Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Лицей №4»

Индивидуальный проект

по дисциплине: «Физика»

на тему:

**«Автомобили XXI века:**

**чем электродвигатель лучше ДВС?»**

Выполнила:

ученица 11«А» класса

Кривуша Екатерина

Преподаватель:

учитель физики

Алыкова Людмила Вадимовна

2022

**Оглавление**

Введение ……………………………………………………………………… 3

1. Историческая справка ……………………………………………………. 5

2. Основная часть …………………………………………………………… 6

2.1. Основные положения …………………………………………………… 6

2.2. Особенности дизельного двигателя ………………………..…………... 8

2.3. Особенности бензинового двигателя ………………………………….. 10

2.4. Особенности электрического двигателя ………………………………. 12

2.5. Сравнительный анализ двигателей …………………………………….. 14

Заключение …………………………………………………………………… 15

**Использованная литература ………………………………………………… 16**

Приложения ………………………………………………………………….. 17

**Введение**

**Вступление.**

Для исследовательской работы я выбрала тему «Автомобили XXI века: чем ДВС лучше электродвигателя?», так как с недавних пор серьёзно заинтересовалась автомобилями не только с точки зрения вождения, но и с точки зрения их устройства. В будущем я планирую связать свою профессию с машиностроением, а в частности, с инновационными разработками, касающимися непосредственно электродвигателей. Вот почему  столь важно понять, чем же электрический двигатель лучше двигателя внутреннего сгорания.  В моей работе собраны, описаны и проанализированы динамические и экономические характеристики современных автомобилей и даны рекомендации по выбору транспортного средства будущего.

К 2025 году Норвегия готова полностью отказаться от автомобилей с ДВС. Российская Федерация не отстает от мировой практики и начинает выпуск собственных электромобилей. По статистике 14% опрошенных россиян хотели бы приобрести электромобиль, а значит изучение данной темы **актуально**.

**Проблема исследования** – насколько экономичны электромобили в повседневной эксплуатации.

**Объект исследования** – двигатели внутреннего сгорания (дизельный и бензиновый) и электродвигатель для легкового автомобильного транспорта.

**Предмет исследования** – динамические характеристики и потребление энергии двигателей современных автомобилей.

**Цель**: обосновать необходимость замены двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели в легковом автомобильном транспорте.

**Задачи исследования:**

1. Изучить литературу по автомобильным двигателям.
2. Провести поиск и описание типов автомобильных двигателей и их истории.
3. Найти и выявить общие динамические и экономические характеристики для автомобильных двигателей.
4. Сделать сравнительный анализ характеристик автомобильных двигателей.
5. Сделать вывод по результатам работы.

**Гипотеза** – замена двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на электрический двигатель сделает автомобиль значительно экономичнее при повседневной эксплуатации.

**Основные этапы работы:**

1. Поиск литературы по данной теме.
2. Поиск информации в найденных печатных и электронных источниках.
3. Составление исторической справки
4. Обработка информации с занесением данных в таблицы
5. Создание и анализ графиков характеристик автомобильных двигателей.
6. Сравнение параметров экономичности автомобильных двигателей.
7. Запись выводов и оценка полноты решения поставленных задач.

**Методы исследования:**

1. Изучение специальной литературы.

2. Обобщение и систематизация материала по данной теме.

3. Анализ и фиксация результатов исследований.

**Научная новизна** нашего исследования заключается в новом виде формирования позитивного взгляда наших соотечественников на автомобили с электрической силовой установкой.

**Теоретическая значимость** данной исследовательской работы заключается в совершенствовании методов описания характеристик автомобильных двигателей, для продвижения электромобилей на отечественном рынке.

**Практическая значимость**, заключается в том, что полученные в ходе исследования данные способны расширить знания обучающихся о достоинствах и недостатках современных автомобилей в повседневной жизни.

**Характеристика основных источников получения информации**. Для получения исходных данных использовались открытые источники информации: официальные документы, учебные пособия, научно-популярная литература, видеоролики, находящиеся в свободном доступе в Интернете.

