

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

ФГАОУ ВО «ЮУрГУ»

Факультет «Автотракторный»

Кафедра «Колесные и гусеничные машины»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН:

Рецензент от ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК»

Гл. специалист КТЦ

по двигателестроению

_____ А.П. Маслов

_____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Заведующий кафедрой

Канд. техн. наук,

_____ В.Н. Бондарь

_____ 2017 г.

Оптимизация настройки электронного блока управления топливной
аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки
двигателя транспортного средства специального назначения

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
23.04.02.2017.084.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель проекта

Д-р. техн. наук, профессор

_____ А.А. Малозёмов

_____ 2017 г.

Автор проекта

студент группы П-206

_____ М.П. Грабец

_____ 2017 г.

Нормоконтролер,

Канд. техн. наук, доцент

_____ В.И. Дуюн

_____ 2017 г.

Аннотация

Грабец М.П. Оптимизация настройки электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения. – Челябинск: ЮУрГУ, П-206, 2017 г, 71 с. 22 илл., библиогр. список – 16 наименований, 8 листов чертежей ф. А1, 7,5 демонстрационных листов ф. А1, 3 листа спецификаций.

Целью выпускной квалификационной работы является оптимизация алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- анализ особенностей систем топливоподачи дизелей транспортных средств специального назначения;
- разработка общих технических требований к топливной аппаратуре аккумуляторного типа для моторно-трансмиссионной установки двигателя специального назначения с учетом её особенностей;
- разработка методики оптимизации алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа с учетом особенностей дизеля транспортного средства специального назначения;
- оптимизация алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа;
- оценка эффективности разработанных технических решений.

Результаты выпускной квалификационной работы были внедрены на ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК». Оптимизированная программа управления электронным блоком управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа применяется на опытном дизеле для транспортного средства специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Грабец				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Малозёмов					4	71
Реценз.					ЮУрГУ Кафедра КТМ		
Н. Контр.	Дуюн						
Утверд.	Бондарь						
<i>Аннотация</i>							

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
1.1 Типы систем впрыска дизелей.....	8
1.2 Способы и методы калибровки топливной аппаратуры аккумуляторного типа.....	26
1.3 Цели и задачи выпускной квалификационной работы.....	29
2 РАЗРАБОТКА ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА ДЛЯ МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННОЙ УСТАНОВКИ ДВИГАТЕЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ЕЁ ОСОБЕННОСТЕЙ	
2.1 Требования, предъявляемые к топливной аппаратуре аккумуляторного типа двигателя специального назначения.....	32
2.2 Состав системы управления двигателем.....	39
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
3.1 Характеристики испытательного стенда.....	44
3.2 Характеристики двигателя.....	46
3.3 Программа для оптимизации настройки блока управления.....	47
3.4 Методика оптимизации.....	49
4 ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА.....	52
5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	68
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Тема «Оптимизация настройки электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения» является актуальной, так как предполагает повышение топливной экономичности при сохранении мощности дизеля. Точное дозирование топлива и подача его в нужный момент в цилиндры улучшает полноту сгорания и рабочий процесс.

Использование оптимизированного алгоритма управления электронным блоком управления позволяет обеспечить устойчивую и менее шумную работу дизеля.

В настоящее время все больше применяются системы с подачей топлива в цилиндры под высоким давлением до 2000 бар, обеспечивающие высокие мощностные показатели без значительного роста экономичности топлива.

Целью выпускной квалификационной работы является оптимизация алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения.

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- анализ особенностей систем топливоподачи дизелей транспортных средств специального назначения;
- разработка общих технических требований к топливной аппаратуре аккумуляторного типа для моторно-трансмиссионной установки двигателя специального назначения с учетом её особенностей;
- разработка методики оптимизации алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа с учетом особенностей дизеля транспортного средства специального назначения;

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

- оптимизация алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа;
- оценка эффективности разработанных технических решений.

Результаты выпускной квалификационной работы были внедрены на ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК». Оптимизированная программа управления электронным блоком управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа применяется на опытном дизеле для транспортного средства специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1.1 Типы систем впрыска дизелей

Дизель работает за счет самовоспламенения топлива, впрыскиваемого под высоким давлением. Главная особенность дизеля заключается в том, что в нем используется принцип самовозгорания топлива под действием сжатого и нагретого в цилиндре воздуха.

Для успешного возгорания необходимо произвести подачу топлива в цилиндр в конце такта сжатия, а так как воздух в цилиндре в этот момент сильно сжат, то и топливо должно быть подано в цилиндр под высоким давлением – в разных двигателях топливо впрыскивается под давлением от 100 до 2500 бар.

В то же время мало просто подать топливо в цилиндр, это необходимо сделать так, чтобы обеспечить наилучшие условия для наиболее полного сгорания. Наиболее эффективным и простым способом является распыление топлива в цилиндре с помощью форсунки [1].

Таким образом, на дизелях применяются системы впрыска топлива, не зависимо от типа имеющие два основных компонента: топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунки. Отличия систем заключаются в устройстве ТНВД и форсунок, их расположение и наличие дополнительных компонентов.

На современных дизелях применяются такие системы впрыска, как система с рядным или распределительным топливным насосом высокого давления, система насос-форсунки, система типа Common Rail [2].

Наиболее востребованными и прогрессивными считаются системы насос-форсунки и системы типа Common Rail.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1.1.1 Системы впрыска дизелей с рядным топливным насосом высокого давления

Рядный ТНВД оснащается плунжерными парами, расположенными рядом друг с другом. Их количество соответствует количеству рабочих цилиндров двигателя. Устройство рядного ТНВД показано на рисунке 1. Таким образом, одна плунжерная пара обеспечивает подачу топлива в один цилиндр.

Плунжерные пары устанавливаются в корпусе насоса, в котором предусмотрены каналы для подвода и отвода топлива. Движение плунжера осуществляется при помощи кулачкового вала, который в свою очередь соединен с коленчатым валом двигателя. Плунжеры постоянно прижимаются к кулачкам с помощью пружин [3].

При вращении кулачкового вала кулачек воздействует на толкатели плунжеров, заставляя их двигаться внутри втулок насоса. При движении плунжера вверх по втулке создается давление, при котором открывается нагнетательный клапан, через который топливо под давлением направляется по топливопроводу к определенной форсунке.

Регулирование момента подачи топлива и его количества, необходимого в конкретный момент времени может осуществляться либо с помощью механического устройства, либо с помощью электроники. Такая регулировка нужна для корректировки подачи топлива в цилиндры двигателя в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя [4].

Механическое регулирование количества подаваемого топлива осуществляется поворотом плунжера во втулке. Для поворота на плунжере выполнена шестерня, которая соединена с зубчатой рейкой. Рейка связана с педалью газа. Верхняя кромка плунжера имеет наклонную поверхность, поэтому при повороте отсечка топлива и соответственно его количество будет изменяться.

Изменение момента начала подачи топлива требуется при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя. Механическое регулирование

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Центробежная сила изменяется с ростом (или уменьшением) величины частоты вращения коленчатого вала двигателя. При увеличении частоты вращения коленчатого вала грузики расходятся к внешним краям муфты под действием центробежных сил и поворачивают кулачковый вал относительно привода. Таким образом, обеспечивается ранний впрыск топлива. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя грузики сближаются к оси, и обеспечивается поздний впрыск топлива [4].

Конструкция рядных ТНВД обеспечивает высокую надежность. Их смазка осуществляется моторным маслом системы смазки двигателя, поэтому они могут работать на топливе низкого качества. Рядные ТНВД применяются на двигателях с отдельными камерами сгорания и непосредственным впрыском средних и тяжелых грузовых автомобилей, из-за их громоздкости. Примерно до 2000 года данный вид насоса применялся и на легковых дизелях [5].

1.1.2 Системы впрыска дизелей с топливным насосом высокого давления распределительного типа

В отличие от рядного ТНВД, распределительный насос высокого давления имеет либо один, либо два плунжера в зависимости от рабочего объема двигателя и, соответственно, необходимого объема впрыскиваемого топлива.

Распределительные насосы обладают меньшей массой и габаритными размерами. Благодаря своей конструкции, в сравнении с рядными ТНВД, распределительный насос способен обеспечить более равномерную подачу топлива [4].

С другой стороны насосы распределительного типа отличаются низкой долговечностью сопряженных деталей. Это определяет область применения данных насосов, в основном, на двигателях легковых автомобилей.

Распределительный ТНВД может оснащаться различными типами приводов плунжера. Все эти типы являются кулачковыми и разделяются на три типа:

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

- торцевой кулачковый привод (насосы BoschVE);
- внутренний кулачковый привод (роторные насосы BoschVR, LucasDPC, LucasDPS);
- внешний кулачковый привод (отечественные насосы НД-21, НД-22).

Предпочтительными в плане эксплуатации считаются торцевые и внутренние приводы, которые лишены нагрузок, создаваемых давлением топлива на приводной вал, вследствие чего они служат несколько дольше, нежели насосы с внешним кулачковым приводом [3].

