2022 года, когда цена составляла около \$90 тысяч за метрическую тонну. Стоимость батарей составляет около 40% от общей стоимости электромобиля.



Рисунок 1.6 -Динамика цен на карбонат лития

1.3 Классификация электромобилей

Существуют три основных типа электромобилей: электромобили с аккумуляторами, гибридные электромобили и гибридные электромобили с подключаемым модулем, который рассматривается как подтип гибридов.

Электромобили с аккумуляторной батареей:

Электромобили работают полностью на энергии, хранящейся в батареях, что означает, что они не используют топливо и не выделяют прямых выбросов.

Для зарядки электромобилей существует три основных типа зарядных устройств, и их стоимость увеличивается в зависимости от скорости зарядки:

Зарядные устройства первого уровня: Обычная розетка может использоваться для зарядки, но для полной зарядки батареи электромобиля потребуется примерно 8-10 часов. Зарядные устройства второго уровня: электрозаправки с более высокой мощностью, работающие на 240 В, могут обеспечить полную зарядку электромобиля в 2 раза быстрее, чем с обычной розетки. Зарядные устройства третьего уровня: эти зарядные устройства также известны как устройства быстрой зарядки постоянного тока и способны зарядить около 80% батареи менее чем за полчаса. Однако их стоимость может достигать до полусотни тысяч долларов. Примером такого автомобиля является Cadillac Lyriq - это электрический среднеразмерный роскошный кроссовер-внедорожник. Как первый полностью электрический автомобиль Cadillac и первый серийный автомобиль GM, использующий платформу BEV3, Lyriq представляет новую версию полуавтономной системы вождения GM Super Cruise. Для модельного года 2024 оценки пробега ЕРА для моделей с двумя двигателями увеличились с 312 миль (502 км) до 314 миль (505 км). Кроме того, новое обновление ОТА стоимостью 1200 долларов для моделей с двумя двигателями увеличивает мощность крутящего момента и снижает скорость 0-60 миль/ч (0-97 км/ч) с 4,7 до 4,4 секунды. Также была реализована более традиционная система доступа к дверям с дистанционно активируемыми выдвижными ручками, заменяющими электронную кнопку отпирания, в которой отсутствовали отдельные ручки.. Технические характеристики данного электромобиля приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики электромобиля Cadillac Lyriq

Характеристика	Значение
Мощность	500 л.с.
Коробка	Автомат
Привод	полный
Запас хода на электричестве	494 км
Тип двигателя	Электро
Максимальный крутящий момент	610 Н*м об/мин
Емкость батареи	102,0 кВт*ч
Количество передач	1
Снаряженная масса	2626 кг

Гибридные электромобили обладают двумя типами двигателей: обычным и электрическим, что создает более сложную конструкцию, но при этом предоставляет ряд уникальных преимуществ.

Основное преимущество заключается в их энергоэффективности за счет комбинации двигателей внутреннего сгорания и электромоторов, что приводит к сокращению потребления топлива. Кроме того:

- Они обеспечивают более высокую экономию топлива по сравнению с обычными автомобилями.

Имеют повышенную мощность и ускорение, а это в свое время особенно полезно при маневрах обгона или в условиях, где требуется высокая

Продлевают срок службы автомобиля и снижают расходы на обслуживание и ремонт благодаря сниженному износу двигателя и компонентов.

Используют технологию регенеративного торможения, которая позволяет энергии, выделяющейся при торможении или замедлении, возвращаться обратно в аккумуляторы.

У плагин-гибридных автомобилей, которые можно заряжать от электрической сети, есть возможность использовать полностью электрический режим для кратких поездок.

Гибридные электромобили могут быть обычными (гибридами с самозарядкой) или плагин-гибридами, которые могут заряжаться от внешней сети электрозаправок, что позволяет им проехать более длинные расстояния на электрической энергии по сравнению с обычными гибридами.

Примером гибридного электромобиля является Nissan Leaf, технические характеристики приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические характеристики электромобиля Nissan Leaf

Характеристика	Значение
Мощность	150 л.с.
Коробка	Автомат
Привод	передний
Запас хода на электричестве	270 км
Тип двигателя	Электро
Максимальный крутящий момент	320 Н*м об/мин
Время разгона	7,9 с
Емкость батареи	40,0 кВт*ч
Снаряженная масса	1580 кг

Электромобили REEV, или электромобили с увеличенным запасом хода, представляют собой уникальный тип автомобилей, который, хотя и рассматривается как подтип гибридных агрегатов, в действительности имеет существенные отличия от обычных гибридов и даже от экологически чистых электрокаров.

REEV - это полноценные электромобили, способные двигаться исключительно на электрической тяге до полного разряда аккумуляторных батарей. После этого включается двигатель внутреннего сгорания, но его задача не заключается в приведении в движение автомобиля, а в генерации энергии для зарядки аккумуляторов электродвигателя. По сути, это гибрид, работающий

наоборот. Одно из главных преимуществ REEV заключается в возможности совершать короткие поездки по привычным маршрутам исключительно на электричестве, но при необходимости совершать дальние поездки, нет необходимости беспокоиться о дальности хода автомобиля или поиске зарядных станций.

Еще одно важное отличие REEV состоит в обслуживании. Поскольку автомобили REEV имеют два типа двигателей, каждый требует своего сервиса. Это означает, что помимо обслуживания электрического двигателя, необходимо проводить техническое обслуживание и замену расходных материалов для двигателя внутреннего сгорания. Это может потребовать дополнительных расходов и времени. Кроме того, ограниченное количество сервисных центров и станций техобслуживания может создать проблемы в обслуживании подобных автомобилей. Примером данного типа электромобиля является Chevrolet Volt, технические характеристики приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Технические характеристики электромобиля Nissan Leaf

Характеристика	Значение
Мощность	150 л.с.
Коробка	Вариатор
Привод	передний
Запас хода на электричестве	85 км
Тип двигателя	гибридный
Максимальная скорость	158 км/ч
Расположение двигателя	переднее, поперечное
Время разгона	8,4
Время зарядки	13 ч
Емкость батареи	18,4 кВт*ч
Снаряженная масса	1607

2 Расчетно-технологическая часть

2.1 Особенности конструкции, технические характеристики электромобиля Tesla Model X

Особенностью электромобиля Tesla Model X является использование испытанной платформы Model S, с тем же набором двух электродвигателей и литий-ионного аккумулятора, но с намеренным увеличением массы на 10%. Модель имеет вместительный салон, способный вместить до семи пассажиров, несмотря на свои габариты. Несмотря на это, Tesla Model X обладает впечатляющей мощностью, позволяя разгоняться до 100 км/ч всего за 2,9 секунды, несмотря на свою массу чуть более 2,5 тонн.

