

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ)
Институт экономики и управления
Кафедра экономики природопользования

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ ПЕРЕД ГЭК

Зав. кафедрой

Е. Р. Маторкин
(Ф. И. О.)

(подпись)

« _____ » _____ 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

«Совершенствование концепции развития автотранспорта в РФ до 2035 года
на примере Свердловской области»

Научный руководитель: Ф. И. О. Бояринов А. Ю.

к. э. н., доцент

Нормоконтролер: Ф. И. О. Рябова Р. Ф.

Студент группы ЭУМ-220501 Ф. И. О. Давлетбаева А.А

(подпись)
подпись

(подпись)
подпись

(подпись)
подпись

Екатеринбург

2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Институт экономики и управления
Кафедра экономики природопользования
Направление 38.04.02 Менеджмент
Магистерская программа Бизнес и менеджмент природных ресурсов и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)
« _____ » _____ 202_ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации)

студента Давлетбаевой Анны Анфисовны группы ЭУМ-220501
(фамилия, имя, отчество)

1 Тема ВКР Совершенствование концепции развития автотранспорта в РФ до 2035 года на примере Свердловской области

Утверждена распоряжением по институту от « _____ » _____ 202_ г. № _____

2 Руководитель Бояринов Андрей Юрьевич
(Ф.И.О., должность, ученое звание, ученая степень)

3 Исходные данные к работе материалы преддипломной практики, учебная и методическая литература, нормативно-правовые акты в области предпринимательства и регулирования автотранспорта, статистические данные Росстата и мировых агентств, занимающаяся аналитическими исследованиями в области развития автотранспорта и его инфраструктуры

4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)
Введение. 1. Общие сведения о легковом автотранспорте. 2. Совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области. 3. Эколого-экономическая оценка эффективности совершенствованной концепции. Заключение. Библиографический список.
Приложения.

5 Перечень демонстрационных материалов Презентация Power Point или Adobe Acrobat Reader

6 Консультанты по проекту (работе) с указанием относящихся к ним разделов проекта*

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял

7 Календарный план

Наименование этапов выполнения работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Выбор и утверждение темы ВКР, научного руководителя	13.12.2023	
Анализ литературных источников, нормативных документов, систематизация информации, предварительная обработка данных	20.02.2024	
Написание работы	03.05.2024	
Техническое оформление ВКР в соответствии с требованиями	18.05.2024	
Прохождение нормоконтроля и проверка на наличие заимствований с помощью системы «Антиплагиат»	28.05.2024	
Представление ВКР на кафедру с отзывом руководителя, нормоконтролем, проверки на наличие заимствований и результатами предварительной защиты	31.05.2024	
Предварительная защита ВКР	01.06.2024	
Публичная защита ВКР перед ГЭК	10.06.2024	

Руководитель _____ (подпись) Бояринов Андрей Юрьевич Ф.И.О.

Задание принял к исполнению _____ (подпись)

8 Выпускная квалификационная работа закончена « 29 » мая 2024 г.

Пояснительная записка и все материалы просмотрены

Оценка консультантов:* а) _____ б) _____
в) _____ г) _____

Считаю возможным допустить студента Давлетбаеву Анну Анфисовну к защите его выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии.

Руководитель _____

9 Допустить Давлетбаеву Анну Анфисовну к защите выпускной квалификационной работы в экзаменационной комиссии (протокол заседания кафедры № 01 от « 03 » июня 2024 г.)

Зав. кафедрой _____ (подпись) Магарил Е. Р. Ф.И.О.

* - при наличии разделов, требующие привлечение консультантов

РЕФЕРАТ

ВКР (магистерская диссертация) состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 99 наименований, 3 приложения. Работа включает 49 таблиц, 18 рисунков. Общий объем ВКР (магистерской диссертации) – 140 страниц.

Ключевые слова: легковой автотранспорт, сценарии развития автотранспортного комплекса, совершенствование транспортной стратегии.

Цель исследования – опираясь на действующие стратегии развития автотранспорта в России и Свердловской области и на мировой опыт электрофикация транспорта, усовершенствовать концепцию развития автотранспорта в Свердловской области. Объектом исследования выступает автотранспортный комплекс Свердловской области.

Научная новизна исследования состоит в усовершенствовании действующей стратегии развития автотранспортного комплекса Свердловской области до 2035 года.

Практическая значимость исследования заключается в предложении рекомендаций к совершенствованию существующей концепции развития автотранспорта в Свердловской области, что будет способствовать сокращению негативного воздействия на окружающую среду и минимизации издержек бенефициаров данной концепции.

Эффективность рекомендаций – предложенный автором сценарий развития автотранспортного комплекса Свердловской области позволят сформулировать оптимальную структура легковых автомобилей по типу двигателя, чистый экономический эффект с учетом фактора времени составляет 335 723,89 млн. руб.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Оценка и анализ текущего состояния и перспективы развития различных видов транспорта за рубежом и в РФ	7
1.1 Сравнительные характеристики автомобилей	7
1.1.1 Технологии производства и эксплуатации транспорта с ДВС	7
1.1.2 Технологии производства и эксплуатации транспорта с ГБО	14
1.1.3 Технологии производства и эксплуатации электротранспорта	16
1.1.4 Технологии производства и эксплуатации гибридного авто	21
1.1.5 Сравнительные характеристики стоимости владения авто	27
1.2 Исторические аспекты производства электротранспорта за рубежом ..	36
1.3 Современный зарубежный рынок электротранспорта, перспективы его развития	39
1.4 Проблемы производства и утилизации аккумуляторов электромобилей .	46
2 Совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области	54
2.1 Оценка и анализ стратегии развития автотранспорта в Российской Федерации	54
2.2 Аналитический обзор целей и результатов стратегии развития автотранспорта в Свердловской области	64
2.2.1 Характеристика автотранспортного сектора Свердловской области	67
2.2.2 Направления развития экологичных видов транспорта в Свердловской области	70
2.2.3 Проблемы развития автотранспортного сектора в Свердловской области и пути их решения	74
2.3 Совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области	76
3 Эколого-экономическая оценка эффективности совершенствованной концепции	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	119
ПРИЛОЖЕНИЕ А	132
Социальный опрос среди населения Свердловской области.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	135
Реальная стоимость владения автомобилем в условиях РФ	135
ПРИЛОЖЕНИЕ В	141
Оценка эффективности участия в проекте	141

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время состояние окружающей среды в России по многим параметрам оценивается как неблагоприятное. Особенно неблагоприятная ситуация складывается с ростом объема загрязнения атмосферного воздуха. В том числе негативное воздействие на окружающую среду оказывает производство и эксплуатация автотранспортных средств. Особенно эта проблема актуальна для мегаполисов. Увеличение количества автомобилей, слабо развитая транспортная городская инфраструктура приводят к перегрузке автомагистралей и загрязнению прилегающих территорий выхлопными газами.

Для снижения нагрузки на транспортную сеть применяются разные решения, предложенные в концепции развития автотранспорта: развитие и усовершенствование дорожной инфраструктуры, перевод общественного транспорта на газо- и электромоторную тягу.

Предложение рекомендаций к существующей концепции развития автотранспорта в Свердловской области является актуальной исследовательской темой по нескольким причинам. Во-первых, автотранспорт играет ключевую роль в экономическом развитии региона. Развитие автотранспорта может значительно повысить эффективность транспортной системы, улучшить доступность территорий, способствовать развитию торгово-экономических связей. Во-вторых, в современных условиях продолжают возрастать требования к экологической безопасности транспорта, где возникает необходимость учитывать принципы устойчивого развития в разработке концепции развития автотранспорта. В-третьих, существует необходимость в разработке комплексных мер по сокращению аварийности, дорожных заторов и улучшения мобильности населения.

Таким образом, предложение рекомендаций к концепции развития автотранспорта в Свердловской области может способствовать решению важных проблем транспортной отрасли как региона, так и страны в целом.

Целью исследовательской работы является – совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области.

Задачи исследования:

- проанализировать эколого-экономические показатели производства и эксплуатации автомобилей с разными типами двигателей, исследовать динамику технико-экономических показателей и оценить последствия в результате воздействия на окружающую среду;
- изучить мировой опыт производства и эксплуатации электромобилей;
- дать оценку концепции развития автотранспорта в РФ и Свердловской области;
- разработать рекомендации по совершенствованию концепции развития автотранспорта в Свердловской области;
- оценить эколого-экономическую эффективность усовершенствованной концепции.

Объект исследования: автотранспортный комплекс Свердловской области.

Предметом исследования являются экологические, экономические и финансовые отношения в сфере автотранспорта и охраны окружающей среды.

Методологический инструментарий – методы сравнения и обобщения, логический анализ теоретического и практического материала.

Практическая значимость исследования заключается в предложении рекомендаций к совершенствованию существующей концепции развития автотранспорта в Свердловской области, что будет способствовать сокращению негативного воздействия на окружающую среду и минимизации издержек бенефициаров данной концепции.

Информационно-эмпирическая база исследования: методические пособия, научные электронные библиотеки («CyberLeninka», «eLibrary» Российская государственная библиотека), база англоязычных статей,

журналов и научных работ «Jstor», «Annual Reviews», «Nature Publishing» «Science – (AAAS)», эксперименты Springer Nature, публикации экспертов в области изучения особенностей конструкции ДВС, нормативно-правовые документы.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав и заключения, списка литературных источников, приложений.

Первый раздел посвящен изучению мирового опыта в производстве и эксплуатации автотранспорта, в т. ч. электромобилей. Представлены анализ текущего состояния и перспективы развития различных видов транспорта за рубежом и в РФ. Приведены сравнительные характеристики стоимости владения автомобилями на ДВС и на электрической тяге. Рассмотрен вопрос производства и утилизации аккумуляторов для электромобилей.

Второй раздел содержит стратегию совершенствования существующей концепции развития автотранспорта в Свердловской области. В данном разделе разрабатывается сценарий, ориентированный на мнение населения Свердловской области и на базе существующих сценариев.

В третьем разделе представлены технико-экономические показатели проекта. Среди основных показателей представлены следующие: капитальные вложения, текущие затраты, экономический эффект от изменения структуры автопарка, срок окупаемости, рентабельность затрат, норма дисконта, чистый дисконтированный убыток (2025 – 2035 гг).

Работа выполнена на 143 страницах, содержит 49 таблиц, 18 рисунков, 99 использованных литературных источников.

1 Оценка и анализ текущего состояния и перспективы развития различных видов транспорта за рубежом и в РФ

Транспорт занимает особое место в народном хозяйстве страны. Его историческая, экономическая, социальная и политическая роли огромны. Именно транспорт обеспечивает экономическую целостность государства, позволяет связывать все регионы страны в единое целое. Он позволяет организовывать международные связи, налаживать взаимовыгодные экономические отношения, оказывать гуманитарную помощь в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Автомобильный транспорт ежегодно приобретает большее значение, являясь технологическим звеном в строительстве, промышленности, сельском хозяйстве.

1.1 Сравнительные характеристики автомобилей

1.1.1 Технологии производства и эксплуатации транспорта с ДВС

Двигатель внутреннего сгорания (далее – ДВС) – тепловой двигатель, в котором топливо сгорает внутри него самого – во внутренней камере.

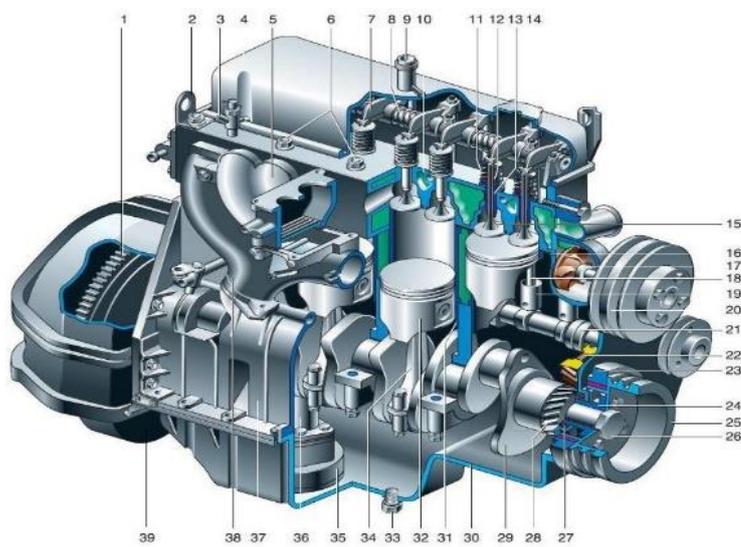


Рисунок 1.1 – Устройство ДВС [87]

На рисунке 1.1 представлена общая схема устройства ДВС. Одна из основных частей двигателя – цилиндр (6), в котором находится поршень (7), соединенный через шатун (9) с коленчатым валом (12). Прямолинейное движение поршня в цилиндре вверх и вниз шатун и кривошип преобразуют

во вращательное движение коленчатого вала. На конце вала закреплен маховик (10), назначение которого придавать равномерность вращению вала при работе двигателя. Сверху цилиндр плотно закрыт головкой блока цилиндров (далее – ГБЦ), в которой находятся впускной (5) и выпускной (4) клапаны, закрывающие соответствующие каналы. Клапаны открываются под действием кулачков распределительного вала (14) через передаточные механизмы (15). Распределительный вал приводится во вращение шестернями (13) от коленчатого вала [87].

Экологические требования к конструкции ДВС.

Сегодня проблема сохранения окружающей среды становится все более актуальной. Одной из основных причин загрязнения атмосферного воздуха является выброс вредных веществ во время работы транспортных средств. В связи с этим возникает необходимость ужесточения требований к конструкции двигателей внутреннего сгорания в целях сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и для повышения экологической безопасности региона и страны в целом. Такие экологические требования необходимо учитывать на всех этапах разработки и производства двигателей. В исследовании рассмотрены требования к конструкции ДВС в соответствии с российскими законодательными актами [7].

Транспортные средства, согласно Постановлению Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 «О Правилах дорожного движения», – это устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем [7].

Согласно исследованию агентства Автостат, около 60 % легковых автомобилей в России не отвечает экологическим стандартам Евро-4 и Евро-5 [40]. Также отмечается, что доля автотранспорта в общих выбросах вредных веществ в городах может достигать от 50 до 90% [40].

Автотранспортные средства являются одними из основных источников загрязнения городского воздуха. Чаще, это обусловлено следующим [59]:

- расширением парка транспортных средств;

- медленным развитием транспортной инфраструктуры;
- недостатками в организации движения;
- низкими экологическими характеристиками автомобилей;
- несоответствием качества используемого моторного топлива современным требованиям.

Данный факт обусловил необходимость проведения ряда действий, направленных на снижение вредного воздействия на окружающую среду, этому способствует, в том числе, соблюдение требований к производству и эксплуатации двигателя и его системы. В современном мире производство автомобильных и других транспортных средств должно не только соответствовать строгим нормам качества, но и быть экологически безопасным [58].

В российском законодательстве требования в области охраны окружающей среды при производстве и эксплуатации автомобильных и иных транспортных средств закреплены в статье 45 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [19]: юридические и физические лица, осуществляющие эксплуатацию транспортных средств, отрицательно влияющих на состояние атмосферного воздуха, должны соблюдать установленные нормы по допустимым выбросам и сбросам веществ и частиц в составе выхлопных газов. Они также должны принимать меры по обезвреживанию загрязняющих веществ, их нейтрализации, а также снижению уровня шума и других факторов, которые могут негативно повлиять на качество окружающей среды.

Выхлопные (отработанные) газы являются основным источником токсических веществ ДВС – это гетерогенная смесь газообразных веществ с разнообразными химическими и физическими свойствами, состоящая из продуктов полного и неполного сгорания топлива, избыточного воздуха, аэрозолей и различных микропримесей, поступающих из цилиндров двигателя в его выпускную систему [33].

В состав выхлопных газов от передвижных источников [49] входят следующие загрязняющие вещества:

- углерода оксид (CO);
- азота оксид (NO);
- азота диоксид (NO₂);
- взвешенные частицы PM_{2,5};
- бензин;
- керосин;
- серы диоксид (SO₂);
- формальдегид (CH₂O);
- бенз(α)пирен (C₂₀H₁₂);
- метан (CH₄).

Содержание угарного газа (CO) и углеводородов (CH) в выхлопных газах транспортного средства с бензиновыми и газовыми двигателями в режиме холостого хода на минимальной и повышенной частотах вращения коленчатого вала двигателя не должно превышать значений, установленных изготовителем для целей оценки соответствия типа транспортного средства перед его выпуском в обращение.

В таблице 1.1 представлены требования к содержанию вредных веществ в выхлопных газах легковых автомобилей (категория М) для каждого экологического стандарта Евро (в единицах г/км).

Таблица 1.1 – Нормы выхлопа по экологическим классам Евро [97]

Экологический класс Евро	Оксид углерода (II) (CO)	Углеводород	ЛОВ	Оксид азота (NO _x)	HC+NO _x	Взвешенные частицы
Нормы выхлопа для дизельного двигателя						
Euro-1	2,72 (3,16)	–	–	–	0,97 (1,13)	0,140 (0,180)
Euro-2	1,00	–	–	–	0,70	0,080
Euro-3	0,64	–	–	0,50	0,56	0,050
Euro-4	0,50	–	–	0,25	0,30	0,025
Euro-5	0,50	–	–	0,18	0,23	0,005
Euro-6	0,50	–	–	0,08	0,17	0,005
Нормы выхлопа для бензинового двигателя						
Euro-1	2,72 (3,16)	–	–	-	0,97 (1,13)	–
Euro-2	2,20	–	–	-	0,50	–
Euro-3	2,30	0,20	–	0,15	–	–
Euro-4	1,00	0,10	–	0,08	–	–
Euro-5	1,00	0,10	0,068	0,06	–	0,0050**
Euro-6	1,00	0,10	0,068	0,06	–	0,0050**
Euro-6 D temp	1,00	0,10	0,068	0,06	–	0,0045**
* До появления стандарта Евро 5. легковые автомобили весом > 2500кг были одобрены как легкие коммерческие автомобили N1-I.						
** Относится только к автомобилям с двигателями с прямым впрыском.						

К категории транспортных средств М относятся транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров.

Требования к двигателю и его системам [14]:

1) дымность выхлопных газов транспортных средств в режиме свободного ускорения не должна превышать значений коэффициента поглощения света, указанного в Правилах ООН № 24-03, либо значений на двигателе или транспортном средстве, установленных изготовителем транспортного средства в эксплуатационной документации. При отсутствии сведений дымность не должна превышать следующих значений:

а) для двигателей экологического класса 3 и ниже:

– 2,5 м-1 для двигателей без наддува;

– 3,0 м-1 для двигателей с наддувом.

б) для двигателей экологического класса 4 и выше – 1,5 м-1;

2) не допускаются отсутствие и повреждения элементов системы контроля и управления двигателем и системы снижения выбросов, а именно:

– электронного блока управления двигателем (далее – ЭБУ);

– датчика уровня кислорода жидкости;

– каталитического конвертера;

– системы вентиляции картера двигателя;

– системы рециркуляции выхлопных газов;

– системы улавливания паров жидкого топлива;

3) системы питания и выпуска транспортных средств должны быть хорошо укомплектованными и герметичными;

4) запорные устройства топливных баков и устройства перекрытия топлива должны быть работоспособными.

Экологические требования к конструкции ДВС определяются необходимостью снижения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух посредством работы двигателя и его системы. В России экологические требования регулируются рядом нормативно-правовых актов, среди которых наиболее важными являются ПДС ЕЭК ООН 83/05, Федеральный закон «Об

охране окружающей среды», Решение Комиссии Таможенного союза «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств».

Экологические требования к конструкции ДВС прямо связаны с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности эксплуатации транспортных средств. Для достижения данной цели необходимо использование современных технологий, таких как системы рециркуляции выхлопных газов, уловители паров топлива и вентиляции картера. Кроме того, необходимы рабочие запорные устройства и устройства перекрытия топлива, работоспособные уплотняющие элементы и герметичность системы питания. Исполнение данных требований поможет обеспечить безопасность эксплуатации транспортных средств и предотвратить ухудшение качества окружающей среды.

Преимущества и недостатки двигателя внутреннего сгорания.

Среди *преимуществ* ДВС выделены следующие:

- 1) удобство: заправить автомобиль с ДВС гораздо проще, так как на протяжении всей дороги расположено достаточное количество АЗС;
- 2) длительный ресурс работы: современные двигатели внутреннего сгорания легко работают в заявленный производителем период;
- 3) компактность: ДВС существенно компактнее двигателей внешнего сгорания (двигателя Стирлинга).

Также выделен ряд *недостатков*:

- 1) при использовании ДВС нельзя организовать работу оборудования по замкнутому циклу, а, значит, организовать работу в условиях, когда давление существенно превышает атмосферное;
- 2) большинство ДВС работает за счет использования невозобновляемых ресурсов (бензина, газа). И исключение – машины, работающие на биогазе, этиловом спирте;

3) существует тесная зависимость работы ДВС от качества топлива. Оно должно обладать определенным цетановым и октановым числами, плотностью, испаряемостью.

Влияние тепловых двигателей на окружающую среду.

Источником энергии для ДВС с 20 века являются нефтепродукты. Если в 1910 году в мировом энергетическом балансе нефть составляла 3 %, то в 1990 году – 38 %. Природный газ составлял в 1935 году 3 %, а к концу 20 века – 24 %. Тот и другой энергоноситель используется в настоящее время ДВС и их доли значительно растут. Эти энергоресурсы обеспечивают 60 % общемирового потребления. В России они составляют 70 %.

При таком распространении автомобильные ДВС являются основными загрязнителями воздуха. Загрязнения от их использования составляют около 60% общего количества всех видов загрязнений [23].

Наибольшее число ДВС в стране и мире установлено на автотранспортных средствах. Мировой парк АТС [84] насчитывает производство свыше 75 318 005 автомобилей по итогам 2022 года. Россия занимает 22 место в рейтинге, объем производства авто – 514 051. В России на 1 000 человек приходится 309 единиц АТС. Для примера, в США приходится около 838 единиц на 1 000 человек [79]. Суммарная мощность автомобильных двигателей составляет 20-25 млрд кВт, а вырабатываемая ими энергия 30 триллионов кВт·ч/год. Это составляет четвертую часть всего объема энергии, осваиваемого человечеством.

Отрицательное влияние тепловых машин на окружающую среду связано с действием различных факторов:

- 1) при сжигании топлива используется кислород из атмосферы, вследствие чего содержание кислорода в воздухе уменьшается;
- 2) сжигание топлива сопровождается выделением в атмосферу углекислого газа;
- 3) при сжигании угля и нефти атмосфера загрязняется азотными и серными соединениями, свинцом, вредными для здоровья человека [17].

Выбросы вредных веществ в атмосферу – не единственная сторона воздействия энергетики на природу. Согласно законам термодинамики – производство электрической и механической энергии не может быть осуществлено без отвода в окружающую среду значительных количеств теплоты. Это не может не приводить к постепенному повышению средней температуры на земле, называемое «тепловым загрязнением». Этот эффект усиливается тем, что при сгорании огромного количества топлива повышается концентрация углекислого газа в атмосфере. При повышенной концентрации углекислого газа атмосфера плохо пропускает тепловое излучение нагретой Солнцем поверхности Земли, что приводит к «парниковому эффекту». В результате описанных процессов средняя температура на Земле в течение последних десятилетий растет. Это грозит глобальным потеплением с нежелательными последствиями, к числу которых относятся таяние ледников и подъем уровня мирового океана.

При сжигании топлива в тепловых двигателях расходуется атмосферный кислород (в наиболее развитых странах тепловые двигатели уже сегодня потребляют больше кислорода, чем вырабатывается всеми растениями, растущими в этих странах).

Тепловые машины не только сжигают кислород, но и выбрасывают в атмосферу эквивалентные количества оксида углерода (3 499,16 тыс. тонн по итогам 2021 года) [18]. Сгорание топлива в топках промышленных предприятий и тепловых электростанций почти никогда не бывает полным, поэтому происходит загрязнение воздуха золой, хлопьями сажи. Во всем мире обычные энергетические установки выбрасывают в атмосферу ежегодно более 200 млн т золы и более 37,52 тыс. тонн оксида серы [18].

Токсичными выбросами ДВС являются отработавшие и картерные газы, пары топлива из карбюратора и топливного бака. Основная доля токсичных примесей поступает в атмосферу с отработавшими газами ДВС. С картерными газами и парами топлива в атмосферу поступает приблизительно 45 % углеводородов от их общего выброса [29].

Углеводороды, вступая в реакцию с озоном, находящимся в атмосфере, образуют химические соединения, неблагоприятно воздействующие на жизнедеятельность растений, животных и человека [29].

Кроме промышленности, воздух загрязняют и различные виды транспорта, прежде всего автомобильный. Жители больших городов задыхаются от выхлопных газов автомобильных двигателей.

Для охраны окружающей среды широко используют очистные сооружения, препятствующие выбросу в атмосферу вредных веществ, резко ограничивают использование соединений тяжелых металлов, добавляемых в топливо, разрабатывают двигатели, использующие водород в качестве горючего (выхлопные газы состоят из безвредных паров воды), создают электромобили и автомобили, использующие солнечную энергию.

1.1.2 Технологии производства и эксплуатации транспорта с ГБО

Газобаллонное оборудование автомобиля (далее – ГБО) – это система, которая позволяет хранить и подавать газообразное топливо в силовую установку. В качестве топлива допускается использование сжиженного нефтяного газа (далее – СНГ), состоящего из пропана и бутана, а также использование природного газа (метана), используемого в сжатом (компримированном, КПГ) и сжиженном (СПГ) виде.

Двигатели, работающие на газовом топливе, относятся к тепловым двигателям с принудительным воспламенением рабочей смеси, то есть используют искровое зажигание, как и бензиновые двигатели, поэтому оценивать достоинства и недостатки газообразного топлива объективнее в сравнении с бензином [82].

На дизельные транспортные средства можно установить дополнительное газобаллонное оборудование. В этом случае, потребитель может снижать свои транспортные затраты до 40 %. Сегодня у многих крупных логистических компаний преобладает именно такая структура автопарка. Для частных автовладельцев, не относящихся к некоммерческому

сектору легковых автомобилей, тем не менее газомоторное топливо не получило широкого распространения.

ГБО классифицируется по поколениям, в зависимости от вида двигателя и топливной системы. Далее представлены разновидности газобаллонного оборудования.

Система ГБО 1-го поколения: к ней относятся установки с вакуумным управлением, устанавливаются преимущественно на бензиновые карбюраторные транспортные средства.

Система ГБО 2-го поколения: к ней относятся механические системы, усовершенствованные электронным дозирующим прибором, функционирующим по принципу обратной связи со специальным датчиком содержания кислорода. Такие системы устанавливаются на транспортные средства, которые оборудованы силовой установкой с инжектором и каталитическим нейтрализатором.

Система ГБО 3-го поколения: к ней относятся механизмы, обеспечивающие определенный распределенный синхронный впрыск газа с дозатором-распылителем. Система такого типа управляется электронным блоком. Подача газа осуществляется во впускной коллектор при помощи форсунок механического типа, которые раскрываются благодаря избыточному давлению в магистрали подачи газа.

Система ГБО 4-го поколения: к ней относятся установки распределенного последовательного впрыска газа с электромагнитными форсунками, находящимися под управлением усовершенствованного электронного блока.

Система ГБО 5-го поколения: газ поступает в коллектор не в газообразном состоянии, а в жидком. Основным отличием 5-го поколения является смонтированный в баллон специальный насос, который обеспечивает подачу жидкого газа на газовые форсунки.

Основные компоненты ГБО: испарительный редуктор, газовый редуктор, газовый и бензиновый клапаны, переключатель видов топлива, мультиклапан, баллон для хранения газа.

1.1.3 Технологии производства и эксплуатации электротранспорта

Электроавтомобиль – это транспортное средство, приводимое в движение при помощи электромотора. Электроавтомобиль не имеет двигателя внутреннего сгорания, вместо него установлен электрический мотор, который питается от аккумуляторной батареи.

Если в таком авто есть бензиновый или дизельный генератор, который заряжает батареи или способен питать электропривод, то такие машины называются гибридными. Кроме этого в электроавтомобилях ввиду особенностей силовой установки есть и другие незначительные изменения [32]:

- измененный центр массы;
- усиленная подвеска;
- отсутствие выхлопной системы.

Основные элементы электроавтомобиля те же, что и у обыкновенного автомобиля с ДВС:

- силовая установка;
- электрооборудование;
- кузов.

Также имеется ряд технических и ходовых отличий, к которым относятся [32]:

- отсутствие звука двигателя;
- высокий крутящий момент, который доступен с первых оборотов;
- нет необходимости в регулярном техническом обслуживании.

Ключевые характеристики электроавтомобиля приведены ниже [36].

Мощность. В электродвигателе на порядок ниже потери энергии на трение, он не требует сложной системы смазки и почти не изнашивается. Поэтому многие электрокары сегодня обладают силовой установкой

мощностью в несколько сотен лошадиных сил и разгоняются быстрее автомобилей с ДВС. Например, моторы электрического Porsche Taycan Turbo S в сумме развивают 761 л.с. и ускоряют машину до 100 км/ч за 2,8 секунды.

Запас хода. Первые серийные электромобили проезжали до 100 км от розетки до розетки. Сейчас средний пробег современных электрокаров на одной зарядке составляет уже 300-400 км. Это делает эксплуатацию электрических машин с дневными пробегами в 50-70 км удобной. Уже есть модели, способные проезжать до 1 000 километров.

Скорость зарядки батареи. Этот параметр зависит от емкости батареи. На скорость также влияют способность аккумуляторов «принимать» мощный заряд большим током, а главное – зарядная инфраструктура, которая может выдать необходимый ток. Для полной зарядки от бытовой сети требуется около 12 часов, но с помощью мощного зарядного терминала электрокар с современной батареей пополнит ее на 80 процентов всего за 30-45 минут.

Принцип работы электромобиля.

Электродвигатель включает в себя статор и ротор. Вращающееся магнитное поле в статоре действует на обмотку ротора и наводит в нем ток индукции, возникает вращающий момент, который приводит в движение ротор. Электроэнергия, поступающая на обмотки мотора, преобразуется в механическую энергию вращения (рисунок 1.2).

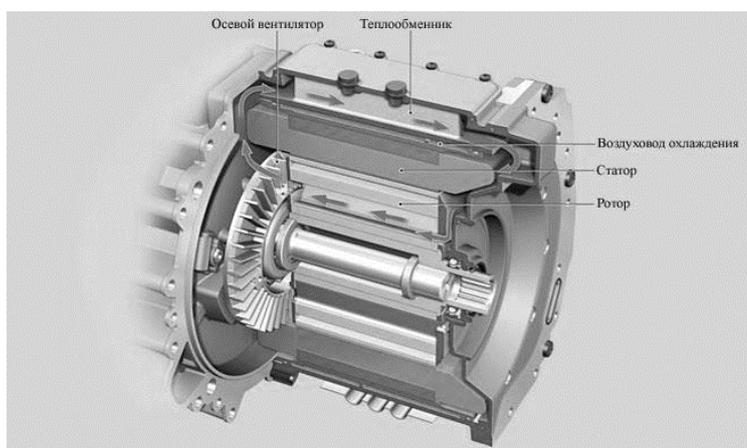


Рисунок 1.2 – Принцип работы двигателя электромобиля [54]

Наглядная схема двигателя электромобиля в системе электропривода представлена ниже (рисунок 1.3).