1) Устройство распределительного ТНВД торцевого типа показано на рисунке 2.

Основным элементом распределительного ТНВД с торцевым кулачковым приводом плунжера является плунжер-распределитель, предназначенный для создания давления и распределения топлива в топливных цилиндрах. При этом плунжер-распределитель совершает вращательные и возвратно-поступательные перемещения при вращательных движениях шайбы, обеспечивая нагнетание и распределение топлива по цилиндрам.

Возвратно-поступательное перемещение плунжера осуществляется одновременно с вращением кулачковой шайбы, которая, опираясь на ролики, перемещается вдоль неподвижного кольца по радиусу, то есть обегает его.

Шайба нажимает на плунжер, за счет чего создается давление топлива. В исходное положение плунжер возвращается благодаря пружинному механизму.

Распределение топлива по цилиндрам происходит за счет того, что приводной вал обеспечивает вращательные движения плунжера.

Регулирование величины подачи топлива осуществляется автоматически с помощью механического или электронного устройств. Механический регулятор включает центробежную муфту с грузиками, которая через систему рычагов воздействует на дозатор, изменяющий величину топливоподачи. Электронный регулятор представляет собой электромагнитный клапан [3].

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

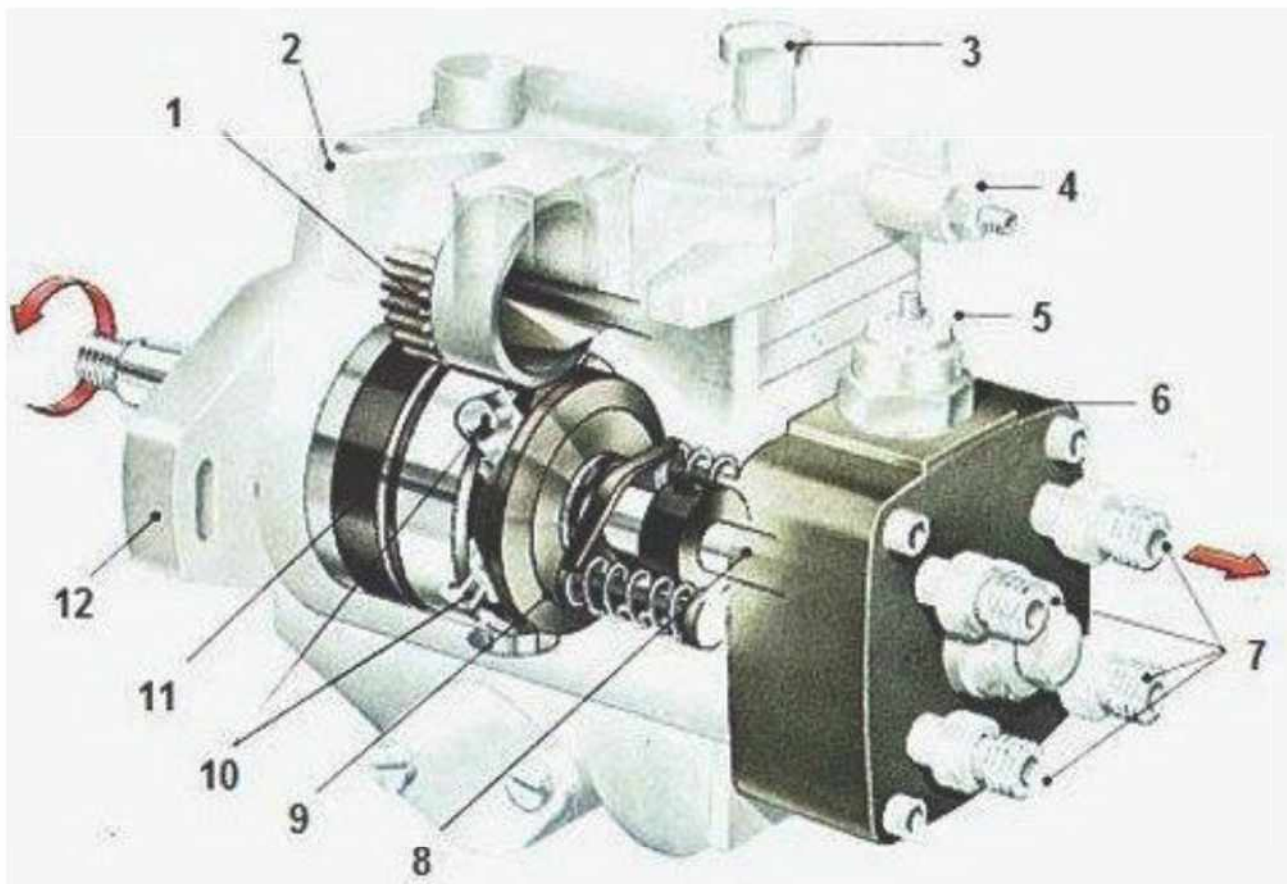


Рисунок 2 – Устройство распределительного ТНВД торцевого типа:

1 – шестерня привода регулятора подачи топлива; 2 – входное отверстие топлива; 3 – выходное отверстие топлива; 4 – регулировочный винт; 5 – электромагнитный запорный клапан; 6 – распределительный блок; 7 – штуцеры нагнетательных трубопроводов; 8 – плунжер-распределитель; 9 – кулачковая шайба; 10 – ролик; 11 – лопастной топливоподкачивающий насос; 12 – фланец

Регулировка величины опережения впрыска топлива в распределительном насосе осуществляется за счет поворота на определенный угол неподвижного (не вращающегося), регулировочного кольца [4].

Цикл работы насоса состоит из следующих стадий:

- закачка порции топлива в надплунжерное пространство;
- нагнетание давления за счет сжатия и распределение топлива по соответствующим цилиндрам.

Затем плунжер возвращается в исходное положение, и цикл повторяется заново.

2) Устройство распределительного ТНВД роторного типа показано на рисунке 3.

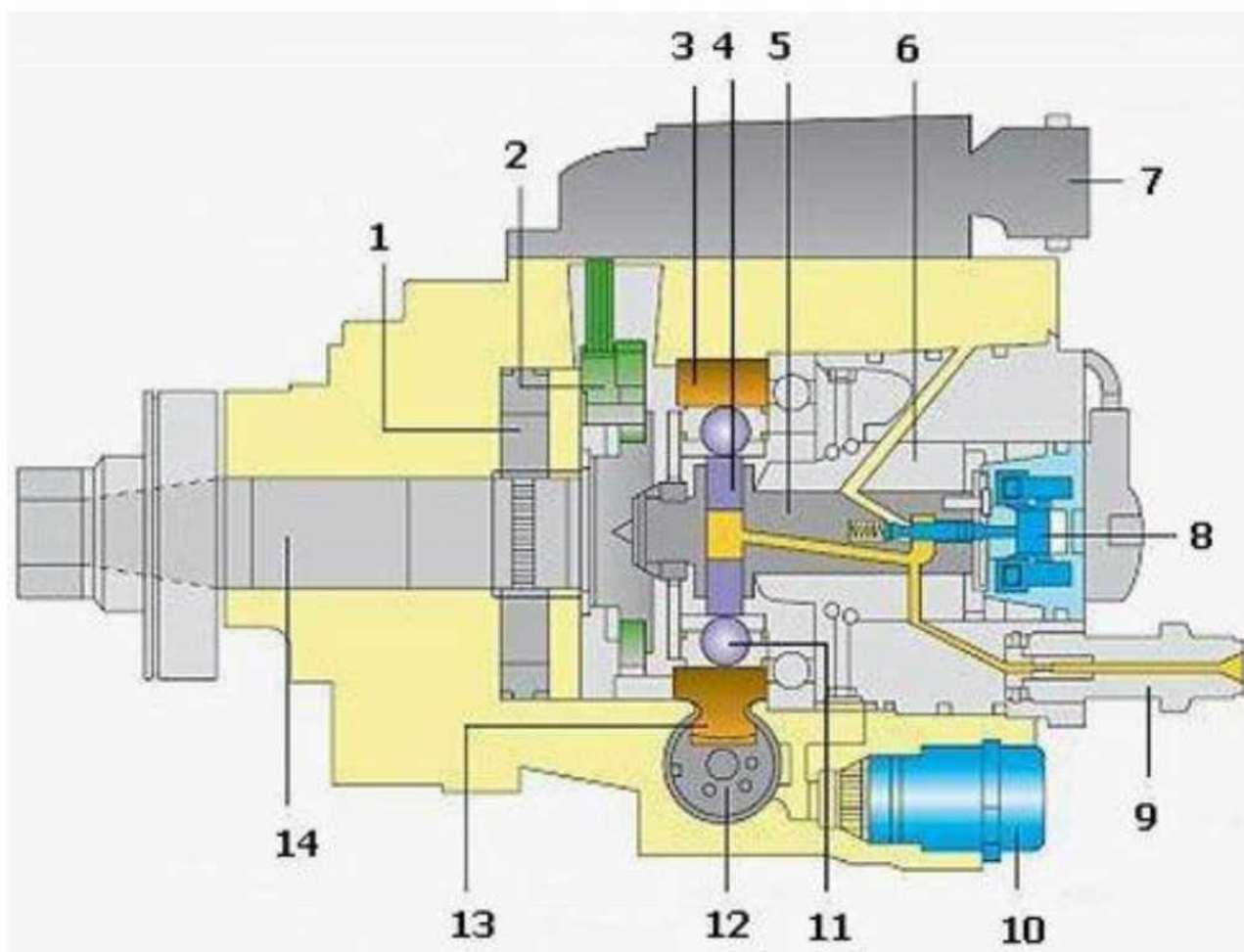


Рисунок 3 – Устройство распределительного ТНВД роторного типа:

1 – лопастной подкачивающий насос; 2 – датчик угла поворота; 3 – кулачковая обойма; 4 – плунжер; 5 – вал распределителя; 6 – распределительная головка; 7 – блок управления; 8 – электромагнитный клапан дозирования топлива; 9 – дроссель нагнетательного клапана; 10 – клапан управления опережением впрыска; 11 – ролик; 12 – муфта опережения впрыска; 13 – шток привода кулачковой муфты; 14 – приводной вал

Внутренний привод применяется в распределительных ТНВД роторного типа. В таком типе насоса нагнетание и распределение топлива по цилиндрам осуществляется посредством двух разных устройств: плунжера и распределительной головки.

Нагнетание топлива обеспечивается с помощью двух противоположно-расположенных плунжеров, расположенных на распределительном валу, чем меньше расстояние между ними, тем выше давление топлива. Плунжеры через ролики оббегают профиль кулачковой обоймы и совершают возвратно-поступательное движение. После нагнетания давления топливо устремляется к форсункам по каналам распределительной головки через нагнетательные клапана [4].

Подача топлива к плунжерам осуществляется под небольшим давлением, создаваемым специальным подкачивающим насосом, который может отличаться в зависимости от типа своей конструкции. Конструктивно это может быть либо шестеренчатый насос с внешним или внутренним зацеплением, либо роторно-лопастной насос. Подкачивающий насос находится в корпусе насоса и установлен на приводном валу, которым приводится в действие.

Смазка распределительного ТНВД осуществляется дизельным топливом, которое заполняет корпус насоса [5].

3) Схема распределительного ТНВД с внешним расположением профилей кулачка показана на рисунке 4.

Распределительный насос с внешним кулачковым приводом уже почти нигде не используется. Это произошло по причине того что в топливных системах с многоплунжерными насосами, в процессе эксплуатации быстро нарушается равномерность подачи топлива по отдельным цилиндрам и изменяется угол опережения впрыска, в результате чего ухудшаются показатели рабочего процесса в отдельных цилиндрах дизеля. Постоянная регулировка ТНВД этих систем усложняет техническую эксплуатацию дизеля и его обслуживание.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

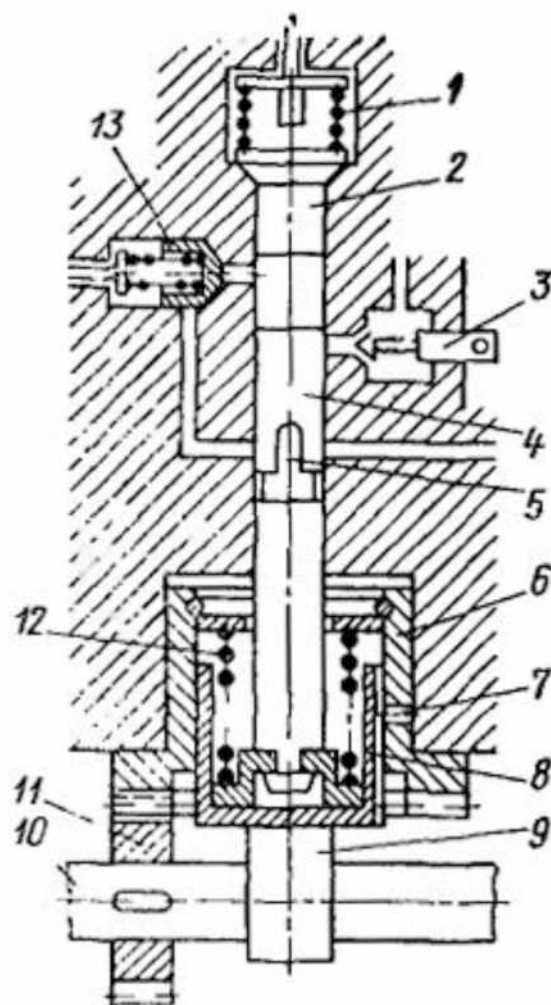


Рисунок 4 – Схема распределительного ТНВД
с внешним расположением профилей кулачка:

1 – пружина; 2 – дополнительный плунжер; 3 – игла; 4 – основной плунжер;
5 – распределительный паз; 6 – втулка; 7 – штифт; 8 – толкатель; 9 – кулачек;
10 – вал; 11 – шестерня; 12 – пружина; 13 – нагнетательный клапан

Толкатель (8) насоса совершает поступательное движение под воздействием кулачка (9), вала (10) и пружины (12), а его вращательное движение осуществляется шестерней (11) через втулку (6) с торцовым зубчатым венцом и штифтом (7). Оба движения передаются основному плунжеру (4) насоса, имеющему распределительный паз (5). Топливо дозируется дросселирующей иглой (3), связанной с регулятором. Максимальную подачу устанавливают дополнительным

плунжером (2), нагруженным пружиной (1). Плунжер (2) перемещается вверх под действием давления топлива, сжимаемого основным плунжером (4). С уменьшением натяжения пружины (1) плунжер поднимается на большую высоту, объем, в котором сжимается топливо, увеличивается, в результате максимальная цикловая подача уменьшается. Количество профилей на начальной окружности определяется числом цилиндров, обслуживаемых насосом. ТНВД имеет один нагнетательный клапан (13), после которого топливо поступает по специальным каналам в корпусе втулки в кольцевую выточку на основном плунжере и по пазу (5) поочередно подводится к каналам, соединенным нагнетательными топливопроводами с форсунками [6].

1.1.3 Системы впрыска дизелей с насос-форсунками

Система впрыска с «насос-форсунками» названа так, потому что в ней объединены форсунка и насосная секция, в основе которой лежит плунжерная пара.

Преимущество такого решения в том, что оно позволяет легко регулировать подачу топлива в каждый цилиндр, а при выходе из строя одного насоса остальные останутся в строю. Устройство насос-форсунки показано на рисунке 5 [7].

Насос-форсунка устанавливается в головку блока двигателя для каждого цилиндра. Рабочее давление внутри форсунки создается плунжером. При этом поступательное движение плунжера обеспечивается кулачками распределительного вала с помощью толкателя, а возвратное движение – пружиной.

Подача и слив топлива осуществляются по каналам в головке блока. За счет этого насос-форсунка может развить давление до 220 МПа. Дозированием топлива, сжатого до такой степени и управлением угла опережения впрыска занимается электронный блок управления, выдавая сигналы на запорные электромагнитные или пьезоэлектрические клапаны насос-форсунок [8].