Еще одной характерной особенностью является более высокая посадка и улучшенный обзор благодаря панорамной крыше, которая плавно переходит от основания капота вверх над передними пассажирами.

Знаковой чертой модели являются двери Falcon Wing, которые при открытии изгибаются в виде крыльев сокола, придавая автомобилю уникальный внешний вид и обеспечивая удобный доступ к салону.



Рисунок 2.1 -Электромобиль модели Tesla Model X

Таблица 2.1 – Технические характеристики электромобиля Tesla Model X

Характеристика	Значение
Мощность	680 лс. (500 кВт) лб/мин
Привод	полный
Коробка	автомат
Разгон	3,9 с
Тип двигателя	Электро
Ёмкость батареи	100,0 кВт*ч
Запас хода на электричестве	580 км
Максимальная скорость	250 км/ч
Максимальный крутящий момент	660 Н*м об/мин
Подвеска и тормоза	
Передняя подвеска	Пружинная, независимая
Задней подвеска	Пружинная, независимая
Передние тормоза	дисковые, вентилируемые
Задние тормоза	дисковые, вентилируемые
Объем и масса	
Объем багажника	2577 л
Снаряженная масса	2352 кг
Размеры	

Длина, ширина, высота	5004x2083x1626
Колесная база	3061 мм
Клиренс	180 мм
Размеры дисков	9x20 ET35 9,5 20 40

2.2 Определение сил, действующих на электромобиль

Для определения общей силы необходимо рассчитать работу каждого момента, действующего на движущийся электромобиль, при его перемещении на величину $\delta\phi$.

Уравнение движения электромобиля имеет вид:

$$M = M_{\text{тр.к}} - M_{\text{с.в}} - M_{\text{с.с}} - M_{\text{п}} = J_{\Sigma} \varphi = J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} \quad (2.1)$$

где M – момент тягового электродвигателя;

$M_{\text{тр.к}}$ – момент силы трения качения колес;

$M_{\text{с.в}}$ – момент силы сопротивления воздуха;

$M_{\text{с.с}}$ – момент скатывающей силы, приведенной к валу ТЭД;

$M_{\text{п}}$ – момент, учитывающий потери на трение в механизмах передачи от ТЭД к колесам.

Момент силы трения качения колес, приведенный к валу тяговому электродвигателю определяем по формуле:

$$M_{\text{тр.к}} = \frac{N \cdot \delta}{i} \quad (2.2)$$

где $N = G \cos \alpha$ – нормальная составляющая сила тяжести электромобиля на дорогу;

α – угол наклона дороги;

$G = (m_1 + 4m_2 + m_3)g$ – сила тяжести электромобиля;

m_1 – масса ТЭД с редуктором;

m_2 – масса колес;

m_3 – масса рамы с кузовом.

g – ускорение свободного падения;

δ – коэффициент трения качения колес.

$$M_{\text{тр.к}} = \frac{2352 \cdot 9,8 \cdot \cos 0 \cdot 0,018}{1} = 414,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент силы сопротивления воздуха, приведенный к валу ТЭД определяется по формуле:

$$M_{c.b} = \frac{1}{2} \rho C_d A_f \left(\frac{r}{i} \right)^3 \omega^2 \quad (2.3)$$

где ρ – удельная плотность воздуха;
 C_d – коэффициент сопротивления;
 A_f – площадь лобового сопротивления;
 r – радиус колес;
 ω – угловая скорость.

$$M_{c.b} = \frac{1}{2} 1,204 \cdot 0,4 \cdot 2,64 \left(\frac{0,508}{1} \right)^3 180^2 = 270 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент скатывающей силы, приведенный к валу ТЭД определяется по формуле:

$$M_{c.c} = G \sin \alpha \frac{r}{i} \quad (2.4)$$

$$M_{c.c} = 2352 \cdot \sin 0 \frac{0,508}{1} = 0$$

Момент, который описывает потери в узлах трения, вычисляется с использованием данной формулы:

$$M_{\pi} = (1 - \eta_{\pi}) M \quad (2.5)$$

где η_{π} – КПД в механизмах передачи от ТЭД к колесам.

Тогда подставив значения в формулу (2.1), получим:

$$M = 414,8 - 270 - 0 = 144,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.3 Расчет механической характеристики тягового электродвигателя электромобиля

Основным показателем, который отражает главные характеристики эксплуатации транспортного средства, является его тяговая характеристика. Это свойство обеспечивается регулированием угловой скорости и момента тягового электродвигателя в системе автоматического регулирования. Важным аспектом является статическая механическая характеристика тягового электродвигателя в этой системе, которая определяет его массогабаритные и эксплуатационные показатели. Тяговая характеристика электромобиля, описывающая зависимость тягового усилия на колесах от скорости, является ключевой характеристикой, отражающей его эксплуатационные свойства..

Основная характеристика транспортного средства – тяговая характеристика, описывающая, как изменяется тяговое усилие на ведущих колесах в зависимости от скорости движения. Типичная тяговая характеристика электромобиля имеет три основных участка, приведена на рисунке 2.2.

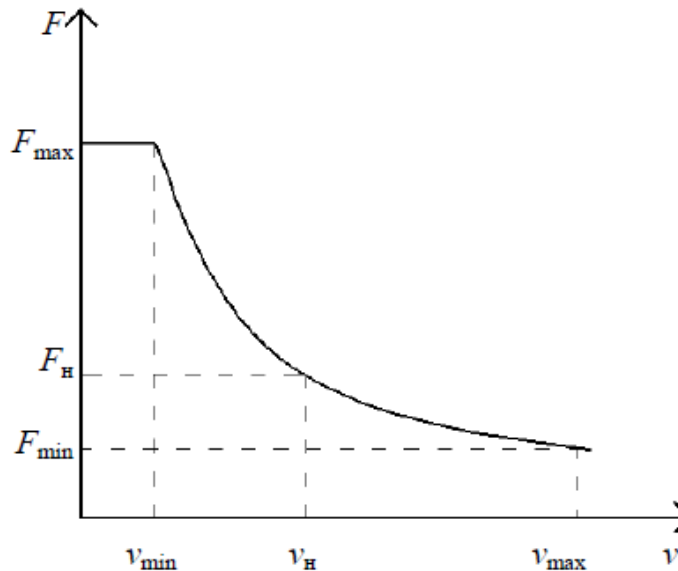


Рисунок 2.2 – Типичная тяговая характеристика ТС

Из выражения определяется тяговая характеристика электромобиля:

$$F = \begin{cases} F_{max} & \text{при } 0 \leq v \leq v_{min}; \\ \frac{P_n \eta}{v} & \text{при } v_{min} \leq v \leq v_{max}; \\ F_{min} & \text{при } v = v_{max}, \end{cases} \quad (2.6)$$

где F_{max}, F_{min} – максимальное и минимальное значения тягового усилия соответственно;

P_n – заявленная мощность автономной энергосистемы электромобиля;

v_{min}, v_{max} – скорость (минимальная и максимальная);

η – КПД передачи энергоустановкой энергии к двигателю.