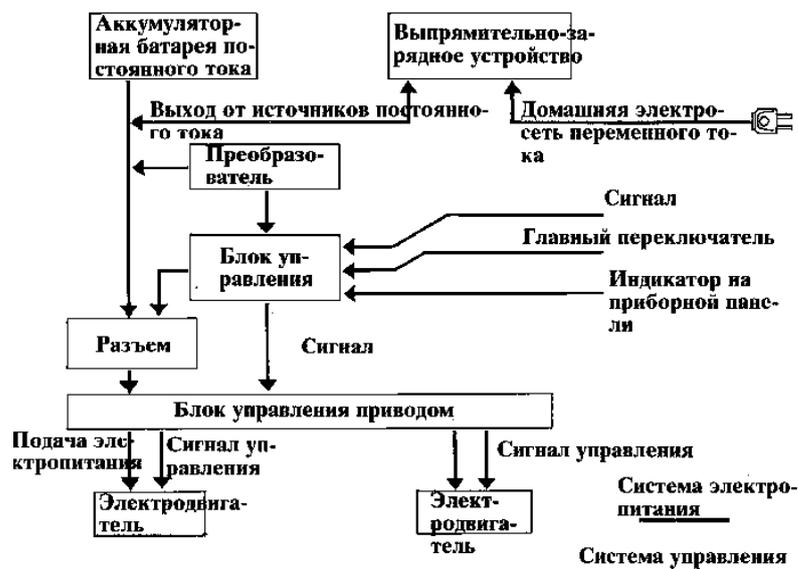


Рисунок 1.3 – Схема двигателя электромобиля [54]

Принцип работы любого электродвигателя базируется на процессах взаимного притяжения и отталкивания полюсов магнитов на роторе и статоре. Движение осуществляется под действием самого магнитного поля и инерции (рисунок 1.4).

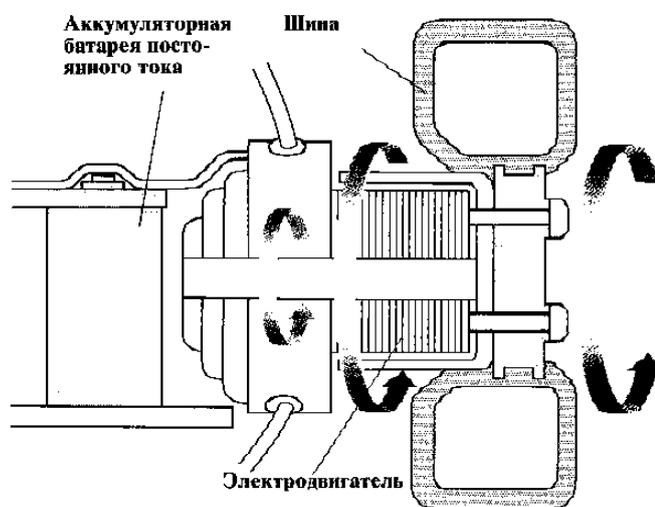


Рисунок 1.4 – Принцип работы электродвигателя [54]

Рассмотрим составляющие электромобиля подробнее.

Электродвигатель по сравнению с автомобильным ДВС необыкновенно прост. В нем отсутствуют поршни, камеры сгорания, коленвал, системы зажигания, подачи топлива и масла, водяного охлаждения. Количество трущихся деталей сведено к минимуму, практически остались только подшипники, на которых вращается ротор, и простой

одноступенчатый редуктор. Механическая энергия не расходуется на трение, что резко повышает КПД. Не менее важная составляющая экономии – возможность рекуперации, то есть возврата электроэнергии в аккумулятор при движении «под горку». ДВС вернуть в бак топливо не способен.

Если сравнивать электродвигатель с двигателем внутреннего сгорания, то второй дает максимальный крутящий момент в узком диапазоне числа оборотов, а для входа в номинальный режим его приходится «раскручивать». В отличие от него, крутящий момент электродвигателя регулируется в более широких пределах и достигается заметно быстрее. Следовательно, динамика электрокара всегда лучше, чем у обычного автомобиля.

В электрокарах используются следующие типы электродвигателей:

- постоянного тока;
- переменного тока;
- универсальные.

Кроме того, двигатели переменного тока подразделяются по числу фаз от одной до трех. Необходимые параметры напряжения питания создаются и регулируются электронным инвертором, преобразующим постоянное напряжение аккумуляторов в переменное.

Достоинства электродвигателя [88]:

- высокий коэффициент полезного действия – до 95 процентов;
- компактность, малый вес;
- простота использования;
- экологичность;
- долговечность;
- создается максимальный показатель крутящего момента на любой отметке скорости;
- воздушное охлаждение;
- способны функционировать в режиме генератора;
- не нужна коробка передач;
- возможность рекуперации энергии торможения.

Недостатки выявить сложно. Больше вопросов вызывает питание агрегата, что, собственно, и тормозит распространение, широкое использование технологии.

Технические характеристики электромобиля в значительной степени определяются их батареями.

Первый тип АКБ – это литий-ионные аккумуляторы. Это классический и наиболее распространенный вид накопителей энергии, применяемых в электрокарах. Их достоинства:

- высокая плотность накопленной энергии;
- высокое напряжение на выходе;
- не менее 1000 циклов зарядки за 10 лет;
- отсутствие «эффекта памяти», из-за которого приходится батареи других типов периодически принудительно разряжать до нуля.

Недостатки:

- высокая стоимость;
- узкий температурный диапазон работы (от -20 до $+50$ °C);
- большая опасность взрыва при авариях.

Второй тип АКБ – алюминий-ионные батареи. Введение алюминия в конструкцию аккумулятора резко снижает опасность взрыва и удешевляет производство. Новейшие экспериментальные батареи подобного типа, разработанные в Китае, выдерживают до 250 тысяч циклов перезарядки. Но в серийные электрокары их еще не устанавливают.

Третий тип АКБ – литиево-серные аккумуляторы. Подобные батареи дешевле и более емкие, чем литий-ионные. И диапазон рабочих температур у них шире. Но есть и существенный недостаток – всего несколько десятков циклов перезарядки. Однако в 2020 году австралийская компания Brighsun New Energy начала выпуск литий-серных аккумуляторов повышенной емкости, рассчитанных на 1700 перезарядок. Пробег оснащенного ими электромобиля достигнет 2000 км. Данная технология сулит революцию в

конструкции всех устройств интернета вещей. Этот тип аккумуляторов сегодня самый перспективный.

1.1.4 Технологии производства и эксплуатации гибридного авто

Гибридный автотранспорт – это вид транспортного средства, который использует два или более разных типа силовых установок для привода. Это сочетание ДВС и электрического мотора – генератором небольшой мощности, автоматизированной коробкой передач и увеличенным, по сравнению с традиционными машинами, блоком аккумуляторных батарей. Такая машина может приводиться в действие отдельно от автомобильного ДВС или от одного электродвигателя, или обеих силовых установок одновременно [38]. Главная идея гибридного транспорта состоит в том, чтобы объединить преимущества обоих типов двигателей с целью повышения эффективности и снижения вредных выбросов.

Основные характеристики гибридного транспорта:

1) двухсистемный привод: гибридный транспорт оборудован двумя независимыми силовыми установками – ДВС и электрическим. Это позволяет переключаться между двумя режимами работы в зависимости от условий движения;

2) регенеративная тормозная система: гибридные автомобили обычно оснащены системой регенеративного торможения, которая позволяет восстанавливать энергию при торможении и замедлении, заряжая батареи;

3) управление: управление режимами работы двигателей и энергопотреблением в гибридных автомобилях осуществляется с использованием сложных систем управления и программного обеспечения. Это позволяет максимизировать эффективность и производительность;

4) снижение выбросов: гибридные транспортные средства, благодаря использованию электрического мотора и регенеративной системы, обычно имеют более низкие выбросы парниковых газов и вредных загрязнителей, что способствует экологической устойчивости.

Принцип работы гибридного автомобиля [89].

При отсутствии бензина машина способна работать только от электромотора, при разрядке – от ДВС, но в обычном режиме задействованы оба двигателя. Работа осуществляется за счет синхронной работы бензинового и электрического двигателей.

При совместной работе топливный двигатель выполняет основную работу по созданию вращательного момента, выработке энергии для аккумуляторной батареи, а электромотор снимает с ДВС нагрузки, минимизирует резкие колебания, снижает количество вредных выхлопов, увеличивают запас хода.

При одновременной работе ДВС и электромотор помогают работать друг другу. ДВС заставляет двигаться генератор, за счет этого электромотор получает дополнительную энергию. Электромотор, в свою очередь, снижает разгонные нагрузки ДВС, позволяя работать без резких разгонных нагрузок.

Особенности гибридных автомобилей [89].

Одна из главных особенностей гибридов – компромиссность. Транспортные средства помогают сэкономить на топливе. Сильно экономия ощутима при езде в условиях интенсивного городского трафика, наличия пробок. Особенно это заметно у транспортных средств с системой рекуперации. С помощью системы рекуперации можно возвращать энергию. Например, когда авто постоянно тормозит, мотор выполняет функцию генератора, осуществляет зарядку батареи.

Производители оснащают машины многоуровневыми автоматическими системами защиты (от поражения электротоком), что подтверждает безопасность ее эксплуатации.

Силовые конструкции, крепления транспортных средств делают из композитных материалов (углеродное волокно, карбон), легких металлов (магний, алюминий). Снижение общего веса машины благоприятно сказывается на его технических характеристиках, создаются лучшие условия для движения. При ускорении на подъемах затрачивается меньше энергии.

Максимальная длина пробега достигается при езде на небольших и постоянных скоростях. В этом случае – наименьшее аэродинамическое сопротивление и наибольшая эффективность расхода топлива.

Всего рассматривается три типа гибридных автомобилей: последовательный, параллельный, последовательно-параллельный.

Последовательная схема работы гибридного автомобиля [89].

Особенности:

- крутящий момент от ДВС передается генератору;
- генератор вырабатывает электричество и заряжает аккумуляторы;
- транспортное средство движется на электротяге.

ДВС работает только на генератор, электрический мотор установлен таким способом, что он является главной силой, которая приводит в движение ведущую колесную пару. Авто с последовательной схемой – это, главным образом, транспортные средства с портом подключения к электросетям. На рисунке 1.5 представлена схема устройства гибридного автомобиля.

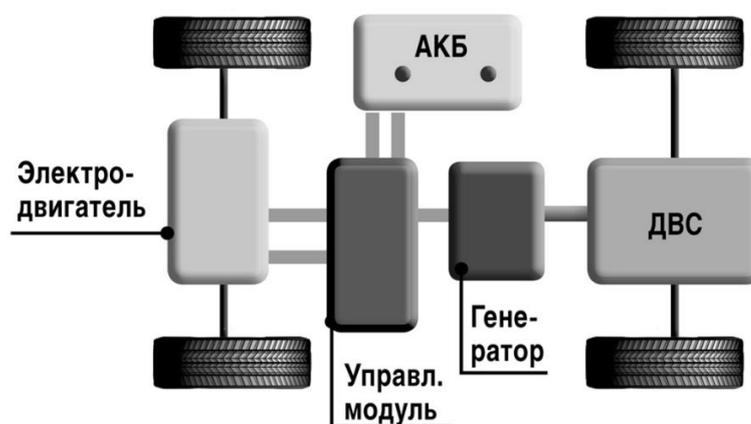


Рисунок 1.5 – Последовательная схема работы гибридного автомобиля [89]

Коробка передач у транспортных средств с последовательной схемой отсутствует. Батареи ставятся никель-металлогидридные. При отключении ДВС авто хватает мощности и заряда для движения самостоятельно.

Схема хорошо совместима с технологией Kinetic energy recovery system (далее – KERS) – системой восстановления кинетической энергии. Во время торможения транспортного средства она накапливается, при необходимости ускорения объекта – расходуется на эту цель.

Последовательная схема обеспечивает возможность ДВС стабильно работать на неизменяемых оборотах, не требует от автопроизводителя установки коробки передач и сцепления.

Ограничение использования последовательных схем на практике обусловлено тем, что в процессе преобразования – достаточно большие потери энергии. Компоновка создает необходимость устанавливать аккумуляторную батарею большой емкости, а аккумуляторные батареи достаточно крупногабаритные и высокие по стоимости. Для легковых автомобилей – это не самое удачное решение. Поэтому в данный момент последовательная схема наиболее интересна производителям большегрузного коммерческого транспорта. Впрочем, у некоторых легковых компактных авто такую схему также можно встретить. Характерный пример – Chevrolet Volt [89].

Параллельная схема работы гибридного автомобиля.

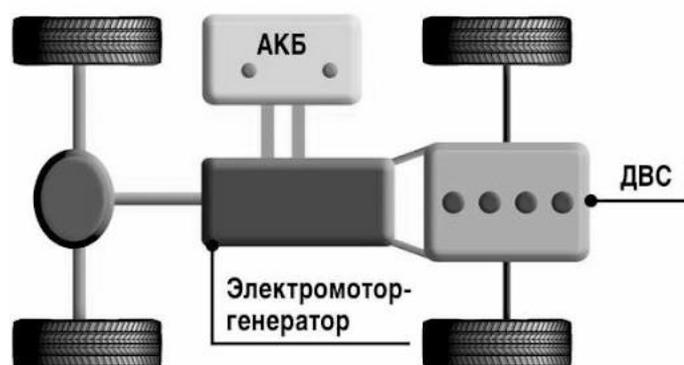


Рисунок 1.6 – Параллельная схема работы гибридного автомобиля [89]

Основную работу выполняет ДВС, электромотор подключается, когда нужна дополнительная мощность. Электромотор способен работать в качестве генератора. Блок управления распределяет крутящий момент, поступающий от ДВС и мотора гибрида. Схема представлена на рисунке 1.6.

Компоновка исключает необходимость устанавливать аккумуляторную батарею большой емкости. ДВС напрямую связан с ведущими колесами, и потери энергии небольшие. Топливная экономичность решения незначительная (в сравнении с транспортными средствами с последовательной и параллельно-последовательной схемами). Когда

транспортное средство начинает тормозить, сохраненная энергия торможения запасается в аккумуляторной батарее. При ускорении энергия аккумулятора уходит на раскрутку электромотора, при этом расход топлива уменьшается на столько, сколько энергии удастся аккумулировать при предыдущих торможениях.

Недостаток схемы – отсутствие возможности одновременно осуществлять подзарядку АКБ и приводить в движение колеса посредством мотора с электроприводом.

Параллельная схема удачна для транспортных средств, активно движущихся по трассе с малым количеством остановок. Параллельная схема встречается у таких производителей как Honda, Hyundai, BMW, Volkswagen.

Взаимодействие электромотора и двигателя внутреннего сгорания может быть налажено по последовательной, параллельной и последовательно-параллельной схемам.

Последовательно-параллельная схема работы гибридного автомобиля.

Если использована последовательно-параллельная (комбинированная) схема, автомобиль при старте и на малых скоростях движется только на электрической тяге (рисунок 1.7). Как и при последовательной схеме ДВС в этом случае работает на генератор.

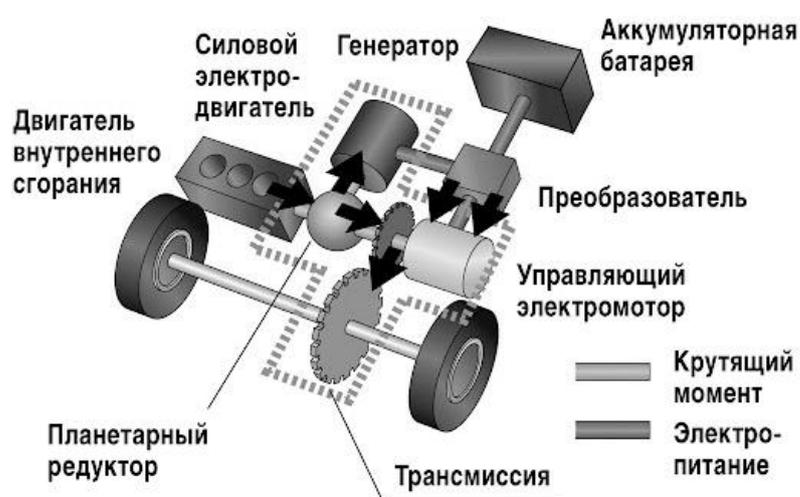


Рисунок 1.7 – Комбинированная схема работы гибридного автомобиля [89]

При сильных разгонах, большой скорости крутящий момент на ведущие колеса передается одновременно от электромотора и ДВС. При

подъеме транспортного средства электромотор получает от АКБ дополнительное питание и минимизирует генератор от сверхнагрузок.

Часть крутящего момента от ДВС благодаря планетарному механизму передается на колеса. Подачу мощности от ДВС и электромотора регулирует электронный блок управления (далее – ЭБУ).

Последовательно-параллельная схема обеспечивает отличную топливную экономичность. Функционально последовательно-параллельная схема одна из наиболее практичных. Имеет популярность среди следующих производителей: Ford, Nissan, Toyota, Lexus.

Не самая большая популярность к схеме при ее отличных достоинствах связана с тем, что при выпуске транспортных средств требуется устанавливать дополнительный генератор. Требуется емкая аккумуляторная АКБ. Сложности есть и в электронике (особенно сложен электронный блок управления).

Преимущества использования гибридных автомобилей.

Преимущества гибридных автомобилей заключаются в:

- 1) независимости – есть возможность ездить от топлива или электротяги;
- 2) существенном снижении расхода топлива даже в комбинированном режиме работы мотора;
- 3) существенно меньшем выбросе загрязняющих веществ в атмосферу по сравнению с машинами, оснащенными только ДВС;
- 4) высокой эффективности при работе на холостом ходу и в экономичности. Особенно это ощутимо при передвижении в условиях плотного трафика по городу;
- 5) малошумности – наиболее низкий уровень шума достигается во время движения на электрической тяге при езде на средней скорости.

К недостаткам владения гибридными автомобилями можно отнести зависимость от АКБ и регулярные нагрузки на нее, а также сложность в сервисе и ремонте такого автомобиля.

Технологии производства и эксплуатации гибридного транспорта постоянно развиваются, стремясь к улучшению эффективности и экологической устойчивости автопарка. Эти инновации играют важную роль в сокращении выбросов парниковых газов и обеспечении устойчивости транспортной отрасли.

1.1.5 Сравнительные характеристики стоимости владения авто

Разница в стоимости производства электрических автомобилей и машин на ДВС к 2022 году составили \$1 900 за одну единицу, к 2024 году она исчезнет полностью, как отмечают эксперты [43]. По мнению экспертов, достижение паритета в стоимости производства компонентов для электромобилей и ДВС-транспорта является ключевым фактором, который заставит мир отказаться от использования ископаемых видов топлива.

На данный момент крупным автопроизводителям сложно отказаться от производства своих прибыльных моделей автомобилей на базе ДВС из-за высокой стоимости аккумуляторов. Отмечается, что стоимость самого аккумулятора может достигать 1/4 или 1/5 от стоимости всего электромобиля.

Стоимость электромобилей существенно превосходит стоимость обычных версий, что ограничивает их продажи. Например, цена на новую модель Volkswagen Golf начинается с 20 280 британских фунтов. В свою очередь, цена на электрическую модель Volkswagen ID.3, позиционирующуюся в качестве первой массовой модели электромобиля немецкого автоконцерна, стартует с 30 000 британских фунтов. Крупнейший британский автоконцерн Jaguar Land Rover оценивает свой единственный полностью электрический автомобиль Jaguar I-Pace в 64 495 британских фунтов, *даже с учетом всех программ государственной поддержки*, направленных на повышение спроса на электрический транспорт. Стоимость аналога Jaguar F-Pace на базе ДВС в свою очередь начинается с 44 845 британских фунтов [44].

Специалисты считают, что быстрое снижение стоимости батарей приведет к гораздо более быстрому переходу на электрический транспорт

[44]. Специалисты из UBS предсказывают, что к 2025 году 17 % мирового рынка автотранспорта будут приходиться на электрические автомобили. К 2030 году этот показатель составит уже 40 % [43]. Впервые в 2020 году цены на аккумуляторные батареи были указаны ниже 100 долларов США / кВт·ч [34], в то время как в среднем по рынку – 137 долларов США / кВт·ч.

Ведущие производители аккумуляторов в настоящее время имеют валовую прибыль до 20 %, а их заводы работают с коэффициентом загрузки более 85 %. Поддержание высоких показателей использования является ключом к снижению цен на ячейки и упаковки. Если коэффициент использования низкий, то затраты на амортизацию оборудования и зданий распределяются на меньшее количество кВт·ч произведенных элементов [34].

На рисунке 1.8 представлена динамика изменения цен на литий-ионные аккумуляторы для электромобилей.



Рисунок 1.8 – Динамика цен на аккумуляторы [34]

Средневзвешенная цена хранения 1 кВт·ч электроэнергии в тяговых аккумуляторах, как отмечают специалисты BNEF, в 2020 году опустилась до \$137, на 13 % по сравнению с 2019 годом. В 2010 году стоимость хранения 1 кВт·ч электроэнергии в тяговых аккумуляторах достигала \$1 100. По прогнозам экспертов, к 2023 году цена хранения 1 кВт·ч электроэнергии в тяговых аккумуляторах опустится до отметки \$100 или ниже. Это позволит создавать электромобили с приемлемым набором потребительских характеристик, которые будут стоить примерно одинаково с сопоставимыми

моделями на основе ДВС [31]. Ожидается, что к 2030 году стоимость хранения 1 кВт·ч электроэнергии в тяговых аккумуляторах опустится до 58 долл., но для этого нужно внести изменения в химическом составе аккумуляторных ячеек. Например, переход на аккумуляторы с твердотельным электролитом позволит снизить стоимость батарей на 40 % от текущего уровня, но для этого надо существенно переработать цепочку по выпуску компонентов для их производства [31].

Однако, стоит учесть, что на каждый выработанный киловатт-час энергии для электромобилей в воздух выбрасывается до 274 граммов углекислого газа. Для сравнения, на киловатт-час энергии, вырабатываемой при сжигании бензина в двигателях внутреннего сгорания, углекислотный выброс не превышает 180 граммов [53].

Сравнение габаритов и массы авто [83]: детали электропривода в целом более компактны, чем ДВС с трансмиссией. Самый габаритный элемент – электробатарея: ее изготавливают плоской и помещают ближе ко дну кузова. Ее масса у крупных авто может достигать нескольких сотен килограмм, и это обычно компенсируют, заменяя отдельные детали более легкими.

Сравнение динамики: у электродвигателя относительно прямой график крутящего момента. Он способен выдать максимальную тягу сразу после нажатия педали газа. А ДВС – только тогда, когда раскрутится до определенного количества оборотов в минуту. Незаурядная динамика позволяет электрокару вовремя сменить полосу, маневрировать [83].

Тормозная динамика, то есть эффективное и безопасное замедление, у электромобилей тоже лучше, чем у обычных авто. Тормозным механизмам помогает режим рекуперации, когда электродвигатель работает как генератор и преобразует вращение колес обратно в электроэнергию [83].

Сравнение скорости: электродвигатели способны выдать большой крутящий момент на низких оборотах, сильно раскручиваться и удерживать в таких условиях высокую мощность – для них невозможно. Даже у дорогих

электрических моделей максимальная скорость чаще ограничена на отметке около 200 км/ч [83].

Если сравнить спортивные варианты электрокара и традиционного автомобиля с примерно одинаковыми мощностью и крутящим моментом, то на первых секундах электрический автомобиль опередит авто на ДВС, но затем ситуация ставится абсолютно обратной [83].

Электромобили можно улучшить особой трансмиссией с повышающим рядом передач. На дорогах общего пользования превышать технологически ограниченный порог скорости негде. Однако, дополнительные детали трансмиссии сделают электрокары сложнее, тяжелее и дороже [83].

Сравнение автономности и запаса хода: сегодня преимущество в способности пополнить запасы источника энергии у автомобилей с двигателями внутреннего сгорания выше. АЗС с бензином и ДТ в достаточном количестве есть и во всех городах, чего нельзя сказать о специализированных зарядных станциях для электромобилей. Их число неуклонно растет, но пока не в той мере, чтобы существенно повлиять на ситуацию [83].

Время зарядки также является слабой стороной электромобилей. Заправить полный бак бензина можно за несколько минут, а на полный заряд батареи потребуется свыше часа в условиях быстрой зарядки [83].

Запас хода на одном баке у автомобилей с ДВС в среднем в полтора-два раза выше, чем у электромобилей с полным зарядом батареи [83].

Сравнение расхода энергии: расходы на горючее существенно выше, чем плата за электроэнергию, но расчеты показывают, что в зависимости от класса автомобиля разницу в начальной цене электромобиль за счет топлива окупит за 10-25 лет [83].

Обслуживание электромобиля: у электродвигателя меньше деталей, чем в ДВС. Вопрос только в стоимости и доступности запчастей, в наличии специальных сервисов и стоимости нормо-часов [83].

Сравнение экологичности: электромобиль с его «нулевым» выбросом несопоставимо чище автомобиля с самым «зеленым» ДВС. Однако

появляется проблема, связанная с выработкой энергии, особенно в глобальном масштабе – с перспективой замены всего автопарка моделями с электротягой. Энергии от ветряков и солнечных панелей не хватит.

Государственное стимулирование и поддержка.

Электромобили и гибридные автомобили. Для стимулирования развития сегмента электромобилей, гибридных автомобилей и зарядной инфраструктуры Минэкономразвития России совместно с Минэнерго, Минпромторгом, Минстроем, МЧС, ФНС, ГК «Автодор» и Фондом развития промышленности подготовило навигатор мер электроподдержки с параметрами и способами получения господдержки [10]. В частности, он включает в себя 10 федеральных мер, в том числе программы субсидирования создания «быстрых» ЭЭС, льготного автокредитования и автолизинга электромобилей, налоговые льготы при вводе ЭЭС в эксплуатацию, бесплатный проезд по платным участкам федеральных дорог.

Дополнительно также подготовлены методические рекомендации по реализации программы субсидирования «быстрых» ЭЭС, по установке комбинации дорожных знаков, ограничивающих остановку и/или стоянку на местах для зарядки электромобилей автомобилей с ДВС, и по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах Российской Федерации.

Среди наиболее значимых инициатив над которыми будут работать министерства и эксперты [12]:

1) предложения по увеличению финансовой поддержки программ стимулирования спроса на электромобили в связи с ростом интереса автовладельцев к данному виду транспорта, которые предоставят Минпромторг, Минэкономразвития и Минфин;

2) разработка рекомендации для программы субсидирования быстрых зарядных станций. Благодаря господдержке в 2022 году было открыто 439 зарядных станций. В 2023 году число субъектов, участвующих в таких пилотах, выросло до 34;

3) планируется предоставить гражданам возможность устанавливать медленные зарядные станции в подземных или наземных паркингах многоквартирных домов без обращения в энергокомпанию. Чтобы жильцы могли использовать избыток энерго мощностей в ночное время;

4) выделено предложение о пересмотре стоимости ОСАГО для владельцев электромобилей, эксплуатируемых в такси и каршеринге.

Прочие привилегии:

- право бесплатного проезда по платным федеральным трассам;
- за покупку автомобиля, собранного на территории России, государство возвращает 25% стоимости. Льгота будет действовать до 2026 года, затем размер субсидии уменьшится до 20%, а после 2030 года составит только 10%;

- первый год владения автомобилем не облагается налогом. Владельцы новых электромобилей освобождаются от оплаты в течение первого года;

- привилегии при пересечении границ России. При оформлении документации для выезда за границу электромобили будут проходить упрощенную процедуру, что сократит время и упростит процесс.

Стоимость владения автомобилем.

Стоимость владения автомобилем представляет собой разницу между суммой денег, потраченных на его покупку и эксплуатацию, и суммой денег, вырученных от его продажи.

В данном разделе приводится стоимость владения автомобилем на примере марок Nissan Leaf (S 4dr Hatchback, electric DD, модельный тип 2024 года), Honda Civic (2024 г., Hatchback EX-L 4dr, газ), Toyota Corolla (2023 г., SE 4dr Sedan, 1.8L 4cyl Hybrid) и Hyundai Kona (2023 г., Kona SE 4dr SUV (2.0L 4cyl CVT), gasoline). Средняя стоимость Nissan Leaf – \$29 235 ¹ [95]. Средняя

Примечание:

¹ Среднегодовой валютный курс за 2023 для Доллар: 85.1630

стоимость Honda Civic – \$29 745 [93]. Средняя стоимость Toyota Corolla – \$29 189 [96]. Средняя стоимость Hyundai Kona – \$23 475 [94].

В качестве сравнения выбраны автомобили базовых комплектаций по признаку популярности среди потребителей и схожей стоимостью на рынке.

Сравнение автомобилей приводится по следующим категориям:

1) страхование – средняя годовая страховая премия по ОСАГО. Стоимость ОСАГО зависит от стажа вождения собственника, мощности двигателя автомобиля, года выпуска авто, места регистрации собственника;

2) техническое обслуживание – предполагаемые расходы на два типа технического обслуживания: плановое и внеплановое;

3) ремонт – предполагаемые расходы на ремонт, не покрываемые гарантиями производителя автомобиля, в течение пяти лет с даты покупки, при условии, что автомобиль проезжает 22 912 км в год;

4) налоги и сборы – транспортный налог;

5) проценты по автокредиту – процентные расходы по кредиту в размере общей стоимости, при условии первоначального взноса в размере 10% и срока кредита в 60 месяцев;

6) амортизация – сумма, на которую стоимость автомобиля снижается с его покупной цены до предполагаемой стоимости при перепродаже. Используемая покупная цена представляет собой общую стоимость автомобиля за вычетом любых налогов и сборов, включенных в эту сумму;

7) топливо – расходы основаны на пересмотренных оценках пробега ЕРА, предполагающих, что расход топлива на 45% состоит из езды по шоссе и на 55% по городу, и что автомобиль оснащен коробкой передач, которая является стандартным оборудованием для этого автомобиля.

Допущения:

- расходы на владение рассчитаны на пятилетний период;
- среднегодовой пробег равен 22 912 км;
- кредитный рейтинг автовладельца выше среднего для определения ставки по кредиту;

- при покупке авто автовладелец вносит первоначальный взнос в размере 10 %;
- срок кредита составляет 60 месяцев;
- стоимость владения автомобилями определена оценщиком Edmunds Insurance и адаптирована под условия РФ автором работы.

Существующие льготы, задействованные в расчетах:

1) льгота на транспортный налог в размере 50 % суммы исчисленного налога уплачивают граждане, на которых зарегистрированы транспортные средства с электрическим типом двигателя;

2) льгота на транспортный налог в размере 50 % суммы исчисленного налога уплачивают граждане, на которых зарегистрированы транспортные средства с газовым типом двигателя;

3) компенсация затрат на топливо в размере 30 % от стоимости заправки автомобиля в рамках программы EcoGas от Газпром. При переоборудовании транспортного средства в Партнерском ППТО, Газпром предоставляет бонусную карту EcoGas с лимитом до 70 000 бонусов в зависимости от типа транспортного средства. Клиент имеет возможность оплачивать бонусами 30% от стоимости заправки на АГНКС ООО «Газпром газомоторное топливо», 1 бонус = 1 рублю. Списание бонусов происходит с бонусного баланса карты. Списать баллы возможно только в течение 1 года.

В таблице 1.2 приведены затраты на владение автомобилем Nissan Leaf (электромобиль) на 5 лет [76, ПРИЛОЖЕНИЕ Б].

Таблица 1.2 – Стоимость владения автомобилем Nissan Leaf, долл. США

Показатель	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	51,81	53,62	55,50	57,44	59,45	277,81
Техническое обслуживание	207,00	283,00	303,00	293,00	1693,00	2779,00
Ремонт	-	-	87,00	209,00	305,00	601,00
Налоги и сборы	8,11	8,11	8,11	8,11	8,11	40,57
Автокредит	2306,00	1876,00	1404,00	888,00	325,00	6799,00
Амортизация ²	12295,00	1431,00	1354,00	1587,00	1504,00	18171,00
Топливо	508,00	523,00	539,00	555,00	571,00	2 696,00
<i>Реальная стоимость владения</i>	15375,92	4174,73	3750,61	3597,55	4465,56	31364,38

² Уменьшение стоимости автомобиля после его использования, т. е. разница между покупной стоимостью и суммой, полученной при его продаже

В таблице 1.3 приведены затраты на владение автомобилем Honda Civic (газ) на 5 лет [74].