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

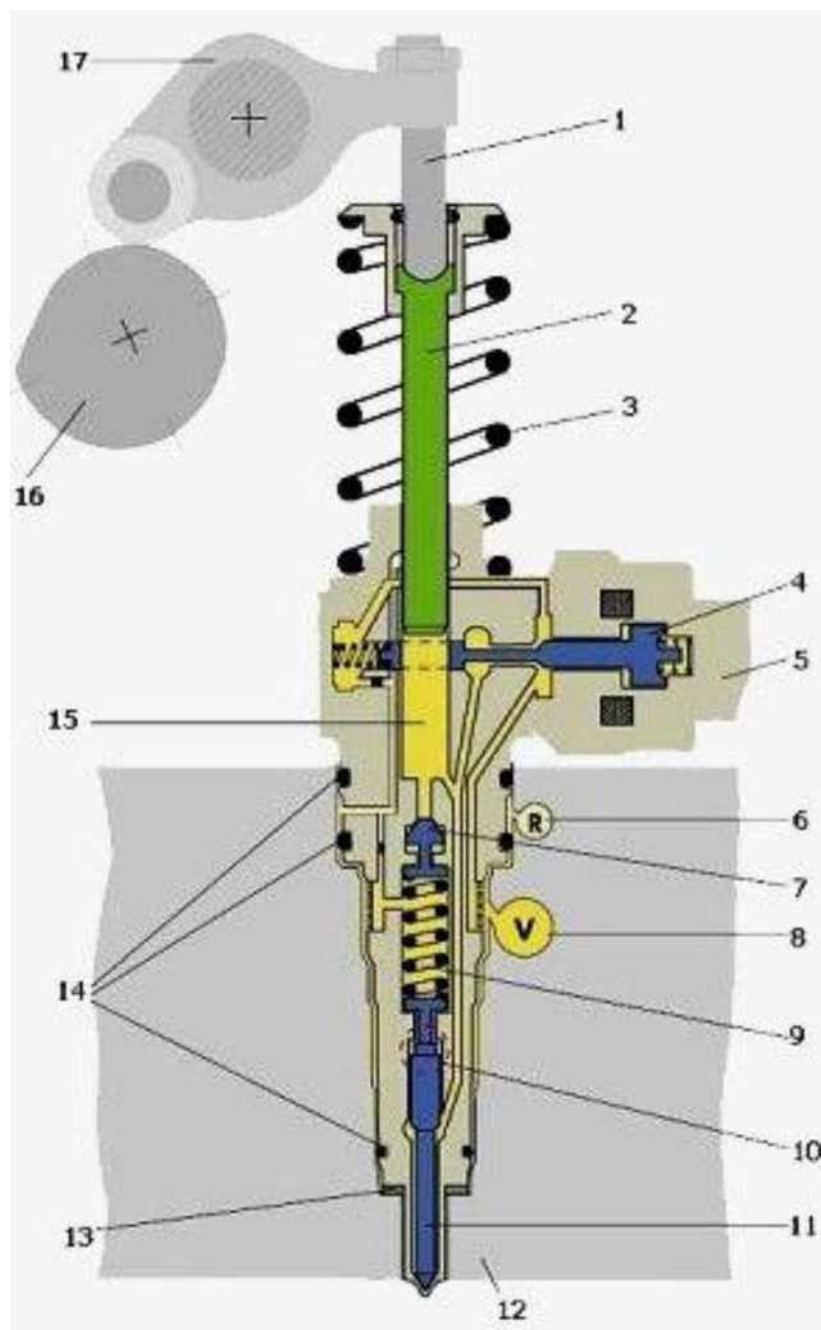


Рисунок 5 – Устройство насос-форсунки:

1 – винт с шаровой головкой; 2 – плунжер; 3 – плунжерная пара; 4– игла электромагнитного клапана; 5 – электромагнитный клапан; 6 – сливная топливная магистраль; 7 – обратный клапан; 8 – питающая топливная магистраль; 9 – пружина распылителя; 10 – запорный поршень; 11 – игла распыления; 12 – головка блока цилиндров; 13 – термозащитная прокладка; 14 – уплотнительные кольца; 15 – камера высокого давления; 16 – приводной кулачек; 17 – коромысло

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР

Лист

18

Клапан на основе пьезоэлемента является более совершенным за счет высокого быстродействия. Главным элементом такой конструкции управляющего клапана является его игла.

Надежная посадка иглы распылителя в седле обеспечивается пружиной распылителя. Пружинное усилие дополняется усилием давления топлива, и осуществляется при помощи запорного поршня, установленного с одной стороны от пружины и обратного клапана, расположенного с противоположной стороны от пружины [7].

Непосредственный впрыск дизельного топлива в камеру сгорания обеспечивает игла распылителя.

Насос-форсунки могут работать в многоимпульсовом режиме (2-4 впрыска за цикл). Это позволяет произвести предварительный впрыск перед основным, подавая в цилиндр сначала небольшую порцию топлива, что смягчает работу двигателя и снижает токсичность выхлопа [2].

Недостатком насос-форсунок является зависимость давления впрыска от оборотов двигателя и высокая стоимость данной технологии.

1.1.4 Системы впрыска дизелей с топливным насосом высокого давления магистрального типа

Магистральный ТНВД применяется в аккумуляторной системе впрыска топлива типа Common Rail, где он выполняет функцию нагнетания топлива в топливную рампу, перед тем как поступить к форсункам. Аккумулятор – общая топливная магистраль (это отражено в названии типа Common Rail, что переводится с английского, как «общая магистраль») или топливная рампа, в которую топливо нагнетается с помощью ТНВД. Магистральные ТНВД способны обеспечивать высокое давление подачи топлива – свыше 180 МПа [4].

Устройство магистрального ТНВД показано на рисунке 6.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

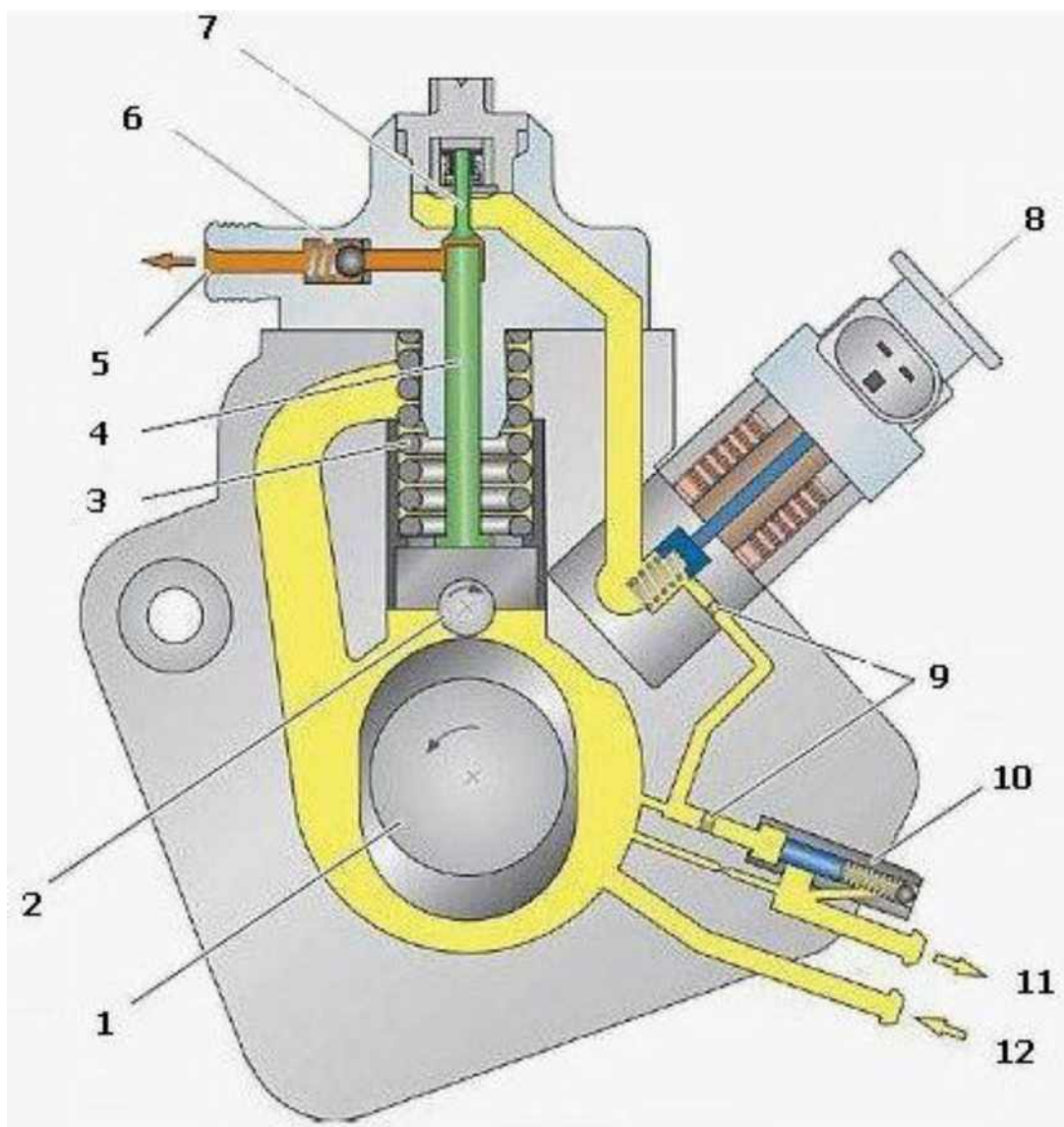


Рисунок 6 – Устройство магистрального ТНВД:

1 – приводной кулачковый вал; 2 – ролик; 3 – плунжерная пара; 4 – плунжер; 5 – штуцер напорной магистрали (к топливной рампе); 6 – выпускной клапан; 7 – впускной клапан; 8 – электромагнитный клапан дозирования топлива; 9 – фильтр тонкой очистки топлива; 10 – перепускной клапан; 11 – штуцер обратного топливопровода; 12 – штуцер впускного топливопровода

Чисто механический насос типа Common Rail гораздо проще, чем любой рядный или распределительный ТНВД. Он не имеет распределительных функций и только накачивает топливо в общую рампу [3].

Конструктивно магистральный ТНВД может быть одно-, двух- или трех-плунжерным. Привод плунжеров осуществляется с помощью кулачковой шайбы или кулачкового вала, которые в насосе совершают вращательные движения.

При вращении кулачкового вала (эксцентрика кулачковой шайбы) под действием возвратной пружины плунжер движется вниз. В этот момент происходит расширение компрессионной камеры, за счет чего в ней уменьшается давление и образуется разрежение, под действием которого открывается впускной клапан, через который топливо поступает в камеру.