**1. Историческая справка**

История развития электромобилей начинается с создания электрического двигателя. В 1834 году русским ученым Борисом Семёновичем Якоби был создан первый электродвигатель с вращающимся валом. В 1835 году шотландец Роберт Андерсон на выставке Общества поощрения искусств, мануфактур и торговли показал свою электрифицированную тележку. Но практическая возможность постройки данного транспортного средства появилась в 1889 году, когда замечательный русский инженер-электротехник Михаил Осипович Доливо-Добровольский разработал систему трехфазного тока и опробовал на ней первый трехфазный двигатель переменного тока. Электродвигатель разработанный Доливо-Добровольским остался практически неизменным до настоящего времени. Широкое применение электродвигатели его разработки наши в Великобритании. К 1897 году в Лондоне работали 15 электромобилей, в 1914 по всему миру - около 30000. Это был краткий успех электромобилей. Вскоре о них забыли. Началась эпоха ДВС.

Двигатели внутреннего сгорания появились как альтернатива популярным в 19 веке паровым двигателям. Их преимуществами были малые габариты и быстрый запуск. Первый практически действующий двигатель был построен в 1860 году бельгийским механиком Жаном Этьеном Ленуаром. Он работал на светильном газе, открытом ещё в 1799 году французским инженером Филиппом Лебоном. В 1863 году немецкий конструктор Николаус Аугустус Отто запустил двухтактный двигатель, в пять раз экономичнее двигателя Ленуара.

Изобретателями автомобилей с двигателями внутреннего сгорания считаются немецкие инженеры. Опираясь на двадцатилетний опыт моторостроения к началу 80-х годов XIX столетия немецкий инженер и изобретатель Карл Фридрих Бенц запатентовал акселератор, систему зажигания, карбюратор и водяной радиатор охлаждения. В 1883 году начал производить двухтактный бензиновый карбюраторный двигатель, который в 1886 году установил на самостоятельно разработанный автомобиль.

В это время два друга Готлиб Даймлер и Вильгельм Майбах, проработав на заводе Отто с 1869 по 1882 год, открыли собственную фирму и в 1885 году создали легкий четырехтактный бензиновый карбюраторный двигатель. В 1886 году его поставили на первый мотоцикл. Автомобиль, созданный ими в 1889 году, был более совершенным, по сравнению с автомобилем Карла Бенца. В настоящее время многие считают Карла Бенца и Готлиба Даймлера создателями первого автомобиля. Имя Вильгельма Майбаха выпало из этой истории. Но именно эти три человека, стоявшие на заре автомобилестроения вписали свои имена в историю. «Бенц», «Майбах» и «Даймлер» - известные компании, выпускающие автомобили уже более 100 лет.

В 60-х годах двадцатого столетия экологические проблемы вышли на первый план. Электромобили становятся всё более востребованными. К концу шестидесятых годов было выпущено несколько моделей. Основой для их создания стали малогабаритные автомобили с ДВС. Основными недостатками данных транспортных средства были: слабая динамика движения, короткий пробег до полной разрядки, высокая стоимость и продолжительное время зарядки. До конца 80-х годов недостатки электромобилей так и не были устранены.

В 1990-х годах в США и Западной Европе принимаются законодательные и регулятивные меры, направленные на улучшение экологической обстановки, вместе с которыми возрождается интерес к электрическим двигателям в автомобилестроении. Реальный прорыв в данной области возник с появлением в начале XXI века аккумуляторов с высокой плотностью заряда.  Известные производители преуспели в создании высокопроизводительных транспортных средств на электрической тяге. Но, тем не менее, главными проблемами электромобилей остаются их короткий пробег на одной зарядке и длительное время зарядки аккумуляторов.

**2. Основная часть**

**2.1. Основные положения**

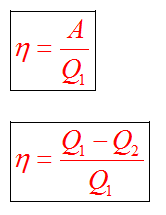
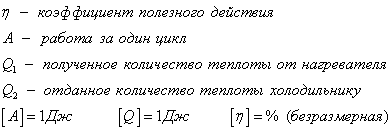
В качестве основы проведения исследовательской работы использовалась официально допущенная к печати научная литература. В качестве источника информации по электрическим двигателям для электромобилей выбраны учебные пособия для вузов В.Е. Ютта «Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой», В.Н. Галушко «Расчет асинхронных двигателей: Пособие для выполнения курсовой работы», Бойко Е.П. «Асинхронные двигатели общего назначения» и Н.Н. Демидова «Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили». Для выбора данных по тепловым двигателям автомобилей использовалось учебное пособие А.И. Колчина и В.П. Демидова «Расчет автомобильных и тракторных двигателей». Дополнительная информация получена из научно-популярной литературы и видеороликов в Интернете.

