

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

УДК 62-34/-38:621.771

Поршнев
Алексей Александрович

Автоматическая система программного управления
двигателем внутреннего сгорания

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-53 80 01 Автоматизация и управление технологиче-
скими процессами и производствами по отраслям

Научный руководитель
Шилин Л. Ю.
доктор технических наук, профессор

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Работа двигателя – это извечный компромисс между многими параметрами, нормами, потребностями и возможностями. Основными критериями для разработчиков ПО для контроллеров систем впрыска сегодня является экономичность, ресурс двигателя и токсичность выхлопа. Со стороны потребителя требования к автомобилю тоже взаимоисключающие. Хочется высокой мощности, большого и равномерного крутящего момента, надёжности и огромного ресурса - при всём этом желательно заправлять автомобиль самым дешевым топливом и иметь минимальный его расход.

В блок управления заложена программа (алгоритм) его работы. Программа работы микропроцессора хранится в ПЗУ и представляет собой собственно программу обработки данных ("софт") и одно, двух и трехмерные таблицы с данными (калибровки). Калибровки для различных режимов работы двигателя (экономичный, мощностной, ХХ) различны и применяются в зависимости от режима, в котором работает двигатель. Блок управления, получая сигналы от различных датчиков, управляет работой исполнительных устройств для обеспечения оптимальной (по мнению разработчиков) работы силового агрегата. Необходимые параметры для управления исполнительными устройствами вычисляются в соответствии с полученными данными и коэффициентами коррекции, заложенными в ПЗУ. Изменяя данные ПЗУ (калибровки) мы можем влиять на работу практически любого исполнительного устройства, работа которого управляется ЭБУ. Для получения других характеристик мощности можно изменить установку угла опережения зажигания, величину времени впрыска, отключить или изменить режим работы систем, контролирующей токсичность выхлопных газов. Кроме того, можно изменить обороты холостого хода, максимально разрешённые обороты двигателя и массу других параметров. Велика ли роль данных изменений в получении от двигателя максимальной мощности? Нет - её прирост может составлять 5-8% (исключение составляют "иномарочные" двигатели с турбонаддувом, где без особых затруднений можно получить прибавку в 20% и даже более). Дело в том, что мало кто ездит на режиме максимальной мощности - намного более важные параметры для повседневной езды это крутящий момент и эластичность двигателя. Все это без особых затрат достигается чип-тюнингом.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования. *Целью* диссертационной работы является исследование существующих систем управления ДВС и модернизация ПО ЭБУ с целью увеличения мощности и крутящего момента двигателя, а также исследование модификаций комплектаций ПО.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие системы управления ДВС.
2. Выбрать программатор для извлечения оригинального ПО из ПЗУ ЭБУ и записи модернизированного.
3. Выбрать среду отладки для изменения ПО.
4. Подобрать оптимальные показатели для управления ДВС.
5. Разработать ПО и синтезировать его в оригинальное.

Объектом исследования являются системы управления ДВС.

Предметом исследования являются характеристики мощности и крутящего момента ДВС; ПО ЭБУ ДВС.

Личный вклад соискателя. Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя Л. Ю. Шилина, заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались в материалах на 49-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2013), 50-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2014).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 2 работы в сборниках материалов конференций БГУИР.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора. В первой главе представлен предмет исследования – СУД ME7. Построена функциональная структура. Рассмотрена структура уровневой модели ПО, построен шаблон его архитектуры и модель требований. Проведена оценка преимуществ архитектуры ПО ЭБУ СУД.

Вторая глава посвящена постановке задачи, поиск пути её решения, выбору конкретных объектов исследования. В третьей главе исследуются возможные модификации ПО, совместно с изменениями механических узлов. Четвертая глава посвящена разработке ПО, реализации возможностей её модификаций на реальных объектах. В пятой главе оцениваются результаты исследования.

Общий объем работы составляет 74 страницы, из которых основного текста – 50 страниц, 52 рисунка на 21 страницах, список использованных источников из 15 наименований и публикаций автора на 2 страницах.

Библиотека БГУИР

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Обзор системы управления двигателем

В системе управления ДВС одной из главных задач является обеспечение требуемого крутящего момента двигателя при оптимальном составе топливно-воздушной смеси. Это обязывает к оптимизации и согласованию действий со стороны внутренних функций (запуск двигателя, контроль холостого хода, прогрев каталитического нейтрализатора) и внешних систем (запрос водителя, АКПП, динамический контроль).

Проектирование функций физических процессов основано на обеспечении оптимальной мобильности и минимальном времени калибровки. Примеры даны для физической модели давления во впускном коллекторе и контроля нагрузки цилиндров с управлением дроссельной заслонки с электроприводом. Для управления ДВС существует операционная система реального времени «ERCOS» с уровневой архитектурой программного обеспечения [1].

Реализация соответствующей структуры программного обеспечения гарантирует модульный принцип системы. Операционная система реального времени «ERCOS» и уровень архитектуры программного обеспечения включают систему развития с оптимальной мобильностью на высоком уровне для будущих микроконтроллеров. Большинство функций, реализованные на языке программирования ANSI C, снабжены хорошим модульным принципом и интегрированными клиентскими специфическими функциями.