Движение плунжера вверх сопровождается ростом внутрикамерного давления и закрытием клапана впуска. При достижении давления, на который настроен насос, открывается выпускной клапан и топливо нагнетается в рампу.

В магистральном насосе правление подачей топлива производится в зависимости от потребности двигателя с помощью клапана дозирования топлива. В нормальном положении клапан открыт. По сигналу электронного блока управления клапан закрывается на определенную величину, тем самым регулируется количество поступающего в компрессионную камеру топлива [4].

Наличие аккумулятора позволяет значительно улучшить впрыск топлива через форсунки, так как они работают под постоянным давлением и только открываются в необходимые моменты, причем за один такт может производиться до 7 впрыскиваний, а также упростить ТНВД и другие детали системы впрыска.

Вследствие этого двигатель работает мягче и менее шумно, снижается количество вредных компонентов в выхлопе.

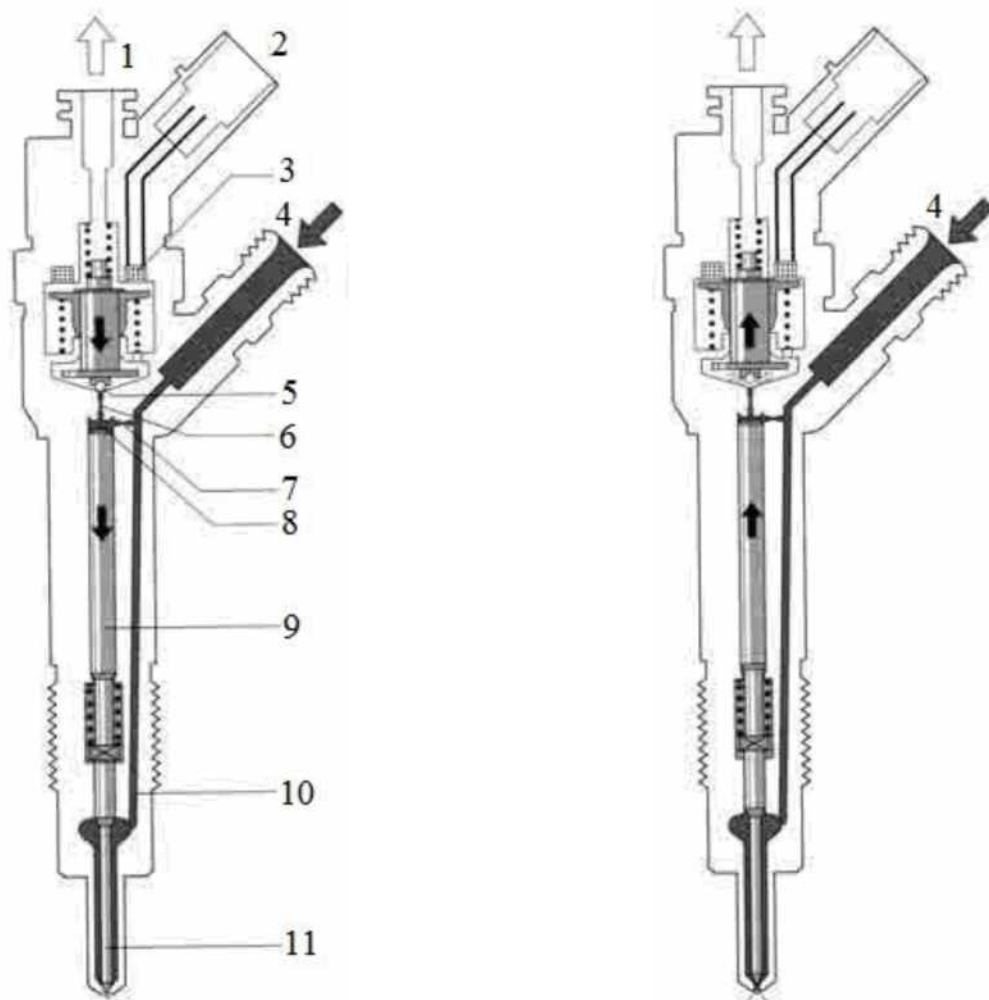
Многократная подача топлива за один такт обеспечивает снижение температуры в камере сгорания, что приводит к уменьшению образования окиси азота – одной из наиболее токсичных составляющих выхлопных газов дизеля. Да и все оснащение типа Common Rail получается дешевле системы с насос-форсунками и экономичнее за счет более точной дозировки топлива.

На современных двигателях система типа Common Rail полностью управляется электроникой. Блок управления на основе данных с нескольких датчиков

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

определяет количество подаваемого топлива и моменты его подачи в цилиндры. Это позволяет достичь наилучшей работы двигателя и снизить его токсичность на всех режимах работы.

Устройство форсунки типа Common Rail приведено на рисунке 7.



а) Форсунка закрыта

б) Форсунка открыта

Рисунок 7 – Форсунка типа Common Rail:

1 – линия возврата топлива (обратка); 2 – электрические выводы; 3 – электромагнитный клапан; 4 – вход топлива из аккумулятора; 5 – шариковый клапан; 6 – жиклер камеры гидроуправления; 7 – «питающий» жиклер; 8 – камера гидроуправления; 9 – управляющий плунжер; 10 – канал к распылителю; 11 – игла форсунки

Топливо в форсунке типа Common Rail подается через входной штуцер высокого давления (4) и далее в канал (10) и камеру гидроуправления (8) через жиклер (7). Камера гидроуправления соединяется с линией возврата топлива (1) через жиклер камеры гидроуправления (6), который открывается электромагнитным клапаном.

При закрытом жиклере (6) силы гидравлического давления, приложенные к управляющему плунжеру (9), превосходят силы давления, приложенные к заплечу иглы форсунки (11). В результате чего игла садится на седло и закрывает проход топлива под высоким давлением в камеру сгорания.

Форсунки управляются сигналом, подаваемым от блока управления. Форсунки соединены с блоком управления двигателем посредством жгута исполнительных механизмов. На форсунку подается импульс на открытие клапана форсунки в нужный момент, рассчитанный программой управления, и удерживается определенное время для впрыскивания в цилиндр требуемой порции мелкопыленного топлива.

При подаче пускового сигнала на электромагнитный клапан, жиклер (6) открывается, давление в камере гидроуправления падает, и сила гидравлического давления на управляющий плунжер также уменьшается. Так как сила гидравлического давления на управляющий плунжер оказывается меньше силы, действующей на заплечик иглы форсунки, она открывается, и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания. Такое не прямое управление иглой форсунки позволяет обеспечить очень быстрый подъем иглы, что невозможно сделать путем прямого воздействия электромагнитного клапана. «Управляющая доза» топлива, необходимая для подъема иглы форсунки, является дополнительной по отношению к действительному количеству впрыскиваемого топлива, поэтому это топливо направляется обратно, в линию возврата топлива через жиклер камеры гидроуправления. Кроме «управляющей дозы» в линии возврата топлива и далее в топливный бак также возвращаются утечки через направляющие иглы форсунки. К линии возврата топлива также

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

подсоединяются предохранительный клапан (ограничитель давления) рампы и редуцирующий клапан топливного насоса.

Работа форсунки разделяется на четыре рабочих стадии:

- форсунка закрыта с приложенным высоким давлением;
- форсунка открывается (начало впрыска);
- форсунка полностью открыта;
- форсунка закрывается (конец впрыска).

Рабочие стадии являются результатом действия сил, приложенных к деталям форсунки. При отсутствии давления в рампе, то есть при остановленном двигателе, форсунка закрыта под действием пружины.

При закрытой форсунке на электромагнитный клапан не подается питание, жиклер камеры гидроуправления закрыт, а пружина якоря прижимает шарик к седлу, высокое давление, подаваемое в камеру и к распылителю форсунки из рампы, увеличивается. Следовательно, высокое давление, действующее на торец управляющего плунжера, вместе с усилием пружины держат форсунку закрытой, преодолевая силы давления в камере распылителя.

Перед началом впрыска, при закрытой форсунке, на электромагнитный клапан подается большой ток – это обеспечивает быстрый подъем шарикового клапана, который открывает жиклер камеры гидроуправления и, так как теперь электромагнитная сила превосходит силу пружины якоря, клапан остается открытым, и практически одновременно сила тока, подаваемого на обмотку электромагнитного клапана, уменьшается до тока, требуемого для удержания якоря. Это становится возможным потому, что воздушный зазор для электромагнитного потока уменьшается. При открытом жиклере топливо вытекает из камеры гидроуправления в верхнюю полость и по линии возврата топлива в бак. Так давление в камере гидроуправления уменьшается и нарушается баланс давлений, и давление в камере распылителя, равное давлению в рампе, оказывается выше давления в камере гидроуправления. В результате чего сила давления, действующая на торец управляющего плунжера уменьшается, и игла форсунки

поднимается, и начинается процесс впрыска топлива.

