

УДК 629.113, 62-523.8, 629.054

СЕРГИЕНКО А.Н., асп., НТУ «ХПИ»,
МАРЕНИЧ А.Н., асп., НТУ «ХПИ»,
САМОРОДОВ В.Б., д.т.н., проф., НТУ «ХПИ»
СЕРГИЕНКО Н.Е., к.т.н., доц., НТУ «ХПИ»

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКАМИ МОЩНОСТИ ДВС КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Запропоновано використання керування потоками потужності на автомобілі для поліпшення його техніко-економічних показників. Розроблена структурна та електрична схема системи керування потоками потужності автомобіля, підбрані необхідні датчики для системи. Складені алгоритми роботи складових частин системи керування потоками потужності, розроблений інтерфейс системи керування.

Введение. Из-за существенного повышения цен на мировые энергоресурсы и серьезного ухудшения экологической обстановки в мире, многие автопроизводители ведут активную разработку конструкций автомобилей с различными комбинированными энергоустановками, которые могут работать как в паре с традиционным двигателем внутреннего сгорания (гибридные энергосиловые установки и т.д.), так и без него (водородные автомобили, электромобили и т.д.). Такие конструкции автомобилей значительно экономичнее и экологичнее существующих, но из-за высокой цены пока не востребованы на рынках, в то же время автопроизводители не отказываются от совершенствования конструкции существующих ДВС, систем и агрегатов автомобилей. Одним из наиболее перспективных и в то же время эффективных направлений в области совершенствования конструкции автомобиля является управление его потоками мощности ДВС и автомобиля.

Анализ последних достижений и публикаций. На сегодняшний день наметилась следующая тенденция в автомобилестроении – каждое новое поколение автомобиля должно иметь двигатель меньшего объема, но большей мощности, чем предыдущее, при увеличении габаритов не должно происходить значительное повышение снаряженной массы, т.е. автопроизводители стремятся за счет скрытых резервов автомобиля и его двигателя выполнить новые требования токсичности и экономичности, которые с каждым годом становятся более жесткими. [1, 5, 7, 8] Поэтому работы по управлению потоками энергии автомобиля и использования его скрытых резервов ведутся почти всеми крупными автопроизводителями. К ним относятся применение систем рекуперации энергии торможения [1, 3, 6, 9], системы Star-Stop (позволяющей во время остановки автомобиля на светофоре останавливать двигатель и при нажатии педали акселератора запускать его) [2, 4], системы отключения привода насоса кондиционирования [3, 10].

Вопросы управления потоком мощности ДВС не рассматривались совместно с общей энергией автомобиля и используемых накопителей. Этому вопросу не достаточно уделено внимание исследователей, не представлены алгоритмы управления, отсутствует взаимосвязь с режимами движения автомобиля.

Цель и постановка задачи. Цель данной работы заключалось в разработке и программно-математической реализации системы управления потоками энергии автомобиля и ДВС посредством управления работой навесного и вспомогательного оборудования и рекуператорами, на примере исследования автомобиля ВАЗ-2121.

Управление потоками мощности ДВС. Первым этапом работы было проведение анализа основных направлений по повышению технико-экономических показателей автомобиля за счет управления работой устройств двигателя и рекуперации энергии автомобиля и его систем. По результатам выделены основные пути решения задачи, которые могут реализованы на исследуемом автомобиле, к примеру ВАЗ-2121 «Нива» (см. рис. 1). К таким направлениям относят управление работой генератора, вентилятора и насоса системы охлаждения, масляного насоса, рекуперация энергии торможения и энергии колебаний поддресоренных масс.