Основные функции системы в следующем:

- управление крутящим моментом двигателя, т.е управление всеми исполнительными устройствами;
- регулирование соотношения воздух/топливо с централизованным управлением (долговременная и кратковременная коррекция);
- последовательная, распределённая система впрыска топлива;
- установка угла опережения зажигания, включая управление длительностью замкнутого состояния контактов прерывателя и углом зажигания;
- контроль детонации индивидуально по цилиндрам;
- функция контроля выбросов для оптимизации выбросов во время проворачивания вала, пуска и после пуска двигателя; функция, которая включает реализацию стратегии прогрева катализатора, используя бедную или богатую смесь и включая системы РОГ и контроля вторичной подачи воздуха;
- управление продувкой бака, основанной на вентиляции бака;
- управление оборотами холостого хода;

- самодиагностика и функции контроля, состоящие из полного OBD II функционала;
- контроль крутящего момента, осуществляющий контроль за дроссельной заслонкой при всех её рабочих условиях;
- связь с внешними системами, такими как система управления трансмиссией или динамический контроль, по требованиям крутящего момента, может быть реализована через интерфейс CAN. Поэтому СУД в состоянии обработать внешние требования крутящего момента;
- стандартное или непрерывное управление распредвалом;
- система охлаждения двигателя;
- управление кондиционером;
- круиз-контроль;
- иммобилайзер;
- дополнительные клиентские функции [2].

Функциональная структура, изображенная на рисунке 1 ME7 системы, характеризуется двумя координационными шагами:

- *управление по требованию крутящего момента.* Входными параметрами для крутящего момента должны быть внутренние и внешние требования, которые определяются как крутящий момент или величина КПД. Внутренние требования, например, генерируются запуском функции таких как: управление холостым ходом, ограничение оборотов двигателя, так же как функции защиты двигателя или прогрева катализатора. Внешние требования крутящего момента определяются водителем, круиз-контролем или системой динамического управления;
- на следующем этапе полученное требование крутящего момента обрабатывается в функции управляемости, функцией амортизации и ПБС. Функции общей характеристики управляемости, по запросам клиентов, поставляются в широком диапазоне приложений. Калибровку можно изменять между комфортными и спортивными характеристиками. Выходное значение блока координирования требований - результирующее требование крутящего момента, беря в рассмотрение заданную эффективность, которая равно 1.0 во время нормального функционирования и которую можно понизить, например, во время прогрева катализатора;
- *преобразование крутящего момента.* На втором этапе требование крутящего момента преобразовывается в доступные выходы регулятора, которые в состоянии скорректировать крутящий момент и мощность двигателя. Выходы регулятора это: угол дроссельной заслонки, установка угла опережения зажигания и регулирование впрыска (включая

цилиндрическую индивидуальную отсекку топлива) в дополнение с байпасным клапаном в случае с турбинным двигателем [3].

Схема взаимодействий влияний требований внутренних функций и внешних систем показана на рисунке 1.