В настоящее время на автомобилях устанавливается два типа двигателей: тепловые и электрические. Тепловые двигатели внутреннего сгорания работают на дизельном топливе, бензине и пропане. Принцип действия бензиновых двигателей и двигателей, работающих на газе, очень похожи. Поэтому они были объединены в группу бензиновых двигателей. Тепловой двигатель – это двигатель, в котором происходит превращение внутренней энергии топлива, которое сгорает, в механическую работу.

Любой тепловой двигатель состоит из трех основных частей: *нагревателя*, *рабочего тела* (газ, жидкость и др.) и *холодильника*. В основе работы двигателя лежит циклический процесс (это процесс, в результате которого система возвращается в исходное состояние).

Общее свойство всех циклических (или круговых) процессов состоит в том, что их невозможно провести, приводя рабочее тело в тепловой контакт только с одним тепловым резервуаром. Их нужно, по крайней мере, два. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют нагревателем, а с более низкой – холодильником. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты Q1 (происходит расширение) и отдает холодильнику количество теплоты Q2, когда возвращается в исходное состояние и сжимается. Полное количество теплоты Q=Q1-Q2, полученное рабочим телом за цикл, равно работе, которую выполняет рабочее тело за один цикл. При обратном цикле расширение происходит при меньшем давлении, а сжатие - при большем. Поэтому работа сжатия больше, чем работа расширения, работу выполняет не рабочее тело, а внешние силы. Эта работа превращается в теплоту. Таким образом, в холодильной машине рабочее тело забирает от холодильника некоторое количество теплоты Q1 и передает нагревателю большее количество теплоты Q2.

Коэффициент полезного действия теплового двигателя рассчитывается по формуле:

Электрические двигатели работают на постоянном и переменном токе.

Принцип работы электродвигателя любого типа заключается в использовании электромагнитной индукции, возникающей внутри устройства после подключения в сеть. Для того чтобы понять, как эта индукция создается и приводит элементы двигателя в движение, следует обратиться к школьному курсу физики, объясняющему поведение проводников в электромагнитном поле. Итак, если мы погрузим проводник в виде обмотки, по которому движутся электрические заряды, в магнитное поле, он начнет вращаться вокруг своей оси. Это связано с тем, что заряды находятся под влиянием механической силы, изменяющей их положение на перпендикулярной магнитным силовым линиям плоскости. Можно сказать, что эта же сила действует на весь проводник.

Закономерность взаимодействия магнитного поля и токопроводящего контура с созданием электродвижущей силы лежит в основе функционирования электродвигателей всех типов. Для создания аналогичных условий в конструкцию устройства включают:

* Ротор (обмотка) – подвижная часть машины, закрепленная на сердечнике и подшипниках вращения. Она исполняет роль токопроводящего вращательного контура.
* Статор – неподвижный элемент, создающий магнитное поле, воздействующее на электрические заряды ротора.
* Корпус статора. Оснащен посадочными гнездами с обоймами для подшипников ротора. Ротор размещается внутри статора.

Для представления конструкции электродвигателя можно создать принципиальную схему на основе предыдущей иллюстрации:

После включения данного устройства в сеть, по обмоткам ротора начинает идти ток, который под воздействием магнитного поля, возникающего на статоре, придает ротору вращение, передаваемое на крутящийся вал. Скорость вращения, мощность и другие рабочие показатели зависят от конструкции конкретного двигателя и параметров электрической сети.

По взаимодействию магнитных полей электродвигатели бывают синхронные и асинхронные. В качестве примера был выбран асинхронный электродвигатель переменного тока. В асинхронном двигателе переменного тока вращающееся магнитное поле создается тремя (для сети 380 В) обмотками статора. Их подключение к источнику питания осуществляется через клеммную коробку, а охлаждение — вмонтированным в двигатель вентилятором. Принцип работы асинхронного двигателя основывается на законе электромагнитной индукции – если частота вращения электромагнитного поля обмоток статора превышает частоту вращения ротора, в нем наводится электродвижущая сила. Это важно, поскольку при одинаковой частоте ЭДС не возникает и, соответственно, не возникает вращения. В действительности нагрузка на вал и сопротивление от трения подшипников всегда замедляет ротор и создает достаточные для работы условия.