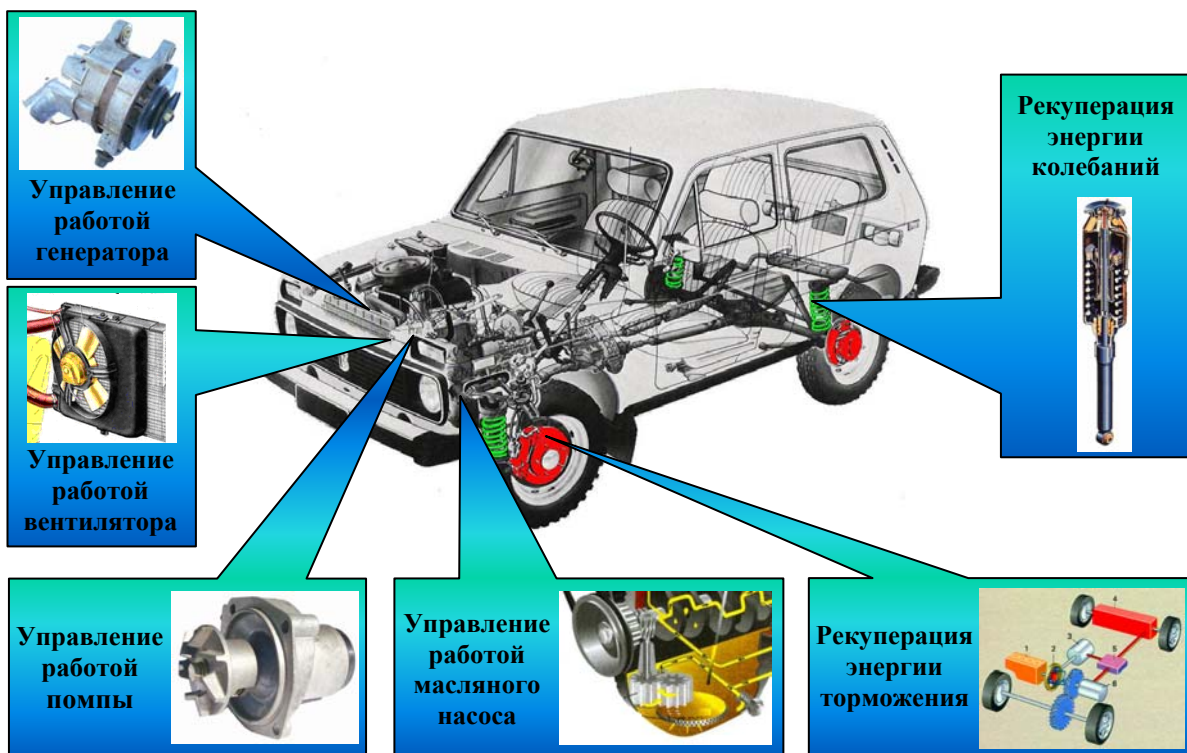


Рисунок 1 – Схема устройств, за счет управления работой которых обеспечивается повышения ТЭП автомобиля

Следующим этапом работы была разработка структурной схемы системы управления, которая представлена на рис. 2. Измерительный блок системы включает 8 измерительных каналов. В качестве первичных преобразователей выбраны как цифровые, так и аналоговые датчики. В отличие от цифровых, аналоговые датчики требуют специальной схемы включения, учитывающей особенности среды, в которой будет работать датчик. За счет этого возможно уменьшение величины погрешности.

Как правило, выходным сигналом аналогового датчика является электрическая величина, уровень которой не достаточен для ее дальнейшей обработки средствами измерительной техники, следовательно, возникает задача его масштабирования. После масштабирования, следующим шагом следует преобразование аналогового сигнала в

цифровой код, для этого используется АЦП. Выходным сигналом АЦП является двоичный код, который подается на микроконтроллер, для дальнейшей математической обработки сигнала.

Преимуществом цифрового датчика над аналоговым является то, что выходной величиной цифрового датчика является двоичный код, а значит, сигнал с цифрового датчика может быть подан на микроконтроллер напрямую.