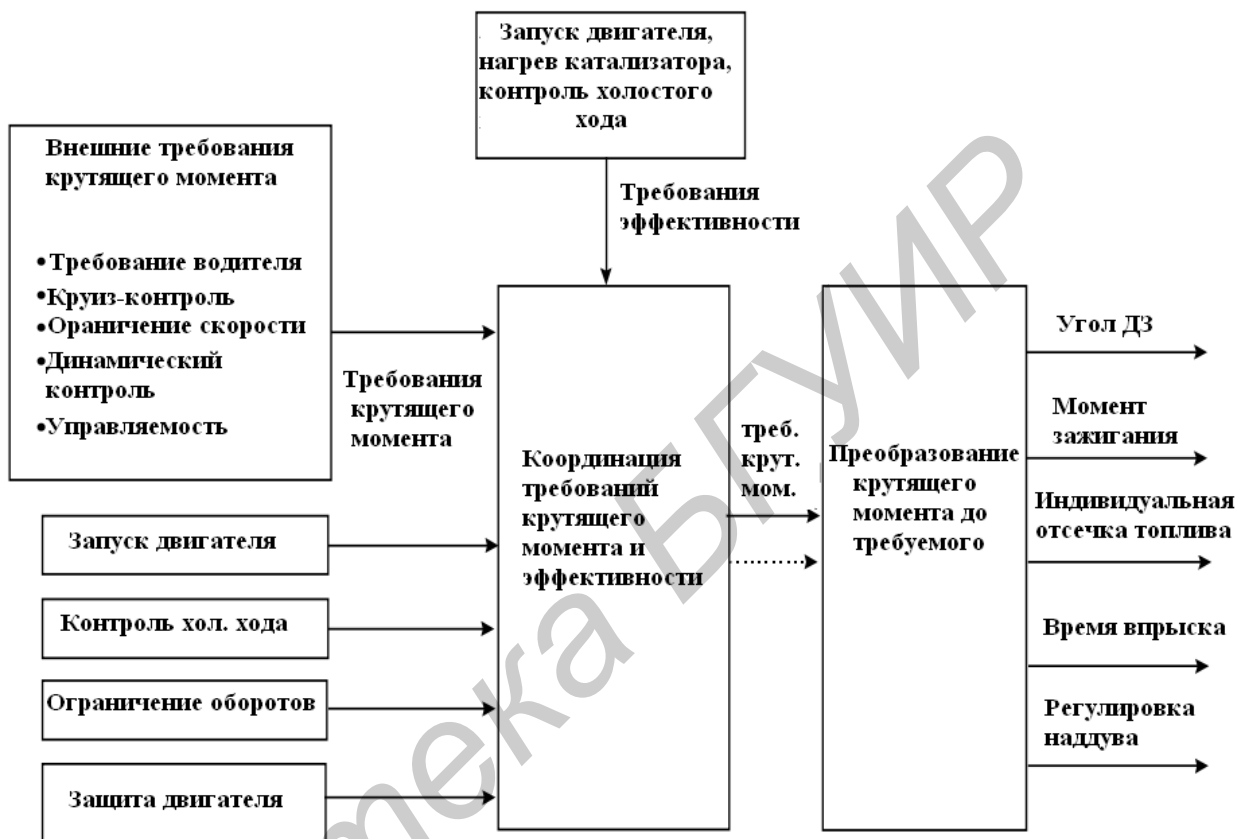


Рисунок 1 - Влияния крутящего момента двигателя – ME7 система

Сторание генерирует внутренний крутящий момент „ tq_i “, который еще не учитывает потери вызванными газообменом. Поэтому „ tq_i “ отличается от величины обозначающей крутящий момент, представляющей интеграл работы за весь процесс с 4 тактами. Вычитание потерь вызванных газообменом и трением даёт крутящий момент двигателя. О сцепном крутящем момент следует говорить, когда принят во внимание крутящий момент, который необходим для введения вспомогательных компонентов, таких как генератор, усилитель руля или кондиционер. Принимая во внимание потери крутящего момента и передаточное число в гидротансформаторе, коробку передач и дифференциал, получим результирующий крутящий момент на колесах, который представляет крутящий момент для движения автомобиля.

Рисунок 2 поясняет различные величины крутящего момента, связанные с силовой передачей под влиянием важных входных переменных:

- относительная цилиндрическая нагрузка (масса свежего воздуха за такт);

- коэффициент лямбда (отношение воздух/топливо, связанное со стехиометрическим отношением);
- установка угла опережения зажигания.

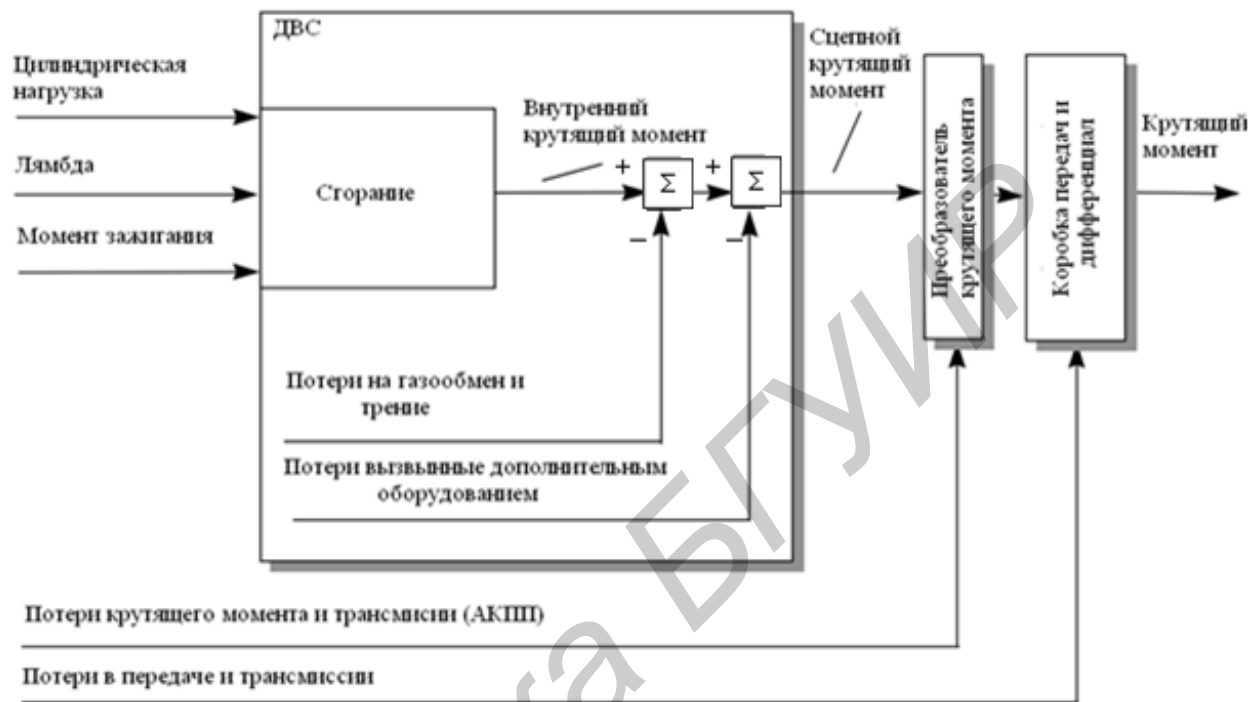


Рисунок 2 – Модель крутящего момента

Из-за сложности процесса сгорания в двигателе с системой прямого впрыска создания внутреннего крутящего момента описывается эмпирическим подходом с физическими промежуточными значениями и интерфейсом, которые имеют ограниченные ресурсы вычислений ЭБУ за счёт массовости производства.

Базовая структура модели используемой для подсчёта величины внутреннего крутящего момента показана на рисунке 3.

Архитектура системы, основанной на внутреннем крутящем моменте, имеет следующие преимущества:

- улучшенная точность, когда система обрабатывает внутренние или внешние требования крутящего момента. Это усовершенствование достигнуто посредством централизованного преобразованию скоординированных требований крутящего момента, которые избегают взаимодействий между контрольными переменными (цилиндрической нагрузкой, лямбдой, установкой угла опережения зажигания и цилиндрической индивидуальной отсечкой топлива);
- упрощенная калибровка: характеристические линии и таблицы поиска значений управления крутящим моментом зависят только от данных о

двигателе, таким образом, существует меньше взаимодействий с другими функциями управления. При изменении двигателя только характеристические линии и карты калибровок должны быть изменены.