Скорость подъема иглы форсунки типа Common Rail определяется разностью расходов через жиклер и сопловые отверстия. Управляющий плунжер поднимается до верхнего упора и остается, поддерживаемый «буферным» слоем топлива, образующимся в результате разницы расходов через жиклер и сопловые отверстия. Игла форсунки полностью открыта, и топливо впрыскивается в камеру сгорания под давлением почти равным давлению в рампе.

Как только прекращается подача питания на электромагнитный клапан, пружина перемещает якорь вниз и шариковый клапан закрывается. Якорь состоит из двух частей, поэтому, хотя тарелка якоря перемещается вниз заплечиком, она может оказывать противодействие возвратной пружины, а это уменьшает напряжения на якорь и шарик.

Закрытие жиклера приводит к повышению давления в камере гидроуправления при поступлении в нее топлива через жиклер (7). И это давление, равное давлению в рампе, действует на торец управляющего плунжера, при этом сила давления вместе с силой пружины преодолевает силу давления, действующую на заплечик иглы форсунки, и она закрывается.

Скорость посадки иглы форсунки на седло (скорость закрытия форсунки) определяется расходом через жиклер (7). Впрыск топлива прекращается, как только игла форсунки садится на седло [9].

Особенностью топливной аппаратуры дизелей транспортных средств специального назначения является высокая цикловая подача. Для впрыскивания большого количества топлива в цилиндр требуется продолжительный процесс впрыска или необходимо увеличивать диаметры сопел форсунки. Оба варианта ухудшают рабочий процесс.

В настоящей выпускной квалификационной работе (ВКР) это решается путем оптимизации алгоритма электронного блока управления (ЭБУ) топливной аппаратурой аккумуляторного типа, позволяющей впрыскивать точно дозированные порции топлива под высоким давлением (свыше 1800 бар).

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

1.2 Способы и методы калибровки топливной аппаратуры аккумуляторного типа

1.2.1 Последовательность выполняемых операций

Рассмотрим два основных метода оптимизации настройки электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа двигателя.

Все изменения осуществляются в специальной программе-калибровщике(АКМ) описание которой представлено ниже в п.3.3.

Первый способ калибровки заключается в том, что все действия выполняются в программе АКМ, при этом не обязательно присутствие двигателя, необходимы только его расчетные параметры и данные, на которые рассчитан этот двигатель.

Перед тем как начинать калибровку программы управления необходимо откалибровать графики работы датчиков температуры и давления отдельно от двигателя, так как если проводить корректировку в процессе оптимизации основных поверхностей, то любое изменение параметров в некоторой степени повлияет на конечный результат.

Основные параметры, которые необходимо записать в программу в первую очередь:

- количество цилиндров;
- рабочий объем двигателя, л;
- максимальный эффективный момент, Нм;
- максимальный индикаторный момент, Нм;
- минимальная частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, мин⁻¹;
- максимальная частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, мин⁻¹;
- порядок работы цилиндров;
- величина пусковой топливоподачи, мм³/цикл.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Далее по расчетным данным, полученным от завода-изготовителя, и на основе опыта работы с аналогичными двигателями строятся основные графики и поверхности в программе АКМ. Если же опыта работы с другими, аналогичными двигателями нет, то строится примерный наклон поверхностей, который в последующем будет корректироваться на работающем двигателе. Чем точнее будут выстроены поверхности изначально, тем меньше времени и горюче-смазочных материалов будет затрачено при натурных испытаниях и калибровке.

Вторым методом калибровки является натурное испытание и калибровка всех поверхностей и графиков программы калибровки на работающем двигателе.

Блок управления двигателя работает при постоянном подключении к АКБ.

После подключения персонального компьютера (ПК) и загрузки на нем программы калибровки и диагностики, осуществляется подключение блока управления двигателем, посредством жгута управления (чертеж 23.04.02.2017.084.03.07 – «Жгут управления»), к компьютеру, устанавливается связь с блоком управления и производится синхронизация таблиц данных, находящихся в блоке управления и в программе калибровки. При необходимости можно записать данные в блок управления двигателем. После калибровки поверхностей и графиков, а так же изменения общих основных параметров в программе калибровки записать данные в блок управления необходимо, так как там осталась (если была записана ранее) таблица со старыми (не измененными) данными.

Так как основная часть жгута и блок управления двигателем находятся рядом с двигателем в боксе, где стоит установка для нагружения, а компьютер с которого производится калибровка – в операторской, то для подключения жгута к компьютеру используется удлинитель жгута диагностики (чертеж 23.04.02.2017.084.03.08 – «Удлинитель жгута диагностики») и удлинитель пульта (чертеж 23.04.02.2017.084.03.09 – «Удлинитель пульта») присоединяющийся к пульту управления.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Сигнал, подаваемый на форсунки от блока управления, осуществляется через жгуты исполнительных механизмов (чертеж 23.04.02.2017.084.03.04 – «Жгут исполнительных механизмов 1» и 23.04.02.2017.084.03.05 – «Жгут исполнительных механизмов 2») для правого и левого полублоков, соответственно.

Все имеющиеся датчики температуры, давления и датчики измерения частоты вращения коленчатого вала и распределительного вала двигателя присоединяются к блоку управления посредством жгутов датчиков (чертеж 23.04.02.2017.084.03.02 – «Жгут датчиков 1» и 23.04.02.2017.084.03.03 – «Жгут датчиков 2»).

Блок управления двигателем изображен на чертеже 23.04.02.2017.084.03.01 ГЧ – «Блок управления двигателем (габаритный чертеж)».

Система управления двигателем состоящая из блока управления и жгутов управления, датчиков и исполнительных механизмов изображен на чертеже 23.04.02.2017.084.03.00 СБ – «Система управления двигателем на моторном стенде (общий вид)».

Обычно эти два метода калибровки комбинируются, то есть сначала, производится построение поверхностей и графиков на основе данных, полученных от завода-изготовителя двигателя. А после этого приступают к испытаниям двигателя и доводке полученных параметров на стенде с использованием машины нагружения.

1.2.2 Достоинства и недостатки методов

Основным достоинством первого, из рассмотренных, метода оптимизации является отсутствие необходимости задействовать двигатель при калибровке, что позволяет экономить средства на обеспечение двигателя топливом на время проведения начальной калибровки.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Недостатком этого способа можно назвать необходимость наличия большого опыта работы с двигателями различных конфигураций.

При втором методе калибровки не требуется большого опыта работы с двигателями различной мощности, так как на работающем двигателе можно получить все необходимые параметры методом подбора или методом последовательных приближений.

Недостатком такого метода являются большие затраты на топливо и обслуживание двигателя, при этом не имея никакого представления о работе двигателей можно вывести его из строя.

Особенностью калибровки топливной аппаратуры дизелей транспортных средств специального назначения является отсутствие требований к экологии. Это позволяет достичь лучших результатов топливной экономичности без потери мощности.

В настоящей ВКР это достигается путем изменения параметров угла опережения впрыска, длительности импульса на впрыск и давления топлива нагнетаемого в рампу.

1.3 Цели и задачи выпускной квалификационной работы

1.3.1 Объект исследования выпускной квалификационной работы

Объектом исследования ВКР является топливная аппаратурааккумуляторного типа, применяемая на транспортных средствах специального назначения.

1.3.2 Предмет исследованиявыпускной квалификационной работы

Предметом исследования ВКР является алгоритм управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

1.3.3 Цель исследования выпускной квалификационной работы

Целью исследования ВКР является оптимизация алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой аккумуляторного типа моторно-трансмиссионной установки двигателя транспортного средства специального назначения, для повышения его топливной экономичности и обеспечением требований к максимальной мощности.

1.3.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Задачами выпускной квалификационной работы являются:

- 1) Анализ особенностей систем топливоподачи дизелей транспортных средств специального назначения.
- 2) Разработка общих технических требований к топливной аппаратуре аккумуляторного типа для моторно-трансмиссионной установки двигателя специального назначения с учетом её особенностей.
- 3) Разработка методики оптимизации алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа с учетом особенностей дизеля транспортного средства специального назначения.
- 4) Оптимизация алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа.
- 5) Оценка эффективности разработанных технических решений.

Вывод по первому разделу:

Ввиду того, что дизели транспортных средств специального назначения не ограничены в плане экологии, что позволяет достичь лучших результатов топливной экономичности без потери мощности.

Также дизели транспортных средств специального назначения имеют высокую цикловую подачу, что приводит к увеличению продолжительности

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

процесса впрыска топлива в цилиндры или требуется увеличивать диаметры сопел форсунки. Оба варианта ухудшают рабочий процесс.

В настоящей ВКР это решается путем оптимизации алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой аккумуляторного типа, позволяющей легко изменять параметры угла опережения впрыска, длительности импульса на впрыск и давления топлива нагнетаемого в рампу под высоким давлением (свыше 1800 бар).