Таблица 1.3 – Стоимость владения автомобилем Honda Civic, долл США

Показатель	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	59,20	61,28	63,42	65,64	67,94	317,48
Техническое обслуживание	68,00	378,00	374,00	899,00	1379,00	3098,00
Ремонт	0,00	0,00	104,00	247,00	361,00	712,00
Налоги и сборы	29,95	29,95	29,95	29,95	29,95	149,77
Автокредит	2231,00	1815,00	1358,00	860,00	314,00	6578,00
Амортизация	3882,00	1116,00	1059,00	1240,00	1175,00	8472,00
Топливо	244,63	839,91	865,11	891,06	917,79	3758,51
<i>Реальная стоимость владения</i>	6514,79	4240,14	3853,48	4232,66	4244,69	23085,76

В таблице 1.4 приведены затраты на владение автомобилем Toyota Corolla (гибрид) на 5 лет [77].

Таблица 1.4 – Стоимость владения автомобилем Toyota Corolla, долл. США

Показатель	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	59,20	61,28	63,42	65,64	67,94	317,48
Техническое обслуживание	83,00	414,00	407,00	821,00	1782,00	3507,00
Ремонт	0,00	0,00	87,00	209,00	305,00	601,00
Налоги и сборы	59,90	59,90	59,90	59,90	59,90	299,48
Автокредит	2189,00	1780,00	1333,00	843,00	309,00	6454,00
Амортизация	3391,00	1463,00	1382,00	1622,00	1538,00	9396,00
Топливо	1147,68	1262,45	1388,69	1527,56	1680,32	7006,71
<i>Реальная стоимость владения</i>	6929,78	5040,62	4721,01	5148,10	5742,16	27581,67

В таблице 1.5 приведены затраты на владение автомобилем Hyundai Kona (ДВС на бензине) на 5 лет Edmunds [75].

Таблица 1.5 – Стоимость владения автомобилем Hyundai Kona, долл. США

Показатель	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	51,81	53,62	55,50	57,44	59,45	277,81
Техническое обслуживание	65,00	236,00	554,00	1621,00	1906,00	4382,00
Ремонт	0,00	0,00	0,00	0,00	670,00	670,00
Налоги и сборы	16,23	16,23	16,23	16,23	16,23	81,14
Автокредит	1907,00	1551,00	1161,00	735,00	269,00	5623,00
Амортизация	4849,00	879,00	832,00	976,00	925,00	8461,00
Топливо	1657,76	1823,54	2005,89	2206,48	2427,13	10120,80
<i>Реальная стоимость владения</i>	8546,80	4559,39	4624,62	5612,15	6272,81	29615,75

Таким образом, автомобиль с ГБО наиболее привлекателен с точки зрения реальной стоимости владения автомобилем. Менее привлекательными являются автомобиль с ДВС и автомобиль с электромоторной тягой. Разница в стоимости владения авто с ДВС и ГБО составляет 6 529,99 долл. США, Разница в стоимости владения авто с ЭД и ГБО 8 278,61 долл. США.

1.2 Исторические аспекты производства электротранспорта за рубежом

История развития электрического транспорта зарождается в XIX веке. К концу XIX века количество электромобилей превалировало над количеством легкого транспорта с ДВС, так как характеристики скорости и дальности поездки легкового транспорта были не так важны, по сравнению с простым обслуживанием, запуском машины, тишиной, присущей электромобилям, и комфортностью поездки транспортного средства. Стоимость автомобилей с электро- и бензодвигателем была слишком велика. Однако, электромобиль был более удобен в обращении для аристократии, чем паровые или бензиновые автомобили.

К началу XX века начинается серийное производство электромобилей. Из всего числа автомобилей США 38 % имели электрические двигатели, 40 % – паровые, 22 % – бензиновые. В 1906 г. во Франции было организовано серийное производство легковых электромобилей, имевших запас хода до 80 км и максимальную скорость движения – до 30 км/ч [100]. Россия также не отставала. В 1899 г. появились первые русские электромобили, созданные инженером И. В. Романовым, а в 1901 г. им был построен первый 15-местный электробус [37].

В период 1900 – 1920 гг. было организовано серийное производство электромобилей такими странами, как Англия, Германия, США, Франция, Япония и другие. Средний запас хода электромобилей составляли 50-80 км при средней скорости 20-35 км/ч. В период до 1928 года были выпущены упрощенные конструкции электромобилей в виде тележек, которые нашли широкое применение как технологический транспорт на предприятиях машиностроительной отрасли [26].

Несмотря на широкое использование транспорта с электрической тягой, в первые десятилетия XX века повысилась конкурентоспособность автомобиля с ДВС. Это объясняется дальнейшим совершенствованием конструкции поршневых двигателей и обеспечение увеличенной скорости

движения и запаса хода по топливу. Организация серийного производства автомобилей с ДВС и небольшая стоимость топлива при высоких технико-эксплуатационных показателях сделали его более востребованным. Электромобили нашли применение на перевозках, где требовались небольшие пробеги и невысокие скорости движения [39].

В начале 30-х годов XX века выпуск авто с электромотором имел тенденцию к росту. В 1939 году количество электромобилей в Германии составляло более 9 000, к 1944 году достигло 20 000. Германия приняла решение об отказе от нефтяного топлива из-за рубежа [39].

После Второй мировой войны производство электромобилей существенно сократилось. До середины 1960 годов, за редким исключением, не наблюдалось значительных пополнений парка электромобилей в мире. Электромобили широко использовались для доставки на дом товаров из торговой сети, перевозки посылок и почты в чертах города [39].

С начала 1960 годов в таких промышленных странах, как США, Япония, ФРГ и Англия начинает повышаться интерес к выпуску электромобилей. Интерес вызван проблемой повышенных выбросов выхлопных газов и зависимости от иностранной нефти (энергетический кризис) [39].

Возникший энергетический кризис (конец 60-х гг. и начало 70-х гг.) свидетельствовал о том, что нефтяные ресурсы для автомобилей с ДВС на нашей планете сильно ограничены. Кроме того, большое скопление автомобилей в крупных городах вызывало резкое загрязнение воздуха отработавшими газами ДВС. В период энергетического и экологического кризисов было разработано наибольшее количество разных вариантов электромобилей, но применение нашли немногие из них. Основная причина отставания в развитии электроавтомобилей заключалась в отсутствии новых источников тока, обладающих высокой энергоемкостью при небольшой их стоимости [39].

В начале 1960-х годов компания Battronic Truck (Англия) впервые за долгое время выпустила электромобиль, скорость которого достигала 40 км/ч

и запасом хода 99,7 км. С 1973 года по 1983 год Batronic Truck тесно сотрудничала с автомобильной компанией General Electric (США) и результатом их совместной деятельности стал выпуск 175 грузовых фургонов, которые применялись в деловых целях. В середине 1970-х гг. было произведено около 20 пассажирских автобусов [39].

Лидерами в производстве электромобилей стали Sebring Vanguard и Elcar Corporation. Sebring Vanguard выпустила более 2 000 небольших двухместных моделей CitiCars, максимальная скорость которого достигала 70,8 км/ч, запас хода от 80 км до 96 км. Elcar Corporation производила одноименные Elcar с максимальной скоростью до 72 км/ч и запасом хода 96 км [39].

Дальнейшему наращению объемов производства электромобилей поспособствовали те законодательные акты, которые имели своей целью защиту окружающей среды. В США, например, это были поправки в Закон о чистом воздухе (1990 год) – Закон об энергетической политике. Некоторые государства потребовали от производителей автомобилей снизить объем выбросов в атмосферу до нуля. Крупнейшие автопроизводители, такие как Ford, GM, Chrysler в сотрудничестве в Департаментом Энергетики США и другими производителями электрического оборудования для автомобилей принимают участие в программе «Новое поколение автомобилей» [39].

В начале 1990-х годов концерн Форд представил модель Ford Ecostar с двигателем переменного тока и серо-натриевой аккумуляторной батареей. Максимальная скорость электромобиля составляла 113 км/ч, а путь, который он мог пройти на одной зарядке батареи до 161 км [39]. Другими перспективными электромобилями XX века являлись Toyota RAV4 sport utility, седан Honda EV Plus и минивэн Chrysler EPIC. Комплектовались они никель-водородными батареями, которые в полной мере отвечали экологическим требованиям, но их стоимость в диапазоне 30 000 – 40 000 долл. не способствовала продвижению на рынке для массового потребителя [39].

Первым электрическим концерном глобального альянса XXI века стал Mitsubishi i-MiEV, который начали выпускать и продавать в Японии в 2009

году. На европейском рынке электромобиль появился в декабре 2010 года. В Европе Mitsubishi i-MiEV был известен и под другими именами – Peugeot iOn, Citroen C-Zero, Mitsuoka Like и Subaru O2 [39].

Nissan LEAF не отступал от темпов производства Mitsubishi i-MiEV – в Японии и США продажи стартовали в 2010 году, а спустя год электрокар пришел на рынки стран Евросоюза, Китая и Мексики. Все модификации Nissan LEAF до 2016 года включительно оснащали электромотором на 80 кВт (около 108 лошадиных сил). Nissan LEAF 2010-2012 годов могли проехать без подзарядки 160 км, в 2012 году уже 175, а в 2013 году компания представила первый Nissan LEAF с запасом хода 200 километров. В 2015 году на рынке появились электромобили с новыми аккумуляторами повышенной емкости – запас хода Nissan LEAF увеличился до 250 километров [39].

Пик популярности на электромобили случился после появления на рынке компании Tesla Motors. Компания была основана в 2003 году. Серийное производство электромобилей началось в 2008 году. Успех Tesla связан с внедрением передовых технологий, в частности, автопилоту [39]. Запуск электромобиля Tesla Model S в 2012 году показал, что электромобили по своим характеристикам, за исключением высокой цены, могут быть не хуже бензиновых авто, а запаса хода батарей может хватать на значительные расстояния [39]. Вслед за ними выпускать электромобили стали и многие другие ведущие автопроизводители [39].

1.3 Современный зарубежный рынок электротранспорта, перспективы его развития

Современный зарубежный рынок электротранспорта находится в фазе активного развития и демонстрирует высокий рост как в популярности, так и в инвестициях. Важные факторы, формирующие перспективы развития этого рынка, включают в себя:

- 1) технологический прогресс: продолжающиеся инновации в области батарей, эффективности электромоторов и увеличение дальности пробега

позволяют электрическим автомобилям становиться более доступными и удобными для потребителей;

2) экологические и энергосберегающие требования: с растущим сознанием об экологических проблемах и потребности в сокращении выбросов парниковых газов, государства во многих странах внедряют строгие нормы по выбросам, поощряют использование электрического транспорта и инвестируют в развитие инфраструктуры для зарядки;

3) государственная поддержка: многие страны предоставляют стимулы для покупки электрических автомобилей, такие как налоговые льготы, субсидии, и другие бонусы, что стимулирует рост спроса на электротранспорт;

4) развитие инфраструктуры: расширение сети зарядных станций и развитие быстрой зарядки делают использование электрических автомобилей более удобным и привлекательным для потребителей;

5) интерес к новым рынкам: множество крупных автопроизводителей, технологических компаний и стартапов инвестируют в электрический транспорт, видя в нем возможность создания новых бизнес-моделей и многомиллиардных рынков.

Эти факторы поддерживают общий рост интереса к электрическим автомобилям, гибридным технологиям и инфраструктуре зарядки. Ожидается, что в ближайшие десятилетия доля электротранспорта на мировом рынке будет продолжать увеличиваться, и новые технологии, концепции и модели бизнеса будут появляться для поддержания этого роста [61].

Глобальный прогноз МЭА по электромобилям на 2023 год показывает, что продажи электромобилей увеличились, несмотря на сокращение мирового автомобильного рынка. Совокупные продажи электромобилей различных типов и модификаций по итогам 2022 года составили 10.2 млн по всему миру (таблица 1.6), что на 55% больше, чем в 2021 году, из которых 5.9 млн – в Китае, 2.6 млн – в Европе (за исключением России и стран СНГ), почти 1 млн – в США, 131 тыс. – в Южной Корее и около 100 тыс. – в Японии [98].

В рассмотрение берутся полностью электрические автомобили (BEV), а также гибридные модели, оснащенные блоком аккумуляторных батарей с возможностью зарядки от электрической сети (Plug-in Hybrid EV, PHEV). Поставки обычных гибридов и транспортных средств на топливных элементах не учитываются.

Свыше 95% всех проданных в мире электромобилей приходится на следующие страны и регионы.

Таблица 1.6 – Количество реализованных электромобилей, тыс. шт.³

Страны	Годы											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Китай	5,1	9,9	15,7	73,0	211,0	339,0	580,0	1090,0	1060,0	1140,0	3250,0	5900,0
США	17,8	54,0	97,0	118,0	114,0	160,0	194,0	360,0	325,0	294,0	630,0	990,0
Германия	1,6	3,4	6,8	13,5	23,0	24,0	54,0	67,0	108,0	390,0	690,0	830,0
Великобритания	1,2	2,6	3,7	14,5	29,0	39,0	49,0	62,0	75,0	178,0	310,0	370,0
Франция	2,7	6,3	9,6	13,1	22,7	29,4	37,0	46,0	62,0	185,0	300,0	340,0
Норвегия	2,0	4,2	8,2	21,7	33,9	45,0	62,0	73,0	79,0	106,0	148,0	166,0
Швеция	0,2	0,9	1,5	4,6	8,7	12,9	20,4	29,1	41,0	94,0	135,0	163,0
Корея	0,3	0,5	0,6	1,3	3,4	5,0	14,7	59,4	35,7	39,7	91,0	131,0
Канада	0,5	1,9	3,1	5,1	6,8	11,6	16,7	44,0	51,0	51,0	87,0	114,0
Италия	0,1	0,5	1,0	1,3	2,2	2,7	4,9	9,7	17,5	60,0	138,0	114,0
Нидерланды	0,9	5,1	22,6	14,7	44,8	23,1	10,3	27,5	66,9	88,0	95,0	107,0
Япония	13,0	24,0	29,0	32,0	24,0	24,4	54,0	50,0	39,0	30,0	45,0	102,0
Бельгия	0,3	0,9	0,6	2,0	3,9	9,2	14,7	13,2	17,7	47,0	71,0	97,0
Испания	0,4	0,5	0,9	1,7	2,1	3,5	7,4	11,6	17,4	42,0	67,0	82,0
Швейцария	0,4	0,7	1,4	2,9	5,7	6,1	8,4	9,5	17,3	34,0	54,0	59,0
Дания	0,4	0,5	0,5	1,7	4,7	1,9	1,3	4,6	9,4	32,0	65,0	57,0
Индия	1,4	0,2	0,4	1,0	0,5	0,7	0,9	0,9	0,7	3,1	12,1	48,0
Австрия	0,0	0,0	0,7	1,7	2,8	5,0	7,1	9,1	11,5	23,6	48,0	47,0
Израиль	0,0	0,6	0,5	0,1	0,1	0,1	1,6	3,7	4,8	6,9	24,0	43,0
Австралия	0,0	0,3	0,3	1,3	1,8	1,4	2,3	3,6	9,2	6,9	20,4	38,9
Португалия	0,2	0,1	0,2	0,2	1,1	1,8	4,4	8,0	12,7	19,8	29,0	34,0
Финляндия	0,0	0,2	0,2	0,4	0,7	1,4	3,1	5,7	7,9	17,2	30,0	31,0
Новая Зеландия	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	1,5	3,4	5,6	6,9	5,4	10,3	28,2
Польша	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,5	1,1	1,4	2,7	8,2	16,3	25,0
Бразилия	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	1,9	2,5	13,9	18,5
Исландия	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	1,2	3,1	3,7	2,6	5,0	9,2	11,9
Мексика	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,8	1,2	1,8	1,7	3,8	6,5	8,4
Греция	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	2,2	7,0	8,3
Турция	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	1,3	3,9	7,5
Чили	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,6	1,5
Южная Африка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6
Итого мир	48,0	118,0	201,0	330,0	550,0	750,0	1 180,0	2 050,0	2 080,0	2 970,0	6 500,0	10 200,0

Примечание:

³ Данные IEA [98]

Согласно планам ведущих автопроизводителей и по прогнозам IEA, в 2025 году 25 % всех проданных авто в мире будут электромобили, в 2030 – 41 %. При этом в Европе в 2030 будет продаваться более 30 % электромобилей в структуре совокупных продаж, а странах Западной Европы не менее 75 %.

По итогам 2022 года более трети мирового рынка заняли три производителя. В число ведущих мировых производителей электромобилей входят BYD, Tesla и SAIC-GM Wuling: их суммарная доля составила 36,11 % в общем объеме продаж. Если рассматривать рынок Китая, то на нем лидируют компании BYD, SAIC и Tesla, на которые пришлось в общей сложности 53 % продаж электрокаров. В Китае в списке десяти крупнейших производителей электрических машин доминируют местные бренды. Исключение составляет американская Tesla, которая занимает третье место с долей около 10,3 % по итогам 2022 года [98].

В 2022 году доля Китая в глобальных продажах электромобилей достигла 63,6 % (около 4,4 млн шт по итогам 2022 года). На втором месте находится Европа с долей 24 % (более 1,5 млн шт.). Затем США с долей 9,2 % (около 800 тыс. шт.). На все другие регионы пришлось около 3,2 % (около 3,5 млн шт.) от общего количества реализованных электрокаров (рисунок 1.9) [63].

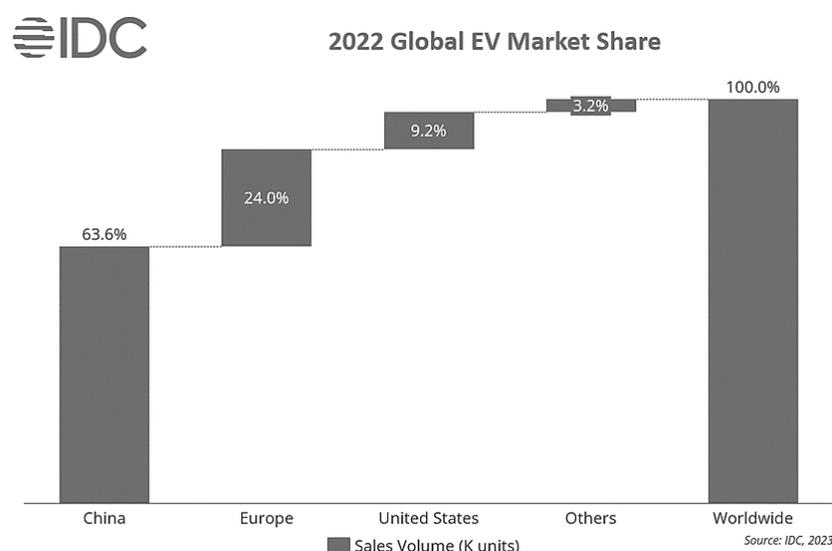


Рисунок 1.9 – Ведущие страны производители электромобилей [98]

Электрификация автомобильного транспорта активно продолжает развиваться. За последние 10 лет действующий автопарк электромобилей всех типов во всем мире увеличился почти в 140 раз до 25,9 млн автомобилей [61].

Самый существенный прогресс наблюдается в Китае, где 10 лет назад формировалось всего 8 % мирового рынка, а сейчас – около 55 %. Из 25,9 млн автомобилей, которые потенциально активны на начало 2023 года – Китай имеет 14,1 млн электромобилей [98].

В 2022 году Китай, Европа (за исключением России и стран СНГ), США, Япония и Южная Корея формируют 99 % от мирового рынка электромобилей. Соответственно, эти 5 стран являются флагманами развития индустрии, технологий и определяют вектор развития рынка [98].

Европа удерживает достаточно стабильную долю (около 30 %), то есть наращивает продажи в общемировых темпах. В Европе на траектории полного замещения автотранспорта с ДВС находятся Норвегия, Швеция и Дания, которые практически все новые продажи реализуют в электромобилях, имея наиболее развитую инфраструктуру зарядок. Швейцария и Финляндия идут по экспоненциальной траектории с 2017-2018 года, но по крупным странам автопарк ДВС все еще значительный и до доминирующего замещения (свыше 50 % от автопарка) может пройти еще десятилетие [98].

Лидером мирового рынка электрифицированных автомобилей в 2022 году среди компаний стала китайская BYD Auto: компания реализовала более 1,8 млн машин в рассматриваемых сегментах [98]. К концу 2022 года рост поставок в годовом исчислении составил около 153 %, а доля достигла примерно 20 %. На три самые продаваемые модели BYD – Song, Qin и Han – пришлось более 55 % продаж. В 2022 году экспорт составил более 33 тыс. единиц. В 2023 году BYD выйдет на несколько европейских рынков, что позволит увеличить объемы поставок электрифицированных машин [98].

На втором месте в рейтинге ведущих поставщиков – Tesla, реализовавшая свыше 1,3 млн транспортных средств. К концу 2022 года

продажи компании выросли более, чем на 31 %, доля в глобальном масштабе составила около 12 %. Tesla Model Y стала самой продаваемой моделью компании на европейском рынке по результатам 2022 года [98].

Третий лидер – Volkswagen: продажи электрифицированных автомобилей группы к концу 2022 года поднялись на 23 % по сравнению с 2021 годом, что позволило занять 4 % мирового рынка. Компания Volkswagen ожидает, что к 2026 году электрические транспортные средства будут составлять приблизительно 25 % ее продаж [98].

На четвертом месте – Wuling. В конце 2022 года спрос на электрифицированные машины Wuling поднялся на 27 % по сравнению с 2021 годом, и компания заняла около 4 % глобальной отрасли [98].

Пятое место занимает BMW Group, спрос на продукцию которого к концу 2022 года выросли на 42 %: компания удерживает приблизительно 4 % соответствующего сегмента. По итогам 2022 года BMW смогла реализовать более 360 тыс. машин, оборудованных электрифицированной силовой установкой [98]. Суммарная доля прочих поставщиков электрифицированных автомобилей в конце 2022 года составила около 56 % (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Доля производителей электромобилей на мировом рынке, %

Компания	Период							
	1 кв. 2021 г.	2 кв. 2021 г.	3 кв. 2021 г.	4 кв. 2021 г.	1 кв. 2022 г.	2 кв. 2022 г.	3 кв. 2022 г.	4 кв. 2022 г.
BYD Auto	5,0	7,0	11,0	12,0	14,0	16,0	20,0	20,0
Tesla	17,0	15,0	15,0	14,0	15,0	12,0	13,0	12,0
Volkswagen	5,0	7,0	6,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Wuling	9,0	7,0	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
BMW Group	6,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	4,0
Остальные	58,0	59,0	57,0	60,0	57,0	59,0	56,0	56,0

По итогам первого полугодия 2023 года рынок электромобилей набирает обороты. Китайская ассоциация производителей легковых автомобилей СААМ опубликовала данные за первые 6 месяцев 2023 года, из

которых следует, что в стране выпустили электромобилей и гибридов на 42,4 % больше, чем за аналогичный период прошлого года [57].

Сбыт также растет: за полугодие продано свыше 2 млн электромобилей (BEV) и около миллион подзаряжаемых гибридов (PHEV). В сумме они составляют уже 28,3 % местного рынка. Рост экспорта всего легкового транспорта из Китая составил 75,5 % по сравнению с первой половиной 2022 года. Локомотивом в КНР остается BYD. На внутреннем рынке сбыт чистых электрокаров, достигший 524 тысяч, оказался выше, чем у Tesla (294 тысяч), и вместе взятых Aion, Wuling и Changan (у ближайших конкурентов продажи составили 211 тыс. шт., 172 тыс. шт. и 57,6 тыс. шт. соответственно) [98].

Тем не менее, Tesla продолжает наращивать продажи в США. За первые шесть месяцев 2023 года реализовано 337 тысяч электромобилей (30 %). Еще одной знаковой тенденцией в первой половине 2023 года на иностранном рынке стал переход производителей на спецификации зарядки NACS. К стандарту Supercharger, который был разработан компанией Tesla и превратился в национальный, присоединилось множество автопроизводителей, включая GM, Stellantis, Mercedes-Benz, Polestar и др. [98].

Европе появились признаки снижения спроса на электромобили. В связи с этим Volkswagen на две недели был вынужден приостановить производство кроссовера ID.4 и нового лифтбека ID.7 на заводе в Германии, так как спрос на эти электромобили в ЕС оказался на треть ниже прогнозного. Tesla в Европе по итогам полугодия также не удалось превзойти свои же показатели продаж последних 6 месяцев 2022 года [98].

В России отмечены следующие тенденции: в июне впервые ежемесячные продажи электромобилей превзошли отметку в 1 000 штук (в семь раз больше, чем в июне 2022 года) [57]. По предварительным подсчетам на российском рынке уже более 30 тысяч электромобилей [98]. При сохранении текущих темпов, их доля в перспективе может превысить 5 % в общей доле автопарка, с которых начинается массовый переход на новый вид транспорта.

1.4 Проблемы производства и утилизации аккумуляторов электромобилей

Аккумуляторы являются самой дорогостоящей составляющей в электромобиле. Резкий рост рынка в этой отрасли был отмечен в начале 2021 года. Этому способствовал рост спроса на электрический транспорт за 2020 - 2021 гг. и тенденция стран к отказу от ДВС. Срок службы аккумулятора автомобиля ограничен в среднем 1 000 – 1 500 циклами заряда/разряда, а значит, его нужно менять. Перенос на расстояние – от 200 000 до 500 000 км. Таким образом, для электромобиля, проезжающего 20 000 км в год, батарея может прослужить от 10 до 15 лет. Некоторые АКБ в современных моделях способны сохранять работоспособность до 20 лет [68].

Виды аккумуляторов для электромобилей.

Эксплуатационные и электрические показатели аккумуляторных батарей зависят от состава электролита и материала производства электродов. В продаже имеются аккумуляторы для электромобилей следующих типов [52]:

- 1) никель-цинковые (NiZn);
- 2) литий-полимерные (Li-pol);
- 3) литий-ионные (Li-ion);
- 4) никель-металл-гидридные (NiMH);
- 5) никель-кадмиевые (NiCd);
- 6) свинцово-кислотные (Lead Acid).

Долгосрочность периода, на протяжении которого служит аккумулятор для электромобиля, измеряется в количестве допустимых циклов заряда и разряда. Эта цифра колеблется у разных автопроизводителей. Можно взять авто, не отличающиеся дорогой ценой и являющееся доступным для покупателей со средним доходом. Например, аккумулятор Nissan Leaf в среднем может быть введен в эксплуатацию на 5-6 лет. Этот период взят из расчета, что зарядка батареи будет производиться каждый день. Компании, производящие более дорогие машины, например, Tesla, дают гарантию, что

аккумулятор электрокара будет служить 8-10 лет. Спустя этот срок АКБ все еще может работать, однако, емкость уменьшится, то есть, будет значительно уменьшено расстояние пробега, на которое хватает одного заряда [52].

При производстве аккумуляторов возникает ряд сложностей [67].

1. Соблюдение требований безопасности. Управление температурой является одной из основных проблем. Элементы аккумуляторной батареи должны эксплуатироваться в определенном температурном диапазоне для сохранения рабочих характеристик и предотвращения перегрева. По этим причинам применяется теплопроводящая паста для заполнения зазоров. Для защиты аккумуляторной батареи электромобиля в случае столкновения, ячейки можно усилить горизонтальными пластинами.

2. Обеспечение качества. Необнаруженные дефекты, возникшие в процессе производства аккумуляторных батарей, приводят к дорогостоящим отзывам электромобилей. К таким дефектам относятся дефекты в соединении элементов, уплотнении аккумуляторных батарей или различных материалах, которые необходимо соединить, таких как высокопрочная сталь и алюминий.

3. Рост затрат с наращением производства. Зависимость от редких материалов: литий, никель, кобальт и другие материалы, используемые в аккумуляторах, ограничены и имеют ограниченные запасы на планете. Это может вызывать проблемы в снабжении и увеличивать стоимость производства аккумуляторов. Еще одна сложность вызвана высокой стоимостью исследований и разработки: разработка новых батарейных технологий и улучшение существующих требует больших инвестиций и исследовательских усилий.

4. Аккумуляторные батареи для электромобилей должны быть оптимизированы для обеспечения безопасности, долговечности и производительности. Быстрый рост спроса на электромобили представляет собой ряд сложностей для автопроизводителей. Эти производственные сложности относятся к материалам, аккумуляторным системам и

технологиям соединения, поскольку они требуют уменьшения массы, что является важным фактором снижения выбросов CO₂.

5. Экологические вопросы добычи. Добыча редких материалов для аккумуляторов может быть экологически вредной. Она может привести к загрязнению водных и почвенных ресурсов, а также нарушению экосистем.

6. Недостаток устойчивых альтернатив. Пока не существует широко доступных источников энергии и технологий аккумуляторов, которые были бы настолько эффективны и доступны, как существующие литий-ионные аккумуляторы.

Производители аккумуляторов для электромобилей.

Многие автопроизводители не занимаются производством АКБ, хотя некоторые из них уже работают в этом направлении (Tesla), а другие покупают долю акций изготовителей батарей (Volkswagen). Тем не менее закупка компонентов у профильных компаний, которые могут сконцентрироваться на исследованиях и разработке емких и надежных аккумуляторов, по-прежнему остается самым популярным способом [69].

Ниже представлены основные производители АКБ по итогам 2021 года и их доля на мировом рынке [80]:

1) Китай: CATL (Contemporary Amperex Technology Co Ltd) – 31,2 %. Мощности компании охватывают 50 % китайского рынка и треть мирового. CATL имеет большое преимущество за счет программы субсидий КНР, поддерживающих отечественного изготовителя батарей. Среди крупнейших клиентов концерна – автопроизводители BMW, Volkswagen, Tesla, Volvo. Основной продукт – широко литий-ионные батареи;

2) Южная Корея: LG Energy Solution – 21,2 %. SK Innovation, LG Energy Solution и SK Innovation за 5 месяцев 2021 года завоевали треть мирового рынка аккумуляторов. Среди крупнейших клиентов концерна – Hyundai, General Motor, Ford, Renault, Tesla и Volkswagen. Основной продукт – литий-ионные батареи.

3) Япония: Panasonic – 13,2 %. Концерн плотно сотрудничает с автокомпанией Toyota, Tesla (сегодня являются основным поставщиком АКБ для электромобилей Tesla). Основной продукт – литий-ионные батареи;

4) Китай: BYD – 8,5 %. Продуктом для зарубежных партнеров являются высокочастотные LFP-батареи. Продукцией BYD пользуется Toyota. Компания закупила LFP-аккумуляторы в 2022 году для своего бюджетного электроседана;

5) Южная Корея: SK Innovation – 5,8 %. Концерн выпускает литий-железо-фосфатные аккумуляторы;

6) Южная Корея: Samsung SDI – 4,6 %. Samsung снабжает батареями Stellantis, Volkswagen и Audi, BMW и Volvo. Основной продукт – литий-ионные батареи;

7) Китай: CALB – 2,8 %. Компания занимается производством литий-ионных батарей, системы управления АКБ и материалами для литиевых батарей. На внутреннем рынке является единственным поставщиком для автоконцерна GAC;

8) Китай: Guoxuan – 2,1 %. Сильной стороной производителя является партнерство с Volkswagen. VW. Guoxuan выпускает тяговые LFP-батареи с увеличенной удельной плотностью энергии, что резко превосходит стандартные показатели подобных продуктов на рынке;

9) Китай: AESC (Envision) – 1,5 %. Основной продукт – литий-ионные аккумуляторы. Компания производит аккумуляторы для электромобиля Nissan Leaf, Renault;

10) Китай: SVOLT – 1 %. Компания занимается серийным выпуском бескобальтовых тяговых батарей. Второй продукт – аккумуляторы LFP (литий-железо-фосфатные ячейки).

Сложности утилизации аккумуляторов.

Невозможно утилизировать аккумуляторы без нанесения ущерба окружающей среде и человеку. Аккумуляторы содержат опасные вещества.