Дизельные двигатели получили наибольшее распространение на грузовом автомобильном транспорте благодаря своей экономичности. Тем не менее, они устанавливаются и на легковых автомобилях. Их преимущества: высокий КПД, высокий крутящий момент, низкий расход топлива, большой ресурс. К недостаткам относятся: высокая стоимость, большая масса, затруднённая эксплуатация в зимнее время.

Большая часть легковых автомобилей выпускается с бензиновыми двигателями. Их главные достоинства: большая мощность и лучшие скоростные характеристики, простота конструкции, малый вес и низкая стоимость по сравнению с дизельными двигателями. Но бензиновые двигатели обладают рядом недостатков: повышенным расходом топлива и меньшей долговечностью. Для оптимальной работы тепловых двигателей необходимы элементы систем питания, смазки и охлаждения, находящиеся вне двигателя.

Электрические двигатели имеют ряд преимуществ, по сравнению с тепловыми двигателями: простая конструкция электродвигателя совместно с КПД, в три раза большем, чем у тепловых; крутящий момент, имеющий высокие значения с начала движения; низкая стоимость двигателя, его обслуживания и ремонта. Главная проблема автомобильных электродвигателей связана не с ними самими, а с питающими их аккумуляторами. Недостаточная ёмкость, большой вес, большие габариты, длительное время зарядки и высокая стоимость аккумуляторов сводит к минимуму желание отечественных автолюбителей приобретать данные средства передвижения.

Моя работа связана с исследованием динамических и экономических характеристик двигателей. Для этого выбраны общие характеристики для всех двигателей: номинальная мощность – 80 кВт (108,77 л.с.) и максимальное число оборотов – 4800 об/мин. Этот расчет следует считать условным, т.к. бензиновый двигатель с указанным числом оборотов считается низкоскоростным. Подобные двигатели были характерны для середины XX века. Для дизельного двигателя данное число оборотов считается высоким. Не все современные дизеля работают в таком режиме. Номинальное число оборотов в асинхронном электрическом двигателе зависит от частоты тока. Поэтому на автомобилях устанавливают преобразователь частоты переменного тока. В процессе работы двигателя параметры динамических и экономических характеристик меняются в зависимости от числа оборотов двигателя.

**2.2 Особенности дизельного двигателя**

На странице 147 учебного пособия А.И. Колчина и В.П. Демидова «Расчет автомобильных и тракторных двигателей» дана таблица соотношения между параметрами относительной скоростной характеристики дизельного двигателя в процентах. На основании данных таблицы ведём расчет мощности и удельного расхода топлива, выбрав номинальное значение мощности при частоте оборотов, равном 4000. Данные расчетов записываем в таблицу 1.

Таблица 1

**Внешние скоростные характеристики дизельного двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, % | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, % | 20 | 53 | 72 | 89 | 100 | 108 |
| Мощность двигателя, кВт | 16 | 42 | 58 | 71 | 80 | 86 |
| Удельный расход топлива, % | 103 | 96 | 92 | 94 | 100 | 110 |
| Удельный расход топлива, л/100 км | 5,91 | 5,47 | 5,29 | 5,37 | 5,72 | 6,28 |

Исходя из формулы (6.5) на странице 145 определяем крутящий момент двигателя. Данные записываем в таблицу 2.

Таблица 2

**Расчет крутящего момента дизельного двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, кВт | 16 | 42 | 58 | 71 | 80 | 86 |
| Крутящий момент, Н\*м | 225 | 238 | 231 | 209 | 164 | 103 |

На сайте «Цены на бензин в России в рублях сегодня» выбираем цену одного литра дизельного топлива. Все полученные результаты заносим в сводную таблицу 3 динамических и экономических характеристик дизельного двигателя.

