

Проектирование гибридного автомобиля на базе ВАЗ 21099

Абдрахманов Р.Р., Исхаков И.Т., Хикматуллин И.Р.

Научный руководитель: **Яковлев Р.А., Максимов А.В.**

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
– КАИ, Казань, Россия)

Аннотация

С каждым днем популярность автомобилей нашей стране растет. Параллельно с этим возрастает и экологическая нагрузка на окружающую среду. Больше всего доставляют проблемы автомобили, которые не соответствуют действующим техническим регламентам. Многие автопроизводители создают свою продукцию, адаптируясь под существующие экологические нормы. Однако в использовании остается большое количество бывших в употреблении автомобилей. Предполагаем решить эту проблему с помощью модернизации конструкции дополнительным электродвигателем.

Designing a hybrid car based on VAZ 21099

Abdrakhmanov R.R., Iskhakov I.T., Hikmatullin I.R.

Scientific supervisor: **Yakovlev R.A., Maximov A.B.**

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan,
Russia)

Annotation

Every day the popularity of cars in our country is growing. In parallel with this, the environmental burden on the environment is also increasing. Most of all, cars that do not comply with the current technical regulations cause problems. Many automakers create their products by adapting to existing environmental standards. However, a large number of used cars remain in use. We propose to solve this problem by upgrading the design with an additional electric motor.

Цели

Снизить экологической нагрузку на окружающую среду от автомобилей, находящихся в эксплуатации.

Улучшить динамические свойства автомобиля и его проходимость.

Снизить расходы автовладельцев на топливо.

Выполнение рекомендаций соответствующих принятой Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года.

Обеспечить финансовую доступность электрификации автомобилей традиционной конструкции, находящихся в эксплуатации.

Приобрести компетенций в области электрификации дорожного транспорта.

Положить вклад в развитие электронной и электрической базы в стране, применяющейся на автомобильном транспорте.

Основная часть

Прототипом для наших целей мы выбрали отечественный автомобиль ВАЗ 21099. На основе которого мы планируем разработать готовый комплект электроустановки, который позволит развивать отдельно на электрической тяге максимальную скорость в 40 км/ч и запас хода составит 50 км.

После проведения сертификации в исследовательской лаборатории, подобный автомобиль можно будет использовать в городской среде и за городом, где благодаря полному приводу значительно повысится проходимость. Данный автомобиль является лишь образцом, в котором мы демонстрируем наши технические решения.

Используя стандартные показатели прототипа и придерживаясь поставленным целям по скорости и запасу хода, были выполнены расчеты для подбора основных комплектующих, такие как электродвигатель и аккумуляторная батарея.

Выполнили расчеты по определению частоты вращения вала двигателя, номинального и пикового крутящего моментов, номинального и пикового мощность электродвигателя.

Опытный образец имеет следующие характеристики:

- полная масса автомобиля $m=1200\text{ кг}$;
- коэффициент сопротивления воздуха для кузова шасси

$$C_x=0,54\text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4;$$

- лобовая площадь кузова шасси $S=1,87\text{ м}^2$;
- радиус ведущего колеса $r=0,288\text{ м}$;

- передаточное число коробки передач $U_{kn}=1$;
- передаточное число главной передачи $U_{gn}=4$;
- Коэффициент трения качения $f=0,018$;
- Коэффициент потери мощности в трансмиссии $\eta_{mp}=0,95$.

Также для выполнения расчетов, понадобятся максимальный угол преодоления подъема дороги, максимальная скорость передвижения автомобиля на электродвигателе и время разгона до этой скорости. Приняли, что максимальный угол будет равен 5° , а скорость автомобиля на электротяге - $v=40 \text{ км/час}$. После проведения последующих расчетов, выберем оптимальное время разгона до требуемой скорости.

Вычисление частоты вращения вала двигателя:

$$n_1 = \frac{v \cdot u}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot 3.6}$$

$$n_1 = \frac{40 \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,288 \cdot 3.6} = 24,5734 \text{ Гц}$$

Полученное значение необходимо представить в величине измерения об/мин:

$$n_2 = n_1 \cdot 60$$

$$n_2 = 24,5734 \cdot 60 = 1474,4043 \text{ об/мин}$$

Расчет максимального крутящего момента

Для получения данного показателя, необходимо определить значение ускорения электромобиля (а). Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$a = \frac{v}{3,6 \cdot t},$$

где t - время разгона до требуемой скорости.