Например, литий-ионные или литий-полимерные, содержат несколько токсичных или вредных химических веществ и компонентов, включая:

- 1) литий (Li): контакт с водой может вызвать взрыв;
- 2) никель (Ni) и кобальт (Co): обладают канцерогенным действием, могут вызывать раздражение кожи и слизистых оболочек. При длительном воздействии на организм может вызвать серьезные заболевания;
- 3) органические растворители: для создания электролита в аккумуляторах могут использоваться органические растворители, которые являются токсичными при ингаляции или контакте с кожей.
- 4) газовые выбросы: при повреждении или перегреве аккумуляторов могут выделяться газы, такие как фтороводород (HF) и фосген (COCl₂), которые также могут быть опасными для здоровья человека.

Утилизация аккумуляторов для электромобилей представляет собой сложную и важную задачу, которая сопряжена с несколькими проблемами:

- 1) токсичные материалы: неконтролируемая утилизация может привести к загрязнению почвы и воды, а также представлять угрозу для здоровья человека;
- 2) недостаток инфраструктуры: на многих территориях не существует развитой инфраструктуры для утилизации аккумуляторов;
- 3) сложность переработки: аккумуляторы содержат сложные химические соединения и компоненты, которые требуют специализированных методов переработки. Это делает процесс утилизации более дорогостоящим и сложным;
- 4) потенциал для вторичного использования: старые аккумуляторы могут иметь достаточную емкость для использования в других направлениях, например, хранение энергии от солнечных панелей или ветряных установок. Утилизация АКБ без попытки извлечения этой емкости является малоэффективной;

5) социальные аспекты: проблемы, связанные с утилизацией аккумуляторов, могут влиять на здоровье тех, кто работает с утилизацией опасных отходов.

Мировая практика утилизации АКБ [91].

Министерства экономики, торговли и промышленности и Японская ассоциация автопроизводителей создали устойчивую систему переработки, при которой расходы несут все заинтересованные стороны. Регулирует деятельность компания Japan Auto Recycling Partnership, базирующаяся в Токио и финансируемая автопроизводителями.

Компания Nissan, 4R Energy Corp. построила в префектуре Фукусима завод по переработке АКБ. Здесь старые аккумуляторы Leaf перепрофилируют для использования в других электрокарах, включая заводское транспортное оборудование.

4RE также объединилась с японской MIRAI-LABO в пилотном проекте. Старые аккумуляторы электромобилей используют в качестве хранилища для уличного освещения на солнечной энергии.

Для исключения выбросов опасных веществ, компанией Duesenfeld был придуман следующий метод переработки: израсходованный аккумулятор разбирают и сортируют по деталям. Все компоненты измельчают под давлением, а химические реакции останавливают газообразным азотом. Когда давление снижается, начинает испаряться электролит – его восстанавливают в виде конденсата и собирают в емкость. Твердые остатки батареи высушивают, сортируют и перерабатывают для дальнейшего использования. На этом этапе уже не остается токсичных веществ – лишь черные и цветные металлы.

С помощью такого метода можно добиться повторного использования около 90% всех материалов аккумулятора. Такая переработка признана эффективной и безопасной [70].

Так, производство и утилизация аккумуляторов электромобилей сопряжены с рядом проблем и вызовов:

1) экологические аспекты производства: производство литий-ионных аккумуляторов требует большого количества редких металлов, таких как литий, никель и кобальт. Добыча и переработка этих материалов могут вызывать негативное воздействие на окружающую среду, включая разрушение экосистем и загрязнение водных и почвенных ресурсов;

2) истощение ресурсов: постоянный рост спроса на аккумуляторы может привести к дефициту редких металлов, что повышает цены и создает риски для устойчивости производства электромобилей;

3) утилизация и переработка: утилизация старых литий-ионных аккумуляторов является сложной задачей. Они содержат токсичные химические вещества, и неправильная утилизация может привести к загрязнению почвы и воды;

4) транспортировка и безопасность: аккумуляторы, особенно большой емкости, могут быть опасными при транспортировке и хранении из-за риска возгорания или взрыва в случае повреждения;

5) стоимость и доступность: высокая стоимость аккумуляторов все еще ограничивает доступность электромобилей для многих покупателей.

Решение данных проблем требует совместных усилий от производителей, правительств, инженеров и ученых. Это включает в себя разработку более экологически устойчивых методов добычи и переработки материалов, разработку более долговечных аккумуляторов, и разработку эффективных методов утилизации и переработки старых аккумуляторов.

Таким образом, были рассмотрены основные сведения о легковом автомобиле: проведен анализ текущего состояния и представлены перспективы развития различных видов транспорта за рубежом и в России. Рассмотрены технологии производства и эксплуатации транспорта с различными энергетическими установками (различными типами двигателей). Кратко описаны схемы устройства двигателей, принцип работы двигателей, экологические требования к конструкции двигателей, преимущества и недостатки использования того или иного типа двигателя и

приведена сравнительная характеристика стоимости владения автомобиля с различными типами двигателей.

Также освещены исторические аспекты производства электротранспорта за рубежом, изучены современный рынок электротранспорта и перспективы его развития, отмечены проблемы производства и утилизации аккумуляторов электромобилей.

Результаты анализа показывают, что в современном мире существует тренд на «нулевой» уровень выбросов парниковых газов от автомобилей, что становится следствием популяризации авто с электрическим двигателем посредством наращивания объема производства и сбыта электромобилей. Сегодня мировое сообщество убеждено в том, что тотальная замена всего транспорта на авто с электрической тягой сможет решить текущие экологические проблемы.

Действительно, у авто с электродвигателем есть свои достоинства: низкие эксплуатационные расходы (расходы на топливо), налоговые льготы. Однако, высокая стоимость владения электромобилем и ограниченная инфраструктура для их зарядки создают значительные барьеры для их массового распространения по сравнению с другими типами автотранспорта (авто на ДВС, гибрид, на природном газе). В этом контексте также необходимо учитывать потенциальные экологические и экономические риски, связанные с добычей редкоземельных материалов для производства аккумуляторов и необходимостью создания инфраструктуры для переработки использованных батарей, а также важно учесть проблему наращивания выработки дополнительной электроэнергии в глобальном масштабе.

Следовательно, существует необходимость в выработке некоего оптимального соотношения транспортных средств в структуре автопарка. Так, на основе оценки и проведенного анализа текущего состояния и перспектив развития различных типов двигателей легкового автотранспорта в России, в следующей главе будут предложены сценарии совершенствования концепции развития автотранспорта в Свердловской области.

2 Совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области

Вторая глава работы посвящена совершенствованию концепции развития автотранспорта в Свердловской области на базе анализа существующих стратегий развития транспорта РФ и Свердловской области до 2035 года, а также на базе характеристик автотранспортного сектора, оценки направлений развития экотранспорта и анализе проблем развития автотранспортного сектора Свердловской области.

2.1 Оценка и анализ стратегии развития автотранспорта в Российской Федерации

Основополагающим документом, определяющим приоритеты развития транспортного комплекса, основные цели, задачи его развития и пути их достижения, является «*Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.*». Документ лежит в основе планов развития транспортного комплекса, является основой и источником реализации целевых программ. Транспортная стратегия РФ утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2035 года с прогнозом на период до 2035 года (утверждена от 27 ноября 2021 г. № 3363-р, далее – Стратегия) разработана в соответствии с [15]:

- 1) Федеральным законом от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»;
- 2) Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» (далее – Указ № 474);
- 3) Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (далее – Указ № 204);

4) поручениями Президента Российской Федерации от 26 июля 2017 года № Пр-1449 и от 25 марта 2020 года № Пр-573;

5) иные документы стратегического планирования по видам экономической деятельности.

Стратегия учитывает опыт реализации Государственной программы «Развитие транспортной системы», «Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры» (далее – КПМИ), национального проекта «Безопасные качественные дороги», сформированных в ходе реализации предыдущей редакции Транспортной стратегии; прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации; прогнозы международной торговли, подготовленные российскими и международными аналитическими агентствами на период до 2035 года [15].

Архитектура Стратегии включает 12 пунктов, соответствующих разделам, в которых рассматриваются элементы Стратегии [15]:

1) оценка текущей ситуации, основных проблем развития транспортного комплекса Российской Федерации;

2) прогнозные экономические условия развития транспортного комплекса Российской Федерации до 2030 и 2035 годов;

3) цели и задачи развития транспортного комплекса Российской Федерации;

4) принципы развития Единой опорной сети транспортного комплекса;

5) принципы развития транспортных услуг;

6) цифровая трансформация, технологическое и кадровое сопровождение развития транспортной отрасли;

7) перечень ключевых инициатив в сфере транспорта;

8) требования к смежным отраслям;

9) финансовое обеспечение и этапы реализации Стратегии;

10) целевые индикаторы Стратегии;

11) механизмы реализации Стратегии;

12) основные итоги, технологические риски и возможности реализации Стратегии.

В соответствии с основополагающими национальными целями и задачами развития Российской Федерации, определенными в документах стратегического планирования, указах и поручениях Президента Российской Федерации, в Стратегии определены миссия и стратегические приоритеты развития транспортного комплекса.

Миссия развития транспортной системы заключается в создании условий для повышения качества жизни и здоровья населения, экономического роста и повышения конкурентоспособности национальной экономики, укрепления безопасности страны и реализации ее транзитного потенциала через опережающее развитие транспортной инфраструктуры и расширение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам с минимальным воздействием на окружающую среду и климат, использование географических особенностей Российской Федерации в качестве ее конкурентного преимущества [15].

Цели и задачи Стратегии определены на основании национальных целей и национальных приоритетов, документов стратегического планирования, исходя из анализа текущего состояния транспортного комплекса, опыта реализации предыдущей Транспортной стратегии, зарубежного опыта и прогнозных экономических условий развития транспортного комплекса. Цели и задачи развития транспортного комплекса Российской Федерации являются основанием для определения принципов и направлений развития инфраструктуры транспортного комплекса и транспортных услуг. [15].

Далее представлены цели стратегии и задачи для их достижения.

Для достижения цели 1 «*Повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий*» определены задачи:

- 1) повышение межрегиональной транспортной доступности территорий Российской Федерации для перевозок пассажиров и грузов;
- 2) повышение круглогодичной транспортной доступности удаленных территорий;
- 3) повышение транспортной доступности и связности транспортных систем в городских агломерациях;
- 4) повышение транспортной доступности Российской Федерации для глобальных рынков;
- 5) приведение транспортной инфраструктуры в соответствие с нормативными требованиями и обеспечение ее долговременной устойчивости.

Для достижения цели 2 *«Повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма»* определены задачи:

- 1) снижение времени в пути «от двери до двери» для пассажиров;
- 2) создание безбарьерной и комфортной среды для пассажиров и туристов на всем протяжении поездки;
- 3) повышение качества для узловой пассажирской инфраструктуры и приведение объектов в соответствие с требованиями к качеству.

Для достижения цели 3 *«Увеличение объема и скорости доставки грузов, в том числе транзитных, и развитие мультимодальных логистических технологий»* определены задачи:

- 1) повышение скорости, надежности и полноты услуг по осуществлению мультимодальных и транзитных грузовых перевозок;
- 2) развитие участков международных транспортных коридоров, проходящих через Россию.

Для достижения цели 4 *«Цифровая трансформация отрасли и ускоренное внедрение новых технологий»* определены задачи:

- 1) Цифровизация пассажирских перевозок;
- 2) Цифровизация грузовых перевозок;

3) Цифровизация жизненного цикла инфраструктуры и транспортных средств;

4) Цифровизация управления транспортным комплексом;

5) Повышение уровня технологического развития транспортного комплекса.

Выделяются также задачи, выполнение которых влияет на достижение всех целей:

– снижение негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду в соответствии с принципами устойчивого развития;

– обеспечение безопасности на транспорте;

– эффективное обслуживание внешней торговли Российской Федерации, развитие экспорта транспортных услуг, развитие международного сотрудничества;

– кадровое сопровождение и развитие человеческого капитала транспортного комплекса.

Транспортный комплекс также выполняет важные функции по достижению государственных целей, а именно [47]: в части обеспечения экономического роста (в том числе за счет развития смежных отраслей и косвенных эффектов от транспортного комплекса) и обеспечения национальной безопасности и связанности территории страны.

Стратегия является основой для формирования генеральной схемы развития Единой опорной транспортной сети, региональных стратегических планов развития транспортных систем и стратегий развития государственных компаний и корпораций в сфере транспорта [15].

Участники программы.

Участники проекта фигурируют в паспорте стратегии. Среди участников выделены следующие [15]:

– разработчик – Министерство транспорта Российской Федерации;

– исполнители – Минтранс России, Минэкономразвития России, Минпромторг России, Минобрнауки России, Минрегион России

(упразднено), ФАС России, ФТС России, ФСТ России, МВД России, Минобороны России, МЧС России, МИД России и другие заинтересованные федеральные ведомства и исполнительные органы власти субъектов Российской Федерации;

- система организации контроля за исполнением – Министерство транспорта Российской Федерации;

- инвесторы – органы исполнительной власти субъектов РФ. Задействованы федеральный бюджет, региональный бюджет и местный бюджет [15].

Также стоит отметить объем финансирования проекта. В базовом сценарии с учетом прогноза динамики ВВП на период до 2035 года инвестиции в транспортной отрасли суммарно составят *62,5 трлн. руб.* (по периодам в сопоставимых ценах 2020 года) [15]:

- на период с 2021 по 2024 год: *13,5 трлн. руб.* (в среднем 2,6 % ВВП);
- на период с 2025 по 2030 год: *26,0 трлн. руб.* (в среднем 2,95 % ВВП за период с 2025 по 2030 год и с пиковым значением в 2030 году на уровне 3,1 % ВВП);
- на период с 2031 по 2035 год: *23,0 трлн. руб.* (в среднем 2,7 % ВВП).

В таблице 2.1 представлена структура инвестиций в транспортной отрасли по видам транспорта.

Таблица 2.1 – Структура инвестиций в транспортной отрасли, % [15]

Вид транспорта / период	2021 - 2024 годы	2025 - 2030 годы	2031 - 2035 годы
Железнодорожный	32,5%	29,2%	32,2%
в том числе проекты городского железнодорожного транспорта	7,6%	5,1%	6,7%
в том числе проекты скоростного и высокоскоростного сообщения	8,8%	10,2%	13,1%
Автомобильный	5,6%	7,1%	6,6%
Внутренний водный	1,4%	3,1%	2,6%
Морской	9,9%	4,3%	2,6%
Воздушный	4,4%	6,2%	5,2%
Наземный городской электротранспорт	1,1%	5,8%	6,4%
Метрополитен	9,6%	3,1%	2,1%
Дорожное хозяйство	29,6%	33,9%	35,7%
Вспомогательная транспортная деятельность	5,7%	7,2%	6,6%

В таблице 2.2 представлена структура инвестиций в транспортной отрасли по видам транспорта, в трлн. руб. в сопоставимых ценах 2020 года (определен коридор значений в соответствии с процентной структурой и вероятностным отклонением в +/- 10 %).

Таблица 2.2 – Структура инвестиций в транспортной отрасли, трлн. руб. [15]

Вид транспорта / период	2021 - 2024 годы	2025 - 2030 годы	2021 - 2035 годы	Всего за 15 лет
Железнодорожный	3,8 - 4,7	6,8 - 8,3	6,8 - 8,3	17,3 - 21,2
в т. ч. проекты городского железнодорожного транспорта	0,9 - 1,1	1,2 - 1,5	1,4 - 1,7	3,5 - 4,3
в том числе проекты скоростного и высокоскоростного сообщения	1,0 - 1,3	2,3 - 2,9	2,8 - 3,4	6,1 - 7,5
Автомобильный	0,2 - 0,2	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7	1,4 - 1,7
Внутренний водный	1,2 - 1,4	1,0 - 1,2	0,5 - 0,7	2,7 - 3,3
Морской	0,5 - 0,6	1,4 - 1,8	0,7 - 0,9	2,7 - 3,3
Воздушный	0,1 - 0,2	1,4 - 1,7	1,4 - 1,7	2,8 - 3,5
Наземный городской электротранспорт	1,1 - 1,4	0,7 - 0,9	0,5 - 0,6	2,3 - 2,8
Метрополитен	3,5 - 4,3	7,8 - 9,6	7,5 - 9,1	18,8 - 23,0
Дорожное хозяйство	0,7 - 0,8	1,7 - 2	1,6 - 1,9	3,9 - 4,8
Вспомогательная транспортная деятельность	3,8 - 4,7	6,8-8,3	6,8-8,3	17,3 - 21,2
В т. ч. проекты цифровой трансформации, включая бюджетные и внебюджетные средства	0,9 - 1,1	1,2 - 1,5	1,4 - 1,7	3,5 - 4,3

Сроки реализации программы.

Реализация мероприятий Стратегии осуществляется в три этапа. Первый этап реализуется с 2021 по 2024 год, второй этап – с 2025 по 2030 год, третий этап – с 2031 по 2035 год с учетом дальнейшей реализации целей, задач и основных мероприятий Стратегии до 2035 года.

По итогам выполнения каждого из этапов Стратегии ожидается достижение установленного уровня ключевых показателей эффективности в рамках программных инициатив [11].

Ключевые мероприятия, требующие финансирования, которые планируются в рамках 1-го этапа реализации Стратегии:

– развитие внутреннего водного транспорта – создание необходимой современной инфраструктуры внутренних водных путей; устранение

лимитирующих участков опорной сети внутренних водных путей; строительство новых судов; развитие грузовых портов;

- развитие внутриагломерационных перевозок – модернизация существующей транспортной инфраструктуры, обновление подвижного состава, расширение каркаса городского пассажирского транспорта, инвестиции в приведение улично-дорожной сети в соответствие с нормативами;

- развитие пассажирских перевозок дальнего следования – развитие сети аэродромов, развитие сети автомагистралей, развитие пригородного и дальнего сообщения, поддержание технического состояния автомобильных дорог, программы субсидирования перевозок, поддержка обновления и модернизации парка транспортных средств;

- развитие экспорта и транзита грузов – расшивка узких мест на объектах железнодорожной инфраструктуры, строительство (реконструкция) объектов портовой инфраструктуры, круглогодичный Северный морской путь (создание портовой инфраструктуры и строительство атомных ледоколов);

- новые технологии транспорта – формирование пилотных проектов «грузовых деревень», размещение криогенных автозаправочных станций, автомобильных газонаполнительных компрессорных станций и других заправочных станций, внедрение и развитие систем контроля состояния и работоспособности управляющего транспортного средства в пути;

- цифровая трансформация транспорта – инвестиции в развитие технологической базы.

В рамках 2-го этапа будут продолжены инвестиции по программным инициативам, которые были начаты на 1-м этапе. Основные изменения с точки зрения ключевых мероприятий, требующих финансирования, в рамках 2-го этапа реализации Стратегии:

- развитие внутреннего водного транспорта – развитие опорной сети внутренних водных путей и улучшение качественных параметров судовых

ходов, увеличение сроков навигации в южных регионах, расширение транспортной и туристской пассажирской сети;

- развитие внутриагломерационных перевозок – расширение транспортного каркаса городского пассажирского транспорта и поддержание технического состояния улично-дорожной сети;

- развитие автодорожной инфраструктуры, включая скоростные магистрали, увеличение технической оснащенности и протяженности дорог в нормативном состоянии, повышение безопасности дорожного движения;

- новые технологии транспорта – расширение программы «грузовых деревень» в 5 приоритетных регионах;

- развитие механизмов ценообразования – запуск системы взимания платы с грузовых автомобилей на дорогах регионального значения.

Окончание инвестиций, необходимых для реализации инициатив 2-го этапа, позволит перераспределить ресурсы на продолжающиеся инициативы, а также на поддержание достигнутых результатов. Основными изменениями с точки зрения ключевых мероприятий, требующих финансирования, в рамках 3-го этапа реализации Стратегии, являются:

- развитие внутреннего водного транспорта – завершение расшивки узких мест на основных участках внутренней водной инфраструктуры и развитие грузовых портов, масштабирование экспортных маршрутов;

- развитие внутриагломерационных перевозок – завершение программы модернизации существующей транспортной инфраструктуры, переход к поддерживающим инвестициям;

- развитие автодорожной инфраструктуры, включая оснащенность дорог для движения беспилотного транспорта;

- развитие экспорта и транзита грузов – круглогодичный Северный морской путь (завершение проекта).

Так, одним из важных направлений стратегии является повышение экологичности транспортного комплекса. Увеличить долю автомобильных транспортных средств с более высоким экологическим классом планируется

за счет естественного выбытия старых автомобилей. Повышать экологичность транспорта будут в том числе за счет роста доли альтернативных видов топлива и источников энергии. Для перехода на альтернативные виды топлива правительство собирается построить в европейской части России около 250 тысяч заправок для электромобилей. На основных трассах должны появиться специализированные автосервисы для них и пункты утилизации батарей.

В документе отмечено, что транспортная стратегия до 2035 года не вводит никаких ограничений при развитии всех видов транспорта. Транспортная стратегия России до 2035 года не предполагает никаких ограничений использования личных автомобилей. Мероприятия Стратегии направлены на увеличение мобильности и качества жизни граждан, последовательное развитие всех видов транспорта. Однако такой комментарий является противоречивым: в Стратегии *подчеркивается*, что в дальнейшем планируется развивать общественный транспорт и сокращать использование личного.

Также в документе отсутствуют пояснения к определению понятий «транспортные средства «низких экологических классов», то есть, какие транспортные средства относятся к таковым и «альтернативные виды топлива». Неясно, о каких именно видах топлива идет речь, также не приводится эколого-экономическая оценка того или иного типа двигателя, а следовательно и топлива, что является весомым недостатком Стратегии. Планы о переходе на электромотор являются необоснованными, тогда можно сделать вывод о том, что перевод транспорта на электричество – это следование мировому тренду без учета специфики нашей страны и специфики региона. Тогда возникает вопрос о целесообразности проведения запланированных мероприятий по переводу транспорта на электричество.

2.2 Аналитический обзор целей и результатов стратегии развития автотранспорта в Свердловской области

Транспортная стратегия развития транспортного сектора Свердловской области до 2035 года разработана на основе:

1) Федерального закона от 28 июня 2014 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»;

2) указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;

3) транспортной стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 № 1734-р;

4) схемы развития и обеспечения сохранности сети автомобильных дорог общего пользования в Свердловской области на 2017–2031 годы и др.

Миссия проекта – создание условий для экономического роста, повышения конкурентоспособности региональной экономики и качества жизни населения области через обеспечение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам по перевозкам грузов и пассажиров, а также снижение транспортных издержек и уменьшение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

Далее выделены основные цели и задачи проекта.

Цель 1: формирование сбалансированной эффективной транспортной инфраструктуры Свердловской области в составе единого транспортного пространства России.

Задачи:

– сбалансированное развитие интегрированной инфраструктуры транспортных коммуникаций всех видов транспорта;

– ликвидация разрывов и «узких мест» транспортной сети.

Цель 2: снижение негативного воздействия региональной транспортной системы на окружающую среду.

Задачи:

- модернизация транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, направленная на снижение их негативного воздействия на окружающую среду;
- повышение доли использования экологически чистых видов топлива, гибридных и электрических двигателей транспортных средств, материалов и технологий, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду;
- обеспечение экологически безопасного обращения с отходами транспортного комплекса, предупреждение и сокращение их образования;
- внедрение систем экологического менеджмента и управления качеством в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности на транспорте.

Ключевые участники проекта:

Инициатор – Правительство Российской Федерации (указ Президента РФ). Инициатор участвует на начальных этапах обоснования проекта, формирует идею.

Заказчик – Правительство Свердловской области. Заказчик участвует на начальных и заключительных этапах проекта. В его функции входят:

- 1) обновление автопарка;
- 2) стимулирование замещения нефтяного топлива газомоторным топливом;
- 3) стимулирование отказа предприятий от использования устаревших легковых автомобилей, находящихся в их собственности;
- 4) учет экологической и возрастной структуры автопарка при формировании государственного заказа, отдавая предпочтение более экологичному транспорту.

Разработчик – Министерство транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области. Разработчик принимает технические решения, которые могут быть реализованы и использованы. Разработчик отслеживает

и исправляет ошибки за приемлемое время, вносит коррективы в план проекта.

Инвестор – Правительство Свердловской области (областной и местный бюджеты). Инвестор предоставляет инвестиции в нужном объеме своевременно для успешной реализации проекта.

Непосредственные участники проекта.

Исполнитель – Министерство транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области. Исполнитель контролирует сроки реализации проекта в рамках установленного бюджета.

Ответственный за контроль и реализацию проекта – Министр транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области.

Инвестор – ООО «Газпром газомоторное топливо». Является участником посредством реализации объектов газозаправочной инфраструктуры.

Внешние заинтересованные стороны оказывают влияние на цели и содержание проекта:

- администрация г. Екатеринбурга;
- автотранспортные предприятия;
- Министерство природных ресурсов Свердловской области;
- владельцы автомобилей и население.

Транспортная стратегия Свердловской области до 2035 года ориентирована на следующие ключевые направления: содействие переходу на электромобили и другие экологически чистые виды транспорта; стимулирование использования низкоэмиссионных автомобилей через субсидии, налоговые льготы и программы поощрения; создание сети зарядных станций для электромобилей, обеспечивающей доступность зарядных точек в области.

Большее внимание уделено идеи перевода транспорта на газ. В документе отмечается, что процесс перевода транспорта на природный газ позволит сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу до 2 млн 630 тыс. тонн ежегодно.

2.2.1 Характеристика автотранспортного сектора Свердловской области

Для разработки рекомендаций по совершенствованию концепции развития автотранспортного сектора в Свердловской области необходимо понимать ее структуру автопарка и основные характеристики ее транспортной инфраструктуры.

Всего, по состоянию на 2022 год, в России зарегистрировано 51 570 000 единиц автомобилей, из них 81 % принадлежит легковым автомобилям [85] (то есть, 41,77 млн ед.). Всего автомобилей с ДВС было зарегистрировано 50,27 млн ед., автомобилей на газу – 1,25 млн ед., а на электрических батареях – 0,05 млн ед. Структуру автопарка по типу двигателя можно представить следующим образом (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Структура автопарка России по типу двигателя ⁴

По итогам 2022 года Свердловская область заняла 5 позицию в рейтинге регионов с максимальным количеством зарегистрированного легкого автомобиля [85]. Всего по Свердловской области зарегистрировано 2 413 971 транспортных средств.

Примечание:

⁴ Составлено автором на основе данных: <https://www.asroad.org/analiz-toplivnogo-rynka/>

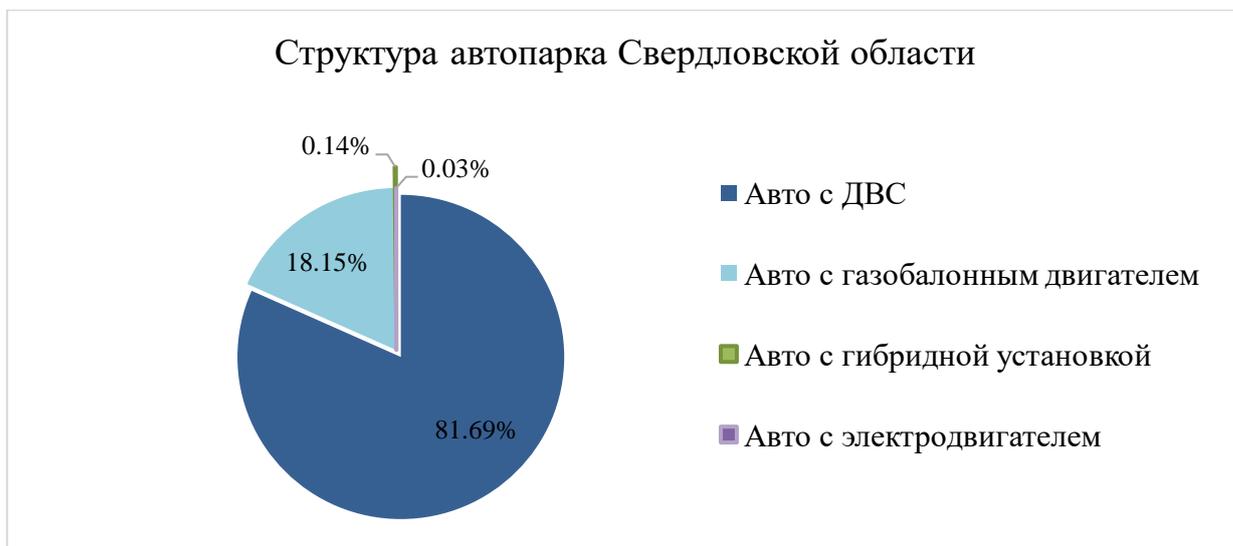


Рисунок 2.2 – Структура автопарка Свердловской области по типу двигателя
 Структура автопарка Свердловской области по типу двигателя представлена на рисунке 2.2.

Свердловская область является крупнейшим региональным центром России и обладает развитой транспортной инфраструктурой. Свердловская область расположена в самом центре России и является связующим звеном между Европой и Азией.

Характеристики транспортной инфраструктуры включают:

1) железнодорожный транспорт – Свердловская область является крупным железнодорожным узлом. Эксплуатационная длина (на 01.01.2010 г.) – 7 152,2 км, развернутая длина – 13 852,5 км. Главным железнодорожным узлом региона является город Екатеринбург. Отсюда проходят магистральные железнодорожные линии, связывающие Сибирь, Урал и Центральную Россию;

2) водный транспорт – Свердловская область расположена далеко от морей, поэтому водный транспорт не является основным способом транспортировки грузов и пассажиров в регионе;

3) воздушный транспорт. Авиаперевозки организованы через аэропорт Кольцово в городе Екатеринбурге. Это один из самых крупных по объемам пассажирских авиаперевозок аэродромов в России (3,5 млн пассажиров в 2020 году) обслуживает 54 федеральных и 66 зарубежных направлений;

4) автомобильные дороги. Сеть автомобильных дорог на территории Свердловской области развита неравномерно: в южной части, более освоенной, автодорожная сеть развита лучше, чем в северных и северо-восточных районах. Самой крупной трассой является Восточно-Уральская магистраль, связывающая города Екатеринбург и Тюмень. Также в области есть несколько магистралей федерального значения, таких как М5 «Урал», «Р-242 Каменск-Уральский – Серов», «Р-350 Тюмень – Екатеринбург – Каменск-Уральский».

Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры. Особое значение автомобильных дорог в социально-экономическом развитии Свердловской области определяется рядом объективных условий:

1) географическим положением: область является одним из крупнейших промышленных центров, максимально приближенных к зоне стратегических запасов природно-материального сырья (Ханты-Мансийскому автономному округу, Республике Коми), дальнейшее освоение которого составляет основу перспективного развития промышленного потенциала прилегающих территорий;

2) структурой экономики: доминирование в структуре экономики области отраслей, ориентированных на автомобильные грузоперевозки: машиностроение и металлургия (15,8 % в ВРП); цветная металлургия (18,4 % в ВРП), строительная индустрия, что требует развитой региональной автодорожной сети как основы эффективной системы грузо- и товародвижения;

3) местом в системе национальных и евроазиатских транспортных связей: из 20 магистральных автодорожных маршрутов пять проходят по территории Свердловской области: южный маршрут Северного коридора; северный и центральный маршруты Центрального коридора; северный и южный маршруты Урало-Сибирского коридора.

2.2.2 Направления развития экологичных видов транспорта в Свердловской области

Стратегия транспортного комплекса Свердловской области на период до 2035 года определяет приоритеты, основные показатели, задачи, направления и механизмы развития транспортного комплекса Свердловской области на долгосрочную перспективу. Для достижения целей в Стратегии предложена система стратегических направлений, распределенных по приоритетам комплексного и технологического характера и включающих перечни основных мероприятий по развитию [6].

Согласно стратегии развития транспортного сектора Свердловской области до 2035 года, запланирован перевод транспорта на газомоторное топливо. В настоящее время газомоторное топливо позволяет обеспечить значительно более высокие показатели экологичности транспортных средств в сравнении с транспортными средствами, использующими в качестве топлива светлые нефтепродукты. Использование газомоторного топлива позволяет сократить выбросы от автотранспорта до 35% [6].

По данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области», утвержденного Распоряжением Правительства Свердловской области от 03.11.2020 № 568-ПП «О государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2019 году», наиболее сложная ситуация с уровнем загрязнения атмосферы выбросами от автомобильного транспорта наблюдается в следующих городах Свердловской области [6]:

- город Екатеринбург – 194,5 тыс. тонн;
- город Нижний Тагил – 23,4 тыс. тонн;
- город Первоуральск – 23,4 тыс. тонн;
- город Верхняя Пышма – 12,5 тыс. тонн;
- город Каменск-Уральский – 9,6 тыс. тонн;
- город Серов – 8,0 тыс. тонн;
- город Полевской – 7,7 тыс. тонн;

– город Краснотурьинск – 6,9 тыс. тонн.

Основными факторами, влияющими на объем выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу, являются объем потребляемого топлива и структура автопарка.

Таблица 2.3 – Структура автопарка Свердловской области, %

Категория ТС	Евро-0	Евро-1	Евро-2	Евро-3	Евро-4	Евро-5	Доля
Легковые автомобили							
до 1 года	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	30,3	5,9
от 1 до 3 лет	0,0	0,0	0,0	14,2	35,8	65,6	15,4
от 3 до 5 лет	0,0	0,0	0,0	14,7	13,1	3,1	6,2
от 5 до 10 лет	3,2	16,6	58,9	64,6	35,1	0,7	29,9
от 10 до 15 лет	26,7	37,5	34,3	6,5	0,0	0,2	16,2
старше 15 лет	70,1	45,9	6,8	0,0	0,0	0,1	26,4
от общего числа легковых автомобилей	33,4	4,4	13,4	16,1	27,8	4,9	
Грузовые автомобили							
до 1 года	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	26,7	2,4
от 1 до 3 лет	0,0	0,0	0,0	39,5	29,6	61,7	8,3
от 3 до 5 лет	0,0	0,0	0,0	13,9	8,7	11,6	2,6
от 5 до 10 лет	2,6	0,1	83,0	33,2	36,7	0,0	17,8
от 10 до 15 лет	11,0	1,2	11,3	13,4	0,0	0,0	10,0
старше 15 лет	86,5	98,7	5,7	0,0	0,2	0,0	58,9
от общего числа грузовых автомобилей	64,7	2,3	11,5	11,9	7,2	2,4	
Коммерческие автомобили (класс LCV) (включая микроавтобусы)							
до 1 года	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	30,5	3,9
от 1 до 3 лет	0,0	0,0	0,0	41,7	30,5	61,7	11,1
от 3 до 5 лет	0,0	0,0	0,0	20,1	13,7	7,8	5,1
от 5 до 10 лет	9,4	0,1	85,1	35,1	27,6	0,0	29,9
от 10 до 15 лет	35,0	3,5	11,8	3,1	0,0	0,0	19,7
старше 15 лет	55,6	96,5	3,1	0,0	0,0	0,0	30,2
от общего числа коммерческих автомобилей	48,3	2,9	18,8	16,2	13,3	0,5	
Автобусы (исключая микроавтобусы)							
до 1 года	0,0	0,0	0,0	0,0	51,2	0,0	2,1
от 1 до 3 лет	0,0	0,0	0,0	33,9	24,3	50,0	11,4
от 3 до 5 лет	0,0	0,0	0,0	18,5	9,7	50,0	6,1
от 5 до 10 лет	5,2	0,8	89,2	45,6	14,9	0,0	28,7
от 10 до 15 лет	17,8	29,7	9,0	2,0	0,0	0,0	11,8
старше 15 лет	77,0	69,4	1,8	0,0	0,0	0,0	40,0
от общего числа автомобилей	46,1	6,1	13,2	30,5	4,1	0,1	

Помимо транспорта с ДВС в Свердловской области на конец 2022 года на учете состояло 559 электромобилей [64].

Структура автопарка Свердловской области (таблица 2.3) показывает, что 33,4 % легковых автомобилей, 48,3 % коммерческих автомобилей, 64,7

% грузовых автомобилей и 46,1 % автобусов не соответствует даже элементарным экологическим нормам и относится к условному экологическому классу «Евро-0». В основном к «Евро-0» относятся автомобили старше 15 лет, доля которых составляет: для легковых автомобилей – 26,4 %, для грузовых автомобилей – 58,9 %, для коммерческих автомобилей – 30,2 %, для автобусов – 40 %.

Сравнение минимальных удельных норм выброса вредных (загрязняющих) веществ для устаревших и современных типов двигателей (таблица 2.4) показывает, что для всех типов автомобилей, использующих в качестве топлива бензин, они отличаются в 14 – 25 раз, для автомобилей, использующих в качестве топлива дизельное топливо, – в 2,2-4,6 раза.

Таблица 2.4 – Сравнение удельных норм выброса вредных веществ

Категория ТС	Экологический стандарт	Выбросы вредных веществ, минимум (г/км)	Выбросы вредных веществ, максимум (г/км)
Потребляющие бензин			
Легковые автомобили	Евро 0	16,86	17,99
Легковые автомобили	Евро 4+	0,68	0,83
Коммерческие автомобили и микроавтобусы	Евро 0	32,04	-
Коммерческие автомобили и микроавтобусы	Евро 4+	2,25	-
Грузовые автомобили	Евро 0	32,04	71,36
Грузовые автомобили	Евро 4+	2,25	2,25
Автобусы	Евро 0	32,04	-
Автобусы	Евро 4+	2,25	-
Потребляющие дизельное топливо			
Легковые автомобили	Евро 0	1,61	1,94
Легковые автомобили	Евро 4+	0,73	0,73
Коммерческие автомобили и микроавтобусы	Евро 0	3,49	-
Коммерческие автомобили и микроавтобусы	Евро 4+	1,29	-
Грузовые автомобили	Евро 0	7,98	16,11
Грузовые автомобили	Евро 4+	1,71	4,79
Автобусы	Евро 0	14,03	25,14
Автобусы	Евро 4+	4,73	5,73

Следует отметить, что выбросы вредных веществ автомобилями, использующими газомоторное топливо, соответствуют самым жестким экологическим нормам (Евро 4+).

Оптимальной стратегией снижения выбросов вредных веществ является обновление автопарка. Большей частью это обновление должно стимулироваться техническим регулированием со стороны Российской Федерации, наиболее жестким вариантом которого является запрет на эксплуатацию автомобилей, не удовлетворяющих экологическим требованиям или старше определенного возраста (15 лет).

Мероприятия программы направлены на достижение целевых показателей, утвержденных Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.05.2013 № 767-р. Кроме того, исполнительным органам государственной власти субъектов Российской Федерации рекомендовано реализовать меры по стимулированию использования экологически чистого транспорта в целях снижения выбросов вредных (загрязняющих) веществ при эксплуатации транспортных средств в населенных пунктах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

По итогам реализации программы на 1 января 2018 года объем сокращения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу по результатам замещения светлых нефтепродуктов газомоторным топливом составил более 55 тонн. В 2020 году по итогам реализации программы замещается более 3,5 тыс. тонн светлых нефтепродуктов в год. Это позволило сократить выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта на 70 тонн в год.

В результате совместной работы, проделанной исполнительными органами государственной власти Свердловской области и филиалом ООО «Газпром газомоторное топливо», в городе Екатеринбурге наблюдается увеличение потребления природного газа в качестве моторного топлива на 20 %.

В связи с имеющимся положительным примером и в других городах Свердловской области сформировался устойчивый спрос на природный газ в качестве моторного топлива.

По инициативе Министерства транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области внесены изменения в Закон Свердловской области от 30 июня 2006 года № 43-ОЗ «О государственной поддержке субъектов инвестиционной деятельности в Свердловской области», в соответствии с которыми земельные участки, находящиеся в собственности Свердловской области, необходимые для реализации инвестиционного проекта по строительству объектов, создающих условия для использования природного газа, могут передаваться инвестору без проведения конкурсных процедур. Внесенные изменения существенно упростили процедуру реализации мероприятий по увеличению объемов потребления природного газа в качестве моторного топлива и повысили инвестиционную привлекательность Свердловской области.

2.2.3 Проблемы развития автотранспортного сектора в Свердловской области и пути их решения

Развитие автотранспортного сектора в Свердловской области, как и в других регионах, сталкивается с рядом проблем. Некоторые из основных проблем и возможные пути их решения включают:

1) плохое состояние дорожной инфраструктуры: многие дороги не соответствуют современным требованиям безопасности и комфортности перемещения, что часто становится причиной аварий. На автотранспортном рынке Свердловской области происходит заметное сокращение количества транспортных компаний, что ведет к снижению конкуренции и повышению цен на услуги автоперевозки;

2) плотность дорожного движения: Свердловская область, особенно ее административный центр – город Екатеринбург, сталкивается с ростом автопарка и увеличением плотности дорожного движения. Решения включают в себя развитие общественного транспорта, строительство дополнительных дорожных магистралей и применение современных технологий для управления движением;

3) обновление автопарка: большинство транспортных средств в регионе старше их жизненного цикла. Поощрение обновления автопарка путем предоставления субсидий или льгот для покупки новых, более экологически чистых автомобилей может помочь снизить выбросы;

4) развитие общественного транспорта: усиление общественного транспорта, включая расширение сети метро, автобусных маршрутов и трамвайных линий, может снизить зависимость от личных автомобилей и сократить проблемы дорожного движения;

5) цифровизация: внедрение современных технологий для управления движением и мониторинга состояния дорог может сделать движение более эффективным и безопасным.

Ориентируясь на ряд проблем, в Свердловской области происходит внедрение в автопарк машин современных технологий, таких как системы автоматического управления и мониторинга техники, что позволяет оптимизировать процессы транспортировки грузов и повысить эффективность работы компаний. Например, электробус нового поколения, способный работать в комбинированном режиме – от сети и на автономном ходу, появился на дорогах Екатеринбурга. Электробус – это комбинированная машина, которая имеет возможность перемещаться на автономном ходу до 40 км. Можно грамотно комбинировать маршруты – с контактной троллейбусной сетью и без сети. Подзарядка совершается через обычные троллейбусные «рога» от сети: достаточно 30 минут [51].

Для разгрузки транспортного потока на дорогах также мэрия Екатеринбурга утвердила проект первого маршрута будущего наземного метро и две новые станции подземного метро [90].

Кроме того, в середине 2022 года появился первый в России маршрут междугороднего трамвая. Он связал два города: Екатеринбург и Верхнюю Пышму, что также способствует снижению нагрузки на дорогу.

2.3 Совершенствование концепции развития автотранспорта в Свердловской области

Стратегия развития транспортного комплекса Свердловской области до 2035 года ранее не предусматривала производство и развитие электрического автотранспорта. Только в 2023 году власти Свердловской области обратили внимание на эту проблему и начали ее развивать [71].

Данный проект обосновывается необходимостью анализа и пересмотра стратегии развития автотранспортного комплекса в Свердловской области с учетом изменяющихся социальных, экономических и экологических условий. В свете глобальных вызовов, таких как изменение климата, рост населения и увеличение потребности в транспортировке, критически важно разработать устойчивые сценарии развития автотранспорта в регионе.

Данный проект послужит обоснованием отказа от эксплуатации транспорта с двигателем с большим отрицательным эффектом для экономики и экологии Свердловской области.

Проект предполагает разработку сценариев развития автотранспортного комплекса Свердловской области до 2030 года с прогнозом до 2035 года. Всего запланировано в рамках данной работы разработать пять сценариев модификации транспортного сектора.

Первый сценарий. За основу сценария взята текущая ситуация автотранспортного комплекса Свердловской области. Структура автопарка выглядит следующим образом: двигатель внутреннего сгорания (бензиновый) – 81,69 %, газобаллонный двигатель – 18,15 %, гибридный двигатель (бензин и электричество) – 0,14 %, электромоторная тяга – 0,03 %.

Второй сценарий. Сценарий разработан в соответствии с транспортной стратегией РФ до 2035 года. В сценарии отражена попытка сокращения доли «вредного» транспорта и увеличения доли «экологически чистого». Структура автопарка по типам двигателя принимает вид: двигатель внутреннего сгорания (бензиновый) – 52,80 %, газобаллонный двигатель –

26,20 %, гибридный двигатель (бензин и электричество) – 1,00 %, электромоторная тяга – 20,00 %.

Третий сценарий. В рамках данного сценария структура автопарка ориентируется на транспортную стратегию Свердловской области до 2035 года. Структура автопарка по типам двигателя принимает вид: двигатель внутреннего сгорания (бензиновый) – 39,85 %, газобаллонный двигатель – 43,15 %, гибридный двигатель (бензин и электричество) – 16,00 %, электромоторная тяга – 1,00 %.

Четвертый сценарий. Предполагается отказ от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания в пользу двигателей с газовой установкой, гибридной и в пользу автомобилей с электрическим двигателем. Структура автопарка по типам двигателя принимает вид: двигатель внутреннего сгорания (бензиновый) – 0,00 %, газобаллонный двигатель – 20,00 %, гибридный двигатель (бензин и электричество) – 30,00 %, электромоторная тяга – 50,00 %.

Пятый сценарий. Подразумевается, что пятый сценарий отвечает экологическим требованиям и может быть реализован в реалиях топливного потенциала области, ориентируясь на готовность населения перейти к альтернативному ДВС двигателю, являясь тем самым оптимальным. Структура автопарка по типам двигателя принимает вид: двигатель внутреннего сгорания (бензиновый) – 35,00 %, газобаллонный двигатель – 49,00 %, гибридный двигатель (бензин и электричество) – 15,00 %, электромоторная тяга – 1,00 %.

I. Сценарий первый – настоящая структура парка легковых автомобилей. По данным Госавтоинспекции, в структуре автопарка Свердловской области (в разрезе легковых автомобилей) доля автомобилей с ДВС занимает 81,69 % (1 618 277 шт.), доля автомобилей с газобаллонным двигателем занимает 18,15 % (359 515 шт.), доля автомобилей с электродвигателем занимает 0,03 % (553 шт.), доля автомобилей с гибридной

установкой занимает 0,14 % (2 773 шт.) [81]. Все данные приведены в таблице 2.5 и схематично представлены на рисунке 2.3.

Таблица 2.5 – Структура автопарка Свердловской области

Тип двигателя легкового авто	Количество авто, шт	Доля в автопарке, %
Авто с ДВС	1 618 277	81,69
Авто с газобаллонным двигателем	359 515	18,15
Авто с гибридной установкой	2 773	0,14
Авто с электродвигателем	553	0,03
Всего легковых авто	1 981 118	100,00

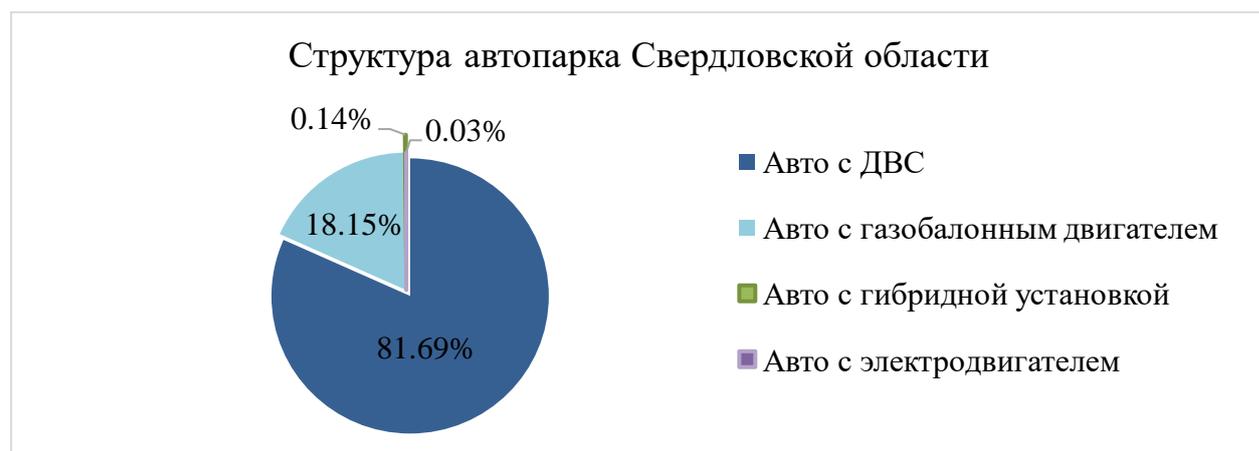


Рисунок 2.3 – Структура парка легковых автомобилей Свердловской области

II. Сценарий второй – ориентированный на транспортную стратегию Российской Федерации до 2035 года (таблица 2.6, рисунок 2.4).

Таблица 2.6 – Измененная структура автопарка Свердловской области

Тип двигателя легкового авто	Количество авто, шт	Доля в автопарке, %
Авто с ДВС	1 046 030	52,80
Авто с газобаллонным двигателем	519 053	26,20
Авто с гибридной установкой	19 811	1,00
Авто с электродвигателем	396 224	20,00
Всего легковых авто	1 981 118	100,00

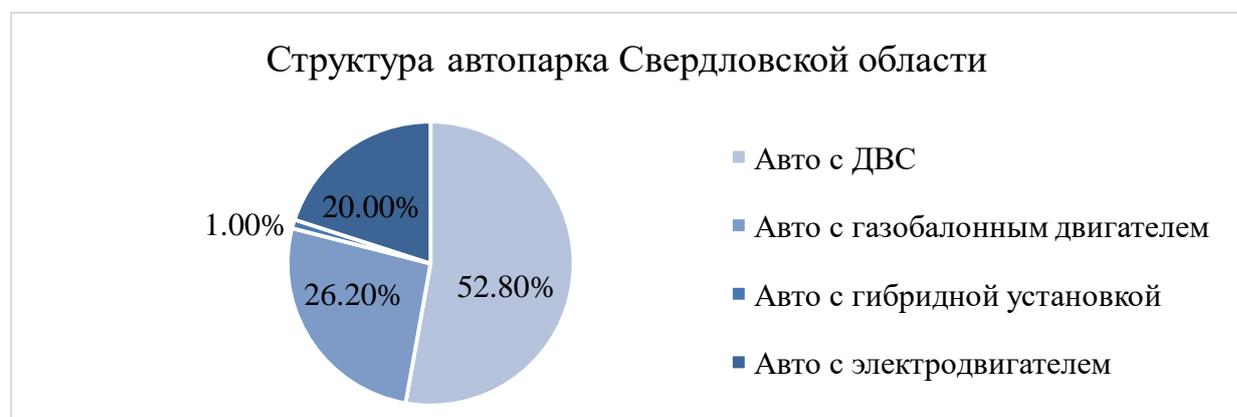


Рисунок 2.4 – Измененная структура автопарка Свердловской области

III. Сценарий третий – ориентированный на транспортную стратегию Свердловской области до 2035 года (таблица 2.7, рисунок 2.5).

Таблица 2.7 – Измененная структура автопарка Свердловской области

Тип двигателя легкового авто	Количество авто, шт	Доля в автопарке, %
Авто с ДВС	789 476	39,85
Авто с газобаллонным двигателем	854 795	43,15
Авто с гибридной установкой	316 979	16,00
Авто с электродвигателем	19 811	1,00
Всего легковых авто	1 981 118	100,00

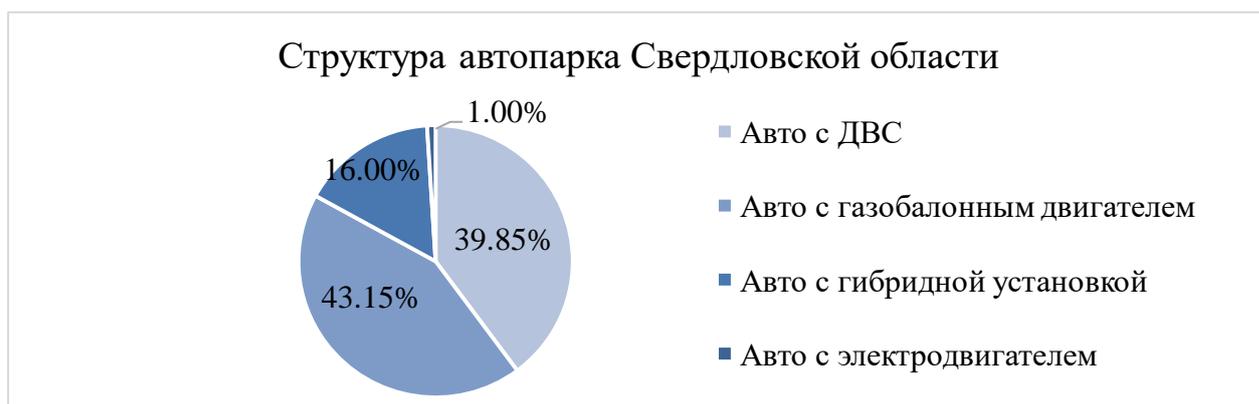


Рисунок 2.5 – Измененная структура автопарка Свердловской области

IV. Четвертый третий – отказ от автомобилей с ДВС в пользу двигателей с ГБО и в пользу автомобилей с гибридным и электрическим двигателем. Новая структура представлена в таблице 2.8 и на рисунке 2.6.

Таблица 2.8 – Измененная структура автопарка Свердловской области

Тип двигателя легкового авто	Количество авто, шт	Доля в автопарке, %
Авто с ДВС	0	0,00
Авто с газобаллонным двигателем	396 224	20,00
Авто с гибридной установкой	594 335	30,00
Авто с электродвигателем	990 559	50,00
Всего легковых авто	1 981 118	100,00



Рисунок 2.6 – Измененная структура автопарка Свердловской области

Далее, каждый сценарий подлежит расчетным вычислениям. Все базовые значения относятся к 2022 году. Для определения оптимального сценария необходимо сравнить каждый по ряду признаков: дополнительные ежегодные капитальные вложения, стоимость владения автомобилем с каждым типом двигателя, экономическая оценка ущерба, потери рабочего времени автовладельцев (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Показатели первого сценария

Тип двигателя	Структура автопарка, %	Стоимость владения (весь автопарк), млн руб. / год	Дополнительные кап. вложения, млн руб.	Экономическая оценка ущерба окружающей среде, млн руб. / год	Потери рабочего времени автовладельцев, млн руб./год
ДВС	81,69	816 312,77	0,00	44 129,85	9 650,45
Газобаллонный	18,15	141 365,09	8,21	3 939,51	2 143,94
Гибридный	0,14	1 302,72	0,00	14,01	11,58
Электрический	0,03	295,42	26,54	1,24	21,20
Итого	100,00	959 276,01	34,75	48 084,62	11 827,16

В работе применяется временная методика определения предотвращенного экологического ущерба атмосферному воздуху, утвержденная Председателем Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В. И. Даниловым-Данильяном от 30 ноября 1999 г [1]. Эту же методику нередко используют и для расчета наносимого экологического ущерба [30]. Расчет приводится по формуле (2.1):

$$Y_{\text{факт}} = Y_{\text{уд}} \cdot \sum_{K=1}^K \Delta M_{ij} \cdot K_3 \cdot I, \quad (2.1)$$

где $Y_{\text{уд}}$ – удельный ущерб от выбросов в атмосферу, руб./усл. т.;

M_{ij} – приведенная масса выбросов загрязняющего вещества в атмосферный воздух от автотранспорта, усл. тонн;

K – количество единиц передвижного транспорта, шт.;

K_3 – коэффициент экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий РФ;

I – индекс-дефлятор, равный 13,32 в 2023 году.

Масса выбросов загрязняющего вещества в атмосферный воздух от автотранспорта рассчитана по формуле (2.2) согласно методике расчета

выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов по ГОСТ Р 56162-2014 от 01.07.2015 г [2].

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_j \cdot 10^{-6}, \text{ т.} \quad (2.2)$$

где m_{ij} – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем j -го рабочего объема, гр/км;

L_j – суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями j -го рабочего объема, км;

В таблице 2.10 представлены массы выбросов загрязняющих веществ для автомобиля с конкретным типом двигателя.

Средний суммарный пробег легковых автомобилей в Свердловской области составляет 22 912 км. [5].

Таблица 2.10 – Масса выбросов загрязняющих веществ, г/кг [25]

Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ (m_{ij})		
	СО	NO _x	CO ₂
Бензиновый	39 496,85	10 654,96	5 731 636,14
Дизельный	14 434,39	57 737,57	5 966 215,64
Газовый	35 768,84	9 649,27	4 941 090,57
Гибридный	15 723,87	4 241,79	2 281 788,79

Таблица 2.11 – Приведенная масса выбросов загрязняющих веществ, т

Тип двигателя	Приведенная масса ЗВ ($m \cdot K_3$)		
	СО	NO _x	CO ₂
Бензиновый	0,02	0,18	6,88
Дизельный	0,01	0,95	7,16
Газовый	0,01	0,16	5,93
Гибридный	0,01	0,07	2,74

Показатель удельного ущерба от загрязнения атмосферного воздуха в Свердловской области равен 67,4 руб. / усл. т. Коэффициент экологической значимости состояния атмосферного воздуха для Уральского региона равен 2.

Расчеты для первого сценария представлены ниже.

$$Y_{\text{ДВС}} = 67,4 \cdot ((7,07 + 8,12) \cdot 1\,618\,277) \cdot 2 \cdot 13,32 = 44\,129,85 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{газ}} = 67,4 \cdot (6,10 \cdot 359\,515) \cdot 2 \cdot 13,32 = 3\,939,51 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{гибр}} = 67,4 \cdot (2,81 \cdot 2\,773) \cdot 2 \cdot 13,32 = 14,01 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{факт}} = 44\,129,85 + 3\,939,51 + 14,01 = 48\,083,37 \text{ млн руб.}$$

Таким образом, экономический ущерб от эксплуатации легкового автотранспорта составляет 48 083,37 млн руб. ежегодно на всю структуру автопарка Свердловской области (на 1 980 565 автомобилей).

Следующие значения фактического ущерба рассчитаны по той же методике, что приведена в расчете ущерба для первого сценария.

Таблица 2.12 – Показатели второго сценария

Тип двигателя	Структура автопарка, %	Стоимость владения (весь автопарк), млн руб. / год	Дополнительные кап. вложения, млн руб.	Экономическая оценка ущерба окружающей среде, млн руб. / год	Потери рабочего времени автовладельцев, млн руб./год
ДВС	52,80	527 652,49	0,00	28 524,88	6 237,91
Газобаллонный	26,20	204 097,09	382,60	5 687,70	3 095,33
Гибридный	1,00	9 307,05	0,00	100,11	82,70
Электрический	20,00	211 669,33	18 950,69	842,74	15 189,71
Итого	100,00	952 725,96	19 333,29	35 155,44	24 605,65

Таблица 2.13 – Показатели третьего сценария

Тип двигателя	Структура автопарка, %	Стоимость владения (весь автопарк), млн руб. / год	Дополнительные кап. вложения, млн руб.	Экономическая оценка ущерба окружающей среде, млн руб. / год	Потери рабочего времени автовладельцев, млн руб./год
ДВС	39,85	398 237,73	0,00	21 528,72	4 707,97
Газобаллонный	43,15	336 114,22	1 185,79	9 366,71	5 097,49
Гибридный	16,00	148 912,76	0,00	1 601,82	1 323,19
Электрический	1,00	10 583,47	754,54	33,05	759,49
Итого	100,00	893 848,17	1 940,34	32 530,30	11 888,14

Таблица 2.14 – Показатели четвертого сценария

Тип двигателя	Структура автопарка, %	Стоимость владения (весь автопарк), млн руб. / год	Дополнительные кап. вложения, млн руб.	Экономическая оценка ущерба окружающей среде, млн руб. / год	Потери рабочего времени автовладельцев, млн руб./год
ДВС	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Газобаллонный	20,00	155 799,30	94,57	4 341,76	2 362,84
Гибридный	30,00	279 211,42	0,00	3 003,42	2 480,99
Электрический	50,00	529 173,33	47 674,61	2 121,20	37 974,29
Итого	100,00	964 184,06	47 769,18	9 466,38	42 818,12

Под дополнительными вложениями понимается улучшение инфраструктуры, строительство электростанция для наращивания мощности

электроэнергии (для удовлетворения спроса на электроэнергию для электродвигателя).

Потери рабочего времени автовладельцев оцениваются с целью оценки потерь денежных средств за счет недопроизводства продукции по Свердловской области, формирующий ВРП (валовый региональный продукт). Формула расчета представлена ниже (2.3):

$$П = t \cdot (n \cdot 365) \cdot ПТ_{ср} \cdot N_i, \quad (2.3)$$

где t – продолжительность заправки /заряда автомобиля, час;

n – количество заправок /зарядок автомобиля, раз/сут.;

365 – перевод суточного количества заправок /зарядок автомобиля в количество годовых, раз/год;

$ПТ_{ср}$ – производительность труда на душу населения по Свердловской области, руб. [Федеральная служба государственной статистики];

N_i – количество автомобилей в i сценарии, ед.

Вводные данные для каждой энергетической установки (далее – ЭУ) в рамках каждого сценария представлены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Вводные данные для различных ЭУ

Параметр	Вводные данные для ДВС	Вводные данные для ГБО	Вводные данные для Гибрида	Вводные данные для ЭД
Время заправки/зарядки, ч	0,12	0,12	0,12	0,50
Кол-во заправок/зарядок, дн	0,14	0,14	0,10	0,21
Кол-во заправок/зарядок, год	52,14	52,14	36,50	78,21
Кол-во авто:				
сценарий 1	1 618 277,00	359 515,00	2 773,00	553,00
сценарий 2	1 046 030,30	519 052,92	19 811,18	396 223,60
сценарий 3	789 475,52	854 794,50	316 978,88	19 811,18
сценарий 4	0,00	396 223,60	594 335,40	990 559,00
сценарий 5	792 447,20	871 691,92	297 167,70	19 811,18
ПТ _{ср} , руб/час	980,29			

Так, потери рабочего времени автовладельцев для первого сценария:

Потери $_{ДВС} = 0,12 \cdot 52 \cdot 1\,618\,277,00 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 9\,650,45$ млн руб.

Потери $_{ГБО} = 0,12 \cdot 52 \cdot 359\,515,00 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 2\,143,94$ млн руб.

Потери $_{гибрид} = 0,12 \cdot 36 \cdot 2\,773,00 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 11,58$ млн руб.

Потери $_{ЭД} = 0,12 \cdot 78 \cdot 553, \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 21,20$ млн руб.

Потери_{общ} = 9 650,45 + 2 143,94 + 11,58 + 21,20 = 11 827,16 млн руб.

Для остальных сценариев расчет аналогичен. Результаты представлены в таблицах 2.9, 2.12, 2.13, 2.14.

Пояснения.

1) Для электрического транспорта.

Сегодня в России количество станций зарядки электромобилей достигает свыше 1,7 тыс. шт. В топ-5 городов с наибольшим количеством таких точек сейчас входят Москва, Южно-Сахалинск, Красноярск, Санкт-Петербург и Казань [42]. В Свердловской области расположено 54 зарядные станции по состоянию на первое полугодие 2024 года [66].

Сегодня активно появляются новые зарядные станции. С середины 2023 года в Екатеринбурге начали запуск 18 новых станций, на данный момент данный проект реализован [50]. Зарядные станции, запущенные в г. Екатеринбурге, станции Ehuber с мощностью в 150 кВт (быстрая зарядка, 3 Всего к 2025 году планируется запустить более 60 зарядных станций [59].

Наиболее популярные модели электромобилей, которые передвигаются по Свердловской области (допускаем, что средняя скорость движения автомобиля составляет 70 км/ч):

– Nissan Leaf: время работы электромобиля – около 9 часов, от быстрой зарядки напряжением 480 В – до 80% электромобиль заряжается за 30 минут, запас хода – 378 км [92];

– Mitsubishi i-MiEV: время работы электромобиля – около 5 часов, запас хода – 150 км;

– Tesla Model 3: время работы электромобиля – около 7 часов, запас хода – 354 км;

– Москвич 3е: время работы электромобиля – около 6 часов, запас хода – 410 км;

– ZEEKR: время работы электромобиля – около 8 часов, запас хода – 526 км;

– HiPhi: время работы электромобиля – около 10 часов, запас хода – 705 км.