Таблица 3

**Динамические и экономические характеристики дизельного двигателя**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения выходного вала двигателя n, об/мин | Характеристики | | | | |
| N, кВт | M, Н\*м | G,  л/100 км | Ц,  руб/л | С,  руб/100 км |
| 0 | - | - | - | 49,14 | - |
| 800 | 16 | 225 | 5,91 | 49,14 | 290,41 |
| 1600 | 42 | 238 | 5,47 | 49,14 | 268,80 |
| 2400 | 58 | 231 | 5,29 | 49,14 | 259,95 |
| 3200 | 71 | 209 | 5,37 | 49,14 | 263,88 |
| 4000 | 80 | 164 | 5,72 | 49,14 | 281,08 |
| 4800 | 86 | 103 | 6,28 | 49,14 | 308,60 |

В таблице 3 указаны следующие величины:

n – частота вращения выходного вала двигателя, об/мин;

N – мощность двигателя, кВт;

M – крутящий момент на выходном валу двигателя, Н\*м;

G – расход топлива для тепловых двигателей, л/100 км,

Ц – цена одного литра топлива, руб/л,

С – стоимость энергоносителя необходимого на 100 км пути.

**2.3 Особенности бензинового двигателя**

На странице 146 учебного пособия А.И. Колчина и В.П. Демидова «Расчет автомобильных и тракторных двигателей» дана таблица соотношения между параметрами относительной скоростной характеристики бензинового двигателя в процентах. Дополняем таблицу строками с реальными значениями величин. Проводим расчет мощности и удельного расхода топлива, выбрав номинальное значение мощности при частоте оборотов, равном 4000 для выбранных автомобильных двигателей. Данные расчетов записываем в таблицу 4.

Таблица 4

**Внешние скоростные характеристики бензинового двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, % | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, % | 20 | 50 | 73 | 92 | 100 | 92 |
| Мощность двигателя, кВт | 16 | 40 | 58 | 74 | 80 | 74 |
| Удельный расход топлива, % | 115 | 100 | 97 | 95 | 100 | 115 |
| Удельный расход топлива, л/100 км | 7,91 | 7,33 | 7,09 | 7,19 | 7,66 | 8,41 |

Исходя из формулы (6.5) на странице 145 учебного пособия А.И. Колчина и В.П. Демидова «Расчет автомобильных и тракторных двигателей»определяем крутящий момент двигателя. Данные записываем в таблицу 5.

Таблица 5

**Расчет крутящего момента бензинового двигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, кВт | 16 | 40 | 58 | 74 | 80 | 74 |
| Крутящий момент, Н\*м | 131 | 140 | 145 | 144 | 134 | 122 |

На сайте «Цены на бензин в России в рублях сегодня» выбираем цену одного литра АИ-95.. Все полученные результаты заносим в сводную таблицу 6 динамических и экономических характеристик бензинового двигателя.

Таблица 6

**Динамические и экономические характеристики**

**бензинового двигателя**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения выходного вала двигателя n, об/мин | Характеристики | | | | |
| N, кВт | M, Н\*м | G,  л/100 км | Ц, руб/л | С,  руб/100 км |
| 0 | - | - | - | 45,22 | - |
| 800 | 16 | 131 | 7,91 | 45,22 | 357,70 |
| 1600 | 40 | 140 | 7,33 | 45,22 | 331,46 |
| 2400 | 58 | 145 | 7,09 | 45,22 | 320,61 |
| 3200 | 74 | 144 | 7,19 | 45,22 | 325,13 |
| 4000 | 80 | 134 | 7,66 | 45,22 | 346,39 |
| 4800 | 74 | 122 | 8,41 | 45,22 | 380,30 |

В таблице 6 указаны следующие величины:

n – частота вращения выходного вала двигателя, об/мин;

N – мощность двигателя, кВт;

M – крутящий момент на выходном валу двигателя, Н\*м;

G – расход топлива для тепловых двигателей, л/100 км,

Ц – цена одного литра топлива, руб/л,

С – стоимость энергоносителя необходимого на 100 км пути.

Как видно из таблиц 3 и 6 экономические показатели бензинового и дизельного двигателей соответствуют действительности. Давно доказано, что дизельный двигатель экономичнее бензинового. В следующей части исследования рассмотрим особенности асинхронных электрических двигателей.