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2 РАЗРАБОТКА ОБЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЕ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА ДЛЯ МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННОЙ УСТАНОВКИ ДВИГАТЕЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ЕЁ ОСОБЕННОСТЕЙ

2.1 Требования, предъявляемые к топливной аппаратуре аккумуляторного типа двигателя специального назначения

От топливной аппаратуры (ТА) зависят основные мощностные и экономические показатели работы двигателя, его надежность, уровень создаваемого шума. ТА должна обеспечивать подачу точно дозированных мелко распыленных порций топлива (от 10 до 3000 мм³) за короткий промежуток времени (от 0,01 до 0,1 с) в цилиндры двигателя в соответствии с порядком их работы под высоким давлением (до 200 МПа).

Создание высокого давления обеспечивает преодоление впрыскиваемым топливом сопротивления сжатого воздуха и позволяет мелко распыленному топливу проникать вглубь камеры сгорания. Крупные капли не сгорают полностью, образуя нагар на стенках камеры сгорания и на днище поршня.

Давление впрыскивания – это давление топлива перед сопловым отверстием форсунки в момент впрыскивания топлива в камеру сгорания. С повышением давления впрыскивания увеличивается скорость истечения топлива и уменьшается средний диаметр капель.

ТА должна подавать топливо в камеру сгорания в определенный момент, это оказывает большое влияние на процесс воспламенения и сгорания топлива. От момента впрыскивания зависят некоторые показатели, к наиболее важным из них можно отнести: период задержки воспламенения, скорость нарастания давления, максимальное давление и полноту сгорания топлива.

Топливо, впрыскиваемое в камеру сгорания, должно сгорать в момент нахождения поршня близко к верхней мертвой точке (ВМТ), в этом случае

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

давление в камере сгорания наибольшее, а потери тепла, уходящего через стенки камеры, – наименьшее. Для обеспечения этого требования продолжительность подачи топлива должна быть минимальной, а количество впрыскиваемого топлива – постоянным, также топливо должно впрыскиваться с некоторым опережением, за 14..25 градусов до ВМТ поршня, на номинальном режиме двигателя. Уменьшение угла опережения впрыскивания топлива снижает жесткость работы двигателя.

ТА должна обеспечивать равномерную подачу топлива во все цилиндры двигателя для обеспечения устойчивой работы двигателя на различных режимах.

Обеспечение качества распыливания топлива является немаловажным показателем ТА, оно определяется тонкостью распыливания, однородностью, дальнобойностью и углом конуса струи.

Тонкость распыливания оценивается средним диаметром капель распыленного топлива в камере сгорания. В каждой единице объема сжатого воздуха должно содержаться одинаковое количество как можно более мелких частиц впрыскиваемого топлива. Чем меньше диаметр распыленного топлива, тем тоньше распыливание.

Однородность распыливания характеризуется пределами изменения диаметра капель, чем меньше разница между наибольшим и наименьшим диаметром капель в струе, тем однороднее распыливание.

Дальнобойностью струи называется глубина проникновения конца струи в толщину воздуха, в зависимости от времени. Дальнобойность струи топлива зависит от давления впрыскивания, подачи топлива и быстроходности дизеля.

Под углом конуса струи понимается угол между касательными к контуру струи, которые сходятся у сопла форсунки. Топливо, поступающее в цилиндр, должно равномерно распределяться по всему объему камеры сгорания. В противном случае в отдельных местах камеры сгорания будет недостаток кислорода, а в других – его избыток. Таким образом, часть несгоревшего топлива будет

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

выброшена вместе с отработавшими газами, что приведет к снижению экономичности дизеля[1].

С учетом выше перечисленных требований к топливной аппаратуре транспортного средства специального назначения было составлено техническое задание на изготовление топливной аппаратуры. Содержание составленного технического задания изложено ниже.

ТА предназначена для непосредственной подачи топлива с регулируемым давлением впрыска, системой электронного управления количеством и продолжительностью впрысков в камеру сгорания дизеля.

Система управления топливоподачей дизеля должна обеспечивать управление электромагнитными форсунками при запуске, работе и остановке двигателя. Она должна взаимодействовать с регулятором производительности насоса высокого давления и регулятором – ограничителем давления в гидравлическом аккумуляторе (ГА). Система управления должна осуществлять управление крутящим моментом и частотой вращения коленчатого вала двигателя, передачу рабочих параметров и диагностических данных для автоматической системы технической диагностики или ее имитатора, посредством информационно-логического взаимодействия по цифровому каналу связи CAN между блоком управления двигателем (БУД), блоком пуска двигателя и пультом управления (ПУ).

ТА устанавливаемая на транспортные средства специального назначения должна соответствовать климатическим факторам внешней среды исполнения «О» (общеклиматическое) ГОСТ 15150 категория 2.1.

Применение системы управления и ТА в целом в составе двигателя должно быть обеспечено при температуре окружающего воздуха от минус 50°С до плюс 50°С и на высоте не менее 4650 м над уровнем моря [10].

Система управления ТА двигателя не должна создавать промышленных радиопомех, превышающих нормы, установленные в ГОСТ В 25803 (кривая I) [11] и низкочастотных помех по ГОСТ В 21999 [12].

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

ТА должна допускать обработку дегазирующими и полидегазирующими растворами при условии предотвращения в составе транспортного средства возможности попадания рабочих растворов в системы питания воздухом, выпуска отработавших газов, смазки, топливоподачи.

К общим требованиям, предъявляемым к конструкции элементов можно отнести необходимость обеспечения герметичного подсоединения жгута управления, что позволит осуществлять мойку работающего двигателя.

Блок управления двигателем, предназначенный для преобразования и обработки первичной информации, поступающей от датчиков, реализации алгоритмов управления и диагностики составляющих компонентов системы управления, должен обеспечивать управление форсунками.

БУД должен обеспечивать управление крутящим моментом и частотой вращения коленчатого вала двигателя по заданию стендового оборудования. Передавать информацию о техническом состоянии системы управления, текущих значениях рабочих параметров двигателя, времени наработки двигателя и самой системы управления двигателем.

Система управления должна автоматически управлять подачей топлива при запуске двигателя или прекращать подачу топлива в цилиндры двигателя по команде от ПУ по цифровому каналу связи. Контролировать температуры и сигнализацию предельно допустимой температуры охлаждающей жидкости, температуры отработавших газов двигателя. Автоматически останавливать двигатель при предельном давлении.

БУД должен обеспечивать регистрацию в энергозависимой памяти работы двигателя при аварийных значениях параметров работы двигателя и передачу этой информации в ПУ для отметки в электронном формуляре (функция «черный ящик»).

Датчики должны обеспечивать нормированные сигналы для работы в составе системы управления.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Жгуты соединения проводов должны соответствовать требованиям ГОСТ 23544 [13]. Провода для жгутов должны соответствовать требованиям ГОСТ 9751 [14]. Жгут должен соответствовать нормам электромагнитной совместимости, комплектоваться разъемами типа «М» в соответствии с ОСТ 37.003.032 [15].

Блок управления, в совместной работе с пультом управления и блоком пуска двигателя, должен запускать двигатель при температуре окружающего воздуха от плюс 40°C до плюс 60°C, от минус 40°C до минус 50°C, на высоте над уровнем моря от 1000 до 4650 м, при преодолении водной преграды глубиной 5 м без затопления двигателя [10].

Блок управления, в совместной работе с пультом управления, должен обеспечивать надежный пуск двигателя:

- при температуре окружающего воздуха, охлаждающей жидкости, масла, топлива 278 К (плюс 5°C) без применения средств облегчения пуска, без предпускового подогрева;
- при температуре окружающего воздуха, охлаждающей жидкости, масла, топлива 253 К (минус 20°C) с применением средств облегчения пуска, без предпускового подогрева;
- при температуре окружающего воздуха, охлаждающей жидкости, масла, топлива 248 К (минус 25°C) с применением средств облегчения пуска, на масле с вязкостно-температурной характеристикой не хуже масла М-8Г₂ без предпускового подогрева.

Система управления двигателем (СУД) должна обеспечивать работу двигателя на резервном топливе, сто должно обеспечиваться включением тумблера резервного вида топлива.

Система управления должна обеспечивать высотную и температурную коррекцию.

СУД должна быть стойкой к электромагнитным излучениям

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

естественного и искусственного происхождения и соответствовать требованиям ГОСТ РВ 20.39.308 [16], должна быть защищена от радиоэлектронного воздействия. Соответствовать требованиям воздействия внешних факторов учетом экранирующего влияния корпуса транспортного средства. По стойкости, прочности и устойчивости к воздействию факторов система управления должна соответствовать требованиям ГОСТ РВ 20.39.305 не ниже 1 класса группы 1.3 и ГОСТ РВ 20.39.308 с учетом экранирующего влияния корпуса транспортного средства [16].

Система управления должна допускать обработку дегазирующими и полидегазирующими растворами при условии предотвращения в составе транспортного средства возможности попадания рабочих растворов в системы питания воздухом, выпуска отработавших газов, смазки, топливоподачи.

Система управления должна выдерживать без потери работоспособности воздействия импульсов повышенного напряжения с амплитудой до 70 В длительностью до 3 мс, воздействия напряжения питания не менее 10 В в течение 15 с и должна быть защищена от воздействия напряжения обратной полярности 30 В в течение 1 мин.