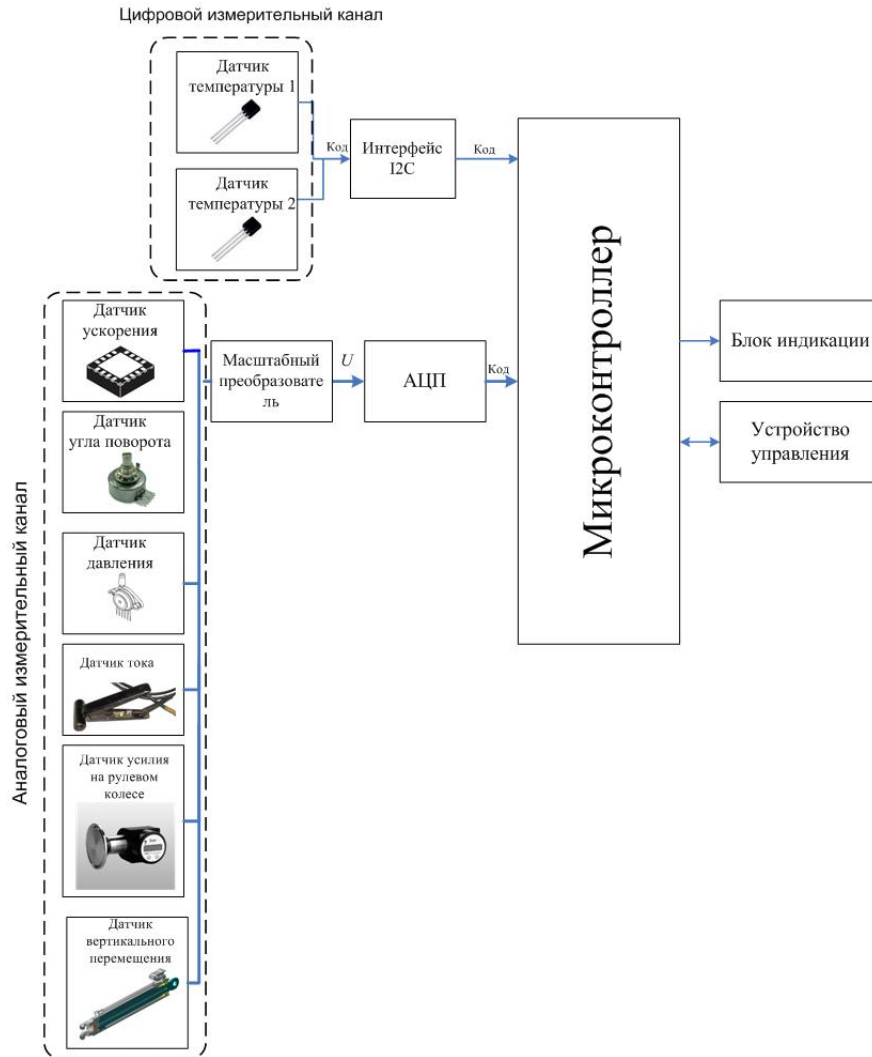


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления энергией автомобиля

Сигналы с датчиков угла поворота, вертикального перемещения, усилия, ускорения, тока и давления, подаются на масштабные преобразователи, с выходов которых сигналы подаются на АЦП, а затем на микроконтроллер. Датчики температуры – цифровые датчики, и они подключаются напрямую к микроконтроллеру.

В электрической принципиальной схеме, представленной на рис. 3, использованы элементы средней и высокой степени интеграции. Описание схемы начнем с включения аналоговых датчиков В1 и В2 – датчиков угла поворота и вертикального перемещения. Для достижения высокой чувствительности, эти датчики

включаются в одно и плеч измерительных мостов, представленных резисторами R1, R3, R5 и резисторами R2, R4, R6 соответственно. Питание моста осуществляется от источника стабилизированного, постоянного напряжения 5 В. Сигналы с измерительных мостов, не являются достаточного уровня, поэтому для усиления они подаются на операционные усилители DA2 и DA3 на входы $-IN$ и $+IN$, коэффициент усиления усилителя регулируется резисторами R7-R10, подключаемые к входам $-R_g$ и $+R_g$. Далее сигнал с усилителей подается для оцифровки на АЦП DA4 на входы CH3 и CH4. Выходными сигналами датчиков давления и усилия DA5 и DA6 также является напряжение, но оно уже достаточного уровня, поэтому дополнительного усиления перед оцифровыванием не требуется. Сигналы с этих датчиков подаются на входы DA4: CH6 и CH5. Сигналы датчика ускорения DA1, так же не требует дополнительного усиления, поэтому могут напрямую подключаться к входам DA4: CH0-CH2. Режим работы датчика DA1 может корректироваться микроконтроллером DD1, для этого используются управляющие сигналы от выходов микроконтроллера PB1- PB3 к входам g-Sel1, g-Sel2 и Sleep DA1. После преобразования сигналов АЦП DA4 отправляет их в микроконтроллер DD1.

