

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 629.36:331.101.1

Варанков  
Григорий Александрович

Повышение эффективности и надежности комбинированной силовой установки  
автомобиля

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-23 80 08 – Психология труда, инженерная психология,  
эргономика

Магистрант  
Варанков Григорий Александрович

---

Научный руководитель

Савченко Владимир Владимирович  
канд. технич. наук, доцент каф.  
ИПиЭ

---

Минск 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Анализ развития мирового автомобильного рынка показывает, что сегодня электромобили (ЭМБ) и автомобили с комбинированными силовыми установками (АКСУ) становятся серьезной альтернативой для потребителей в принятии решения при покупке новых автомобилей. Экспертное сообщество едино во мнении, что электрические технологии становятся доминирующим фактором, обеспечивающим улучшение эксплуатационной эффективности транспортных средств. При этом ключевые аспекты изменений в контексте развития автомобилей представляют собой направления несущие серьезные изменения для традиционной автомобильной промышленности, ее конструкторской и технологической базы.

Однако существует ряд нерешенных теоретических и практических проблем, которые не позволяют в настоящее время ЭМБ и АКСУ конкурировать в большинстве случаев с автомобилями, оснащенными традиционной силовой установкой.

В настоящее время появляются конструкции и технологические проекты, обеспечивающие достаточную эффективность работы электромобилей без указанных выше специфических особенностей. При этом все больше усиливается конкуренция между традиционными марками автомобилей с ДВС, электромобилями и автомобилями с комбинированной силовой установкой. По сути, сегодня, наблюдается переломный момент в автомобильных технологиях, так же как это было в начале 20 века. И обострение экологических проблем может обеспечить еще более бурный рост соответствующих «зеленых технологий» на транспорте.

Несмотря на уменьшение вредных выбросов отдельными автомобилями за последние 40 лет, из-за роста их количества общие выбросы углекислого газа, монооксида углерода, углеводородов, уровень шума в городах мира удвоились. На долю автомобильного транспорта приходится 80 % всех выбросов вредных веществ в крупных городах. Автомобили не только загрязняют воздух токсичными газами, они еще и сжигают кислород. С учетом всего вышеизложенного становится понятно, что направление, связанное с так называемыми «зелеными технологиями» в автомобилестроении – это наиболее перспективный путь развития автомобильного транспорта.

Важное значение для успешного внедрения электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой, приобретает взаимосвязь

между наборами проектных технологий и комплексов обеспечения эксплуатационной эффективности базирующихся на показателях качества и надежности. Решение этих организационно-экономических проблем невозможно без решения технических задач, связанных с эффективным накоплением электрической энергии, совершенствованием энергоэффективности привода колес, реализации оптимальных алгоритмов управления системами электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются правомерностью принятых исходных допущений и предпосылок, корректным применением методов исследования, применением классических методов теории электрических машин, статистической обработки данных, а также практической реализацией и экспериментальными исследованиями разработанных систем.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Основной целью магистерской диссертации является разработка схемы эффективной комбинированной силовой установки автомобиля, а также разработка веб-сайта для привлечения инвесторов к данному проекту.

Для достижения данной цели в магистерской диссертации необходимо:

- провести анализ отечественных и зарубежных аналогов;
- разработать схему эффективной комбинированной силовой установки автомобиля;
- разработать веб-сайт с учетом юзабилити тестирования.

Объектом исследования являются схемы различных конфигураций силовых установок автомобилей и система «человек-веб-сайт». Результатом является схема комбинированной силовой установки с рекуперацией кинетической и тепловой энергий. Разработанная схема позволяет снизить расход топлива автомобиля на 22 % .

Областью применения разработанной схемы является автомобилестроение. Данный модуль может быть использован на любом транспортном средстве.

Пояснительная записка к магистерской диссертации описывает процесс разработки модуля и состоит из трех разделов.

В первом разделе проанализированы существующие решения в данной области и дана их краткая характеристика, а также рассмотрен сам механизм реализации. Второй раздел отведен обоснованию эффективности представленной системы, также в этом разделе описаны требования к разрабатываемому модулю. В третьем разделе приведена экспериментальная часть по разработке схемы эффективной комбинированной установки автомобиля, а также веб-сайта, целью которого является привлечение инвесторов к данному проекту.

Разработанная схема предназначена для использования специалистами по повышению эффективности силовой установки автомобиля.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении описана современная ситуация на мировом автомобильном рынке. Указано, что имеет важное значение для успешного производства электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой.

В разделе «общая характеристика работы» перечислены такие ключевые моменты как предмет исследования, объект исследования. Сформулирована цель работы и основные задачи для ее достижения. Перечислены результаты и основные достижения модернизированного комплекса.

В первой главе были даны основные понятия электромобиля и системы рекуперации энергии, а также выявлены основные преимущества развития технологий в вопросах проектирования и производства электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой.

Во второй главе подробно рассмотрено устройство электромобиля, приведены общие уравнения циклического движения автомобиля, рассмотрены схемы управления электромобиля и схемы электрического торможения. перечислены и раскрыты все функции, выполняемые системой.

В результате анализа систем было принято решение модернизировать схему автомобиля с комбинированной силовой установкой с целью добиться максимальной экономии энергоресурсов.

В третьей главе была разработана принципиальная схема привода электромобиля. С помощью программы MathLab произведено компьютерное моделирование электропривода электромобиля. Основываясь на том, что для экономии топлива, снижения вредных выбросов в атмосферу, более эффективного использования силовой установки автомобиля необходимо минимизировать потери всех видов энергии было принято решение о разработке структурной схемы комбинированной силовой установки автомобиля. Устройства, реализующие эти условия, должны рекуперировать энергию, которая тратится посредством выделения тепла в обычных транспортных средствах. Для разработки наиболее эффективной структурной схемы комбинированной силовой установки автомобиля была рассмотрена комплектация, которая включает в себя двигатель внутреннего сгорания, оснащенный турбонагнетателем давления и два мотор-генератора.