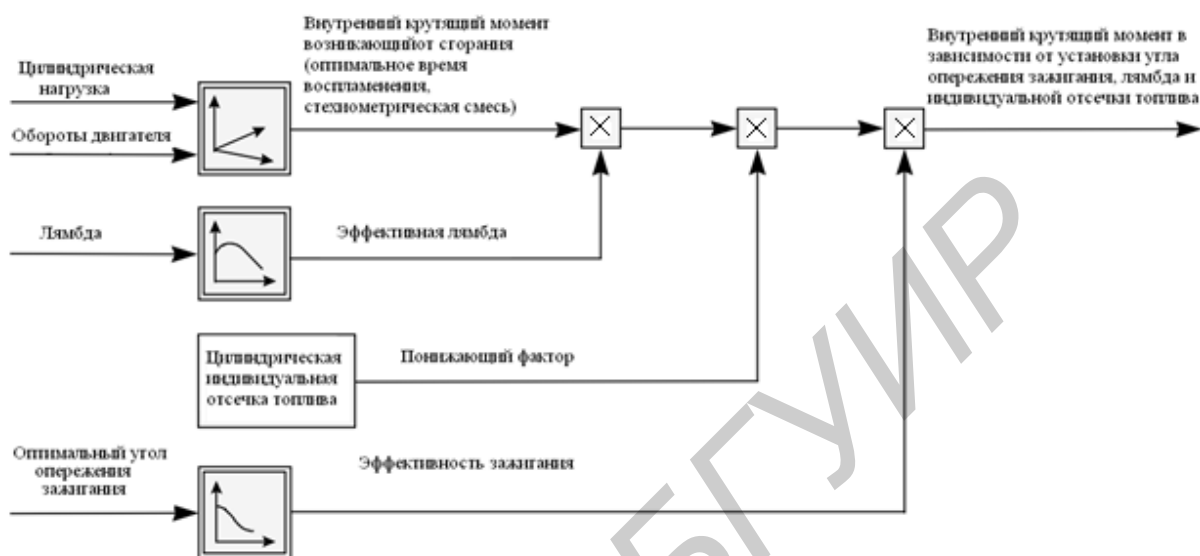


Рисунок 3 - Упрощенная модель крутящего момента

Система управления составом топливно-воздушной смеси состоит из 3 ключевых компонентов:

- основная калибровка. Цель основной калибровки - лямбда равная 1.0 во всех эксплуатационных условиях;
- управляющие значения лямбды. В дополнение к основной калибровке требуемая величина лямбды может быть выбрана в зависимости от эксплуатационного режима. К примеру, поэтому может присутствовать обогащение смеси во время пуска или прогрева. Кроме того обеднение может быть реализовано в случае концепций экономичности;
- пределы лямбды. Для координации отношения состава топливно-воздушной смеси без перекрестных связей калибровочных данных, (то есть для прогрева и нагревание катализатора), амплитуда значений лямбды ограничена. Предельные значения определены воспламеняемостью смеси, зависящей от рабочей точки двигателя.

Лямбда – это регулировочная величина, которая показывает состав воздух/топливо, относительно стехиометрического равного 14,7 к 1, при котором лямбда равна 1.

Рассматриваемая система состоит из выделенного электронного блока управления двигателем, соединенного с большим количеством датчиков, исполнительных

устройств и другими блоками управления или устройства контроля в автомобиле. У ЭБУ есть один или два стандартных микроконтроллера и периферийные интегральные схемы, функционально сравнимые с предыдущими системами. Периферийные интегральные схемы более интегрированы. Есть различные возможности системной конфигурации с более ста потоками ввода и вывода [4].

По сути модернизация на уровне архитектуры ПО заключается в преобразовании модели независимых требований в технологию физической модели и существующую стратегию системы реального времени с использованием принципов абстрагирования и разложения. Для этого необходимы буферы между моделью ядра операционной системы и средой обработки данных. Следующий шаблон архитектуры включает в требования модели ядра архитектурные блоки входной и выходной обработки [5]. Также добавлены блоки обработки интерфейсов и самодиагностики. Шаблон архитектуры показан на рисунке 4.