Быстрые зарядные станции способны зарядить автомобиль от 30 до 45 минут. Медленные – от 9 часов до 30 часов.

На рисунке 2.7 представлена карта размещения зарядных станций в Свердловской области. Зарядные станции отмечены синими точками.

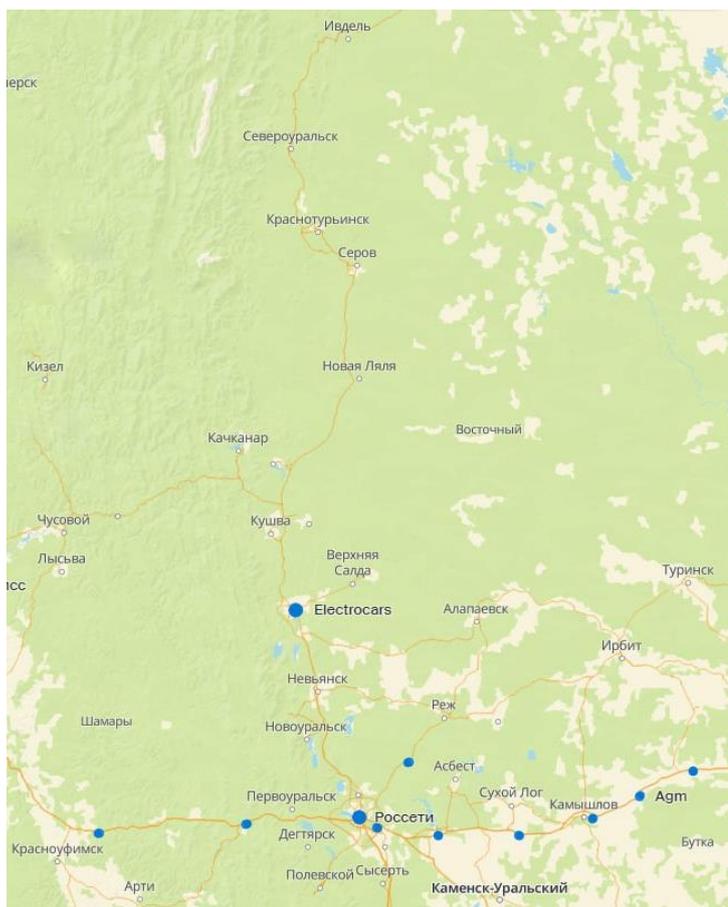


Рисунок 2.7 – Карта области с обозначением зарядных станций

Так, на 553 электромобиля приходится 54 зарядные станции. Протяженность территории Свердловской области с запада на восток – около 560 км, с севера на юг – около 660 км. Площадь территории составляет 194,3 тыс. кв. км.

Учитывая текущую ситуацию зарядной инфраструктуры, зарядных станций недостаточно для свободного перемещения электромобилей по области. Например, расстояние от г. Екатеринбург до г. Ивдель составляет 518 км, время в пути – 8 часов.

На основе проведенного анализа электромобилей предполагаем, что средний запас хода электромобиля составляет 400 км. При очень аккуратной и экономичной езде легковой электромобиль может тратить до 15 кВт·ч энергии на 100 км пути. Но в реальных условиях средний расход в смешанном цикле оказывается около 20 кВт·ч [41]. Емкость батареи электромобиля, в среднем, составляет 51 кВт·ч (около 300 км пробега).

Для обеспечения передвижения электромобилей по области необходима установка дополнительных зарядных станций.

Так как информация о выделенном бюджете на установку новых 18 зарядных станций скрыта, был проведен анализ рынка сбыта зарядных станций аналогичных по характеристикам и функционалу.

На основе анализа выделен тип зарядной станции «Электрическая зарядная станция JuicePump 150» стоимостью 3 900 000 руб. Выбор такого типа станции обусловлен тем, что именно эти станции уже установлены в городе Екатеринбург. Характеристики представлены в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Характеристики зарядной станции JuicePump 150

Технические характеристики	
Выходная мощность	CCS2: 150 кВт max. CHAdeMO: 50 кВт max.
Диапазон рабочих температур	от -25 С до +50 С
Тип станции	Быстрая
Зарядные разъемы	CCS-2, CHAdeMO
Пропускная способность	До 2 машин одновременно

JuicePump 150 – это мультистандартная зарядная станция постоянного тока, мощностью до 150 кВт. Станция имеет возможность параллельной зарядки двух электромобилей, обеспечивая прекрасное сочетание между производительностью и максимальной гибкостью использования.

Так, в среднем, емкости батареи электромобиля хватает на 400 километров. Среднее потребление энергии на 1 км составляет 210 Вт·ч. Если каждый водитель будет заряжать свой автомобиль на 400 км (84 кВт·ч), то этой энергии, в среднем, будет достаточно на 48 часов (на 2 дня). Так, заряжая автомобиль до 100 %, частота зарядки будет составлять 2 раза в неделю.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что каждый автовладелец будет по крайней мере заряжать свой транспорт 2 раза в неделю, что составляет 104 раза в год.

Производительность зарядной станции – 150 кВт (1 машина заправляется на 100% за 30 минут). Емкость батареи любого электромобиля измеряется в киловатт-часах (кВт·ч). Например, у Tesla Model S соответствующий показатель равен 85 кВт·ч – это значит, что ее батарея способна выдавать мощность в 85 кВт в течении одного часа, или 1 кВт в течении 85 часов. А чтобы зарядить батарею, необходимо соответственно подавать в нее 85 кВт в течении часа, либо наоборот. При производительности одной станции в 100 кВт·ч автомобиль будет заряжаться 50,4 минуты.

Если устройство способно подавать 150 кВт и заряжать до 100 % автомобиль за 30 минут, то его производительность равна 150 кВт·ч. Каждый автомобиль способен получать 150 кВт·ч. в течении 30 минут.

Производственная мощность оборудования рассчитана по формуле (2.4):

$$M = n \cdot Pt \cdot T_{эф}, \quad (2.4)$$

где n – количество единиц оборудования;

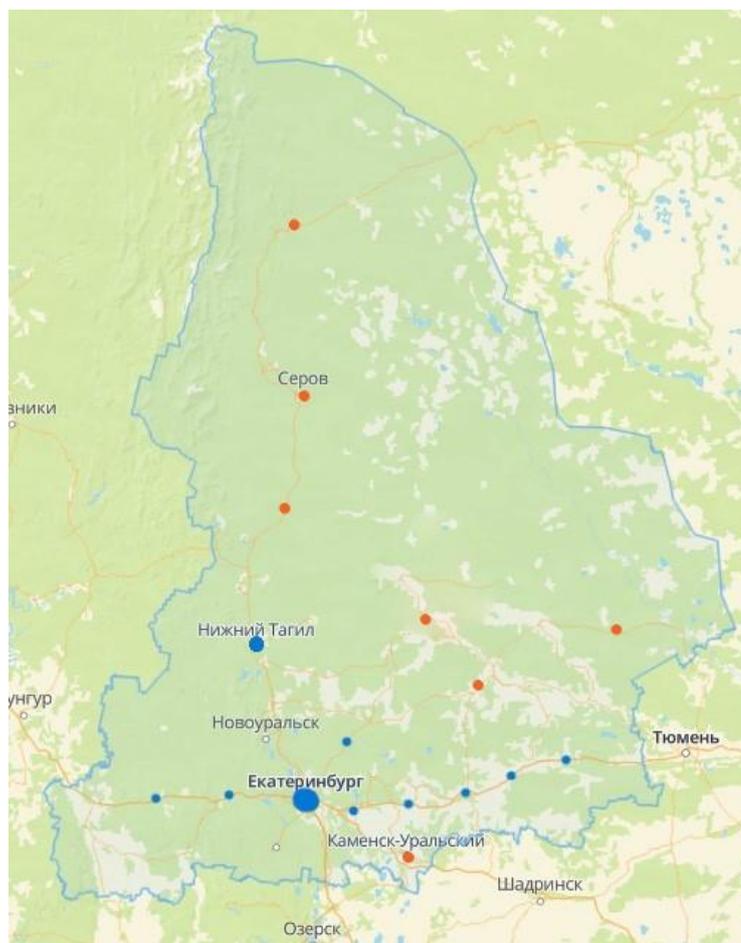
Pt – производительность одной единицы оборудования, нат. ед/ч;

$T_{эф}$ – эффективный фонд рабочего времени оборудования, ч.

Режим работы оборудования: непрерывный. Плановые простои: рекомендуется ежеквартально проводить технический осмотр оборудования. Ежемесячно технический осмотр будет занимать 16 часов. Ежегодно один электромобиль, в среднем, должен заряжаться 104 раза.

$$553 \text{ (кол-во эл. моб.)} = \frac{n \cdot 8 \cdot 568}{104} \rightarrow n = 7 \text{ станций}$$

Таким образом, для покрытия базовых потребностей 553 электромобилей потребуется минимум 7 новых зарядных станция для свободного передвижения по области.



Синий пункт – действующая станция.

Оранжевый пункт – новая (плановая) станция.

Рисунок 2.8 – План размещения зарядных станций

На рисунке 2.8 предложен план размещения новых станций по области. Станции размещены таким образом, чтобы автомобиль со средним значением пробега смог зарядить электромобиль для дальнейшего движения на отдаленных расстояниях от населенных пунктах (преимущественно на трассах), причем на дальних расстояниях станции равноудалены друг от друга. Например: от г. Каменск-Уральский до г. Ивдель – 620 км. Электромобиль движется от начального пункта по трассе до г. Нижний Тагил и осуществляет подзарядку (спустя 250 км), далее, следующая подзарядка может быть осуществлена в черте г. Серов (спустя 213 км) и последняя подзарядка на обратный путь – в черте г. Ивдель (спустя 173 км). Наглядно представлено на рисунке 2.9.

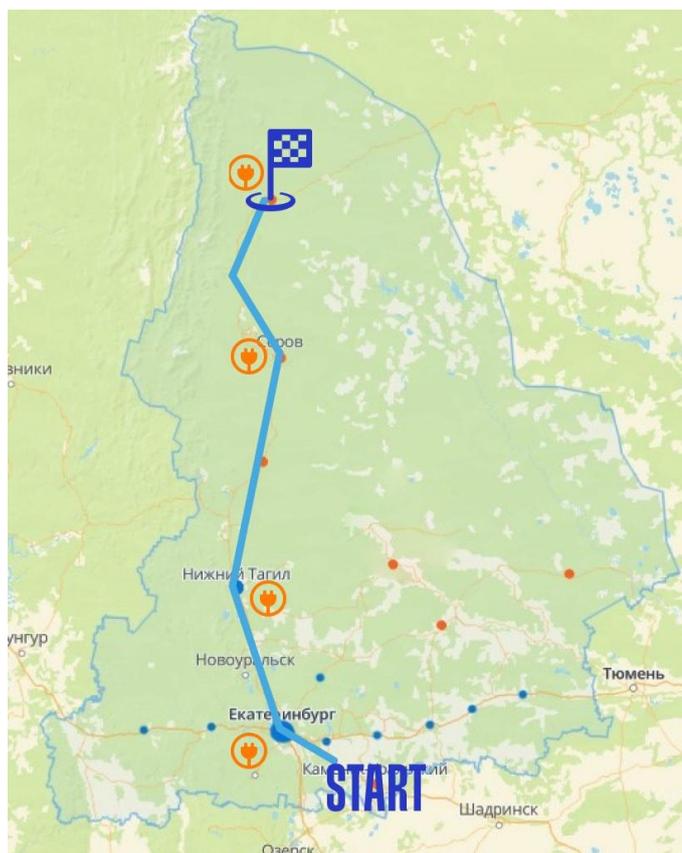


Рисунок 2.9 – Вариант подзарядки электромобиля при движении в отдаленные пункты

Определение стоимости основных производственных фондов.

Стоимость основных производственных фондов определяется на основе исходных данных, представленных в таблице 2.17.

Таблица 2.17 – Затраты на приобретение, доставку и монтаж оборудования

Наименование затрат	Кол-во, шт	Стоимость приобретения, руб.
1) Оборудование: Зарядная станция «JuicePoint 150»	7	26 178 431,37
2) Монтаж оборудования		261 784,31
2) Доставка оборудования:		94 806,00
Ивдельский ГО		22 899,00
Серовский ГО		16 289,00
Новолялинский ГО		13 079,00
Каменск-Уральский ГО		11 297,00
Тавдинский ГО		10 722,00
Ирбитское МО		10 722,00
Алапаевское МО		9 798,00
<i>Итого общие инвестиции</i>		<i>26 535 021,69</i>

Стоимость монтажа оборудования составляет 1% от стоимости одной единицы оборудования. Доставка оборудования занимает до 9 дней. Монтаж

занимает до 2-х дней. Так, для первого сценария, потребуются дополнительные капитальные вложения в размере 26 535 021,69 руб.

Аналогично производятся расчеты для остальных сценариев. Результаты представлены в таблицах 2.9, 2.12, 2.13, 2.14.

Также необходимо убедиться в достаточном количестве вырабатываемой электроэнергии, чтобы покрыть нужды. Так, в таблице 2.18 представлен баланс электрической энергии энергосистемы Свердловской области [16].

Таблица 2.18 – Баланс электроэнергии энергосистемы Свердловской области

Наименование показателя	Потребление электрической энергии, млн кВт·ч	Производство, млн кВт·ч	Избыток (-)/дефицит (+), млн кВт·ч
2016 год	42 426,00	51 403,20	-8 977,20
2017 год	42 872,10	54 779,90	-11 907,80
2018 год	43 489,60	54 800,60	-11 311,00
2019 год	43 078,80	56 240,30	-13 161,50
2020 год	41 347,00	56 417,00	-15 070,00
2021 год	43 004,50	56 671,10	-13 666,60
2022 год	48 194,30	57 265,00	-9 070,70
2023 год	44 091,00	62 908,00	-18 817,00
2024 год *	44 336,00	63 371,50	-19 035,50
2025 год *	44 374,00	64 454,10	-20 080,10
2026 год *	44 461,00	64 175,00	-19 714,00
2027 год *	44 523,00	64 451,80	-19 928,80

* прогнозные данные

По состоянию на 1 марта 2022 года ТЭС занимает 85,9 % от всей установленной мощности энергосистемы Свердловской области [16]. Так, в таблице 2.19 представлен баланс электрической энергии, вырабатываемой ТЭС Свердловской области.

Таблица 2.19 – Баланс электроэнергии ТЭС Свердловской области

Наименование показателя	Потребление электрической энергии, млн кВт·ч	Производство, млн кВт·ч	Избыток (-)/дефицит (+), млн кВт·ч
2022 год	40 965,16	48 675,25	-7 710,10
2023 год	37 477,35	53 471,80	-15 994,45
2024 год *	37 685,60	53 865,78	-16 180,18
2025 год *	37 717,90	54 785,99	-17 068,09
2026 год *	37 791,85	54 548,75	-16 756,90
2027 год *	37 844,55	54 784,03	-16 939,48

* прогнозные данные

В таблице 2.20 представлена потребность в электроэнергии для трех сценариев.

Таблица 2.20 – Потребность в электроэнергии

Потребление энергии				
Сценарий	Кол-во, шт	Мощность, кВт	Число часов работы	Годовое потребление, кВт·ч
№1	7	150	8 568	8 996 400
№2	4 755	150	8 568	6 111 687 360
№3	186	150	8 568	239 653 608
№4	11 970	150	8 568	15 383 319 600

Так, опираясь на данные таблиц 2.19 и 2.20, на сценарии №1 – №4 электроэнергии достаточно и строительство дополнительных станций не требуется.

Далее, целесообразно произвести оценку ущерба окружающей среде от выработки электроэнергии для обеспечения зарядных станций. Так, масса выбросов ЗВ ТЭС в атмосферный воздух представлена в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Масса выбросов загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество наименование	Объем выбросов, тыс. т/год
Азот (IV) оксид	195 289,78
Азот (II) оксид (Азота оксид)	31 734,59
Углерод черный (Сажа)	2,56
Сера диоксид	16,89
Углерод оксид	13 136,23
Бенз/а/пирен (3,4- Бензпирен)	0,00
Мазутная зола теп.эл.станций	0,06

Так, оценка ущерба атмосферному воздуху приводится по формуле (1):

$$U_{\text{сценарий 1}} = 67,4 \cdot 690,89 \cdot 2 \cdot 13,32 = 1,241 \text{ млн руб./год}$$

$$U_{\text{сценарий 2}} = 67,4 \cdot 469\,352,47 \cdot 2 \cdot 13,32 = 842,739 \text{ млн руб./год}$$

$$U_{\text{сценарий 3}} = 67,4 \cdot 18\,404,41 \cdot 2 \cdot 13,32 = 33,046 \text{ млн руб./год}$$

$$U_{\text{сценарий 4}} = 67,4 \cdot 1\,181\,375,71 \cdot 2 \cdot 13,32 = 2\,121,203 \text{ млн руб./год}$$

Результаты представлены в таблицах 2.9, 2.12, 2.13, 2.14.

2) Для автомобилей с газобаллонным оборудованием.

В Свердловской области действует 203 АГЗС (согласно аналитике 2gis). Расчет необходимого количества АГЗС в области опирается на [72]. Расчет приведен по формуле (2.5).

$$N_{\text{АГЗС}} = \frac{N_{\text{м}} \cdot a_{\text{л}}}{24 \cdot n_{\text{а}} \cdot n_{\text{к}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{нч}} \cdot K_{\text{о}}} \quad (2.5)$$

где $N_{\text{м}}$ – общее количество заправляющихся авто раз в сутки, шт.;

$a_{\text{д}}$ – коэффициент одновременности суточных заправок ($a_{\text{д}} = 1,5$);
 $n_{\text{а}}$ – количество авто в час на одной колонке, шт.;
 $n_{\text{к}}$ – количество колонок, шт;
 $K_{\text{н}}$ – коэффициент суточной неравномерности заправок ($K_{\text{н}} = 0,8$);
 $K_{\text{нч}}$ – коэффициент часовой неравномерности заправок ($K_{\text{нч}} = 0,8$);
 $K_{\text{о}}$ – коэффициент одновременности заправок ($K_{\text{о}} = 0,8$).

Допущения:

Продолжительного заправки одного автомобиля составит 7 мин.

Количество автомобилей, заправленных на одной колонке в час: 10.

Принимаем 3 колонки на каждой заправке.

Кол-во заправок в сутки легковыми авто: 0,14.

$$N_{\text{АГЗС}} = \frac{359\,515 \cdot 1,5 \cdot 0,14}{24 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 205 \text{ шт.}$$

Расчеты показывают, что текущего количества АГЗС для первого сценария в области недостаточно. Дефицит АГЗС составляет 2 АГЗС.

Средняя стоимость одной газораздаточной колонки составляет 106 921,42 руб. с учетом доставки и монтажа. Так, затраты на создание дополнительных колонок на действующих АЗС составят:

$$C_{\text{об}} = 106\,921,42 \cdot 2 = 213\,842,83 \text{ руб.}$$

Для последующих сценариев расчеты аналогичны. Результаты представлены в таблицах 2.9, 2.12, 2.13, 2.14.

Кроме того, в дополнительных капитальных вложениях учтены затраты на ребрендинг. Инвестиции «Газпром нефть» в ребрендинг АЗС составляют до 4 млн руб.

Согласно данным документа «Об утверждении целевого топливно-энергетического баланса Свердловской области и плана мероприятий – «Дорожная карта» по достижению показателей целевого топливно-энергетического баланса Свердловской области», в Свердловскую область ввозят около 19 624 024,00 т. у. т. природного газа, 12 227,20 т. у. т. из которых направляются на обеспечение АГЗС области (легкового авто).

В среднем, объем резервуаров на АГЗС составляет 12,5 м³. Средний объем газового баллона легкового авто составляет 0,054 м³. В таблице 2.23 представлена дополнительная потребность в ПГ для реализации сформулированных сценариев.

Таблица 2.22 – Потребность в дополнительном объеме ПГ

Потребность в дополнительном ПГ, м ³	
Сценарий 1	25,00
Сценарий 2	1 162,50
Сценарий 3	3 550,00
Сценарий 4	287,50

Таким образом, дефицита ПГ не возникает.

3) Для автомобилей с гибридным двигателем.

Глава Общества автомобильных производителей и трейдеров (Society of Motor Manufacturers and Traders) Майк Хоуз сообщает, что результаты отчета показывают, что гибридные автомобили с подзарядкой снижают выбросы на 30% по сравнению с бензином или дизельным топливом [60].

4) Для автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

Так как сценарии №2 и №3 предполагают снижение доля ДВС в структуре автопарка, то необходимо рассчитать объем дополнительных капитальных вложений на реконструкцию АЗС. Новые АЗС должны быть оборудованы зарядными станциями.

Этапы демонтажа АЗС и резервуаров [56]:

– этап 1 – сбор и изучение документов, проведение обследования АЗС. На данном этапе изучается документация на строительство и ввод в эксплуатацию объекта. Разрабатывается ППР на демонтаж АЗС и резервуаров, согласование с ответственными службами и Заказчиком;

– этап 2 – подготовительный. Производится подготовка стройплощадки, оборудования. Производится переброс техники и людей на место производства работ. Утверждаются приказами ответственные за производство работ, технику безопасности при демонтаже АЗС и резервуаров, оформляется акт приема площадки в работу;

– этап 3 – демонтаж АЗС и резервуаров. Демонтаж АЗС начинают с работ по отключению топливопроводов от топливных емкостей, электропитания АЗС, электропроводки. Производятся откачка остатков нефтепродуктов и их утилизация. Окончанием работ является демонтаж асфальтобетонного покрытия территории АЗС с последующим благоустройством. При необходимости производится рекультивация грунта;

– этап 4 – оформление итоговых документов. После завершения демонтажных работ, закрывается Договор с полигоном, утилизирующим загрязненный грунт, составляются КС-2 и КС-3. Весь комплект исполнительной документации передается Заказчику.

Срок производства работ составляет от 15 до 50 дней (в зависимости от сложности объекта).

Так как открытые данные об утилизации объектов на территории АЗС отсутствуют, то расчет будет производиться следующим образом: известна стоимость демонтирующих работ (средняя стоимость работ составляет 50 руб./м² [55]), известна средняя площадь АЗС в Свердловской области. В таблице 2.23 представлены нормативные параметры типовых проектов АЗС.

Таблица 2.23 – Нормативные параметры типовых проектов АЗС [62]

Типы АЗС	Мощность АЗС, машин/ч.	Количество резервуаров 25 м ³ , шт.	Время заправки транспортного средства, мин.	Число ТРК, шт.	Средняя разовая заправка, л.	Площадь АЗС, Га.
1	240	12	2,5	12	50	0,4
2	160	8	2,5	8	50	0,35
3	80	4	1,75	4	50	0,2
4	120	6	2,5	6	50	0,3

Согласно данным реестра автозаправочных станций на территории Свердловской области по состоянию на 01.01.2022 г., количество АЗС составляет 550 шт. Так, из таблицы 2.24 можно определить среднюю площадь АЗС – 3 125 м². Стоимость демонтажа АЗС: 3 125 · 50 = 156 250,00 руб.

Для первого сценария демонтаж АЗС не требуется. Для второго сценария необходимо демонтировать 219 шт. Для третьего – 206 шт. Для четвертого – 382 шт.

Расчет демонтажа АЗС ведется по наиболее автодорогам области, по которым имеется информация в открытых источниках. А именно: Трасса М-12: протяженность (Свердловская область) – 20 км, поток – 16 000 автомобилей / сутки [86].

Серовский тракт: протяженность – 379 км, поток – 7 190 автомобилей / сутки [46; 13, с. 31-32].

ЕКАД: протяженность – 90,3 км, поток – 10 400 легковых автомобилей / сутки.

Режевской тракт: протяженность – 132,5 км, поток – 5 360 легковых автомобилей / сутки.

Березовский тракт: протяженность – 1,617 км, поток – 6 247 легковых автомобилей / сутки [9].

Внутри г. Екатеринбурга: протяженность – 1,4 тыс. км [45], поток – 104 000 легковых автомобилей / сутки [3].

1) Трасса М-12.

Расчет необходимого количества АЗС осуществлен по формуле (2.6) [73].

$$M = \sum_i^m \frac{(S_i - \sum N_{АЗС} c_i)}{N_{АЗС}}, \quad (2.6)$$

где m – количество участков на автодороге, отличающихся между собой интенсивностью движения;

S_i – необходимое количество заправок в сутки на i -м участке автомобильной дороги на расчетный год в зависимости от интенсивности движения;

$N_{АЗС}$ – расчетная единичная мощность АЗС, заправок в сутки [8];

$\sum N_{АЗС} c_i$ – суммарная мощность существующих АЗС на i -м участке автомобильной дороги.

Необходимое количество заправок в сутки (S_i) определяют с учетом объема работ, выполняемого автотранспортом, удельного расхода топлива на единицу работы, средней емкости и степени использования топливных баков по формуле (2.7):

$$S_i = S_{л} \cdot K_{нер} \quad (2.7)$$

где $S_{л}$ – необходимое количество заправок в сутки для легковых автомобилей на i -м участке дороги (формула 2.8);

$K_{нер}$ – средний коэффициент неравномерности посуточной реализации топлива на АЗС в течение месяца, определенной по графикам почасовой и посуточной неравномерности реализации нефтепродуктов (принят по данным обследования работы АЗС) $K_{нер} = 1,5$.

$$S_{л} = \frac{L \cdot M \cdot N}{100V \cdot K}, \quad (2.8)$$

где L – протяженность участка дороги с определенной интенсивностью движения транспорта, км;

M – интенсивность движения легковых автомобилей на данном участке, авт/сут;

N_T – удельная норма расхода топлива на 100 км для легковых автомобилей, л;

V – средняя емкость топливного бака легковых автомобилей, л;

K – средний коэффициент использования емкости топливного бака легковых автомобилей.

Среднюю емкость баков по группам автомобилей, коэффициент использования емкости и удельную норму расхода топлива определяют по результатам анализа статистических данных за несколько лет обследования работы АЗС.

В расчетах были приняты следующие численные значения. Средняя норма расхода топлива на 100 км – 10 л. Коэффициент использования топливных баков для всех автомобилей – 0,55.

$$S_{л} = \frac{20 \cdot 16\,000 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 1\,164 \text{ заправки/сутки} - \text{первый сценарий}$$

$$S_i = 1\,164 \cdot 1,5 = 1\,746 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,746}{1\,000} = 18 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрирована 1 АЗС [67].

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 52 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{\text{л}} = \frac{20 \cdot \frac{16\,000}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 765 \text{ заправки/сутки} - \text{второй сценарий}$$

$$S_i = 765 \cdot 1,5 = 1\,148 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,148}{1\,000} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, демонтаж не требуется.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раз, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раз.

$$S_{\text{л}} = \frac{20 \cdot \frac{16\,000}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 794 \text{ заправки/сутки} - \text{третий сценарий}$$

$$S_i = 794 \cdot 1,5 = 1\,191 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,191}{1\,000} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, демонтаж не требуется.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 173 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{л} = \frac{20 \cdot \frac{16\,000}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 427 \text{ заправки/сутки} - \text{четвертый сценарий}$$

$$S_i = 427 \cdot 1,5 = 640 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{640}{1\,000} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, демонтаж не требуется.

2) Серовский тракт.

Расчет необходимого количества АЗС осуществляется по формуле (2.6)

[73]. Первый сценарий: производится расчет текущего положения.

$$S_{л} = \frac{379 \cdot 7\,190 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 9\,910 \text{ заправок/сутки} - \text{первый сценарий}$$

$$S_i = 9\,910 \cdot 1,5 = 14\,865 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{14\,865}{1\,000} = 15 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрировано 23 АЗС [48].

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 52 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{л} = \frac{379 \cdot \frac{7\,190}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 6\,515 \text{ заправок/сутки} - \text{второй сценарий}$$

$$S_i = 6\,515 \cdot 1,5 = 9\,773 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{9\,773}{1\,000} = 10 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 13 АЗС. Стоимость демонтажа составит $KB_{\text{дон}} = 156\,250,00 \cdot 13 = 2\,031\,250,00$ руб.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раза.

$$S_{л} = \frac{379 \cdot \frac{7\,190}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 6\,764 \text{ заправки/сутки} - \text{третий сценарий}$$

$$S_i = 6\,764 \cdot 1,5 = 10\,145 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{10\,145}{1\,000} = 10 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 13 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 13 = 2\,031\,250,00$ руб.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 173 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{л} = \frac{379 \cdot \frac{7\,190}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 3\,633 \text{ заправки/сутки} - \text{четвертый сценарий}$$

$$S_i = 3\,633 \cdot 1,5 = 5\,450 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{5\,450}{1\,000} = 5 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 18 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 18 = 2\,812\,500,00$ руб.

3) ЕКАД.

Расчет необходимого количества АЗС осуществляется по формуле (2.6) [73]. Первый сценарий: производится расчет текущего положения.

$$S_{л} = \frac{90,3 \cdot 10\,400 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 3\,415 \text{ заправок/сутки} - \text{первый сценарий}$$

$$S_i = 3\,415 \cdot 1,5 = 5\,123 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{5\,123}{625} = 9 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрировано 7 АЗС [66].

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 52 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{л} = \frac{90,3 \cdot \frac{10\,400}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 2\,245 \text{ заправки/сутки – второй сценарий}$$

$$S_i = 2\,245 \cdot 1,5 = 3\,368 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{3\,368}{625} = 5 \text{ шт.}$$

Таким образом, демонтаж требуется в количестве 2 штук. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раза.

$$S_{л} = \frac{90,3 \cdot \frac{10\,400}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 2\,331 \text{ заправка/сутки – третий сценарий}$$

$$S_i = 2\,331 \cdot 1,5 = 3\,496 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{3\,496}{625} = 5 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 2 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 272 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{л} = \frac{90,3 \cdot \frac{10\,400}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 1\,252 \text{ заправки/сутки} - \text{четвертый сценарий}$$

$$S_i = 1\,252 \cdot 1,5 = 1\,878 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,878}{625} = 3 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 4 АЗС. Стоимость демонтажа составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 5 = 625\,000,00$ руб.

4) Режевской тракт.

Расчет необходимого количества АЗС осуществляется по формуле (2.6) [73]. Первый сценарий: производится расчет текущего положения.

$$S_{л} = \frac{132,5 \cdot 5\,360 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 2\,583 \text{ заправок/сутки} - \text{первый сценарий}$$

$$S_i = 2\,583 \cdot 1,5 = 3\,875 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{3\,875}{625} = 7 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрировано 4 АЗС [67].

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 52 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{л} = \frac{132,5 \cdot \frac{5\,360}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 1\,698 \text{ заправок/сутки} - \text{второй сценарий}$$

$$S_i = 1\,698 \cdot 1,5 = 2\,547 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{2\,644}{625} = 4 \text{ шт.}$$

Таким образом, дополнительные капитальные вложения не требуются.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раза.

$$S_{л} = \frac{132,5 \cdot \frac{5\,360}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 1\,763 \text{ заправки/сутки} - \text{третий сценарий}$$

$$S_i = 1\,763 \cdot 1,5 = 2\,644 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{2\,644}{625} = 4 \text{ шт.}$$

Таким образом, дополнительные капитальные вложения не требуются.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 273 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{л} = \frac{132,5 \cdot \frac{5\,360}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 947 \text{ заправок/сутки} - \text{четвертый сценарий}$$

$$S_i = 947 \cdot 1,5 = 1\,420 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,420}{625} = 2 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 2 АЗС. Стоимость демонтажа составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

5) Березовский тракт.