Чтобы определить оптимальные значения крутящего момента и мощности, которая понадобится для подбора электродвигателя, мы решили провести следующие расчеты в программе «Excel». Данная программа позволяет выполнить наиболее точные расчеты, из которых для наглядности можно вывести графики изменения необходимых показателей. Для этого в программе нужно задать формулы для эффективного крутящего момента двигателя и энергии, которая затрагивается на передвижение:

$$M_e = \left(f \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \cdot \sin \alpha + C_x \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{\left(\frac{v}{3,6} \right)^2}{2} + 1,1 \cdot m \cdot a \right) \cdot \frac{r}{n_{mp} \cdot u};$$

$$W = g \cdot F_{mp} \cdot m \cdot V \cdot \cos \alpha + 0,5 \cdot C_x \cdot S \cdot \rho \cdot V^3 + g \cdot m \cdot \sin \alpha \cdot V;$$

Проведя расчеты в программе «Excel», мы вывели графики изменения различных параметров, такие как крутящий момент от угла наклона дороги, крутящий момент от скорости движения, энергия от угла наклона дороги и энергия затраченной на передвижение от скорости движения автомобиля. Данные графики приведены ниже:

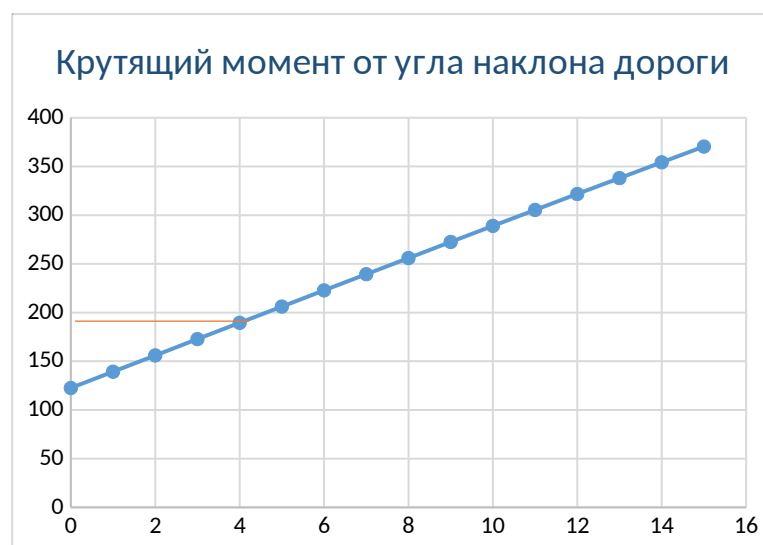


Рисунок 1. График изменения крутящего момента в зависимости от угла наклона дороги

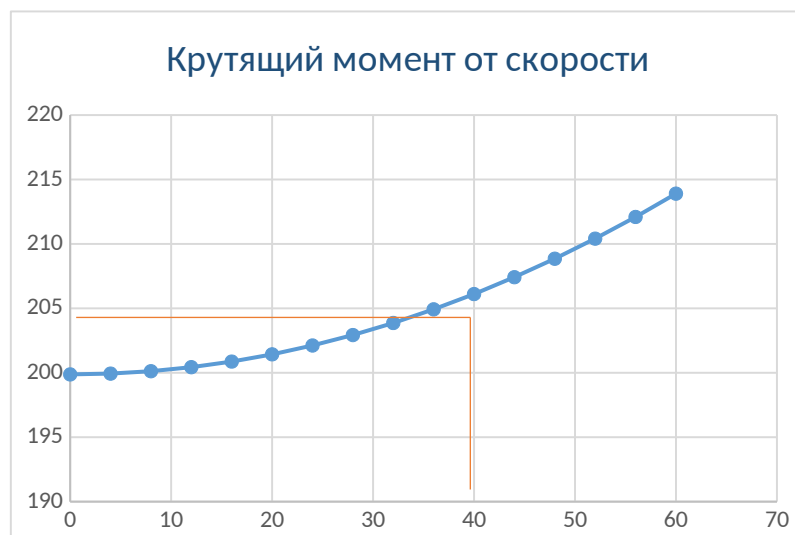


Рисунок 2. График изменения крутящего момента в зависимости от скорости движения автомобиля