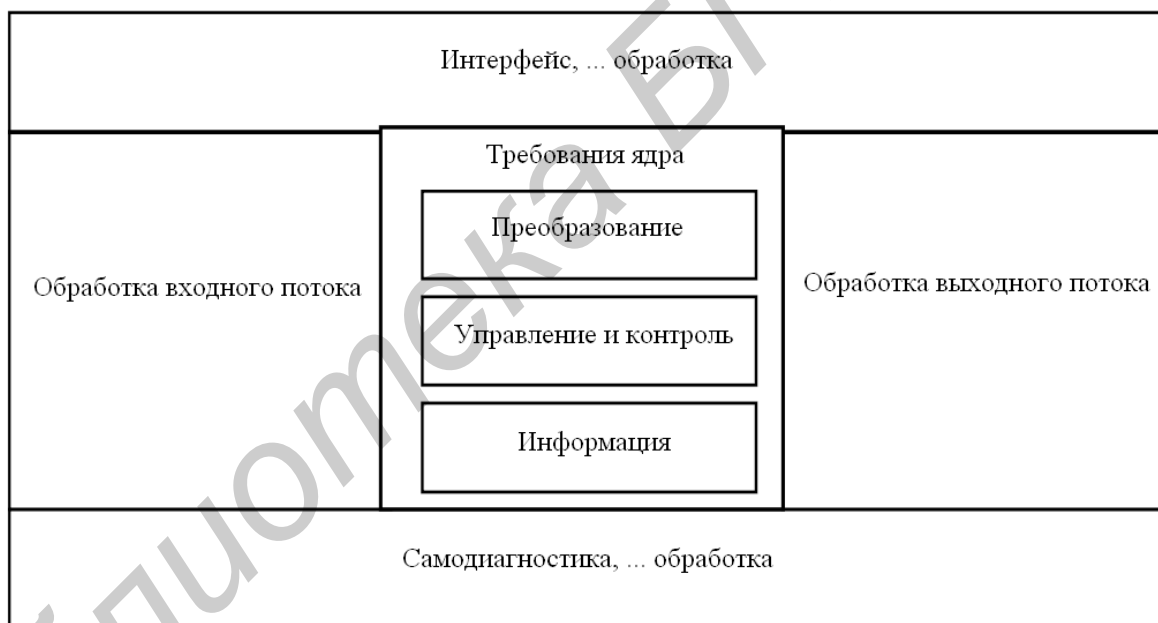


Рисунок 4 - Шаблон архитектуры ПО

Существенная модель требований описывает то, что логические выходы должны быть зависимы от логических входов. Это принято идеальной технологией, в которой все входные потоки параллельны и немедленно преобразуются в соответствующие потоки выхода. Блоки обработки входа и выхода должны преобразовать физические потоки в логические потоки, описанные требованиями основной модели. Эта модель улучшается требованиями синхронизации. Для всех логических потоков должны быть заданы время отклика или скорость актуализации, обработка, точность и диапазон значений. Дальнейшее разложение на модули архитектуры, архитектурные потоки и так далее, и, наконец, организация схемы в коде - сложный процесс.

Важными директивами по созданию разделов являются общие принципы единства и связи, известные из структурного анализа и проекционных методов [6].

При проектировании и реализации требований блока ядра необходимо минимизировать влияние микроконтроллера и его различных конфигураций, используя разные датчики и исполнительные устройства. Модель требований представляет знание о работе приложений операционной системы и должна быть дальше использована даже на уровне реализации для целого семейства продуктов и следующих поколений систем управления двигателем. Одна идея уровневой архитектуры в том, что более низкие уровни обслуживают вышестоящие [7].

Во время работы операционной системы ERCOS следует концепция виртуальных машин, которая обеспечивает планирование и обслуживание связей между процессами. Пользовательская библиотека состоит из арифметических, фильтрующих, интеграционных и интерполяционных процедур. Они зависимы от приложений и большинство из них реализованы на Ассемблере, используя все особенности микроконтроллера для лучшей эффективности [8].

Аппаратная инкапсуляция служит для чтения каналов АЦП, чтения цифровых входов, установки цифровых выходов, обработки CAN-шины, генерации ШИМ-сигналов. Также большая часть процессов обработки ввода и вывода, обработки интерфейсов и самодиагностики обеспечиваются на этом уровне.

Вместе операционная система, пользовательские библиотеки и аппаратная инкапсуляция может считаться уровнем отделения аппаратного обеспечения. Т.к. требования модели ядра должны быть независимы от аппаратного обеспечения, то они реализуются на уровне программы пользователя.

2 Выбор и описание двигателя внутреннего сгорания и его электронного блока управления, метода доступа к данным программного обеспечения и их модификации

Рассмотренная в первой главе СУД устанавливалась на коммерческие автомобили концерна VAG. В связи с этим, для дальнейшей разработки данного проекта в качестве примера автомобиля с бензиновым двигателем был выбран автомобиль Skoda Octavia 2003 г. выпуска с двигателем 1.8 Turbo.

Для рассмотрения дизельного двигателя был выбран автомобиль Skoda Octavia Combi 2003 г. выпуска с двигателем 1.9 TDI.

Автомобиль с бензиновым двигателем оснащён ЭБУ производителя Bosch модели ME7.5.5, с дизельным – EDC15P. ЭБУ имеют одинаковые процессоры Siemens C167CR. Данные калибровок и программа управления ДВС содержатся в установленных внешних ПЗУ AMD 29F800 и 29F400 соответственно для ЭБУ

бензинового и дизельного ДВС. Разница в этих микросхемах flash-памяти состоит в объёме их памяти: 512Kb x 8bit – 29F400 и 1Mb x 8bit – 29F800.

Процесс считывания данных памяти в этих ЭБУ возможен через разъём OBD II, которым оснащены выбранные автомобили. Связь программатора с ЭБУ происходит по однопроводной цифровой шине передачи данных K-линии. Весь процесс считывания состоит из следующих этапов:

- идентификация ЭБУ;
- открытие доступа к чтению данных;
- считывание данных.

Запись же включает следующие этапы:

- идентификация ЭБУ;
- открытие доступа к чтению данных;
- блочная очистка памяти внешнего ПЗУ;
- запись данных.

Для работы с файлом прошивки использовалась программа WinOLS версии 2.26.

WinOLS – самая популярная программа для работы с данными памяти ПЗУ ЭБУ автомобилей зарубежных производителей.

3 Исследование модификаций и разработка программного обеспечения

В этой главе оцениваются возможности и варианты модификации ПО. Взяв за основу практически реализуемые модификации ПО, были выбраны модификации на предмет изменения комплектации СУД такие как, отключение каталитического нейтрализатора для бензинового двигателя, отключение системы РОГ, чип-тюнинг и отключение сажевого фильтра для дизельного двигателя.