**2.4 Особенности электрического двигателя**

Изучаем данные для определения параметров асинхронных электрических двигателей. Изменение мощности N находим из учебного пособия В.Н. Галушко «Расчет асинхронных двигателей: Пособие для выполнения курсовой работы» и записываем в таблицу 7

Таблица 7

**Изменение мощности электродвигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, кВт | 12 | 25 | 48 | 80 | 67 | 40 |

На основании данных сайта «ЭлектроТехИнфо» определяем изменение крутящего момента в зависимости от числа оборотов вала двигателя. Особенностью электрических двигателей можно считать наличие крутящего момента при остановленном валу двигателя. Эта особенность дает возможность электродвигателям совершать работу с минимальной скорости без предварительного разгона, в отличие от двигателей внутреннего сгорания (см. таблицу 8)

Таблица 8

**Изменение мощности электродвигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 0 | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Крутящий момент, Н\*м | 184 | 164 | 169 | 219 | 272 | 184 | 92 |

Удельный расход электроэнергии рассчитывался по формуле 13-24 на стр. 387 учебного пособия Бойко Е.П. «Асинхронные двигатели общего назначения». Его значения можно посмотреть в таблице 9.

Таблица 8

**Изменение мощности электродвигателя**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения коленчатого вала, об/мин | 800 | 1600 | 2400 | 3200 | 4000 | 4800 |
| Мощность двигателя, кВт | 4,89 | 10,09 | 19,65 | 32,62 | 27,47 | 16,48 |

Цена одного кВт\*ч электроэнергии взята из сайта «Таблица тарифов ПАО «ТНС энерго Ярославль»» (выбрано максимальное значение).

Таблица9

**Динамические и экономические характеристики асинхронного электрического двигателя**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота вращения выходного вала двигателя n, об/мин | Характеристики | | | | |
| N, кВт | M, Н\*м | G,  кВт\*ч/100 км | Ц, руб/кВт\*ч | С,  руб/100 км |
| 0 | - | 184 | - | 4,98 | - |
| 800 | 12 | 164 | 4,89 | 4,98 | 24,35 |
| 1600 | 25 | 169 | 10,09 | 4,98 | 50,25 |
| 2400 | 48 | 219 | 19,65 | 4,98 | 97,86 |
| 3200 | 80 | 272 | 32,62 | 4,98 | 162,45 |
| 4000 | 67 | 184 | 27,47 | 4,98 | 136,80 |
| 4800 | 40 | 92 | 16,48 | 4,98 | 82,07 |

На основании данных таблиц 3, 6 и 9 строим графики мощностей (Приложение 1), крутящих моментов (Приложение 2) и экономических показателей (Приложение 3).

**2.5. Сравнительный анализ двигателей**

При изучении графиков мощностей (Приложение 1) можно заметить, что показатели ДВС достаточно близки друг к другу. Единственным исключением является падение мощности бензинового двигателя на участке 4000-4800 об/мин. График мощности электрического двигателя несколько отличается от графиков ДВС. На участках 0-2800 об/мин и 3600-4800 об/мин мощность электродвигателя несколько меньше, чем у конкурентов. Лишь на участке 2800-3600 об/мин она выше. Значит, оптимальными оборотами при крейсерской скорости автомобиля будет этот участок. Тем не менее, показатели мощностей достаточно близки, а, значит, способность поддерживать скорость на определённых оборотах у двигателей примерно одинакова.

График крутящих моментов (Приложение 2) дает возможность увидеть преимущество электрического двигателя – способность развивать высокий крутящий момент с начала движения. Это достоинство электродвигателей дает возможность сэкономить на сложных механизмах трансмиссии. Сам график крутящего момента электрического двигателя находится в пределах графиков ДВС. Из этого можно сделать вывод, что разгоняться электромобиль будет примерно так же, как и автомобиль с ДВС.

Наибольшую часть времени автомобиль эксплуатируется в режимах работы, характерных для числа оборотов в пределах от 2400 до 4000. На основании Приложения 3 можно увидеть, что при самых высоких ценах на электроэнергию электромобиль будет как минимум в 1,6 раза экономичнее дизельных двигателей и в 2 раза – бензиновых. Отсюда можно сделать вывод: замена двигателей внутреннего сгорания на электрические на легковых автомобилях обоснованна экономией денежных средств при повседневной эксплуатации.