Первый участок характеризуется постоянным максимальным тяговым усилием. F_{max} , второй – постоянству P_n , третий – постоянству v_{max} . Для реализации тяговой характеристики $F=f(v)$ необходимо соответствующее регулирование угловой скорости ω и момента M тягово-энергетического двигателя (ТЭД).

На рисунке 2.3 представлена типичная статическая механическая характеристика тягово-энергетического двигателя (ТЭД) в системе автоматического регулирования (САР), которая соответствует характеристике транспортного средства. В процессе регулирования угловой скорости

турбодвигателя (ТЭД) от нуля до минимального значения $\omega_{\min}$, система автоматического регулирования (САР) должна поддерживать тяговый момент M на максимальном уровне $M_{\max}$, чтобы обеспечить заданное ускорение во время разгона..

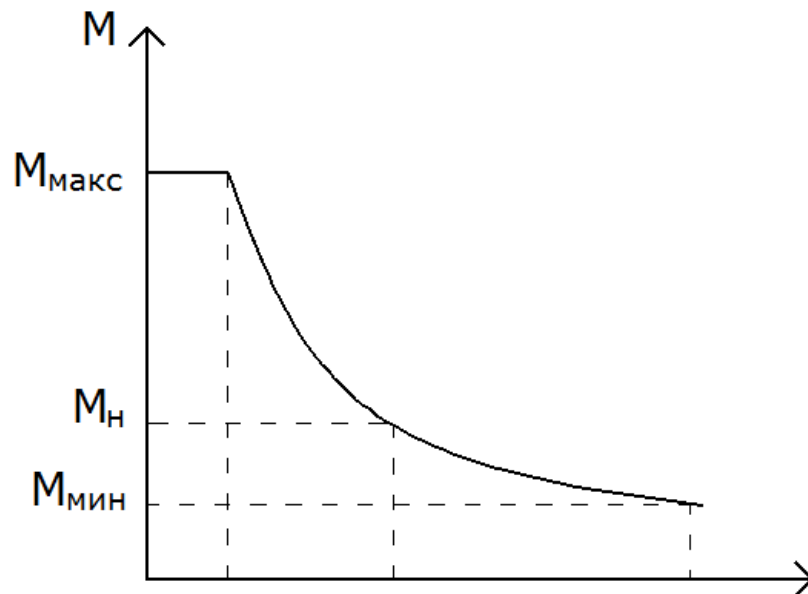


Рисунок 2.3– Типичная статическая характеристика тягового электродвигателя в системе автоматического регулирования

Характеристика $M = f(\omega)$ для тягово-энергетического двигателя (ТЭД) в системе автоматического регулирования (САР) определяется на основе уравнения движения электромобиля и требований к его циклу движения. Для ее вычисления необходимо установить следующие параметры:

1) $M_{\max}$, Максимальный момент, который ТЭД может передать колесам, ограничивается максимальной силой, которую дорога может передать через сцепление.

2) Минимальный момент $M_{\min}$ при $\omega_{\min}$ - это наименьший момент, который ТЭД должен обеспечить при минимальной угловой скорости, чтобы электромобиль мог двигаться с максимальной скоростью $v_{\max}$

3) номинальные величины P_n , M_n и ω_n .

1) $M_{\max}$ - максимальный тяговый момент ТЭД находим по формуле:

$$M_{\max} = \frac{\frac{L_2}{L} \mu N r}{1 + \frac{\mu h_g}{L} \eta_{\pi} i}, \quad (2.7)$$

где L_2 – расстояние задних колес до центра масс;

L – расстояние между передней и задней осью автомобиля;

μ – степень сцепления или трения между поверхностью дороги и колесами автомобиля.;

r – радиус колеса;

N – нормальная составляющая силы тяжести электромобиля действующая на дорогу, выражается формулой: $N = G \cos \alpha$, α – угол уклона дороги; $G = (m_1 + 4m_2 + m_3) g$ – сила тяжести электромобиля; g – ускорение свободного падения;

h_g – высота центра масс;

η_{Π} – КПД в механизмах передачи от тягового электродвигателя к колесам.

$$M_{max} = \frac{\frac{2,5}{1,04} 0,4 \cdot 2352 \cdot 0,508}{1 + \frac{0,4 \cdot 0,81}{1,04} 0,88} = 903 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2) Минимальный момент вычисляется из решения уравнения, которое определяет равномерное движение электромобиля с его максимальной скоростью по горизонтальному участку дороги.. Подставив $M = M_{min}$, $d\omega/dt = 0$, $\omega = \omega_{max}$, $\alpha = 0$ в уравнение, получим:

$$M_{min} = \frac{1}{\eta_{\Pi}} \left(\frac{1}{2} \rho C_d A_f \left(\frac{r}{i} \right)^3 \omega_{max}^2 + \frac{G \delta}{i} \right) \quad (2.8)$$

$$M_{min} = \frac{1}{0,88} \left(\frac{1}{2} 1,204 \cdot 0,4 \cdot 2,64 \left(\frac{0,508}{1} \right)^3 698^2 + \frac{2352 \cdot 0,018}{1} \right) = 48 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

По формуле можно вычислить минимальную мощность P_{min} , которая нужна для поддержания постоянной скорости электрокара v_{max} :

$$P_{min} = M_{min} \cdot \omega_{max} = \frac{\omega_{max}}{\eta_{\Pi}} \left(\frac{1}{2} \rho C_d A_f \left(\frac{r}{i} \right)^3 \omega_{max}^2 + \frac{G \delta}{i} \right) \quad (2.9)$$

$$P_{min} = 48 \cdot 698 = 33504 \text{ Вт} = 33,5 \text{ кВт}$$

3) Определение номинальных величин.