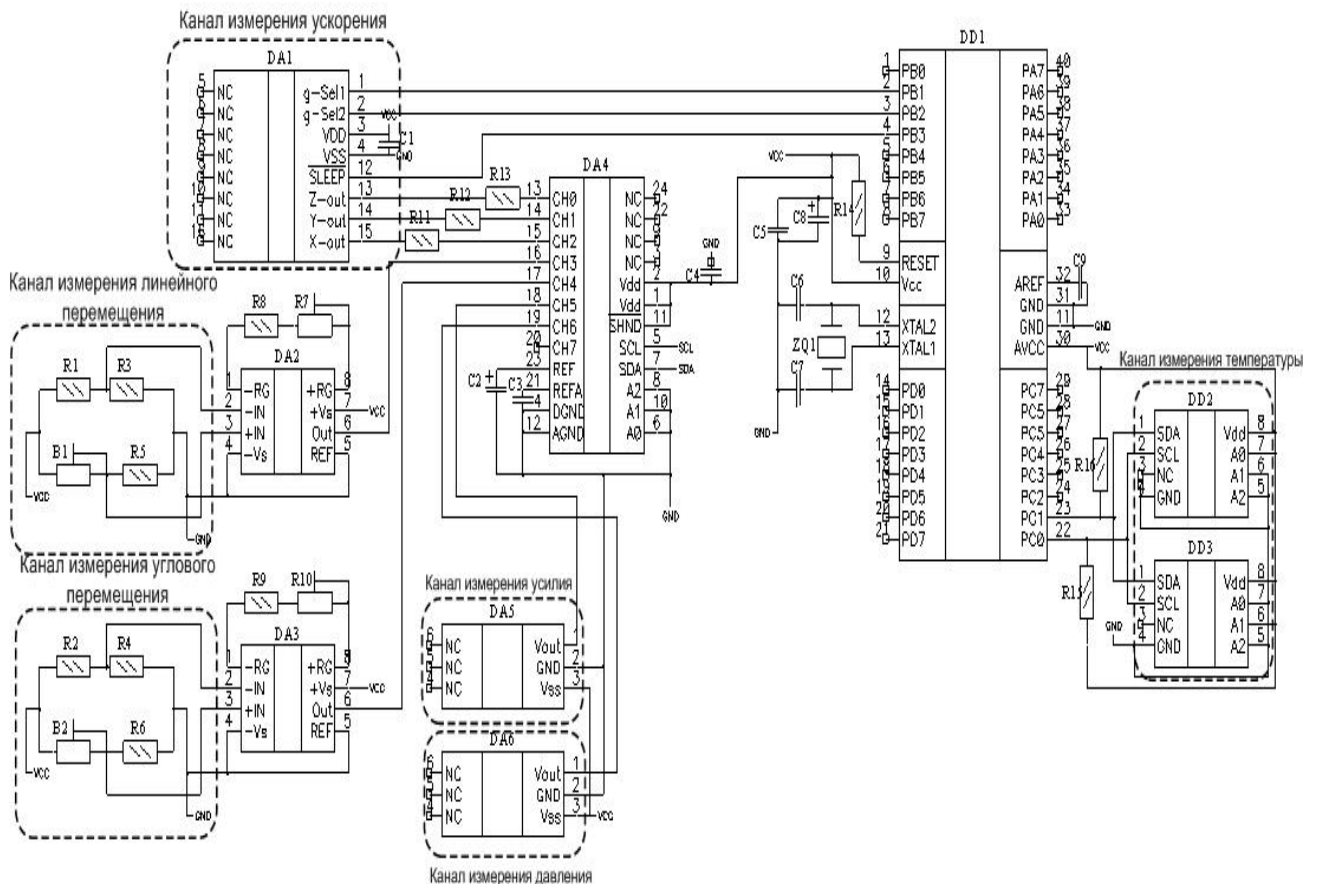


Рисунок 3 – Электрическая принципиальная схема системы управления режимами работы оборудования автомобиля

Цифровые датчики температуры DD2 и DD3, выходными сигналами которых является цифровой код, сразу же подключаются к микроконтроллеру DD1 через последовательный интерфейс I2C, для правильного режима работы такого интерфейса к линии передачи SDA и SCL параллельно включаются два резистора R16 и R15

соответственно. Для нормальной работы цифровых датчиков они требуют 5В стабилизированного напряжения.

Датчики измерительного блока. Для реализации работы системы управления режимами работы навесного и вспомогательного оборудования в автомобиле используем следующие датчики, по показаниям которых определяются:

датчик ускорения:

- управление током обмотки возбуждения генератора;
- управление зарядкой АКБ;
- включение накопителя.

датчик положения педали подачи топлива:

- определяется приоритет направления потока энергии от ДВС и от накопителя;
- определяется скорость воздействия на педаль подачи топлива.

датчик тока АКБ:

- определяется емкость АКБ.

датчик текущего (промежутка) времени:

- определяется время изменения параметров накопителя и рекуператора.

датчик температуры охлаждающей жидкости:

- управление вентилятором системы охлаждения;
- управление приводом центробежного водяного насоса (помпы);

датчик давления масла в системе смазки:

- управление электроприводом масляного насоса системы смазки;

датчик вертикального перемещения колеса относительно кузова:

- включение режима рекуператора энергии колебательных масс;

датчик усилия на рулевом колесе:

- управление электродвигателем усилителя рулевого управления;

датчик температуры воздуха в салоне:

- управление приводов в системе кондиционирования и микроклимата.

Алгоритмы работы системы управления. Одним из потребителей энергии двигателя в автомобиле является генератор, который обеспечивает зарядку аккумулятора и питание потребителей электроэнергии. В зависимости от состояния аккумулятора и мощности затрачиваемой на привод вспомогательного оборудования момент сопротивления его может существенно влиять на динамику автомобиля и расход топлива. Учитывая это, разработан алгоритм рис. 4, который в зависимости от емкости аккумулятора – C , от ускорения автомобиля – a , от величины подачи топлива – R (сопротивления в зависимости от положения педали подачи топлива), т.е. от режимов движения автомобиля и от величины тока зарядки – I_z определяет режимы работы генератора – основного источника электрической энергии автомобиля.

Для обеспечения эффективного использования энергии автомобиля в его конструкции требуется замена механических приводов навесного и вспомогательного оборудования на электрические, которыми легко управлять.

Электрические приводы используются в системе охлаждения для привода насоса и электровентилятора. Для осуществления управления включением электронасоса системы охлаждения и электровентилятора разработан алгоритм рис. 5, который в зависимости от температуры охлаждающей жидкости – t и от ускорения – a , определяет работу, режимы работы электронасоса и электровентилятора системы охлаждения в

зависимости от режимов движения автомобиля, температур охлаждающей жидкости, окружающей среды.