Система рекуперации энергии имеет два основных устройства – мотор-генератор кинетической энергии (МГКЭ) и мотор-генератор тепловой энергии (МГТЭ). МГКЭ соединен с коленчатым валом двигателя внутреннего сгорания. При торможении он работает как генератор, замедляющий автомобиль

(уменьшая тепло, рассеиваемое в тормозах), и, таким образом, восстанавливает часть кинетической энергии и преобразует ее в электрическую. При ускорении действует как двигатель, чтобы помочь разогнать автомобиль. МГТЭ – это комбинация турбоагрегата и генератора. МГТЭ преобразует тепловую энергию отработавших газов в электрическую посредством генератора, соединенного с валом турбоагрегата. На низких оборотах, когда мощность двигателя низкая, генератор функционирует как двигатель, который вращает турбоагрегат. Как только скорость его вращения станет достаточно высокой, генератор вырабатывает электроэнергию для зарядки батареи.

Учитывая, что для реализации данной схемы автомобиля с комбинированной силовой установкой необходимы значительные финансовые средства, мною было принято решение о создании веб-сайта для привлечения потенциальных инвесторов в данный проект. Структура сайта представлена также в третьей главе. После создания веб-сайт был протестирован.

В результате исследования эргономичности сайта был сделан вывод о том, что портал обладает удобным, интуитивно понятным интерфейсом для посетителей. В ходе юзабилити тестирования не было выявлено проблем с интерфейсом, которые требовали бы масштабных изменений, но были выявлены недоработки, которые вызвали сложности при выполнении задач, поставленных перед респондентами, тестирующими интерфейс. Для проведения тестирования было привлечено 20 пользователей. Которые выполняли по 5 задач. Так как 70% поставленных задач перед респондентами были реализованы успешно, следовательно, разработанный программный продукт эргономичен.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над магистерской диссертацией были изучены и проанализированы различные направления в области разработки автомобиля с комбинированной силовой установкой, систем рекуперации энергии на торможении, рассмотрены различные варианты схем автомобилей с комбинированной силовой установкой.

В первой главе был проведён обзор существующих отечественных и зарубежных автомобилей с комбинированной силовой установкой. Подробно рассказано про особенности работы каждого из них. Также был приведён обзор систем рекуперации энергии на торможении.

Во второй главе были представлены общие уравнения движения автомобиля, несложная в производстве схема управления.

В третьей главе было представлено разработка и моделирование принципиальной схемы привода электромобиля, разработана структурная схема комбинированной силовой установки автомобиля с системами рекуперации энергии на торможении, разработан веб-сайт.

В течении всего периода выполнения магистерской диссертации была разработана структурная схема устройства, рассмотрено назначение её блоков. Была разработана принципиальная схема системы. Некоторые из блоков системы были промоделированы. Был разработан веб-сайт для привлечения инвестиций в данный проект.

В данном дипломном проекте был построен веб-сайт. Построение современного веб-сайта может быть очень непростой задачей, поэтому была взята на вооружение определённая методология или модель процесса, которая будет направлять процесс создания сайта, сведет к минимуму риск, позволит решать сложные вопросы и значительно улучшит конечный результат. Модели процесса из области разработки программного обеспечения, например, модифицированный водопад, вполне подойдут для использования при реализации большинства веб-проектов. Однако в некоторых случаях, как правило, из-за недостаточного опыта в организации управления проектами или отсутствия четких целей, возможно применение модели процесса, основанной на прототипах или так называемой совместной разработке приложения. Сложно планировать то, что неизвестно, и если процесс нельзя урегулировать, то, вероятно, лучше всего попытаться сделать что-то быстро, потерпеть неудачу и научиться на этой своей ошибке. Хотя итерационная, прототипная разработка может показаться более сочетающейся с организованным характером многих

сайтов, она может породить ненужный риск и привести к тому, что сначала будет несколько неудачных попыток создать сайт, и уже после этого, наконец, получится то, что нужно. Планирование, осуществляемое на ранних стадиях разработки сайта, позволяет снизить риск и улучшить конечный результат. Всегда должен составляться документ, обычно называемый планом, содержащий цели сайта, анализ аудитории и задач, требования к содержанию, технические требования, структуру сайта, а также соображения по менеджменту. Этот документ направляет создание веб-сайта.

В результате исследования эргономичности сайта можно сделать вывод о том, что портал обладает удобным, интуитивно понятным интерфейсом для посетителей. В ходе юзабилити тестирования не было выявлено проблем с интерфейсом, которые требовали бы масштабных изменений, но были выявлены недоработки, которые вызвали сложности при выполнении задач, поставленных перед респондентами, тестирующими интерфейс. Для проведения тестирования было привлечено 20 пользователей. Которые выполняли по 5 задач. Так как 70% поставленных задач перед респондентами были реализованы успешно, следовательно, разработанный программный продукт

Результаты исследований по данной магистерской диссертации были представлены на 54-й научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР в 2018 г.



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Варанков Г. А. Комбинированная силовая установка автомобиля / Г.А. Варанков, А.П. Курулев, // Материалы 53-й НК аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Сер.53: Сборник материалов 53-й СНТК за 2017 г. – 2017.– № 53.

[2] Варанков Г. А. Повышение эффективности и надежности комбинированной силовой установки автомобиля / Г.А. Варанков, В.В. Савченко, // Материалы 54-й НК аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Сер.54: Сборник материалов 54-й СНТК за 2018 г. – 2018.– № 54.