Номинальные значения $P(n)$, $M(n)$ и $\omega(n)$ должны быть выбраны таким образом, чтобы гарантировать разгон электромобиля с необходимым ускорением на всех этапах заданного цикла движения. В то же время, $P(n)$ и $M(n)$ должны быть минимальными для обеспечения наименьшей массы и размеров электродвигателя. Номинальная скорость $\omega(n)$ должна позволять электродвигателю регулировать скорость в диапазоне от $\omega(n)$ до ω_{max} при постоянной мощности.

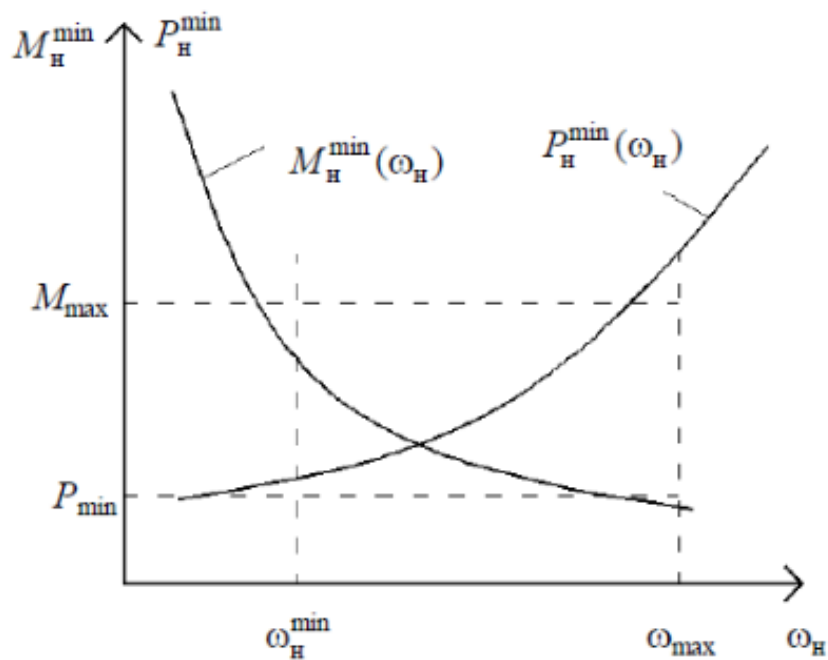


Рисунок 2.4 – Кривые минимальной мощности и соответствующего момента

Из полученных графиков можно вычислить номинальные значения $P(n)$ и $\omega(n)$ тягового электродвигателя следующим образом::

- Мы начинаем с установки номинального момента $M(n)$ равным $M_{\max}$. Затем мы определяем значение $\omega(n)$, находя точку пересечения линии $M(n) = M_{\max}$ и кривой $M_n^{\min}(\omega_n)$. После этого находим значение $P = P_n^{\min}(\omega_n)$.

- Если полученная номинальная мощность меньше $P_{\min}$, тогда мы устанавливаем номинальную мощность P_n равной $P_{\min}$. Далее определяем значение $\omega(n)$, находя точку пересечения линии $P(n) = P_{\min}$ и кривой $P_n^{\min}(\omega_n)$, и находим значение $M_n M_n^{\min}(\omega_n)$. На основе полученного метода проведен расчет механической характеристики ТЭД для городского цикла движения электромобиля Tesla Model X. Полученная характеристика представлена на рисунке 2.5.

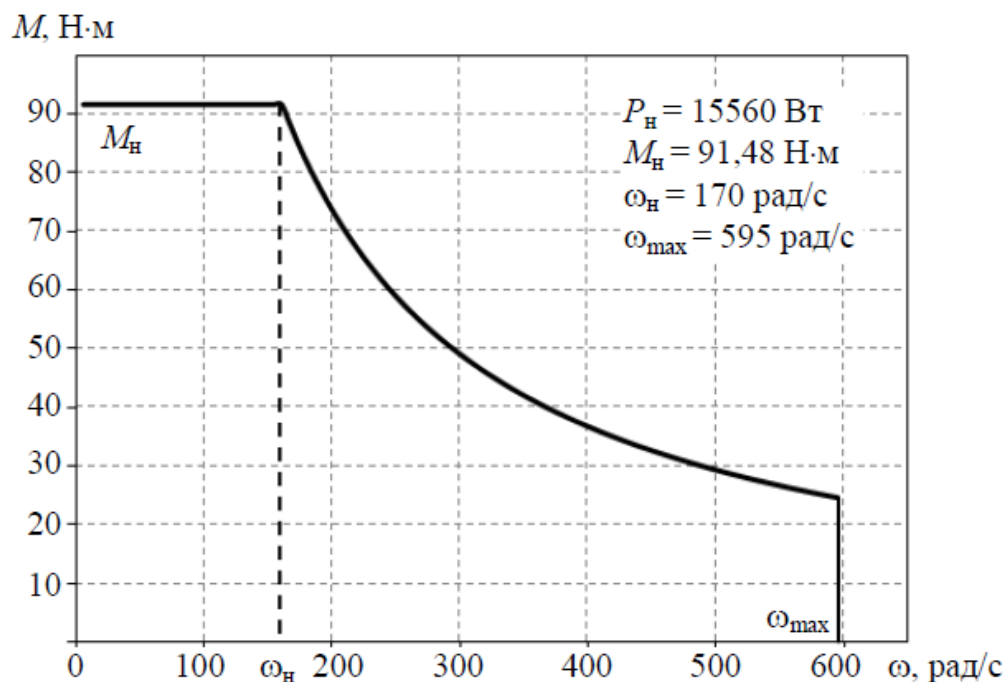


Рисунок 2.5 - Требуемая механическая характеристика тягового электродвигателя

2.4 Расчет расхода электроэнергии электромобиля

Комплексный показатель K из наиболее значимых показателей (влияющих на базовый расход электроэнергии на тягу) – произведения массы АТС и фактора обтекаемости, который вычисляется по формуле:

$$K = M \cdot D \quad (2.10)$$

Где M - приведенная масса электромобиля, кг;

D – фактор обтекаемости.

Для повышения точности расчетов рекомендуется использовать приведенную массу, вместо снаряженной, которая рассчитывается по формуле (Правила ЕЭК ООН №101):

$$M = m + 100 \quad (2.11)$$

Где m - снаряженная масса электромобиля, кг.

$$M = 2352 + 100 = 2452 \text{ кг}$$

Фактор обтекаемости определяется по формуле:

$$D = 0,5 \cdot C_x \cdot F_m \cdot \rho \quad (2.12)$$

где C_x – фактор обтекаемости;
 F_m – площадь Миделя, м²;
 ρ – плотность воздуха, кг/м³

Зависимость C_x от типа кузова и года выпуска автомобиля, выведенная экспериментальным путем представлена на рисунке 2.6.