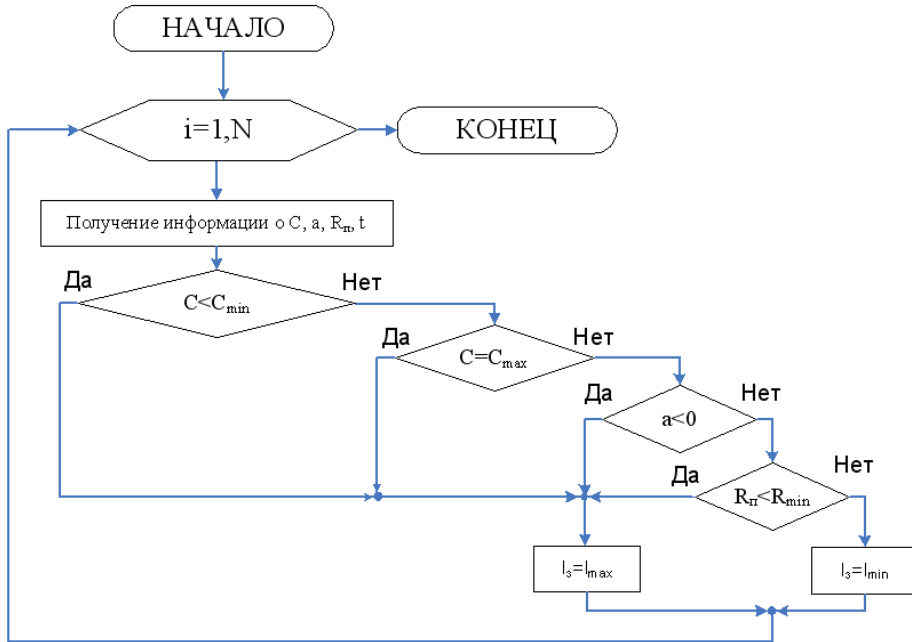


Рисунок 4 – Алгоритм управления работой генератора

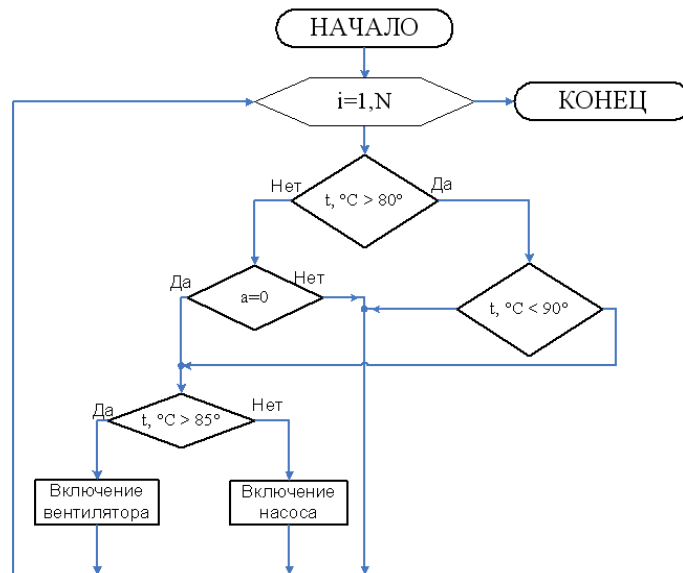


Рисунок 5 – Алгоритм управления включением электронасоса системы охлаждения и электровентилятора

Алгоритм работы электропривода электронасоса системы смазки представлен на рис. 6. Управление осуществляется в зависимости от величины давления в системе смазки – p . Если давление больше 0,6 МПа привод насоса отключается, а если меньше 0,04 МПа, то насос включается в работу.

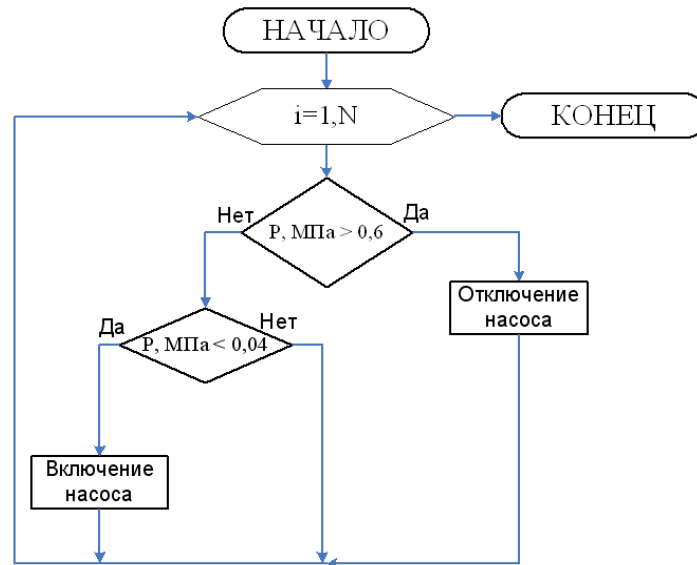


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритм управления включением электронасоса системы смазки

Интерфейс системы управления. На базе результатов проведенных исследований в программном пакете LabView 6.0 разработан интерфейс системы управления навесным и вспомогательным оборудованием, вариант общего вида которого представлен на рис. 7.