Расчет необходимого количества АЗС осуществляется по формуле (2.6) [73]. Первый сценарий: производится расчет текущего положения.

$$S_{л} = \frac{1,617 \cdot 6\,247 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 37 \text{ заправок/сутки} - \text{первый сценарий}$$

$$S_i = 37 \cdot 1,5 = 56 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{56}{625} = 1 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрировано 3 АЗС [67].

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 52 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{л} = \frac{1,617 \cdot \frac{6\,247}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 24 \text{ заправки/сутки} - \text{второй сценарий}$$

$$S_i = 24 \cdot 1,5 = 36 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{36}{625} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 2 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раза.

$$S_{л} = \frac{1,617 \cdot \frac{6\,247}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 25 \text{ заправок/сутки} - \text{третий сценарий}$$

$$S_i = 25 \cdot 1,5 = 38 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{38}{625} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 2 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 273 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{\text{л}} = \frac{1,617 \cdot \frac{6\,247}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 13 \text{ заправок/сутки – четвертый сценарий}$$

$$S_i = 13 \cdot 1,5 = 20 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{20}{625} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 2 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 2 = 312\,500,00$ руб.

б) г. Екатеринбург.

Расчет необходимого количества АЗС осуществляется по формуле (2.6) [73]. Первый сценарий: производится расчет текущего положения.

$$S_{\text{л}} = \frac{1\,400 \cdot 104\,000 \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 529\,455 \text{ заправок/сутки – первый сценарий}$$

$$S_i = 529\,455 \cdot 1,5 = 794\,183 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{794\,183}{1\,500} = 530 \text{ шт.}$$

На данный момент, на участке зарегистрировано 550 АЗС.

Второй сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 52 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 1,52 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,52 раза.

$$S_{л} = \frac{1\,400 \cdot \frac{104\,000}{1,52} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 348\,117 \text{ заправок/сутки} - \text{второй сценарий}$$

$$S_i = 348\,117 \cdot 1,5 = 522\,175 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{522\,175}{1\,500} = 348 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 202 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 202 = 31\,562\,500,00$ руб.

Третий сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области на 47 %.

Допуская, что количество л/а сократится в 1,47 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,47 раза.

$$S_{л} = \frac{1\,400 \cdot \frac{104\,000}{1,47} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 361\,381 \text{ заправок/сутки} - \text{третий сценарий}$$

$$S_i = 361\,381 \cdot 1,5 = 542\,072 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{542\,072}{1\,500} = 361 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 189 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 189 = 29\,531\,250,00$ руб.

Четвертый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка области на 273 % (ДВС с учетом гибридного двигателя).

Допуская, что количество л/а сократится в 2,73 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 2,73 раза.

$$S_{л} = \frac{1\,400 \cdot \frac{104\,000}{2,73} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 194\,117 \text{ заправки/сутки} - \text{четвертый сценарий}$$

$$S_i = 194\,117 \cdot 1,5 = 291\,176 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{291\,176}{1\,500} = 194 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 356 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 356 = 55\,625\,000,00$ руб.

Дополнительные капитальные вложения сведены в таблице 2.24.

Таблица 2.24 – Дополнительные капитальные вложения на демонтаж АЗС

Местоположение	Сценарий №2		Сценарий №3		Сценарий №4	
	шт.	руб.	шт.	руб.	шт.	руб.
М-12	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Серовский тракт	13	2 031 250,00	13	2 031 250,00	18	2 812 500,00
ЕКАД	2	312 500,00	2	312 500,00	4	625 000,00
Режевской тракт	0	0,00	0	0,00	2	312 500,00
Березовский тракт	2	312 500,00	2	312 500,00	2	312 500,00
г. Екатеринбург	202	31 562 500,00	189	29 531 250,00	356	55 625 000,00
Итого	219	34 218 750,00	206	32 187 500,00	382	59 687 500,00

Дополнительные капитальные вложения отнесены к графе «Дополнительные капитальные вложения» остальных трех типов двигателей: электрический, ГБО, гибридный.

На основе проведенной оценки и проведенного анализа текущего состояния и перспектив развития различных типов двигателей легкового автотранспорта в России, были предложены четыре сценария совершенствования концепции развития автотранспорта в Свердловской области. Были рассчитаны основные показатели, которые в дальнейшем будут служить обоснованием для выбора оптимального сценария. Следующая глава посвящена разработке пятого сценария – это сценарий, соответствующий экологическим требованиям и, который может быть реализован в реалиях топливного потенциала Свердловской области, ориентируясь на готовность населения перейти к альтернативному ДВС двигателю, являясь, тем самым, оптимальным. Также в следующей главе будут произведены дополнительные расчеты для пятого сценария, а затем, все сценарии будут сопоставлены между собой для определения оптимального, который сможет быть рассмотрен в транспортной стратегии Свердловской области.

3 Эколого-экономическая оценка эффективности совершенствованной концепции

Пятый сценарий является авторским и основан на результатах, полученных в остальных четырех сценариях на основе ответов населения Свердловской области о готовности перехода от автотранспорта с ДВС в пользу альтернативному. Под этим сценарием подразумевается разработка такого сценария, который отвечает экологическим требованиям и может быть реализован в реалиях топливного потенциала области, ориентируясь на готовность населения перейти к альтернативному ДВС двигателю.

Расчеты основных показателей предыдущих сценариев показали, что увеличение доли электромобилей в структуре автопарка Свердловской области не является целесообразным. Также, при сравнении величины наносимого ущерба окружающей среде, тип двигателя с минимальным воздействием – двигатель гибридный и двигатель с электрической тягой. Максимальные капитальные вложения потребуются для реализации сценария с большей долей электротранспорта.

Обоснование для формирования пятого сценария можно представить в виде оценки типов двигателей от 0 до 1 (где 0 – слабая позиция двигателя, 1 – сильная позиция двигателя) по параметрам: стоимость владения автомобилем, экономическая оценка ущерба, потери рабочего времени автовладельца (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Оценка позиции двигателей

Тип двигателя	Оценка параметров			Итого
	Стоимость владения	Экономическая оценка ущерба	Потери рабочего времени автовладельца	
ДВС	0	0	1	1
Газобаллонный	1	1	1	3
Гибридный	0	1	1	2
Электрический	0	0	0	0

Также во внимание применяются результаты проведения опроса среди населения о готовности перехода от транспорта с ДВС в пользу транспорта с гибридным и электрическим двигателем. Возраст целевой аудитории: от 18

лет; категория: студенты, работающие. В опросе приняли участие 72 человека.

Результаты опроса: 84,2 % выборки вопрос экологичности транспорта является важным. 59,4 % считают, что наиболее экологичным типом двигателя является электрический, 75,6 % более экологичным считают гибридный двигатель. ГБО выбирают 25 % выборки. ДВС выбирают 12,6 % выборки.

У выборки автовладельцев (52,8 %) тип двигателя преимущественно бензиновый (91,2 %) и только 64,7 % выборки готовы перейти от ДВС в пользу гибрида (бензин + электричество – 50 %), в пользу электрического двигателя – 22,7 % и в пользу ДВС (13,5 %).

Форму опроса можно изучить в приложении А.

Таким образом, опираясь на результаты таблицы 3.2 и результаты опроса, можно сделать вывод о том, что целесообразнее увеличивать долю в структуре автопарка Свердловской области легкового автотранспорта с гибридным двигателем и долю автотранспорта с ГБО.

Таблица 3.2 – Показатели пятого сценария

Тип двигателя	Структура в автопарке, %	Стоимость владения (весь автопарк), млн руб. / год	Дополнительные капитальные вложения, млн руб.	Экономическая оценка ущерба окружающей среде, млн руб. / год	Потери рабочего времени автовладельцев, млн руб./год
ДВС	35,00	349 769,65	0,00	18 908,54	4 134,98
Газобаллонный	49,00	381 708,29	1 462,39	10 637,31	5 788,97
Гибридный	15,00	139 605,71	0,00	1 501,71	1 240,49
Электрический	1,00	10 583,47	755,09	33,05	759,49
Итого	100,00	881 667,11	2 217,48	31 080,60	11 923,93

Дополнительные капитальные вложения.

Ниже приводится расчет стоимости и количества демонтажа колонок АЗС. Стоит заранее отметить, что объема поставляемого газа в Свердловскую область достаточно для обеспечения АНГЗС. Потребность в ПГ для АНГС – 3 675,00 м³. В среднем, объем резервуаров на АГЗС

составляет 12,5 м³. Средний объем газового баллона легкового авто составляет 0,054 м³. Дефицита не наблюдается.

На месте демонтированных колонок появятся зарядные станции для электромобилей и газовые колонки, поэтому капитальные вложения распределяются между этими типами ЭУ (электрический, ГБО) в графе «Дополнительные капитальные вложения» в соотношении 38,84 % капитальных вложения на электродвигатель и 61,16 % капитальных вложений на ГБО, соответственно.

Пятый сценарий предполагает сокращение легкового автопарка ДВС и гибрида области в 1,64 (по отношению к действующей структуре автопарка). Допуская, что количество л/а сократится в 1,64 раза, то и поток движения л/а по заданному участку дороги сократится в 1,64 раза.

1. Трасса М-12:

$$S_{л} = \frac{20 \cdot \frac{16\,000}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 711 \text{ заправки/сутки}$$

$$S_i = 711 \cdot 1,5 = 1\,067 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{1\,067}{1\,000} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, демонтаж не требуется.

2. Серовский тракт:

$$S_{л} = \frac{379 \cdot \frac{7\,190}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 6\,055 \text{ заправки/сутки}$$

$$S_i = 6\,055 \cdot 1,5 = 9\,083 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{9\,083}{1\,000} = 9 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 14 АЗС. Стоимость демонтажа составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 14 = 2\,187\,500,00$ руб.

3. ЕКАД:

$$S_{\text{л}} = \frac{90,3 \cdot \frac{10\,400}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 2\,087 \text{ заправок/сутки}$$

$$S_i = 2\,087 \cdot 1,5 = 3\,130 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{3\,130}{625} = 5 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж АЗС в количестве 2 ед. КВ_{доп} = 156 250,00 · 2 = 312 500,00 руб.

4. Режевской тракт:

$$S_{\text{л}} = \frac{132,5 \cdot \frac{5\,360}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 1\,578 \text{ заправок/сутки}$$

$$S_i = 1\,578 \cdot 1,5 = 2\,367 \text{ заправок/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{2\,367}{625} = 3 \text{ шт.}$$

Таким образом, дополнительные капитальные вложения не требуются.

5. Березовский тракт:

$$S_{\text{л}} = \frac{1,617 \cdot \frac{6\,247}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 23 \text{ заправки/сутки}$$

$$S_i = 23 \cdot 1,5 = 34 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{34}{625} = 1 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж АЗС в количестве 2 ед. КВ_{доп} = 156 250,00 · 2 = 312 500,00 руб.

6. Екатеринбург:

$$S_{\text{л}} = \frac{1\,400 \cdot \frac{104\,000}{1,64} \cdot 10}{100 \cdot 50 \cdot 0,55} = 323\,529 \text{ заправок/сутки}$$

$$S_i = 323\,529 \cdot 1,5 = 485\,293 \text{ заправки/сутки}$$

Необходимое количество АЗС для обеспечения топливом легкового транспорта на данном участке дороги:

$$M = \sum_i^m \frac{485\,293}{1\,500} = 323 \text{ шт.}$$

Таким образом, потребуется демонтаж 227 АЗС. Стоимость демонтирования составит $KB_{\text{доп}} = 156\,250,00 \cdot 227 = 35\,468\,750,00$ руб.

Всего для пятого сценария необходимо демонтировать АЗС в количестве 246 шт.

Кроме того, потребуется строительство дополнительных АГЗС. Расчет производится по формуле (5):

$$N_{\text{АГЗС}} = \frac{871\,692 \cdot 1,5 \cdot 0,14}{24 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 553 \text{ шт.}$$

Расчеты показывают, что текущего количества АГЗС для первого сценария в области недостаточно. Дефицит АГЗС составляет 350 АГЗС.

Средняя стоимость одной газораздаточной колонки составляет 106 921,42 руб. с учетом доставки и монтажа.

Так, затраты на создание дополнительных колонок на действующих АЗС составят с учетом затрат на ребрендинг:

$$C_{\text{об}} = 106\,921,42 \cdot 350 + 1\,399,99 = 1\,437,41 \text{ млн руб.}$$

Экономическая оценка ущерба.

Расчет осуществляется по формуле (1). Приведенная масса выбросов взята из таблицы 2.10.

$$Y_{\text{ДВС}} = 67,4 \cdot ((7,07 + 8,12) \cdot 792\,447) \cdot 2 \cdot 13,32 = 18\,908,54 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{газ}} = 67,4 \cdot (6,10 \cdot 871\,692) \cdot 2 \cdot 13,32 = 10\,637,31 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{гибр}} = 67,4 \cdot (2,81 \cdot 297\,168) \cdot 2 \cdot 13,32 = 1\,501,71 \text{ млн руб.}$$

$$Y_{\text{факт}} = 18\,908,54 + 10\,637,31 + 1\,501,71 = 31\,047,56 \text{ млн руб.}$$

Оценка ущерба атмосферному воздуху от выработки дополнительного количества электроэнергии ТЭС приводится по формуле (2.1):

$$U = 67,4 \cdot 18\,404,41 \cdot 2 \cdot 13,32 = 33,05 \text{ млн руб./год}$$

Данные о выбросах взяты из таблицы 2.21.

Также стоит отметить, что вырабатываемой энергии ТЭС достаточно для обеспечения энергией станции зарядок (таблицы 2.18 – 2.19). В таблице 3.3 представлена потребность в электроэнергии для трех сценариев.

Таблица 3.3 – Потребность в электроэнергии

Потребление энергии				
Сценарий	Кол-во, шт	Мощность, кВт	Число часов работы	Годовое потребление, кВт·ч
№5	186	150	8 568	239 653 608

Так, опираясь на данные таблиц 2.19 и 2.20, на сценарий №5 электроэнергии достаточно и строительство дополнительных станций не требуется.

Потери рабочего времени.

Потери рабочего времени автовладельцев оцениваться с помощью формулы (2.3).

Вводные данные для каждой зарядной станции в рамках каждого сценария представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Вводные данные для различных заправочных станций

Параметр	Вводные данные для ДВС	Вводные данные для ГБО	Вводные данные для Гибрида	Вводные данные для ЭД
Время заправки/зарядки, ч	0,12	0,12	0,12	0,50
Кол-во заправок/зарядок, дн	0,14	0,14	0,10	0,21
Кол-во заправок/зарядок, год	52	52	36	78
Кол-во авто:	693 391,30	970 747,82	297 167,70	19 811,18
ПТср, руб/час	980,29			

Так, потери рабочего времени автовладельцев для первого сценария:

$$\text{Потери}_{\text{ДВС}} = 0,12 \cdot 52 \cdot 693\,391 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 4\,134,98 \text{ млн руб.}$$

$$\text{Потери}_{\text{ГБО}} = 0,12 \cdot 52 \cdot 970\,748 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 5\,788,97 \text{ млн руб.}$$

$$\text{Потери}_{\text{гибрид}} = 0,12 \cdot 36 \cdot 297\,168 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 1\,240,49 \text{ млн руб.}$$

$$\text{Потери}_{\text{ЭД}} = 0,12 \cdot 78 \cdot 19\,811 \cdot 980,29 \cdot 10^{-6} = 759,49 \text{ млн руб.}$$

$$\text{Потери}_{\text{общ}} = 4\,134,98 + 5\,788,97 + 1\,240,49 + 759,49 = 11\,923,93 \text{ млн руб.}$$

Так, общие потери времени для пятого сценария составляют 11 923,93 млн руб.

Таким образом, на основе приведенных расчетов можно представить в виде таблицы сравнение всех пяти сценариев и определить вариант с минимальными ежегодными расходами на весь автопарк. Результаты представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Сравнительный анализ сценариев

Тип двигателя	Стоимость владения одним автомобилем	Экономическая оценка ущерба	Потери рабочего времени автовладельцев
Сценарий 1, млн руб./год			
ДВС	816 312,77	44 129,85	9 650,45
Газобаллонный	141 365,09	3 939,51	2 143,94
Гибридный	1 302,72	14,01	11,58
Электрический	295,42	1,24	21,20
<i>Итого</i>	<i>1 019 187,78</i>		
Сценарий 2, млн руб./год			
ДВС	527 652,49	28 524,88	6 237,91
Газобаллонный	204 097,09	5 687,70	3 095,33
Гибридный	9 307,05	100,11	82,70
Электрический	211 669,33	842,74	15 189,71
<i>Итого</i>	<i>1 012 487,05</i>		
Сценарий 3, млн руб./год			
ДВС	455 264,79	21 528,72	4 707,97
Газобаллонный	373 770,80	9 366,71	5 097,49
Гибридный	157 894,22	1 601,82	1 323,19
Электрический	11 107,13	33,05	759,49
<i>Итого</i>	<i>938 266,61</i>		
Сценарий 4, млн руб./год			
ДВС	0,00	0,00	0,00
Газобаллонный	155 799,30	4 341,76	2 362,84
Гибридный	279 211,42	3 003,42	2 480,99
Электрический	529 173,33	2 121,20	37 974,29
<i>Итого</i>	<i>1 016 468,9455</i>		
Сценарий 5, млн руб./год			
ДВС	349 769,65	18 908,54	4 134,98
Газобаллонный	381 708,29	10 637,31	5 788,97
Гибридный	139 605,71	1 501,71	1 240,49
Электрический	10 583,47	33,05	759,49
<i>Итого</i>	<i>924 671,64</i>		

Предварительно, наиболее привлекательным сценарием, с точки зрения вкладываемых средств на реализацию сценария, является сценарий №5.

Далее представлены технико-экономические показатели проекта. Среди основных показателей представлены следующие (таблица 3.6): капитальные вложения, текущие затраты, экономический эффект от изменения структуры автопарка, срок окупаемости, рентабельность затрат, норма дисконта, чистый дисконтированный убыток (2025 – 2035 гг).

Таблица 3.6 – Техничко-экономические показатели проектов

Показатели эффективности	Ед изм.	Сценарии				
		1	2	3	4	5
1) Капитальные вложения	млн руб.	34,749	19 333,290	1 940,338	47 769,184	2 217,635
2) Годовые текущие затраты, в т. ч.:	млн руб.	1 019	1 012	938	1 016	924
стоимость владения авто	млн руб.	187,785	487,048	266,608	468,551	671,641
		959	952	893	964	881
реальный ущерб ОС, в т. ч.:	млн руб.	276,006	725,960	848,171	184,057	667,113
от ДВС	млн руб.	48 084,615	35 155,439	32 530,300	9 466,377	11 923,926
от ГБО	млн руб.	44 129,850	28 524,882	21 528,723	0,00	4 134,978
от гибрида	млн руб.	3 939,511	5 687,704	9 366,709	4 341,759	5 788,969
от ЭД	млн руб.	14,013	100,114	1 601,822	3 003,416	1 240,493
3) Годовой экономический эффект	млн руб.	1,241	842,739	33,046	2 121,203	759,486
4) Период окупаемости	лет		6 700,736	80 921,177	2 719,234	94 516,144
5) Рентабельность текущих затрат	%		2,885	0,024	17,567	0,023
6) Рентабельность инвестиций	%		0,662	8,625	0,268	10,222
7) Норма дисконта	%				25,000	
8) Дисконтированные затраты (период с 2024-2035гг.)	млн руб.	3 639	3 630	3 351	3 667	3 303
		041,118	554,950	636,264	519,633	317,225
9) Чистый экономический эффект с учетом фактора времени	млн руб.	0,000	8 486,168	287	- 28	335
				404,854	478,515	723,893

Экономический эффект определен как разница между текущими затратами нового сценария к базовому (сценарий №1). Большой эффект наблюдается у сценария №5. Он составит 94 516,144 млн руб.

Период окупаемости определяется отношением капитальных вложений к экономическому эффекту. Наиболее привлекательными сценариями являются сценарии №3 и №5.

Рентабельность затрат определена как отношение экономического эффекта к текущим затратам. При большем экономическом эффекте и меньшими текущими затратами, наиболее привлекательным становится сценарий №5.

Для определения дисконтированных затрат была определена норма дисконта. Способ определения – модель расчета на основе премий за риск. Формула представляет собой сумму безрисковой ставки, премий за риск за вычетом инфляции. Значение безрисковой ставки взято на основе ставки рефинансирования ЦБ РФ – 16 % (по итогам 2023 года), учтена премия за

страновой риск (по итогам 2023 года) и его значение составляет 10,431 % (разница между доходностью по облигациям РФ и государственным облигациям США), учтена премия за отраслевой риск – 11,249 % (по итогам 2021 года), среднегодовая инфляция по итогам 2023 года составила 7,42 %, также учтены темпы роста затрат на содержание автомобиля. Учтена поправка за риск для проектов, предполагающих снижение текущих затрат (методика расчета ставки дисконтирования Я. Хонко) – 10 %. Таким образом, норма дисконта составит 25 %.

Дисконтированные затраты (далее – ДЗ) рассчитаны как произведение суммы текущих затрат и капитальных вложений и ставки дисконтирования. Результаты расчета по каждому из сценариев представлены в таблицах В.1 – В.5 [Приложение В]. Таким образом, исходя из значений ДЗ по каждому из сценариев наиболее привлекательным становится ДЗ сценария №5, так как $ДЗ_5 < ДЗ_{1,2,3,4}$. То есть, к 2035 году затраты на реализацию сценария №5 будут наименьшими по отношению к затратам на реализацию сценария №1, №2, №3 или №4.

Таким образом, в рамках проекта были представлены варианты сценариев развития автопарка Свердловской области до 2035 года. Каждому из сценариев были представлены расчеты по четырем критериям: стоимость владения автомобилем, дополнительные капитальные вложения, экономическая оценка ущерба атмосферному воздуху, потери рабочего времени автовладельцев. Сценарии разрабатывались следующим образом: первый сценарий – это настоящая структура автопарка Свердловской области. В соответствии с настоящей структуры были рассчитаны вышеупомянутые показатели, предполагая, что данная структура сохранится до 2035 года. Второй сценарий разработан на основе данных, содержащихся в отчете о транспортной стратегии РФ до 2035 года с упором на развитие электрического топлива. Третий сценарий разработан на основе данных, содержащихся в отчете о транспортной стратегии Свердловской области до 2035 года с упором на развитие газового топлива. Четвертый сценарий

построен на основе мировой повестки электрификации транспорта. Предполагая, что автомобилей с ДВС в структуре автопарка не будет, доля электрического транспорта должна вырасти до 50 %. Пятый сценарий является авторским и основан на результатах, полученных в остальных четырех сценариев на основе ответов населения Свердловской области о готовности перехода от автотранспорта с ДВС в пользу альтернативному.

Большую результативность и привлекательность по итогам расчета технико-экономических показателей показал сценарий № 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа посвящена выработке рекомендаций к концепции развития автотранспорта в Свердловской области, которое могло бы способствовать решению важных проблем транспортной отрасли региона. А именно – решению экологической составляющей легкового автопарка Свердловской области до 2035 года.

Все поставленные в ходе работы задачи решены:

1) проанализированы эколого-экономические показатели производства и эксплуатации автомобилей с разными типами двигателей: были рассмотрены основные сведения о легковом автомобиле; проведен анализ текущего состояния и представлены перспективы развития различных видов транспорта за рубежом и в России; рассмотрены технологии производства и эксплуатации транспорта с различными энергетическими установками. Кратко описаны схемы устройства двигателей, принцип работы двигателей, экологические требования к конструкции двигателей, преимущества и недостатки использования того или иного типа двигателя и приведена сравнительная характеристика стоимости владения автомобилем с различными типами двигателей;

2) изучен мировой опыт производства и эксплуатации электромобилей: на основе анализа можно сделать вывод о постоянно растущем интересе мирового сообщества к развитию электротранспорта в связи растущим трендом на «нулевой» уровень выбросов парниковых газов. Сегодня сложилось убеждение в том, что тотальная замена всего транспорта на авто с электрической тягой сможет решить текущие экологические проблемы. Однако, вопросы о проблемах производства и утилизации АКБ, производства дополнительной электроэнергии для электромобилей, стоимости владения авто с электромоторной тягой остаются открытыми;

3) дана оценка концепции развития автотранспорта в РФ и Свердловской области: на основе проведенной оценки и проведенного

анализа текущего состояния и перспектив развития различных типов двигателей легкового автотранспорта в России. Были предложены пять сценариев совершенствования концепции развития автотранспорта в Свердловской области. Каждому из сценариев были представлены расчеты по четырем критериям: стоимость владения автомобилем, дополнительные капитальные вложения, экономическая оценка ущерба атмосферному воздуху, потери рабочего времени автовладельцев;

4) разработаны рекомендации по совершенствованию концепции развития автотранспорта в Свердловской области: на основе проведенной оценки и проведенного анализа текущего состояния и перспектив развития различных типов двигателей легкового автотранспорта, были предложены четыре сценария совершенствования концепции развития автотранспорта в Свердловской области. Были рассчитаны основные показатели, которые в дальнейшем будут служить обоснованием для выбора оптимального сценария. Предварительно, оптимальным сценарием является тот, где большую долю в структуре автопарка занимает автомобиль с газобаллонной установкой, а доля электрического – минимальна;

5) дана оценка эколого-экономической эффективности усовершенствованной концепции: предложен авторский сценарий – пятый. Пятый сценарий является авторским и основан на результатах, полученных в остальных четырех сценариев на основе ответов населения Свердловской области о готовности перехода от автотранспорта с ДВС в пользу альтернативному.

Эффективность рекомендации (оптимального сценария развития автотранспортного сектора Свердловской области) – предложенный автором сценарий развития автотранспортного комплекса Свердловской области позволят сформулировать оптимальную структура легковых автомобилей по типу двигателя, чистый экономический эффект с учетом фактора времени составляет 335 723,89 млн руб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба Данилова-Данильяна от 1999 г (дата обращения: 16.03.2024 г.).
2. ГОСТ Р 56162-2014. Национальный стандарт Российской Федерации выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов (дата обращения: 16.03.2024 г.).
3. Комплексное развитие транспортной инфраструктуры Екатеринбургской городской агломерации на территории Свердловской области в 2017 – 2025 годах (дата обращения: 11.03.2024 г.).
4. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения муниципального образования «город Екатеринбург» до 2030 года» (актуализация на 2022 год). ЭГ-10-13.ОМ-ПСТ.009.000.А-2022. Глава 19. Экологическая безопасность теплоснабжения (дата обращения: 09.03.2024 г.).
5. Положение Банка России от 19 сентября 2014 г. N 432-П «О единой методике определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства». Единая методика определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства. Справочные данные о среднегодовых пробегах транспортных средств (дата обращения: 09.06.2023 г.).
6. Постановление от 29 апреля 2021 года № 248-пп. Об утверждении стратегии развития транспортного комплекса Свердловской области на период до 2035 года (дата обращения: 29.12.2023 г.).
7. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 02.06.2023) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения») (дата обращения: 09.02.2024 г.).

8. Приказ Росавтодора от 12.12.2016 № 2124 Об утверждении положения о генеральной схеме размещения объектов дорожного сервиса и многофункциональных зон дорожного сервиса вдоль автомобильных дорог общего пользования федерального значения. Определение мощности автозаправочных станций и расстояния между объектами в зависимости от интенсивности транспортного потока на участке автомобильной дороги (дата обращения: 09.02.2023 г.).

9. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры Берёзовского городского округа на период с 2019 по 2025 год №81 (дата обращения: 09.02.2023 г.).

10. Распоряжение об утверждении методических рекомендаций по стимулированию использования электромобилей и гибридных автомобилей в субъектах Российской Федерации (дата обращения: 01.03.2024 г.).

11. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р (дата обращения: 19.11.2023 г.).

12. Распоряжение Правительства Российской Федерации. Методические рекомендации по реализации программы субсидирования «быстрых» зарядных станций для электромобилей на основе опыта субъектов Российской Федерации, определенных в качестве пилотных регионов I очереди (дата обращения: 11.12.2023 г.).

13. Решение №236 об утверждении Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры Серовского городского округа на 2019 – 2030 годы, с. 31-32 (дата обращения: 07.07.2023 г.).

14. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 877 (ред. от 27.09.2023) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (вместе с «ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств») (дата обращения: 22.01.2024 г.).

15. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года (дата обращения: 17.01.2024 г.).

16. Указ губернатора Свердловской области № 216-УГ Об утверждении схемы и программы развития электроэнергетики Свердловской области на период 2023–2027 годов (дата обращения: 17.01.2024 г.).

17. Федеральная служба государственной статистики, 2022. Статистический сборник, Москва. – Текст: электронный // Росстат: [сайт] – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ochrana_okruj_sredi_2022.pdf (дата обращения: 21.01.2023 г.)

18. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Данные об объеме выбросов от передвижных источников за 2021 год. – Текст: электронный // Росприроднадзор: [сайт] – URL: <https://https.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/air-protect/> (дата обращения: 21.03.2023 г.)

19. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ, ст. 45 (дата обращения: 25.03.2023 г.).

20. Горюхин А. С., Гайнцева Е. С., Шайхутдинова И. И. Выбор способа литья с использованием нечетких алгоритмов // Вестник УГАТУ. 2018. Т. 22. № 1 (79). С. 3 – 9. – Текст: электронный // Вестник УГАТУ: [сайт] – URL: <http://journal.ugatu.ac.ru/index.php/Vestnik/article/view/234> (дата обращения: 17.10.2023 г.)

21. Зленко М. А., Забеднов П. В. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Ч. 1. Литье металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм // Metallurgia машиностроения. 2013. № 2. С. 45 – 54 (дата обращения: 21.01.2023 г.)

22. Колганов К. А. , Микрюков И. В. ,Марков А. С. Разработка технологии изготовления деталей/компонентов двигателя внутреннего сгорания // DOI: 10.32464/2618-8716-2019-2-3-166-184 (дата обращения: 21.01.2023 г.)

23. Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с. (дата обращения: 21.01.2023 г.).

24. Хенрик Лунд; Брайан Вад Матизен (2009). «Анализ энергосистем 100% возобновляемых источников энергии – пример Дании в 2030 и 2050 годах». Энергия. DOI: 10.1016 / j.energy.2008.04.003. – Текст: электронный // Хенрик Лунд, «Анализ энергосистем 100% возобновляемых источников энергии – пример Дании в 2030 и 2050 годах»: [сайт] – URL: https://dev.abcdef.wiki/wiki/100%25_renewable_energy (дата обращения: 25.02.2023 г.)

25. Круглов Е. П., Галимов Э. Р., Аблясова А. Г., Галимова Н. Я., Юрасов С. Ю., Гание М. М. и др. Выбор и способы заготовок для деталей машиностроения. Казань, 2015. 433 с. – Текст: электронный // Учебник для студентов машиностроительных специальностей: [сайт] – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F646083646/Vybor.sposobov.izgotovleniya.zagotovok.dlya.detalei_mashinostroeniya.pdf (дата обращения: 21.01.2023 г.)

26. Щетинина В. А., Морговский Ю. А., Центер Б. И., Богомазов В. А.. Электромобиль: техника и экономика /: Под общ. ред. В. А. Щетины - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987 г. – 253 с. (дата обращения: 12.12.2023 г.).

27. Капустин А. А., Раков В. А., Сравнение выбросов загрязняющих веществ от автомобилей и различных энергетических установок. АОГМТ «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА), с. 57 (дата обращения: 12.12.2023 г.).

28. Абрамов В. А., Белов П. П., Булатов С. А., Евлампиева М. Н., Ибраев К. А., Касьянова И. Т., Коровушкина Н. А., Крутова Т. Н., Лебединец О. Л., Матанцева О. Л., Минаев С. Н., Платонов С. Н., Титов А. Е., Ширяева Е. С., Чебышев А. Е., Чуков В. И., Юров А. П. Методическое пособие по курсу подготовки специалистов по безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте. Раздел 8. Методическое пособие. Москва 2000 г. (дата обращения: 21.01.2023 г.)