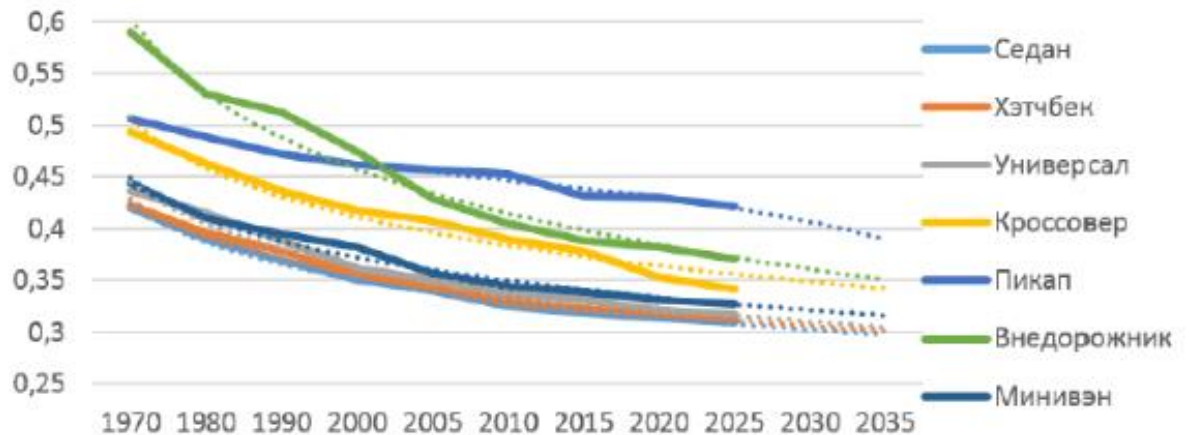


Рисунок 2.6 - Зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления от типа кузова и года выпуска ТС

Определяем фактор обтекаемости по формуле (2.12):

$$D = 0,5 \cdot 0,37 \cdot 2,6 \cdot 1,204 = 0,58 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$$

Для электромобилей компании Tesla, расчет базовой нормы расхода электроэнергии производится по формуле:

$$Q_B = 0,0126 \cdot K + 12,786$$

$$R^2 = 0.8875$$

Определяем комплексный показатель K по формуле (2.10):

$$K = 2452 \cdot 0,58 = 1422$$

где Q_B – базовая норма расхода электроэнергии, кВтч/100 км;
 K – произведение испытательной массы и фактора обтекаемости.

$$Q_B = 0,0126 \cdot 1422 + 12,786 = 30,7 \frac{\text{кВт}}{100 \text{ км}}$$

2.5 Зависимость мощности электродвигателя от угла наклона дороги

Рассмотрим изменение потребляемой мощности электродвигателем в зависимости от массы электромобиля. Минимальное значение массы было установлено на уровне снаряженной массы электромобиля – 1460 кг, максимальное – полная масса (1735 кг). Шаг расчета был принят 15 кг. При этом было принято, что факторы скорость движения и угол наклона дорожного полотна постоянны на заданном уровне.

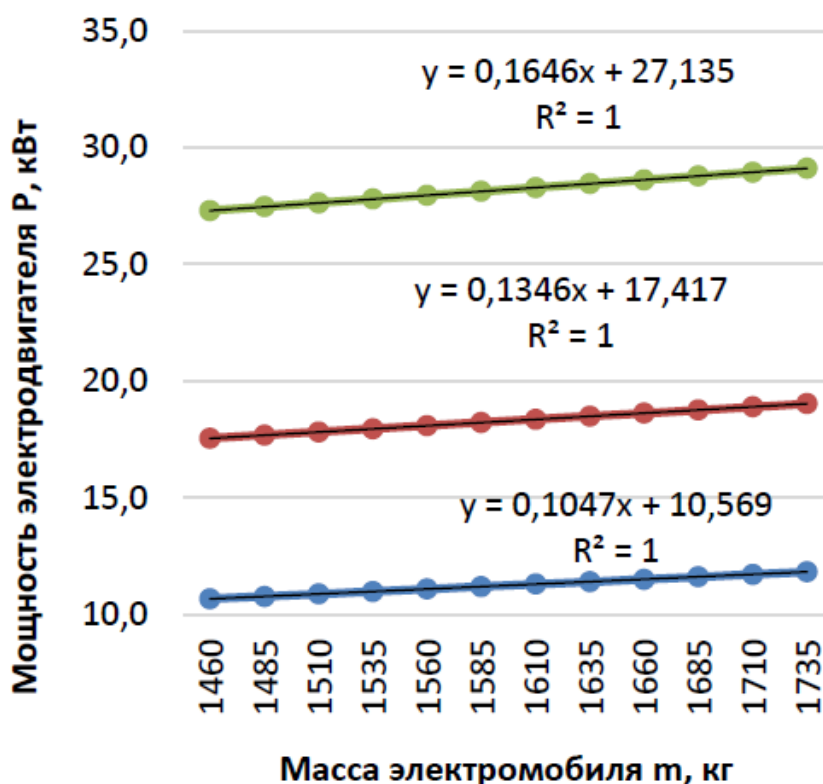


Рисунок 2.7 -Зависимость мощности электродвигателя от массы электромобиля при движении на установившейся скорости

Проведенные расчеты указывают на изменения потребляемой мощности в зависимости от скорости движения. При этом масса незначительно сказывается на изменении мощности на валу электромотора (не более 10%).

Далее была проведена оценка изменения мощности на валу электродвигателя в зависимости от угла наклона дорожного полотна. Масса электромобиля и скорость движения были приняты постоянными.

По результатам теоретического эксперимента определена линейная зависимость мощности электродвигателя от угла наклона дорожного полотна. При этом графики имеют большой угол наклона, следовательно, данный фактор значительно влияет на расход электроэнергии электродвигателем при его увеличении.