Целесообразность удаления КН состоит в том, что для достижения максимальной мощности выхлопная система двигателя должна обладать необходимой пропускной способностью для выхлопных газов, а при забитом сажей или продуктами сгорания масла КН это становится невозможным; другой аспект влияющий на мощность двигателя заключается в том, что для эффективной работы КН его устанавливают как можно ближе к двигателю, чтобы он лучше прогревался, но это сокращает длину «штанов» выпускной системы для каждого цилиндра, что не позволяет использовать эффект резонанса.

Самое правильное решение, если требуется получить дополнительную мощность, следующее. Необходимо снять выпускную систему от коллектора до глушителя и установить новую, предназначенную для автомобиля без КН. Как

правило, в таком варианте выпускная система с "правильными" рассчитанными резонансными свойствами.

Далее требуется перевести ПО в режим работы без КН, что исключит влияния требований эффективности по прогреву КН, ограничению крутящего момента, самодиагностику исправности КН и регулировку состава топливно-воздушной смеси по заднему датчику кислорода. За счёт отключения стратегии прогрева КН уменьшается обогащение топлива на режимах прогрева и долговременной коррекции состава смеси, что даёт дополнительную экономию топлива.

Производитель «BOSCH» сделал эту задачу не сложной тем, что, ввиду массовости производства и широкой номенклатуры выпускаемых продуктов, унифицировал ПО. Информация о возможных комплектациях СУД прописана в каждом ПО, а для конкретного ЭБУ и его СУД фактическая комплектация включается посредством «переключателей», или указателей, подобным флагам регистров микроконтроллеров.

Система рециркуляции отработавших газов (РОГ) предназначена для снижения в отработавших газах оксидов азота за счет возврата части отработавших газов во впускной коллектор. Возврат части отработавших газов во впускной коллектор позволяет снизить количество кислорода в топливно-воздушной смеси и, тем самым, уменьшить образование оксидов азота. Однако, неисправность системы РОГ вызывает падение эффективной мощности двигателя. Выхлопной газ, повторно поданный назад в цилиндры, добавляет в двигатель вызывающие износ загрязнители (сажу и смолы) и быстрее окисляет моторное масло, что отрицательно сказывается на ресурсе двигателя.

Отключение системы РОГ приводит к увеличенному уровню NO_x, однако углеводородные выделения, выбросы макрочастиц (сажа), угарного и углекислого газов существенно уменьшаются. Кроме того, отключение РОГ приводит к увеличению экономии топлива.

Для отключения клапана РОГ в ЭБУ EDC15P нужно найти карту управления РОГ, которая находится по адресу 598A8. Она имеет трёхмерный вид зависимости корректировок массы воздуха в миллиграммах на цикл от количества впрыскиваемого топлива в миллиграммах на цикл и оборотов двигателя. Максимальное значения коррекции массы воздуха означает, что требуется масса свежего, богатого кислородом воздуха, проходящего через датчик массового расхода воздуха (ДМРВ), при этом контур РОГ должен быть закрыт, т.е. закрыт клапан РОГ. Нормальное состояние клапана – закрытое, т.е. воздействие от ЭБУ не присутствует.

При модификации ПО ЭБУ EDC15P будут скорректированы такие карты калибровок, как запрос водителя, ограничения количества впрыскиваемого топлива по массовому расходу воздуха, ограничения крутящего момента, давления наддува, ограничения наддува, коррекции впрыска.

Для увеличения мощности потребуется увеличить подачу воздуха, что возможно благодаря системе турбонаддува оснащённой интеркулером. При модификации ПО требуется сгладить характеристику давления наддува на низких оборотах – увеличить требуемое давление наддува на 8%, с 2000 об/мин до 5500 – на 9-10%. Общий прирост в 9% обеспечивается также зависимостью от топливоподачи, что синхронизирует изменения в составе смеси. Для быстрого подъёма крутящего момента возможно повысить максимальное давления наддува плавной характеристикой которое зависит от оборотов двигателя и атмосферного давления.

Главное требование для крутящего момента – это запрос водителя. Т.к. дизельный двигатель управляется количественно, а не качественно, как бензиновый, то основой для регулировки мощности является топливоподача. Поэтому при нажатии на педаль акселератора запрос водителя на увеличение оборотов интерпретируется как требование увеличения топливоподачи. В городском цикле езды, ввиду частой необходимости регулировки скорости, требуется более чувствительная к изменению положения педали характеристика. Для чего нужно повысить требуемое количество впрыскиваемого топлива.

В данной СУД крутящий момент ограничен в зависимости от атмосферного давления и оборотов двигателя. Повысить крутящий момент предполагается на 35%, для чего необходимо пересчитать характеристику максимального крутящего момента относительно оригинального +35%.

Существует корректировка количества впрыскиваемого топлива относительно расходуемой массы воздуха, которую можно изменить в сторону обогащения смеси, что уравнивает пророст массы воздуха со стороны турбонаддува и поддержит оптимальный состав смеси.

Основные топливные карты, которые отвечают за регулировку топливоподачи, требуют калибровки, с той же формой зависимости, и приростом в диапазоне от 1000 об/мин до 5000 от 7 до 17%.