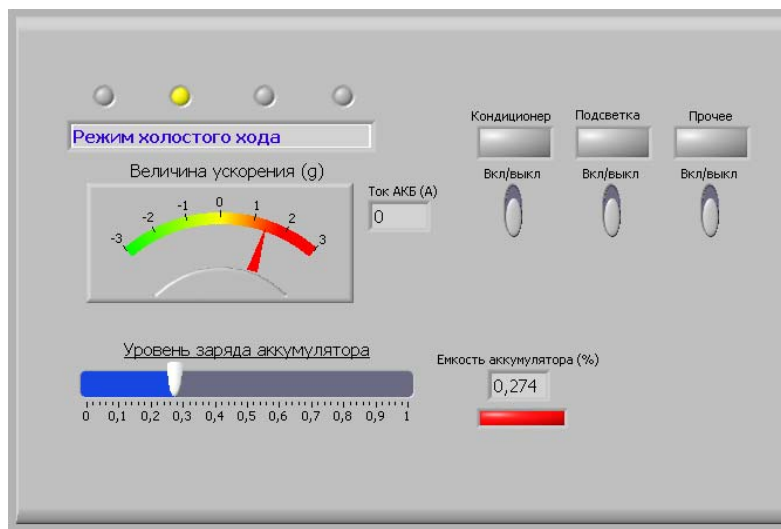


Рисунок 7 – Общий вид интерфейса системы управления навесным и вспомогательным оборудованием автомобиля (потребители отключены, идет разряд АКБ)

В интерфейсе системы управления имеются следующие блоки и индикаторы:

1) Блок индикации режимов движения автомобиля включает следующие режимы: ускоренный режим движения, режим холостого хода, режим равномерного движения, режим замедления движения. При работе данного блока в отдельном окне осуществляется текстовая индикация режима движения и загорается соответствующий индикатор (красный – для ускоренного режима движения, зеленый – для равномерного движения, желтый – для холостого хода, синий – для режима замедления движения).

2) Блок индикации ускорения и замедления движения автомобиля представлен в виде графической шкалы со стрелочным указателем. Пределы измерения от $+3g$ (ускорение) до $-3g$ (замедление).

3) Блок индикации уровня заряда АКБ представляет собой горизонтальную шкалу с ползунковым индикатором, которая отображает степень заряда АКБ в процентах.

4) Блок индикации тока заряда АКБ представлен в виде отдельного окна, в котором отображается ток заряда в амперах.

5) Блок индикации емкости АКБ представлен отдельным окном, в котором в численном виде отображается емкость АКБ в процентах и световым индикатором, который имеет два световых сигнала: красный – емкость критически мала, зеленый – емкость находится в допустимых пределах.

6) Блок индикации работы вспомогательного оборудования включают индикацию следующего оборудования автомобиля:

- блок индикации работы кондиционера содержит переключатель вкл/выкл, который показывает режим работы кондиционера, и световой индикатор, который зеленым цветом сигнализирует включение кондиционера.

- блок индикации работы световых приборов включает в себя переключатель вкл/выкл, который показывает работу световых приборов, и световой сигнализатор который также зеленым цветом сигнализирует включение световых приборов.

- блок индикации работы прочего оборудования автомобиля включает в себя переключатель вкл/выкл, который информирует о работе оборудования, и световой индикатор сигнализирует зеленым цветом при включенном оборудовании.

Проведенное математическое моделирование динамики автомобиля подтвердило целесообразность управления потоками энергии. Использование управления потоками мощности позволяет существенно изменить ТЭП автомобиля. На рис. 8 приведено изменение максимального значения динамического фактора на каждой передаче исследуемого автомобиля. Рост динамического фактора составляет до 11,9-12,6%.