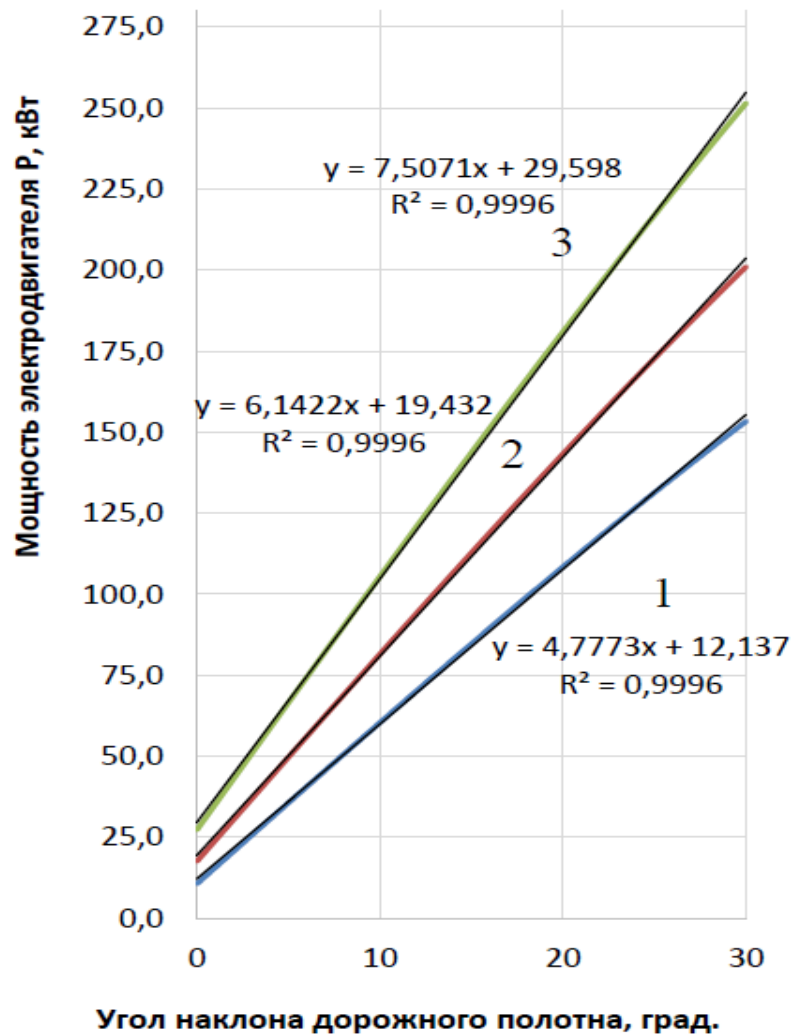


Рисунок 2.8 – Зависимость мощности электродвигателя от угла наклона дорожного полотна при движении с различной скоростью:
1 – 70 км/ч; 2 – 90 км/ч; 3 – 110 км/ч

Далее устанавливаем зависимость изменения мощности двигателя от скорости движения, при этом масса электромобиля фиксировалась на постоянном уровне, а угол наклона дорожного полотна изменялся на трех уровнях.

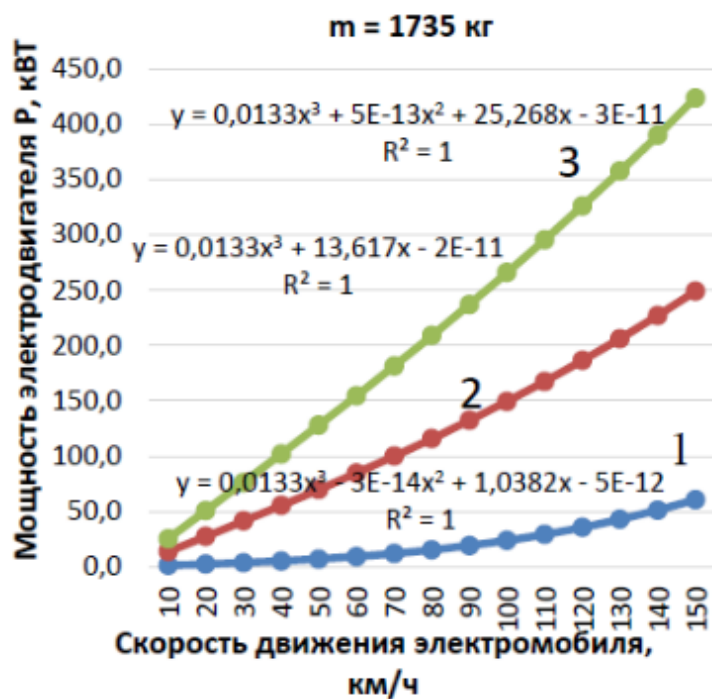


Рисунок 2.9 – Зависимость мощности электродвигателя от скорости движения электромотоцикла при различных углах наклона дорожного полотна

Для визуализации потребляемой мощности электродвигателем электромотоцикла при движении с различной скоростью при различных углах наклона дорожного полотна приведена диаграмма на рисунке 2.10.

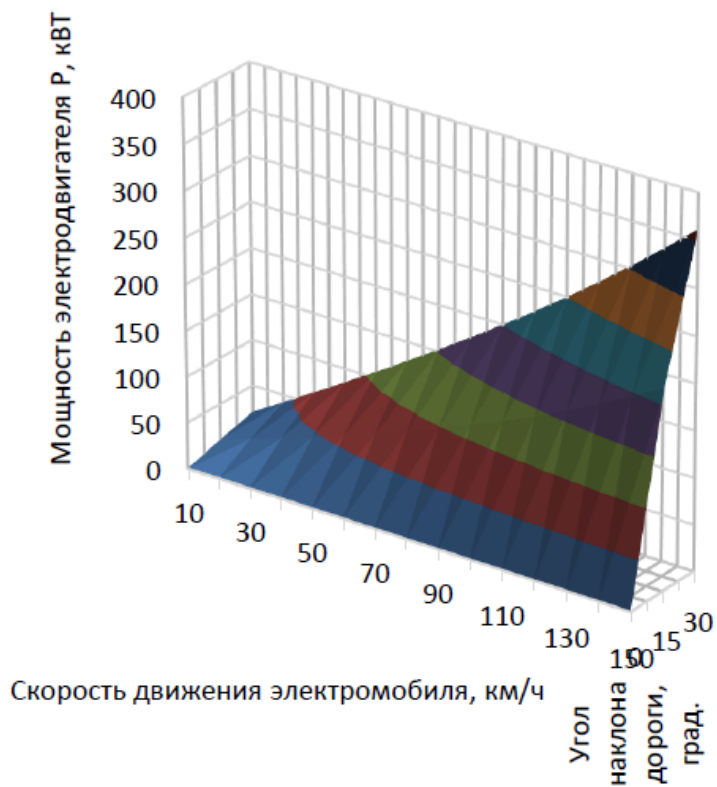


Рисунок 2.10 - Поверхностная диаграмма изменения потребляемой мощности электродвигателем электромобиля от внешних факторов: скорости движения, угла наклона дорожного полотна

3 Экономическая часть

Произведем сравнительный расчет на содержание автомобиля с двигателем внутреннего сгорания и электромобиля в год.