29. Круглов Е. П., Галимов Э. Р., Аблясова А. Г., Галимова Н. Я., Юрасов С. Ю., Гание М. М. и др. Выбор и способы заготовок для деталей

машиностроения. Казань, 2015. 433 с. – Текст: электронный // Учебник для студентов машиностроительных специальностей: [сайт] – URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F646083646/Vybor.sposobov.izgotovleniya.zagotovok.dlya.detalei.mashinostroeniya.pdf> (дата обращения: 08.12.2023 г.)

30. Магарил Е. Р., Абржина Л. Л. Методический подход к экономической оценке ущерба атмосферному воздуху (дата обращения: 08.03.2024 г.).

31. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии IRENA. Стоимость производства электроэнергии из Возобновляемых источников в 2020 году – краткий обзор // ISBN: 978-92-9260-348-9 (дата обращения: 17.03.2024 г.).

32. Гибриды: какими они бывают и как работают их силовые агрегаты . – Текст: электронный // Журнал Auto.ru: [сайт] – URL: <https://auto.ru/mag/article/gibrid-cto-eto-za-avtomobili-kakimi-oni-byvayut-i-kak-rabotaet-gibridnyy-dvigatel/> (дата обращения: 10.12.2023 г.).

33. Диагностирование бензиновых двигателей. – Текст: электронный // Журнал Neftegaz.ru: [сайт] – URL: <https://neftegaz.ru/science/Oborudovanie-uslugi-materialy/331941-diagnostirovanie-benzinovykh-dvigatelay-pri-rabote-na-szhizhennom-gaze-po-sostavu-otrabotannykh-gazo/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

34. Ежегодный обзор цен на аккумуляторы. – Текст: электронный // Журнал BloombergNEF [сайт] – URL: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

35. Как устроен электромобиль. – Текст: электронный // Журнал Auto.ru: [сайт] – URL: <https://mag.auto.ru/article/kak-ustroen-elektromobil/> (дата обращения: 22.12.2023 г.)

36. Общее устройство автомобиля. – Текст: электронный // Журнал Auto.ru: [сайт] – URL: <https://auto.ru/mag/article/obshchee-ustroystvo-avtomobilya-izuchaem->

stroenie-mashiny/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 12.11.2023).

37. Первые электромобили в России. – Текст: электронный // Журнал Грузовик пресс: [сайт] – URL: <http://www.gruzovikpress.ru/article/16171-pervye-elektromobili-v-rossii-ch-1/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

38. Перспективы развития гибридной технологии. – Текст: электронный // Журнал Техно: [сайт] – URL: <https://t-magazine.ru/pages/prgt/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

39. Развитие электромобилей в мире. – Текст: электронный // Журнал Auto.ru: [сайт] – URL: <https://auto.ru/mag/article/electricfuture/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

40. Соответствие автопарка России современным экономам. – Текст: электронный // Журнал Авторевю: [сайт] – URL: <https://autoreview.ru/news/menee-poloviny-avtoparka-rossii-otvechaet-sovremennym-ekonoram> (дата обращения: 01.01.2024 г.).

41. Электромобили выгоднее в эксплуатации, чем машины с ДВС . – Текст: электронный // Журнал Auto.ru: [сайт] – URL: <https://auto.ru/mag/article/vygodny-ekspluatacii-elektromobilya-v-sravnanii-s-mashinoy-s-dvs/> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

42. Зарядные станции растут. – Текст: электронный // Газета Коммерсант: [сайт] – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5941131> (дата обращения: 20.05.2023).

43. Сравнение стоимости транспорта на ДВС и электротяге. – Текст: электронный // Британская газета: [сайт] – URL: <https://www.theguardian.com/international> (дата обращения: 22.01.2023 г.).

44. Сравнение стоимости электромобилей. – Текст: электронный // новости Первоуральска [сайт] – URL: <https://www.pervo.ru/news/autonews/53840-stoimost-proizvodstva-jelektromobilej-sravnjaetsja-s-tradicionnymi-avto-k-2024-godu.html#:~:text=Специалисты%20считают%20что%20быстрое%20сниж>

[ение,на%20электромобили%20и%20гибридные%20модели](#) (дата обращения: 16.02.2024 г.).

45. Транспортная система Свердловской области. – Текст: электронный // Газета Коммерсант: [сайт] – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2602146> (дата обращения: 16.02.2024 г.).

46. Характеристики Серовского тракта. – Текст: электронный // Газета «В Тагиле»: [сайт] – URL: <https://v-tagile.ru/novosti-nizhnego-tagila/obshchestvo/serovskomu-traktu-35-let-istoriya-10-letnego-stroitelstva-trassy-kotoruyu-pridumal-eltsin> (дата обращения: 10.02.2024 г.).

47. История зеленого энергоперехода. – Текст: электронный // Википедия: [сайт] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/100%25_renewable_energy (дата обращения: 05.10.2023 г.)

48. АЗС по трассе «Екатеринбург – Серов» (Р352). – Текст: электронный // Интернет-каталог российских АЗС: [сайт] – URL: https://www.benzin-price.ru/zapravka.php?trassa_id=130 (дата обращения: 12.02.2024 г.)

49. Альтернативная энергетика: типы, роль, плюсы и минусы нетрадиционных источников энергии. – Текст: электронный // Природа мира: [сайт] – URL: <https://natworld.info/nauki-o-prirode/alternativnaja-jenergetika-tipy-rol-pljusy-i-minusy-netradicionnyh-istochnikov-jenergii> (дата обращения: 05.10.2023 г.)

50. В Екатеринбурге запустят 18 зарядных станций для электромобилей. – Текст: электронный // Информационное агентство Ura.ru: [сайт] – URL: <https://news.mail.ru/economics/58552102/>, <https://rosseti-ural.ru/news/company/9124.html> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

51. В Екатеринбурге испытали новый электробус. – Текст: электронный // Рамблер: [сайт] – URL: <https://auto.rambler.ru/navigator/47466436-v-ekaterinburge-ispytali-novyy-elektrobus-vnutri-usb-podzaryadka-wi-fi-i-validatory/> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

52. Виды и использование аккумуляторов электромобилей. – Текст: электронный // Информационный портал Eltroll.ru: [сайт] – URL: <https://eltroll.ru/vidy-i-ispolzovanie-akkumulyatorov-elektromobilej.php> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

53. Влияние транспорта на экологию города. – Текст: электронный // Драйв: [сайт] – URL: <https://www.drive2.ru/b/548104348496822418/> (дата обращения: 17.01.2023 г.)

54. Двигатель электромобиля. – Текст: электронный // Инжиниринговый центр [сайт] – URL: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/dvigatel-elektromobilya/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

55. Демонтаж АЗС в Екатеринбурге. – Текст: электронный // Гипермаркет товаров: [сайт] – URL: https://zabor.bz/demontazh_azs/ekaterinburg (дата обращения: 12.02.2024 г.)

56. Демонтаж АЗС. – Текст: электронный // Демонтаж групп: [сайт] – URL: <https://www.zakazstroy.ru/offers/demontazh-azs.php> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

57. Динамика продаж электромобилей. – Текст: электронный // Интернет-портал об электромобилях EV Start: [сайт] – URL: <https://ev-start.ru/reviews/dinamika-prodazh-elektromobiley-stala-udarnoy/> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

58. Загрязнение атмосферы автотранспортом. – Текст: электронный // Экопросветительский проект Rcycle.net: [сайт] – URL: <https://rcycle.net/ekologiya/atmosfera/zagryaznenie-avtotransportom-kak-proishodit-i-sposoby-predotvrashheniya> (дата обращения: 15.03.2024 г.)

59. Инвестиционный потенциал Свердловской области в сфере энергомашиностроения. – Текст: электронный // Электронное СМИ RusCable: [сайт] – URL: https://www.ruscable.ru/news/2021/12/10/Kompaniya_Rosseti_Ural_predstavila_na_kruglom_sto/ (дата обращения: 12.02.2024 г.)

60. Исследование: выбросы гибридных электромобилей. – Текст: электронный // Информационно-аналитический портал vc.ru: [сайт] – URL: <https://vc.ru/transport/159315-issledovanie-vybrosy-gibridnyh-elektromobiley-s-zaryadkoy-okazalis-pochti-v-tri-raza-vyshe-chem-na-oficialnyh-ispytaniyah> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

61. Как развивается сфера электромобилей в России. – Текст: электронный // Информационно-аналитический портал vc.ru: [сайт] – URL: <https://vc.ru/transport/667313-kak-razvivaetsya-sfera-elektromobiley-v-rossii> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

62. Классификация и общая характеристика АЗС. – Текст: электронный // Интернет-магазин «Персональная АЗС»: [сайт] – URL: https://www.personalazs.ru/documentation/safety/characteristic_azs/ (дата обращения: 12.02.2024 г.)

63. Количество проданных электромобилей. – Текст: электронный // Информационно-аналитический портал Topic.ru: [сайт] – URL: <https://topic.ru/dashboards/transport/ev-sales/> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

64. Количество электромобилей, стоящих на учете в 2022 г. – Текст: электронный // Morion Digital: [сайт] – URL: <https://morion.digital/app/uploads/2023/03/elektromobili-v-rossii-2022.pdf> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

65. Основные проблемы производства аккумуляторных батарей электромобилей (и способы их решения). – Текст: электронный // Группа компаний «Атлас Копко»: [сайт] – URL: <https://www.atlascopco.com/ru-ru/itba/expert-hub/articles/overcoming-ev-battery-manufacturing-challenges> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

66. Подробная карта области. – Текст: электронный // Электронный справочник с картами: [сайт] – URL: <https://2gis.ru> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

67. Подробная карта области. – Текст: электронный // Электронный справочник с картами: [сайт] – URL: <https://yandex.ru/maps> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

68. Премьера аккумуляторов CATL. – Текст: электронный // Информационный портал про электромобили E-cars.tech: [сайт] – URL: www.e-cars.tech (дата обращения: 22.01.2023 г.)

69. Производство батарей для электромобилей: топ-10 компаний-изготовителей в 2022 году. – Текст: электронный // Компания АО «Электроавто»: [сайт] – URL: <https://elektroavto.com/tpost/8tvunnbza1-proizvodstvo-batarei-dlya-elektromobilei> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

70. Производство и утилизация аккумуляторов электромобилей. – Текст: электронный // ООО «Е-ТЕК»: [сайт] – URL: <https://electrocars.pro/proizvodstvo-i-utilizaciya-akkumulyatorov-elektromobilej-ves-process-ot-a-do-ya/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

71. Развитие электротранспорта в Свердловской области. – Текст: электронный // Информационное агентство Ura.news: [сайт] – URL: <https://ura.news/news/1052657847> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

72. Расчет АГЗС в составе ГНС. – Текст: электронный // Studbooks: [сайт] – URL: https://studbooks.net/1298228/matematika_himiya_fizika/raschet_agzs_sostave (дата обращения: 12.02.2024 г.)

73. Расчет необходимого количества автозаправочных станций. – Текст: электронный // Файловый архив Studfile: [сайт] – URL: <https://studfile.net/preview/4385943/page:4/> (дата обращения: 12.02.2024 г.)

74. Реальная стоимость владения автомобилем Honda Civic. – Текст: электронный // Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/honda/civic/2024/hatchback/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

75. Реальная стоимость владения автомобилем Hyundai Kona. – Текст: электронный // Edmunds.com [сайт] – URL:

<https://www.edmunds.com/hyundai/kona/2023/cost-to-own/?style=401925293> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

76. Реальная стоимость владения автомобилем Nissan Leaf. – Текст: электронный // Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/nissan/leaf/2024/cost-to-own/?style=401981651> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

77. Реальная стоимость владения автомобилем Toyota Corolla. – Текст: электронный // Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/toyota/corolla-hybrid/2023/cost-to-own/?style=401971497> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

78. Регионы России с самой неблагоприятной экологической обстановкой. – Текст: электронный // Единая информационная платформа: [сайт] – URL: <https://tochno.st/materials/regiony-rossii-s-samoy-neblagopriyatnoy-ekologicheskoy-obstanovkoy-reyting-esli-byt-tochnym> (дата обращения 12.03.2023)

79. Рейтинг стран мира по автомобилизации – числу машин на душу населения. – Текст: электронный // Топ РФ: [сайт] – URL: <https://top-rf.ru/places/154-reyting-stran.html> (дата обращения: 16.01.2023 г.)

80. Рост рынка аккумуляторов для электромобилей. – Текст: электронный // Информационный портал про электромобили E-cars.tech: [сайт] – URL: <https://e-cars.tech/novosti/i-kvartal-2021-goda-rezkiy-rost-rynka-akkumulyatorov-dlya-elektromobiley/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

81. Сведения о показателях безопасности дорожного движения. – Текст: электронный // ГИБДД России: [сайт] – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 19.03.2024 г.)

82. Система питания двигателя от газобаллонной установки. – Текст: электронный // Учебно-методический комплекс ПМ01 МДК 01.01: [сайт] – URL: http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/50-gaz_1/ (дата обращения: 22.01.2023 г.)

83. Сравнение транспорта на ДВС и электротяге. – Текст: электронный // Mafin [сайт] – URL: <https://mafin.ru/media/razbory/elektromobil-protiv-dvs> (дата обращения: 22.01.2023 г.)
84. Статистика производства новых автомобилей в 2022 году. – Текст: электронный // Статистика продаж и производства авто: [сайт] – URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/2022/> (дата обращения: 16.01.2023 г.)
85. Структура и прогноз парка легковых автомобилей в России. – Текст: электронный // Аналитическое агентство Автостат: [сайт] – URL: <https://www.autostat.ru/research/product/494/> (дата обращения: 09.12.2023 г.)
86. Трасса М-12: Поворот на восток и разгон для экономики. – Текст: электронный // Государственная компания «Автодор»: [сайт] – URL: <https://russianhighways.ru/press/news/87689/> (дата обращения: 17.02.2024 г.)
87. Устройство двигателя внутреннего сгорания. – Текст: электронный // Каталог описаний двигателей и АКПП: [сайт] – URL: <https://wikers.ru/articles/ustrojstvo-dvigatelya.html> (дата обращения: 22.01.2023 г.)
88. Устройство двигателя электромобиля. – Текст: электронный // Автолик [сайт] – URL: <http://autoleek.ru/dvigatel/jelektricheskij-dvigatel/ustrojstvo-jelektromobilja.html> (дата обращения: 22.01.2023 г.)
89. Устройство и принцип работы гибридных автомобилей. – Текст: электронный // Международный инжиниринговый центр SENSYS [сайт] – URL: <https://pro-sensys.com/info/articles/obzornye-stati/ustroystvo-i-printsip-raboty-gibridnykh-avtomobiley/> (дата обращения: 22.12.2023 г.)
90. Утверждение первого наземного метро. – Текст: электронный // E1: [сайт] – URL: <https://www.e1.ru/text/transport/2023/06/30/72449303/> (дата обращения: 26.02.2023 г.)
91. Утилизация батарей электромобиля: проблемы и перспективы в мире. – Текст: электронный // Информационный портал про электромобили E-cars.tech: [сайт] – URL: <https://e-cars.tech/zakony-pro-elektromobili/utilizatsiya-batarey-elektromobiley-problemy-i-perspektivy-v-mire/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

92. Характеристики Nissan Leaf. – Текст: электронный // Блог об автомобилях Atomobility: [сайт] – URL: <https://atomobility.ru/tpost/emi49y56v1-na-chto-obratit-vnimanie-pri-vibore-elek> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

93. Характеристики автомобиля Honda Civic Hatchback. – Текст: электронный //: Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/honda/civic/2024/hatchback/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

94. Характеристики автомобиля Hyundai Kona. – Текст: электронный //: Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/hyundai/kona/> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

95. Характеристики автомобиля Nissan Leaf 2024 . – Текст: электронный //: iXBT.com [сайт] – URL: <https://www.ixbt.com/news/2023/06/27/nissan-leaf-2024.html> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

96. Характеристики автомобиля Toyota Corolla. – Текст: электронный //: Edmunds.com [сайт] – URL: <https://www.edmunds.com/toyota/corolla-hybrid/2023/vin/JTDBCME8PJ015764/?radius=500> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

97. Экологический класс автомобиля Евро их нормы выхлопа. – Текст: электронный // Справочные таблицы на InfoTables.ru: [сайт] – URL: <https://infotables.ru/avtomobili/1214-ekologicheskij-klass-avtomobilya> (дата обращения: 22.01.2023 г.)

98. Электромобили (мировой рынок). – Текст: электронный // Информационно-аналитический портал TAdviser: [сайт] – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили_\(мировой_рынок\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Электромобили_(мировой_рынок)) (дата обращения: 22.01.2023 г.)

99. Этапы развития электромобилей и их конструкции. – Текст: электронный // Электронная электротехническая библиотека: [сайт] – URL: www.electrolibrary.info/history/electromobi.htm (дата обращения: 22.01.2023 г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Социальный опрос среди населения Свердловской области

Для разработки пятого сценария развития автопарка Свердловской области был использован такой инструмент, как социальный опрос среди населения Свердловской области. Данное исследование должно помочь ответить на вопрос: «Готово ли население отказаться от авто с ДВС в пользу авто с ГБО, гибридным двигателем, двигателем с электрической тягой?».

Ссылка на форму: <https://forms.gle/V3QA885u4CEMcfvc9>.

Перечень вопросов представлен ниже:

1. Вы являетесь автовладельцем?

Варианты ответов: да / нет.

Если ответ на вопрос 1 – «нет»:

2. Является ли для Вас важным вопрос экологичности транспортного средства?

Варианты ответов: да / нет.

Если ответ на вопрос 2 – «да»:

3. Какой тип двигателя является наиболее экологичным по Вашему мнению?

Варианты ответов: дизельный; бензиновый, ГБО (газобаллонное оборудование), гибридный (бензин + электричество), гибридный (газ + электричество), электрический, другое.

Если ответ на вопрос 3 – «да»:

4. Выберите тип двигателя Вашего автомобиля:

Варианты ответов: дизельный; бензиновый, ГБО (газобаллонное оборудование), гибридный (бензин + электричество), гибридный (газ + электричество), электрический.

5. Готовы ли перейти на другой тип двигателя?

Варианты ответов: да / нет.

Если ответ на вопрос 5 – «да»:

6. На какой тип двигателя Вы готовы перейти?

Варианты ответов: ГБО (газобаллонное оборудование), гибридный (бензин + электричество), гибридный (газ + электричество), электрический, другое.

Далее представлены ответы опрашиваемых:

Вы являетесь автовладельцем?

72 ответа

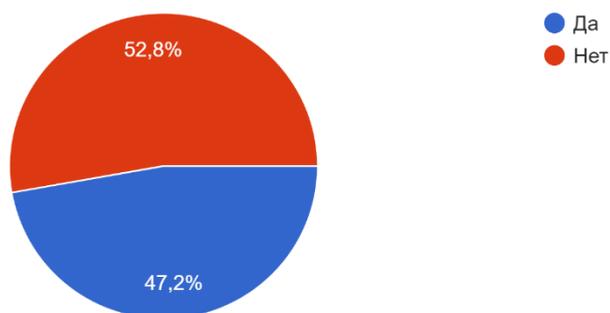


Рисунок А.1 – Результаты первого вопроса

Является ли для Вас важным вопрос экологичности транспортного средства?

38 ответов

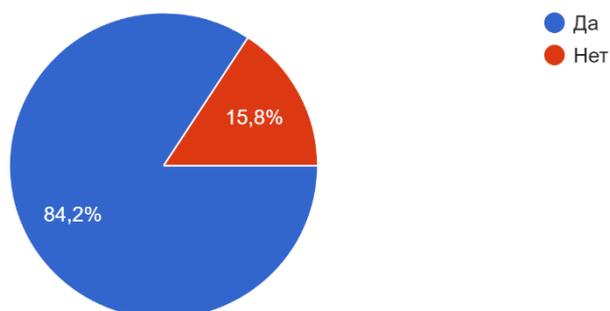


Рисунок А.2 – Результаты второго вопроса

Какой тип двигателя является наиболее экологичным по Вашему мнению?

32 ответа

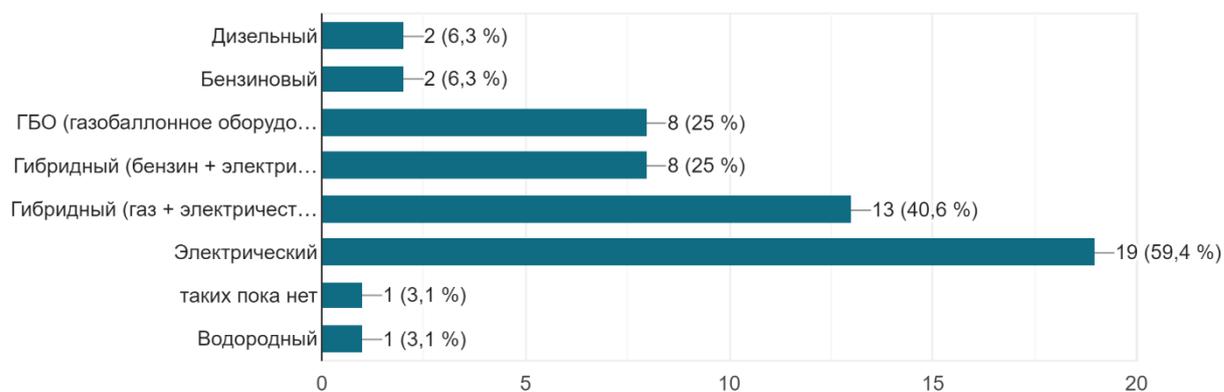


Рисунок А.3 – Результаты третьего вопроса

Выберите тип двигателя Вашего автомобиля

34 ответа



Рисунок А.4 – Результаты четвертого вопроса

Готовы ли перейти на другой тип двигателя?

34 ответа

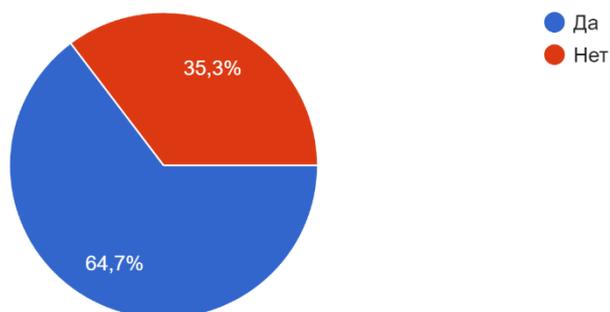


Рисунок А.5 – Результаты пятого вопроса

На какой тип двигателя Вы готовы перейти?

22 ответа

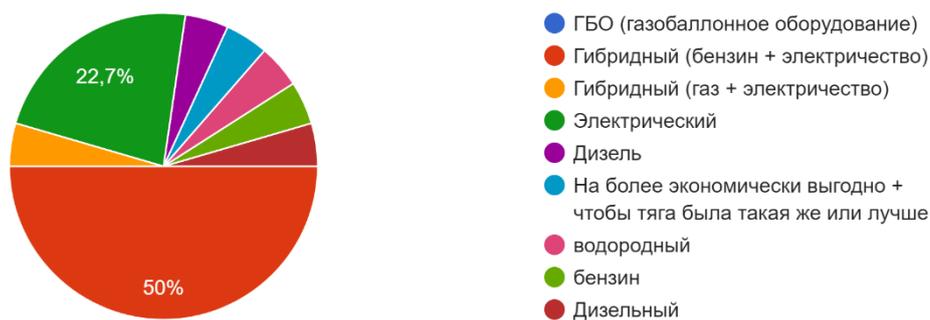


Рисунок А.6 – Результаты шестого вопроса

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Реальная стоимость владения автомобилем в условиях РФ

В таблице Б.1 приведены затраты на владение автомобилем Nissan Leaf (электромобиль) на 5 лет.

Таблица Б.1 – Реальная стоимость владения автомобилем Nissan Leaf, руб.

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	4 412,00	4 566,42	4 726,24	4 891,66	5 062,87	23 659,20
Техническое обслуживание	17 628,74	24 101,13	25 804,39	24 952,76	144 180,96	236 667,98
Ремонт	-	-	7 409,18	17 799,07	25 974,72	51 182,96
Налоги и сборы	690,67	691,00	691,00	691,00	691,00	3 454,67
Автокредит	196 385,88	159 765,79	119 568,85	75 624,74	27 677,98	579 023,24
Амортизация	1 047 079,09	121 868,25	115 310,70	135 153,68	128 085,15	1 547 496,87
Топливо	43 262,80	44 540,25	45 902,86	47 265,47	48 628,07	229 599,45
<i>Реальная стоимость владения</i>	<i>1 309 459,18</i>	<i>355 532,84</i>	<i>319 413,23</i>	<i>306 378,38</i>	<i>380 300,75</i>	<i>2 671 084,37</i>

В таблице Б.2 приведены затраты на владение автомобилем Honda Civic (газ) на 5 лет.

Таблица Б.2 – Реальная стоимость владения автомобилем Honda Civic, руб.

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	5 042,00	5 218,47	5 401,12	5 590,16	5 785,81	27 037,55
Техническое обслуживание	5 791,08	32 191,61	31 850,96	76 561,54	117 439,78	263 834,97
Ремонт	-	-	8 856,95	21 035,26	30 743,84	60 636,06
Налоги и сборы	2 551,00	2 551,00	2 551,00	2 551,00	2 551,00	12 755,00
Автокредит	189 998,65	154 570,85	115 651,35	73 240,18	26 741,18	560 202,21
Амортизация	330 602,77	95 041,91	90 187,62	105 602,12	100 066,53	721 500,94
Топливо	20 833,80	71 529,38	73 675,26	75 885,52	78 162,08	320 086,05
<i>Реальная стоимость владения</i>	<i>554 819,30</i>	<i>361 103,22</i>	<i>328 174,26</i>	<i>360 465,77</i>	<i>361 490,22</i>	<i>1 966 052,78</i>

В таблице Б.3 приведены затраты на владение автомобилем Toyota Corolla (гибрид) на 5 лет.

Таблица Б.3 – Реальная стоимость владения автомобилем Toyota Corolla, руб.

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	5 042,00	5 218,47	5 401,12	5 590,16	5 785,81	27 037,55
Техническое обслуживание	7 068,53	35 257,48	34 661,34	69 918,82	151 760,47	298 666,64
Ремонт	-	-	7 409,18	17 799,07	25 974,72	51 182,96
Налоги и сборы	5 101,00	5 101,00	5 101,00	5 101,00	5 101,00	25 505,00
Автокредит	186 421,81	151 590,14	113 522,28	71 792,41	26 315,37	549 642,00
Амортизация	288 787,73	124 593,47	117 695,27	138 134,39	130 980,69	800 191,55
Топливо	97 740,00	107 514,00	118 265,40	130 091,94	143 101,13	596 712,47
<i>Реальная стоимость владения</i>	<i>590 161,07</i>	<i>429 274,56</i>	<i>402 055,58</i>	<i>438 427,78</i>	<i>489 019,19</i>	<i>2 348 938,18</i>

В таблице Б.4 приведены затраты на владение автомобилем Hyundai Kona (ДВС на бензине) на 5 лет.

Таблица Б.4 – Реальная стоимость владения автомобилем Hyundai Kona, руб.

	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Итого
Страхование	4 412,00	4 566,42	4 726,24	4 891,66	5 062,87	23 659,20
Техническое обслуживание	5 535,60	20 098,47	47 180,30	138 049,22	162 320,68	373 184,27
Ремонт	-	-	-	-	57 059,21	57 059,21
Налоги и сборы	1 382,00	1 382,00	1 382,00	1 382,00	1 382,00	6 910,00
Автокредит	162 405,84	132 087,81	98 874,24	62 594,81	22 908,85	478 871,55
Амортизация	412 955,39	74 858,28	70 855,62	83 119,09	78 775,78	720 564,14
Топливо	141 180,00	155 298,00	170 827,80	187 910,58	206 701,64	861 918,02
<i>Реальная стоимость владения</i>	<i>727 870,82</i>	<i>388 290,98</i>	<i>393 846,21</i>	<i>477 947,36</i>	<i>534 211,02</i>	<i>2 522 166,39</i>

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Оценка эффективности участия в проекте

Таблица В.1 – Оценка эффективности участия в сценарии №1, млн руб.

Показатель	Годы инвестиционного проекта по сценарию №1										Итого	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Капитальные вложения	34,749											34,749
Текущие затраты	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	1 019 187,785	10 191 877,848
Сальдо	1 019 222,534	1 019 187,785	10 191 912,597									
Коэффициент дисконтирования E = 25 %	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107		
Дисконтированные затраты	815 378,027	652 280,182	521 824,146	417 459,317	333 967,453	267 173,963	213 739,170	170 991,336	136 793,069	109 434,455		3 639 041,118
Нарастающий итог	815 378,027	1 467 658,209	1 989 482,355	2 406 941,672	2 740 909,125	3 008 083,088	3 221 822,258	3 392 813,594	3 529 606,663	3 639 041,118		

Таблица В.2 – Оценка эффективности участия в сценарии №2, млн руб.

Показатель	Годы инвестиционного проекта по сценарию №2										Итого	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Капитальные вложения	19 333,290											19 333,290
Текущие затраты	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	1 012 487,048	10 124 870,485
Сальдо	1 031 820,338	1 012 487,048	10 144 203,775									
Коэффициент дисконтирования E = 25 %	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107		
Дисконтированные затраты	825 456,271	647 991,711	518 393,369	414 714,695	331 771,756	265 417,405	212 333,924	169 867,139	135 893,711	108 714,969		3 630 554,950
Нарастающий итог	825 456,271	1 473 447,982	1 991 841,351	2 406 556,046	2 738 327,802	3 003 745,207	3 216 079,130	3 385 946,270	3 521 839,981	3 630 554,950		

Таблица В.3 – Оценка эффективности участия в сценарии №3, млн руб.

Показатель	Годы инвестиционного проекта по сценарию №3										Итого	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Капитальные вложения	1 940,338											1 940,338
Текущие затраты	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	9 382 666,083
Сальдо	940 206,946	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	938 266,608	9 384 606,421
Коэффициент дисконтирования E = 25 %	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107		
Дисконтированные затраты	752 165,557	600 490,629	480 392,503	384 314,003	307 451,202	245 960,962	196 768,769	157 415,016	125 932,012	100 745,610		3 351 636,264
Нарастающий итог	752 165,557	1 352 656,187	1 833 048,690	2 217 362,693	2 524 813,895	2 770 774,857	2 967 543,626	3 124 958,642	3 250 890,654	3 351 636,264		

Таблица В.4 – Оценка эффективности участия в сценарии №4, млн руб.

Показатель	Годы инвестиционного проекта по сценарию №4										Итого	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Капитальные вложения	47 769,184											47 769,184
Текущие затраты	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	1 016 468,551	10 164 685,510
Сальдо	1 064 237,735	1 016 468,551	10 212 454,694									
Коэффициент дисконтирования E = 25 %	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107		
Дисконтированные затраты	851 390,188	650 539,873	520 431,898	416 345,519	333 076,415	266 461,132	213 168,905	170 535,124	136 428,100	109 142,480		3 667 519,633
Нарастающий итог	851 390,188	1 501 930,060	2 022 361,958	2 438 707,477	2 771 783,892	3 038 245,024	3 251 413,929	3 421 949,053	3 558 377,153	3 667 519,633		

Таблица В.5 – Оценка эффективности участия в сценарии №5, млн руб.

Показатель	Годы инвестиционного проекта по сценарию №5										Итого	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Капитальные вложения	2 217,635											2 217,635
Текущие затраты	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	9 246 716,407
Сальдо	926 889,276	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	924 671,641	9 248 934,042
Коэффициент дисконтирования E = 25 %	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107		
Дисконтированные затраты	741 511,421	591 789,850	473 431,880	378 745,504	302 996,403	242 397,123	193 917,698	155 134,158	124 107,327	99 285,861		3 303 317,225
Нарастающий итог	741 511,421	1 333 301,271	1 806 733,151	2 185 478,655	2 488 475,058	2 730 872,181	2 924 789,879	3 079 924,037	3 204 031,364	3 303 317,225		