В ранее исследуемом автомобиле с дизельным ДВС отсутствует сажевый фильтр ввиду комплектации двигателя с нормами токсичности Евро 3. Следующее поколение двигателей объёмом 1.9TDI с блоками управления EDC16U31 оснащены сажевым фильтром. Для его программного отключения существует несколько методов:

- управления «переключателями» комплектации ДВС;
- программная эмуляция датчиков сажевого фильтра;

- комбинирование управления «переключателями» и программной эмуляции.

Удалить сажевый фильтр, либо заменить его, стоит незамедлительно при выходе его из строя. Кроме потери мощности, повышенного расхода топлива и засорения системы РОГ присутствует риск быстрого износа турбины и ресурса двигателя. На сервисах стран СНГ очень редкий случай, когда владелец автомобиля согласен заменить сажевый фильтр, ввиду его высокой стоимости. Тем более, что автомобиль, не оснащённый сажевым фильтром, проходит по нормам токсичности вредных выбросов в странах СНГ.

Выбранный для примера ДВС 1.9TDI с ЭБУ EDC16U31 возможно модифицировать на работу без сажевого фильтра. При этом рекомендуется заменить выхлопную систему под нормы Евро 3. Такие автомобили поставляются на рынок стран СНГ.

Удаление сажевого фильтра положительно сказывается на топливной экономичности за счёт отключения стратегии очистки фильтра, а также модернизированная система выхлопа улучшит продувку цилиндров, что позволит увеличить мощность ДВС.

4 Сравнительный анализ характеристик мощности и крутящего момента

Разработанное ПО было испытано на выбранном автомобиле Skoda Octavia, оснащённом ДВС 1.9TDI 110 л.с. с ЭБУ EDC15P. Произведённые модификации описаны в пунктах 2 и 3 четвёртой главы.

Результатом разработки является увеличение мощности и крутящего момента во всём диапазоне оборотов двигателя. На рисунке 5 показаны характеристики мощности и крутящего момента снятые посредством динамометрического стенда, на котором был испытан автомобиль до и после модификации ПО. Пунктиром показаны характеристики автомобиля на оригинальном ПО, красный график – мощность, синий крутящий момент. На графике мощность рассчитана в кВт, а крутящий момент в Н*м.

Как видно из графиков максимальный прирост мощности составил около 28%, а максимальный прирост крутящего момента – 34%. Максимальная мощность увеличена на 22% и достигнута на меньших оборотах двигателя. При этом обороты максимального крутящего момента также снизились, а прирост составил 32%, что положительно сказывается на тягово-скоростных характеристиках.

RUN 1 — **Pwr 117,9 KM @ 4033,0 rpm** **Tq 262,9 Nm @ 2422,0 rpm**
 mod 3hs SKODA OCTAVIA 1 9TDI 90KM VM40951

RUN 2 - - **Pwr 95,9 KM @ 4144,0 rpm** **Tq 199,0 Nm @ 2384,0 rpm**
 seria 3hs SKODA OCTAVIA 1 9TDI 90KM VM40951