В обязательные расходы на автомобиль в Казахстане входят заправка автомобиля, услуги автомойки, налоги, страхование и обслуживание (замена масла, тех. осмотр и т.д.).

Произведем расчет затрат для автомобиля с ДВС модели Ravon Nexia (берем средние значения).

Расход топлива определяем по формуле:

$$P_T = \frac{V}{S} 100 \quad (3.1)$$

Где V – объем бака;
 S – пройденный путь.

$$P_T = \frac{50}{520} 100 = 9,6 \text{ л}$$

Принимаем, что за год пробег автомобиля составит 10000 км. При стоимости бензина 210 тенге, затраты на топливо составят:

$$З_T = \frac{П}{100} P_T \cdot C_T \quad (3.2)$$

Где $П$ – пробег автомобиля;
 C_T – стоимость топлива.

$$З_T = \frac{10000}{100} \cdot 9,6 \cdot 210 = 201600 \text{ тн}$$

Транспортный налог для автомобиля с объемом двигателя 1500 см³ на 2024 год составит 7384 тенге.

Страхование автомобиля Ravon Nexia принимаем равным 18000 (т.к. сумма страхования зависит от класса водителей, то примем среднее значение).

Оценку затрат на ТО и ТР будем исчислять из того, что необходимо выполнять каждые 10000 км пробега автомобиля, а так как автомобиль новый, то затраты на ремонт не учитываются.

Плановое ТО подразумевает замену расходных материалов и моторного масла. К сезонным работам относится смена летних/зимних шин, обработка уплотнений, смазка замков, чистка радиаторов, проверка работоспособности кондиционера или отопителя.

Оценка стоимости ТО и ТР автомобиля с ДВС приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Оценка стоимости ТО и ТР автомобиля с ДВС

Статья затрат	Количество	Стоимость
Техническое обслуживание		
Замена моторного масла	1	25000
Замена масляного фильтра	1	6000
Проверка воздушного фильтра	1	2000
Замена охлаждающей жидкости	1	11000
Замена тормозных колодок	1	9000
Сезонное обслуживание		
Смена шин	2	8000
Заливка фреона в кондиционер	1	20000
Проверка и чистка радиатора	1	14000
Итого:		95000

Далее произведем расчет затрат на содержание электромобиля.

Согласно расчетам Министерства энергетики РК, средний электромобиль потребляет 3 400 кВт·ч энергии в год на основе среднего годового прироста автомобилей.

В Казахстане стоимость каждого километра пути на электромобиле с запасом хода 500 км, мощностью 350 кВт и аккумуляторной емкостью 85 кВт·ч (например, Tesla), составляет 8,5 тенге в городском цикле. Таким образом стоимость зарядки электромобиля составит:

$$Z_3 = P \cdot 8,5 \quad (3.3)$$

$$Z_3 = 10000 \cdot 8,5 = 85000 \text{ тенге}$$

При домашней зарядке стоимость составит 55000 тенге.

Транспортный налог для электромобиля не начисляется.

Обязательное страхование электромобилей примерно, такое же, как у автомобилей с ДВС. Но чаще всего для электромобилей оформляют дополнительное страхование КАСКО. Принимаем страхование электромобиля равным 18000 тенге.

Для оценки издержек на ТО и ТР электромобилей, мы будем руководствоваться рекомендациями О.А. Ставрова. Согласно этим рекомендациям, для расчета расходов на ТО и ТР тягового электрооборудования, следует применять нормы издержек и трудоемкости, применяемые для аналогичных компонентов в автомобильном и трамвайном секторах. В отношении расходов на ТО и ТР механической части используется следующее уравнение.:

$$З_{ТОиР} = 0,001(4,0 + 1,2 \cdot 10^{-3}) \cdot G_m \quad (3.4)$$

где G_m – масса электромобиля без аккумуляторной батареи.

$$G_m = 0,88 + 0,51q \quad (3.5)$$

где q – статический коэффициент использования грузоподъемности определяется в соответствии с классификацией перевозимых грузов.

$$G_m = 0,88 + 0,51 \cdot 0,48 = 1,12$$

Тогда затраты на ТО и ТР электромобиля составят:

$$З_{ТОиР} = 0,001(4,0 + 1,2 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,12 = 0,004 \%$$

При стоимости затрат на ТО (периодические осмотры исправности электромобиля, замена проводов и расходников) 70000 тенге, затраты на ТО и Р шасси и кузова составят: $70000 \cdot 0,004 = 280$ тенге. Итого на ТО и Р электромобиля принимаем: $70000 + 280 = 70280$ тенге.

Для наглядности результаты расчетов сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Показатели содержания автомобиля с ДВС и электромобиля

Статья затрат	ДВС	Электромобиль
Заправка или подзарядка	201600	85000 (55000)
Ежегодный налог	7384	0
Страхование	18000	18000
ТО и ТР	95000	70280
Итого базовые расходы	321984 тн	173280 тн

4 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда

4.1 Общие требования электробезопасности

ЭТС должно быть подключено к СЗЭТС таким образом, чтобы в нормальных условиях эксплуатации передача электроэнергии осуществлялась безопасным образом.

Выполнение данного требования достигается путем выполнения советующих требований, установленных в стандартах.

Номинальное значение напряжения источника питания переменного тока ЭТС не должно превышать 1000 В. Оборудование должно нормально функционировать при допустимом отклонении номинального напряжения $\pm 10\%$. Номинальная частота должна равняться $(50 \pm 0,5)$ Гц или $(60 \pm 0,6)$ Гц.

Одним из способов зарядки ЭТС является подключение бортового зарядного устройства ЭТС к питающей сети переменного тока. Альтернативный способ зарядки ЭТС заключается в использовании внешнего зарядного устройства постоянного тока. Для зарядки в течение короткого периода времени могут использоваться специальные зарядные устройства работающие при высоких уровнях мощности.

4.2 Виды зарядки ЭТС

Для всех видов зарядки требуется использование устройства дифференциального тока с характеристиками, соответствующими типу А по стандартам IEC 61008-1, IEC 61009-1 или IECZTR 60755, вместе с устройством защиты от сверхтока.

Зарядка типа 1: это процесс подключения электротранспортного средства к сети переменного тока с использованием стандартизированных розеток, предназначенных для силы тока не более 16 А и напряжения не более 250 В для однофазного или 480 В для трехфазного тока. Для этого также используются силовые проводники и проводники защитного заземления.