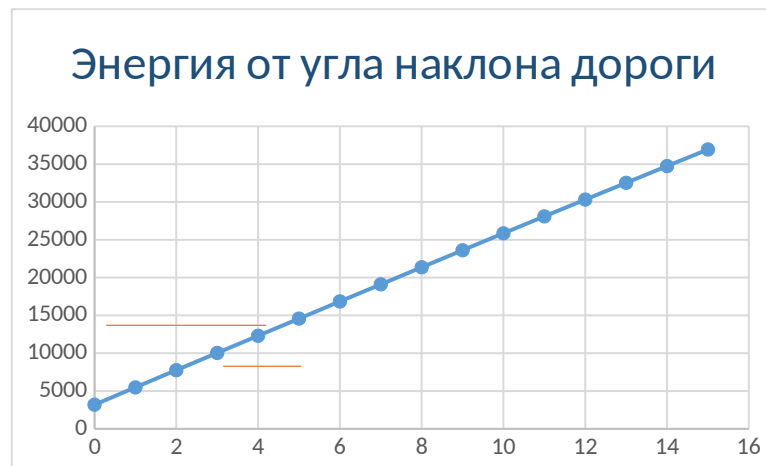


Рисунок 3. График изменения энергии, затрачиваемой для передвижения, в зависимости от угла наклона дороги

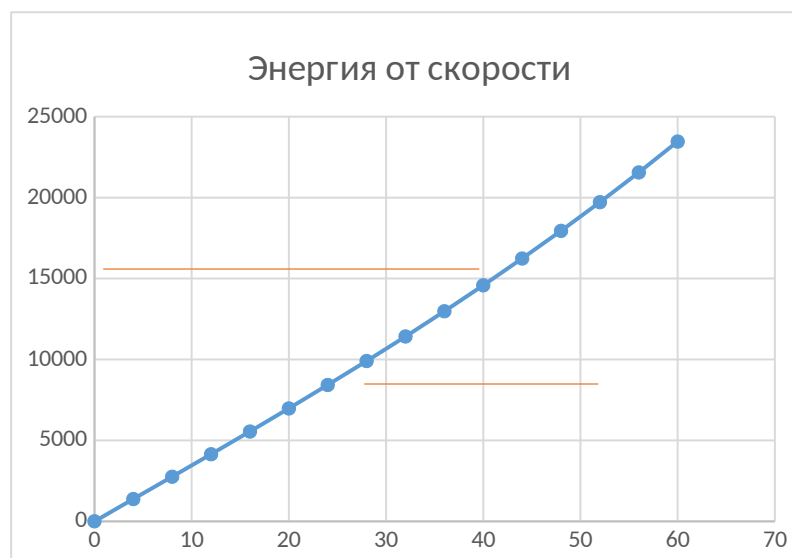


Рисунок 4. График изменения энергии, затрачиваемой для передвижения, в зависимости от скорости движения автомобиля

Оптимальным временем разгона до требуемой скорости выбрали 11 с.

По полученным значениям мы подбираем дополнительные элементы для автомобиля. На сайтах продажи нашли бесщеточный электродвигатель постоянного тока BLDC, который имеет следующие характеристики: 48 В, 1500 об/мин, 15 кВт. Он представлен ниже на рисунке 5.



Рисунок 5. Электродвигатель BLDC.

Задний мост с редуктором подобрали от автомобиля ВАЗ 2106, который приведен на рисунке 6. С помощью небольших изменений, его можно установить на наш прототип.



Рисунок 6. Мост ВАЗ 2106.

Произвели подбор солнечной батареи. Остановились на модели «Sunpower», которая имеет следующие характеристики: 300 Вт, 12 В. Она представлена на рисунке 7. Так как солнечная батарея имеет гибкую форму, ее легко можно установить на крыше автомобиля. Что дает возможность для легкого монтажа. Данная панель будет заряжать литий-ионный аккумулятор с помощью солнечной энергии во время стоянки.



Рисунок 8. Солнечная батарея «Sunpower».



Рисунок 9. 16А зарядный штекер стандартный.

Нам нужно чтобы выходная мощность зарядного устройства должна быть равна 15000 Вт, поэтому мы выбрали литий-ионные аккумуляторы, выдающие 48 В с 15 ячеек при последовательном соединении, каждый из которых отдельно выдают по 3,2 В 280Ач. Данные аккумуляторы представлены на рисунке 10. Также понадобится преобразователь с 48В на 12В для бортовой сети автомобиля.



Рисунок 10. Аккумулятор 3,2 В 280Ач

Заключение

Подводя итог, хочется подчеркнуть, что данная технология поможет автомобилистам **снизить** затраты на топливо, улучшить проходимость автомобиля благодаря полному приводу и снизить уровень вредных выбросов.