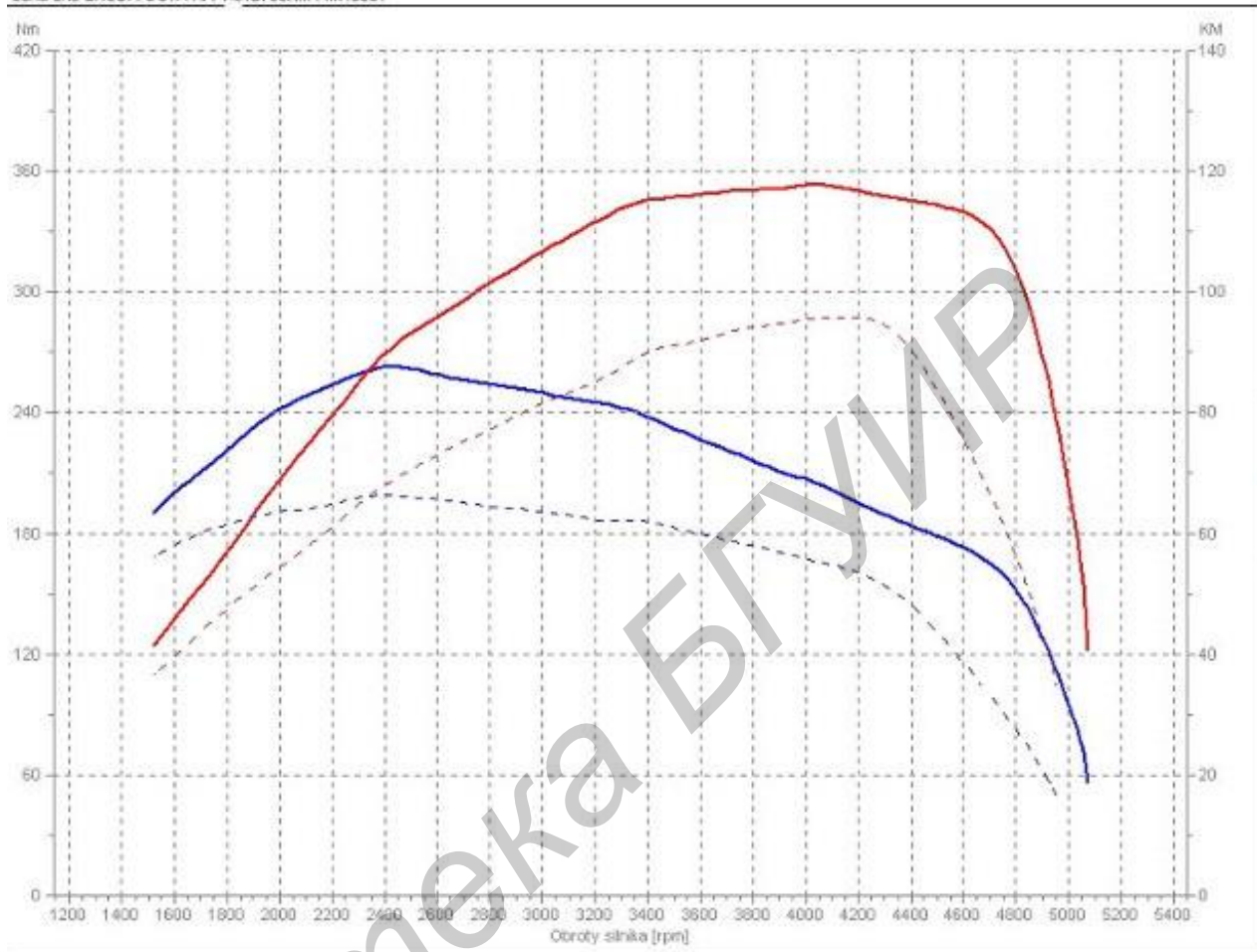


Рисунок 5 – Характеристики мощности и крутящего момента

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертации разработано ПО СУД. В результате проделанной работы было разработано ПО трёх ЭБУ, описаны возможности модификации систем управления бензиновым и дизельным двигателем.

Касаемо бензинового двигателя подробно рассмотрено ПО его ЭБУ. Проведён сравнительный анализ рассматриваемой СУД с её ранними моделями. Описаны функции ПО. Построена функциональная структура ПО, основанная на физической модели ДВС с его физическими процессами, которые моделируются в операционной системе реального времени. Рассмотрена структура уровневой модели ПО, построен шаблон его архитектуры и модель требований. Проведена оценка преимуществ архитектуры ПО СУД, основанной на требованиях крутящего момента.

Для выполнения практической части выбраны конкретные дизельный и бензиновый двигатели, выбран программатор для считывания и записи модифицированных данных, выбрана и описана среда обработки данных.

При модификации ПО бензинового ДВС, оснащённого ЭБУ ME7.5.5, рассмотрена и описана возможность программного отключения каталитического нейтрализатора с его физическим удалением. Производителем рассматриваемых электронных блоков управления является фирма «BOSCH», которая ввиду массовости производства и широкой номенклатуры выпускаемых моделей ЭБУ с их различными модификациями ПО по комплектации СУД, делает возможным модифицировать ПО на предмет изменения комплектации СУД простым переключением указателей программ операционной системы. Что и было продемонстрировано при работе с ЭБУ ME7.5.5 бензинового ДВС и ЭБУ EDC16U31 дизельного ДВС.

Работа с ПО ЭБУ EDC15P дизельного ДВС заключается в модернизации ПО с целью повышения мощности и крутящего момента, а также отключения системы РОГ. При этом исследуются трёхмерные карты управления, такие как, карта системы РОГ, требуемого давления наддува турбоагнетателя, ограничения давления наддува, карта запроса водителя, ограничения крутящего момента, ограничения количества впрыскиваемого топлива, карты коррекции впрыскиваемого топлива. При этом комплекс модификаций требуемых показателей в диапазоне от 7 до 17%, даёт прирост крутящего момента, а значит и мощности порядка 30% с учётом внутренних потерь на газообмен и трение, а также потерь вызванных дополнительным навесным оборудованием и потерь в трансмиссии.

Для оценки результатов исследования были произведены замеры мощности и крутящего момента ДВС с оригинальным и модифицированным ПО ЭБУ,

которые подтвердили целесообразность работы в направлении модификации ПО ЭБУ СУД.

Разработка ПО описана и продемонстрирована в среде отладки, возможности которой в полной мере использованы и показаны на рисунках.

Библиотека БГУИР

Список использованных источников

1. Glöckler, O.; Benninger, N.F.: „Beitrag der Motorsteuerung für Ottomotoren zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs“, Stuttgarter Symposium 1995
2. Streib, H.M.; Bischof, H. „ETC: A cost Effective System for Improved Emissions, Fuel Economy and Driveability“, SAE Technical Paper Series 960338
3. Gerhardt, J., Benninger, N., Heß, W. „Drehmomentorientierte Funktionsstruktur der EMS als neue Basis für Triebstrangsysteme“, 6. Aachener Kolloquium; Fahrzeug und Motorentechnik 1997
4. A.S. Tanenbaum.: „Modern Operating Systems“ Prentice-Hall. 1992.
5. B. Meyer.: „Object-Oriented Software Construction“. Prentice Hall Book Co., Inc. 1988.
6. NN: „OSEK (Open Systems and the Corresponding Interfaces for Automotive Electronics)“ Operating System. 1995.
7. D. J. Hatley and I. A. Pirbhai,: „Strategies for Real-Time System Specification“, Dorset House Publishing, 1987
8. Sylvia Goldsmith: „A Practical Guide to Real-Time Systems“, Development, Prentice Hall 93

Список публикаций соискателя

1-А.Поршнеv А. А. Функции и структура программного обеспечения современных систем управления двигателем. Информационные технологии и управление. Материалы 49-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Стр. 47. Минск БГУИР 2013

2-А.Поршнеv А. А. Функции и структура программного обеспечения современных систем управления двигателем. Информационные технологии и управление. Материалы 50-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Стр. 42. Минск БГУИР 2014