Конечно же, данное исследование лишь слегка приоткрывает завесу тайны в мир автомобилей. Наиболее интересные факты мы оформили в виде буклета. (Приложение №4)

**Заключение**

На основании проведенного мной исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Просторы Интернета позволяют найти любую учебную и научно-популярную литературу для проведения подробного исследования на любую интересующую тему.
2. В ходе изучения литературы я остановилась на трех видах двигателей: бензиновом, дизельном и электрическом, т.к. они широко представлены в легковом секторе автомобилестроения. Именно между ними ведется борьба за существование в мире автомобилей. Значит, исследование взяло правильное направление.
3. В ходе исследования были определены динамические и экономические показатели трёх типов двигателей. К динамическим характеристикам относятся: мощность двигателя, определяющая способность автомобиля поддерживать постоянную скорость, и крутящий момент, отвечающий за способность разгоняться. Стоимость эксплвуатации дает возможность сравнить экономичность двигателей.
4. Сравнительный анализ характеристик автомобильных двигателей показал, что динамические характеристики электродвигателей и ДВС достаточно близки, а по экономическим показателям электродвигатель значительно выигрывает у дизельных и, особенно, у бензиновых двигателей.
5. Я считаю, что цель моего исследования достигнута, и я научно обосновала необходимость замены двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели в легковом автомобильном транспорте.

**Использованная литература**

***Учебники и учебные пособия***

1. Асинхронные двигатели общего назначения/Бойко Е.П., Гаинцев Ю.В., Ковалев Ю.М. и др.: под ред.В.М. Петрова и А.Э. Кравчика. – М. Энергия, 1980 с. ил.
2. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили [Текст] : учебное пособие / Н. Н. Демидов, А. А. Красильников, А. Д. Элизов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский политехнический ун-т Петра Великого. - Санкт-Петербург : Изд-во Политехнического ун-та, 2016. - 95 с. : ил.
3. Масандилов Л.Б., Москаленко В.В. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. 2-е изд., перераб. и доп. – М. Энергия, 1978. – 96 с.ил.
4. Расчет асинхронных двигателей : Пособие для выполнения курсовой работы / В. Н. Галушко, И. С. Евдасев, В. А. Пацкевич, А. В. Дробов ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 158 с
5. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.И. Строганов. – М.: МАДИ, 2016. – 108 с.