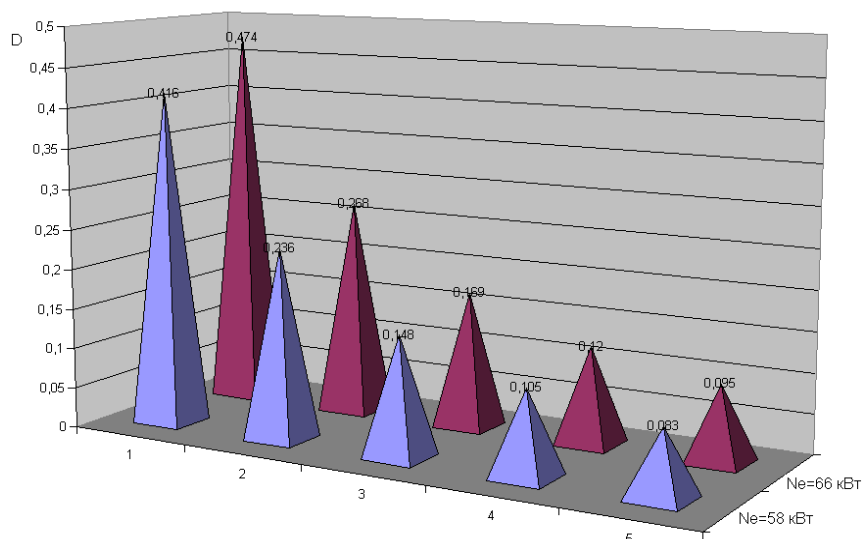


Рисунок 8 – Изменение величины динамического фактора при отключении привода вспомогательного оборудования от ДВС

Важним показателем характеристики автомобиля является изменение величины максимального ускорения на каждой передаче. На рис. 9 представлены эти значения по передачам. Рост величины предельного ускорения составляет до 12,5-15,3%.

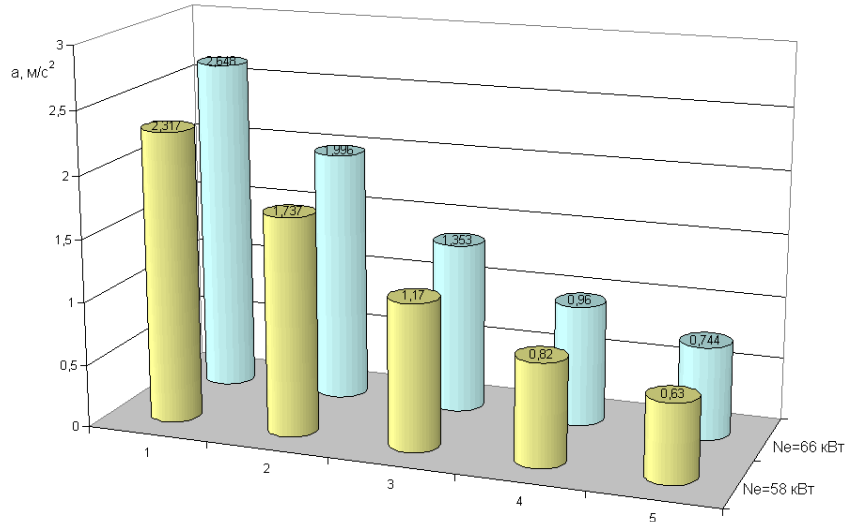


Рисунок 9 – Изменение величины максимального ускорения на каждой передаче при отключении привода вспомогательного оборудования от ДВС

Теоретические расчеты путевого расхода топлива показали, что при отключении вспомогательного оборудования и использования этой мощности для привода ведущих колес в режиме разгона автомобиля наблюдается также экономия топлива. Изменения расхода топлива по передачам представлено на рис. 10 и 11.

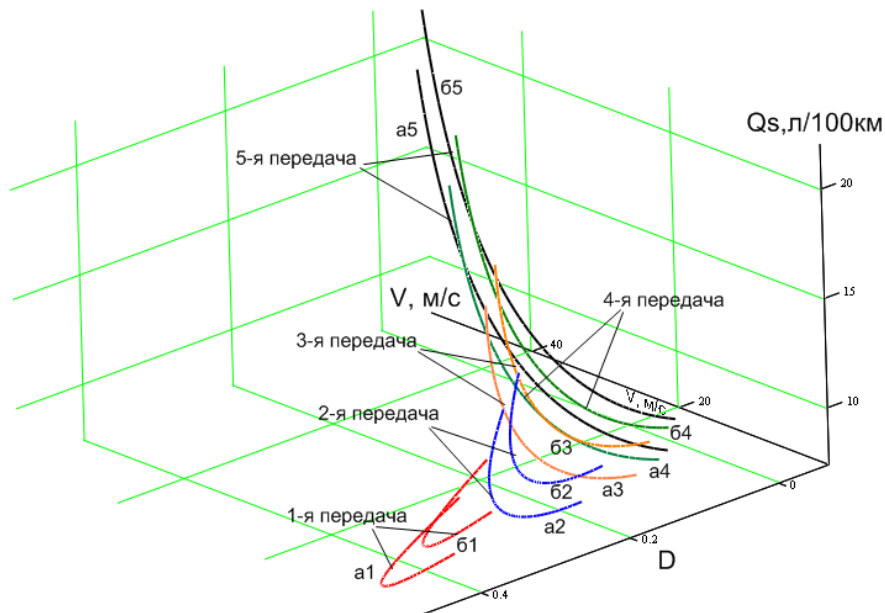


Рисунок 10 – Зависимости изменения расхода топлива по передачам в координатах расхода топлива Q_s , динамического фактора D и скорости V :