Зарядка типа 2: это процесс подключения электротранспортного средства к сети переменного тока с использованием стандартизированных розеток, предназначенных для силы тока не более 32 А и напряжения не более 250 В для однофазного или 480 В для трехфазного тока. В процессе зарядки также используются силовые проводники и проводники защитного заземления. Дополнительно присутствует функция контрольного управления и система персональной защиты от поражения электротоком (УЗО) между электротранспортным средством и розеткой. Линейный блок управления должен располагаться на расстоянии не более 0,3 м от розетки или электротранспортного средства.

Зарядка типа 3: это процесс подключения электротранспортного средства к сети переменного тока с использованием специализированной станции зарядки

электротранспортных средств (СЗЭТС), где функции контрольного управления осуществляются оборудованием внутри СЗЭТС, которое постоянно подключено к сети переменного тока.

Зарядка типа 4: это процесс подключения электротранспортного средства к сети переменного тока с использованием внешнего зарядного устройства, где функции контрольного управления выполняются оборудованием, которое всегда подключено к сети переменного тока.

4.3 Защита от поражения электрическим током

Опасные токоведущие части должны быть недоступны для доступа.

Открытые проводящие части не должны представлять опасность как токоведущие в нормальных условиях или в случае первичного повреждения.

Защиту от электрического удара обеспечивают путем принятия соответствующих мер как при нормальной эксплуатации, так и в случае повреждения:

- для систем и оборудования внутри транспортного средства согласно ISO 6469-3;

- для систем и оборудования, находящихся вне транспортного средства, согласно IEC 60364-4-41

В соответствии с IEC 60364-4-41 приведены меры по основной защите в нормальных условиях эксплуатации, а меры по защите от повреждений определены в IEC 60364-4-41 2005, а дополнительная защита регламентируется по IEC 60364-4-41:2005.

Защита от прямого контакта должна включать одну или несколько мер, которые в нормальных условиях исключают возможность контакта с опасными токоведущими частями. Для бортовых систем или оборудования ЭТС требования определяются в соответствии с ISO 6469-3.

Защитная заземляющая связь должна обеспечиваться путем соединения всех открытых проводящих частей с заземлением транспортного средства.

При подключении к сети питания внешней станции зарядки электротранспортного средства не должно быть доступных открытых токоведущих частей, даже после снятия частей, которые могут быть сняты без использования инструментов.

После отключения электротранспортного средства от сети питания напряжение между доступными проводящими частями или любой доступной проводящей частью и землей должно быть не более 42,4 В в пике или 60 В постоянного тока, а накопленная энергия не должна превышать 20 Дж согласно IEC 60950. Если напряжение превышает 42,4 В в пике (или 30 В постоянного тока) или накопленная энергия достигает или превышает 20 Дж, необходимо установить предупреждающую табличку в соответствующем месте.

Соответствие данным требованиям проверяют путем осмотра и испытаний. Для защиты от прямого контакта применяются различные

признанные меры, включая дополнительную или усиленную изоляцию, защитную эквипотенциальную связь, защитное экранирование, автоматическое отсоединение источника питания, а также простое разгораживание.

Для предотвращения непрямого контакта в случае отказа основной защиты или неосторожного обращения со стороны пользователя требуется дополнительная защита от электрического удара. Устройство защитного отключения тока (УЗО) должно быть предусмотрено как часть токоведущего оборудования для питания электротранспортных средств в заземленных системах. УЗО должно соответствовать характеристике типа А и требованиям IEC 60364-4-41.

Если силовые цепи питания отделены и изолированы от сетей и земли, электрическая изоляция между изолированными цепями и землей, а также между изолированными цепями и открытыми проводящими частями электротранспортного средства и внешней станции зарядки должна контролироваться. При обнаружении повреждений электрической изоляции силовые цепи автоматически отключаются или отсоединяются с помощью внешней станции зарядки.

В нормальных условиях работы и при сбоях система зарядки должна быть спроектирована таким образом, чтобы минимизировать воздействие гармоник, постоянного тока и несинусоидальных токов, которые могут вызвать сбой устройств дифференциального тока и другого оборудования. Зарядные устройства класса II могут иметь провод для заземления шасси электротранспортного средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После выполнения дипломной работы можно сделать следующие выводы.

Количество автомобилей с электрической силовой установкой ежегодно растет в геометрической прогрессии как в Казахстане, так и в мире. За 2021 г. их количество в России выросло более, чем в 3 раза, по сравнению с 2020 г. В связи с чем возникает необходимость установления особенностей и количественных зависимостей при эксплуатации электрического подвижного состава.

В дипломной работе проведены исследования загородного движения автомобиля Tesla Model X мощностью 500 кВт, крутящим моментом – 441 Нм и емкостью высоковольтной батареи 85 кВт·ч. Установлено качественное изменение расхода электроэнергии от внешних факторов: рельефа местности, скорости движения автомобиля, режима работы электродвигателя, температуры окружающей среды.

В ходе работы была выявлена высокая значимость коэффициента аэродинамического сопротивления на конечный результат расхода энергии.

Были получены формулы для определения ключевых точек статической механической характеристики тягового электродвигателя. Также была разработана методика для определения номинальных значений мощности и

угловой скорости данного электродвигателя. Был проведен расчет требуемой статической механической характеристики для электромобиля. В экономической части произведен сравнительный расчет содержания автомобиля с ДВС и электромобиля.

В разделе безопасность и охрана труда рассмотрена электробезопасность при зарядке электромобиля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Беляев Д.С., Генсон Е.М. Определение расхода электроэнергии при эксплуатации электромобилей в загородном режиме. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022 №1. С5-11

2 Блохин А. Н., Беляков В. В., Зезюлин Д.В. Расход энергии транспортного средства с электроприводом при движении в городских условиях.

3 Вахламов В. К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Владимир Константинович Вахламов. — М.: Издательский центр «Академия», 2012— 240 с. ISBN 5-7695-1978-9.

4 Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: методические рекомендации/ распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № 23. – Москва, 2008.

5 Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Развитие электромобилей как источника обеспечения гибкости спроса на пути к декарбонизации энергетического сектора // Проблемы современной экономики. – 2020. – № 2 (74). – С. 251–254.

6 Ростовский Й.К. Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах//Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2020. – № 18. – С. 201–218.

7 Комарова М.В. Анализ рынка электромобилей в России // Инновации. Наука. Образование. – 2020. – № 21. – С. 276–281.

8 Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90, № 2. – С. 128–139

9 Оспанбеков, Б.К. Перспективные направления развития зарядных станций для электромобилей / В.Е. Ютт, Б.К. Оспанбеков // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2013. №6. С. 10-12.