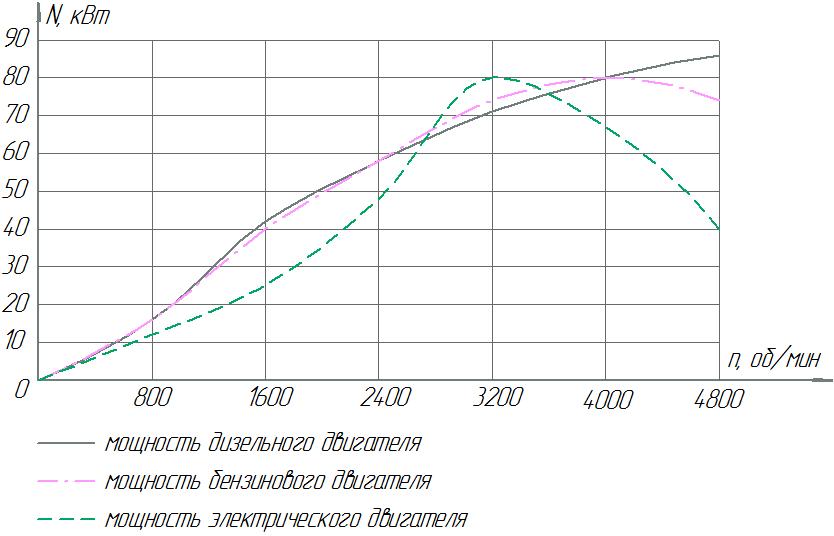
Электронные ресурсы

1. Trashbox.ru. Высокие технологии Результаты опроса: Как Вы относитесь к электромобилям? Какие плюсы и минусы у них есть по Вашему мнению? <https://trashbox.ru/link/2020-11-19-who-wants-electric-car> .
2. Журнал «За рулем». 95% владельцев электромобилей всё устраивает! — исследование. <https://www.zr.ru/content/news/921374-vladeltsy-ehlektromobilej-ne-so/>
3. Информационный портал газеты Известия. Россияне рассказали об отношении к электромобилям. <https://iz.ru/1055371/2020-09-01/rossiiane-rasskazali-ob-otnoshenii-k-elektromobiliam>.
4. Таблица тарифов ПАО «ТНС энерго Ярославль». <https://yar.tns-e.ru/population/tariffs/tariff-table/>
5. Цены на бензин в России в рублях сегодня. <http://www.benzin-cena.ru/benzin/40-rossija-ceni-v-rubljah>.
6. ЭлектроТехИнфо. <https://eti.su/articles/elektricheskie-mashini/elektricheskie-mashini_1571.html>.

**Приложения**

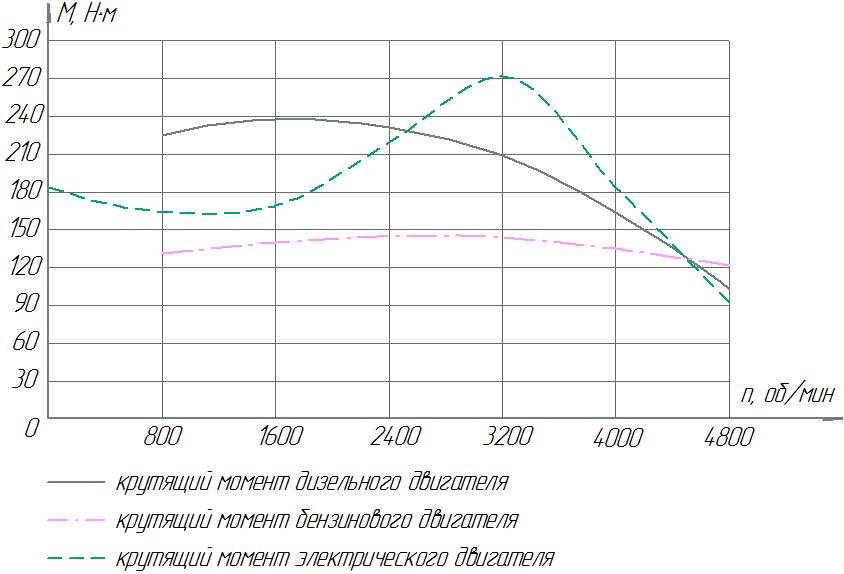
Приложение 1

**График мощностей исследуемых двигателей**

****

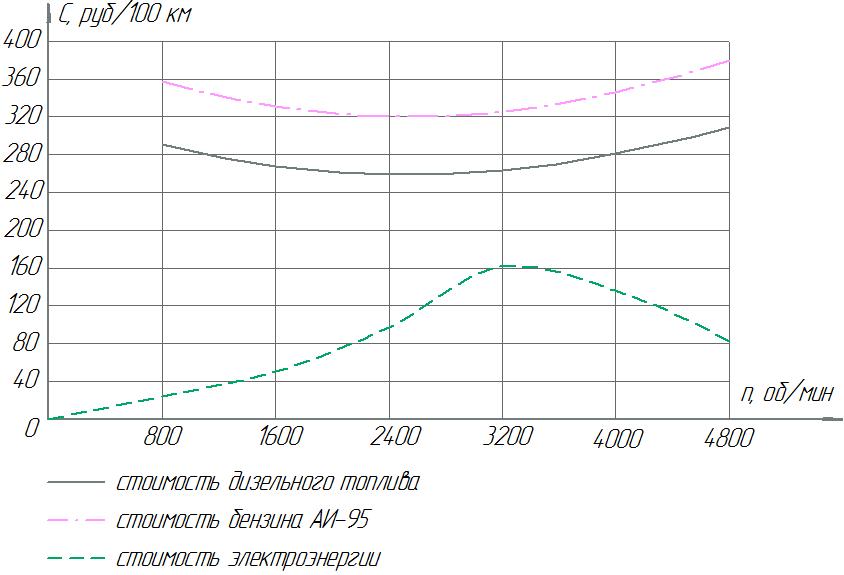
Приложение 2

**График крутящих моментов исследуемых двигателей**

****

Приложение 3

**График экономических показателей исследуемых двигателей**

****