- а – с включенным вспомогательным оборудованием;
- б – с отключенным вспомогательным оборудованием

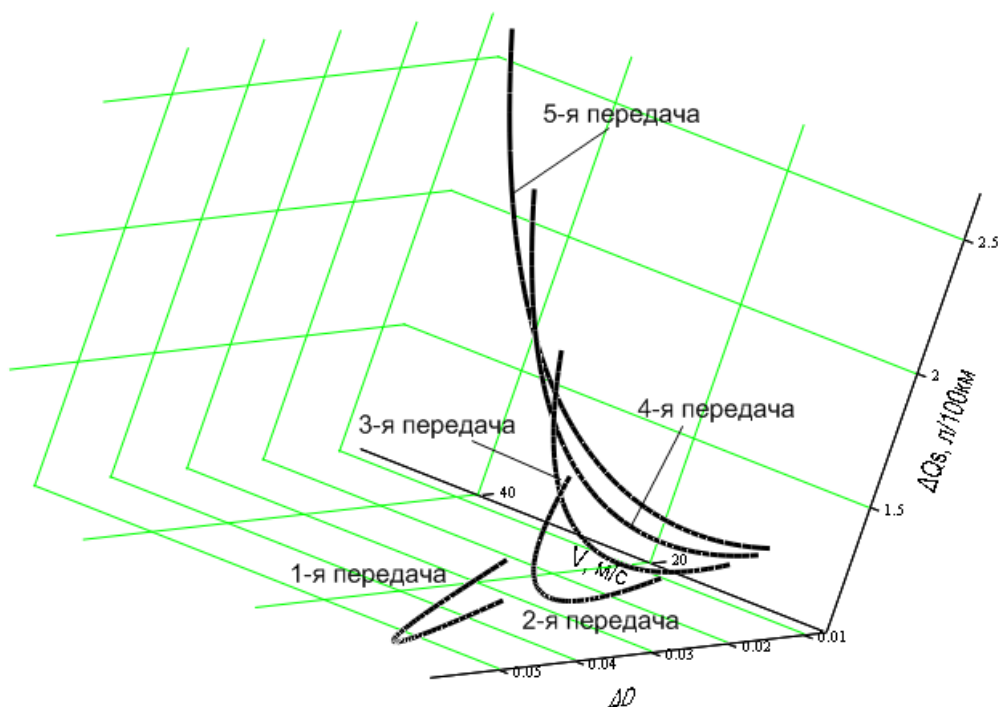


Рисунок 11 – Разница расхода топлива по передачам при выключении привода дополнительного оборудования

Анализ результатов расчета расхода топлива показывает, что экономия топлива может составить для исследуемого автомобиля до 12%.

Выводы

1. На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что управление энергией на автомобиле дает положительный эффект.
2. Разработанные алгоритмы управления работоспособны и позволяют регулировать потоки энергии двигателя и направлять по приоритетам.
3. Выполненная проверка и интерфейс позволяют наглядно контролировать работу системы управления, аккумуляирования энергии.
4. Для уточнения параметров и алгоритмов управления следует провести экспериментальных исследования автомобиля в различных эксплуатационных условиях.

Список литературы: 1. Сергиенко А.Н., Самородов В.Б., Сергиенко Н.Е. Анализ работ по повышению эффективности использования энергии автомобиля // Вестник НТУ „ХПИ”. Сб. науч. трудов. Тематический выпуск „Транспортное машиностроение”. – Харьков: НТУ „ХПИ”, 2008. – №46. – С.126-132. 2. Гирявец А. К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем. – М.: Стройиздат, 1997. – 161 с. 3. Сайт www.racecar-engineering.com. 4. Сайт фирм BMW и Volkswagen www.bmw.com и www.volkswagen.de. 5. Сайт www.flybridsystems.com. 6. Zhang X. Vehicle Power Management: Modeling, Control and Optimization (Power Systems), Springer, 2011. 360 p. ISBN 10:085729735X. 7. Pérez LV, Bossio GR, Moitre D et al (2006) Optimization of power management in an hybrid electric vehicle using dynamic programming. Math Comput Simulat 73:244–254. 8. Motoyama S, Uki H, Isoda K et al. (1993) Effect of traction force distribution control on vehicle dynamics. Veh Syst Dyn 22:455–464. 9. Kiencke U, Nielsen L (2005) Automotive control systems: for engine, driveline, and vehicle, 2nd edn. Springer, Berlin. 10. Guzzella L, Sciarretta A. Vehicle propulsion systems: introduction to modeling and optimization. Springer-Verlag, Berlin, 2005.