Система управления должна сохранять работоспособность после восстановления обрыва цепи любого провода. Электрические соединения должны быть защищены от загрязнений, коррозии и увлажнений. Блоки и узлы системы управления должны иметь конструктивную защиту, предохраняющую от попарного замыкания выводов и каждого вывода на корпус. При нарушении и последующем восстановлении контакта в цепи любого вывода система должна быть работоспособна.

Системы автоматической системы технической диагностики и системы управления двигателем должны обеспечивать диагностику двигателя. Средства технического диагностирования двигателя должны обеспечивать передачу диагностической информации в автоматическую систему технической диагностики для обработки и хранения результатов в транспортном средстве.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Средства технического диагностирования двигателя совместно с автоматической системой технической диагностики должны обеспечивать:

- конструктивную и программную поддержку подключения внешних средств технического диагностирования;
- контроль работоспособности двигателя в режиме реального времени;
- сигнализацию о предотказных состояниях двигателя;
- глубину диагностирования основных сборочных единиц до конструктивно законченного функционального узла, восстанавливаемого (замена, регулировка, настройка) в условиях эксплуатации транспортного средства;
- выдачу рекомендаций по объему необходимых работ технического обслуживания и ремонта, а также о необходимости использования внешних средств технического диагностирования;
- возможность совместной работы с внешними диагностическими средствами для записи диагностических данных на внешние носители информации.

СУД должна предупреждать с помощью лампы диагностики о возникновении неисправности составляющих компонентов и о превышении заданных допустимых значений параметров двигателя, обеспечивать автоматический переход на резервное управление (через дублирующие подпрограммы с ограниченным числом регулируемых параметров) при выходе из строя каких-либо датчиков. Работоспособность систем сигнализации и защиты должна проверяться с помощью стендовых и имитационных устройств.

Блок управления двигателем, элементы электронного управления должны быть выполнены в пылегрязезащищенном исполнении. Все электросоединения, электроразъемы должны быть защищены от попадания пыли и влаги. Электроразъемы должны быть быстроразъемными. БУД должен быть взаимозаменяемым и не требовать регулировок при перестановке. Он должен быть выполнен

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

в едином блоке с системой охлаждения.

Материалы, применяемые в конструкции системы управления двигателем должны быть безопасными при хранении, транспортировке, служебном обращении и не должны выделять токсичных веществ под воздействием высоких температур при горении. Материалы должны быть стойкими к воздействию различных химических, горючих, смазочных веществ, применяемых при эксплуатации дизеля. Возгораемые материалы должны иметь поверхностную обработку, не поддерживающую горение и не способствующую распространению пламени от очага пожара.

В соответствии с техническими требованиями, представленными выше, фирмой Алтайский завод прецизионных изделий (АЗПИ) была изготовлена топливная аппаратура и комплект форсунок.

Фирмой АБИТ были изготовлены жгуты и блок управления двигателем с базовой прошивкой, которую необходимо оптимизировать, и калибровать до получения требуемых параметров двигателя.

2.2 Состав системы управления двигателем

Система управления топливоподающей системы аккумуляторного типа (рисунок 8) предназначена для непосредственной подачи топлива с регулируемым давлением впрыска, системой электронного управления количеством и продолжительностью впрыска в камеру сгорания дизеля и состоит из следующих компонентов:

- топливный насос высокого давления, снабженный регулятором давления и топливоподкачивающим насосом;
- гидравлические аккумуляторы левые и правые;
- топливопроводы секций, высокого и низкого давления;
- топливопроводы между гидравлическими аккумуляторами (для выравнивания давления);

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

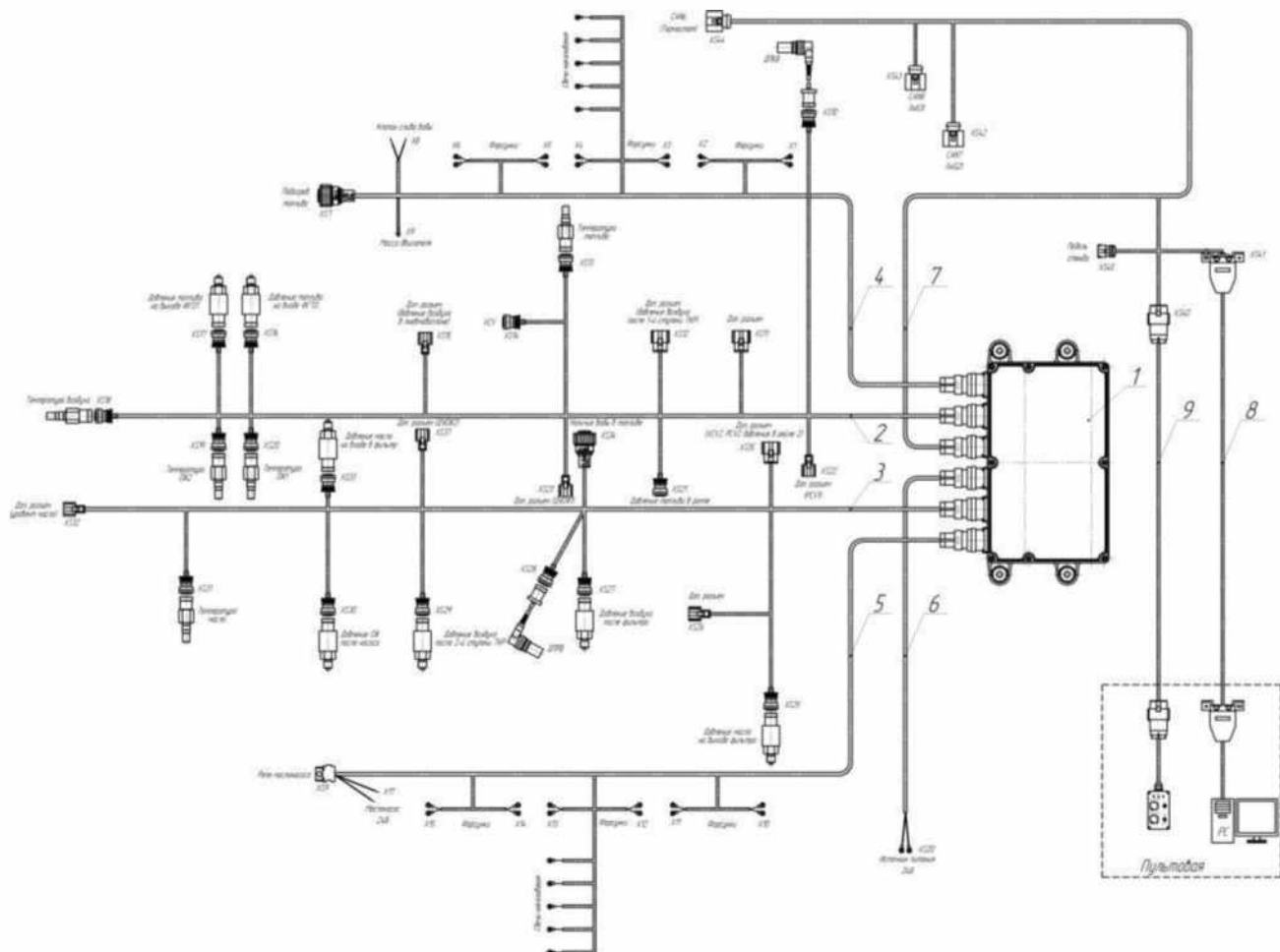


Рисунок 8 – Система управления двигателем:

1 – блок управления двигателем; 2 – жгут датчиков 1; 3 – жгут датчиков 2;
 4 – жгут исполнительных механизмов 1; 5 – жгут исполнительных механизмов
 2; 6 – жгут подсоединения к источнику питания; 7 – жгут управления; 8 – удли-
 нитель жгута диагностики; 9 – удлинитель пульта

- форсунки левого и правого полублоков;
- блок управления двигателем (рисунок 8 поз. 1);
- пульт управления двигателем (рисунок 8);
- жгут питания и управления 1 (рисунок 8 поз. 7);
- жгут датчиков 1 (рисунок 8 поз. 2);
- жгут датчиков 2 (рисунок 8 поз. 3);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

- жгут исполнительных механизмов левого полублока (рисунок 8 поз. 4);
- жгут исполнительных механизмов правого полублока (рисунок 8 поз. 5);
- прочие жгуты электронной системы управления двигателем;
- индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS10), измерительный диск;
- индуктивный датчик частоты вращения распределительного вала (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS28), измерительный диск;
- датчик абсолютного давления воздуха на впуске после 1-й ступени турбокомпрессора (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS12);
- датчик абсолютного давления воздуха на впуске после 2-й ступени турбокомпрессора (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS29);
- датчик давления топлива в левом гидравлическом аккумуляторе (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS21);
- датчик давления масла в главной масляной магистрали перед фильтром (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS33);
- датчик давления топлива в магистрали низкого давления перед фильтром тонкой очистки (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS16);
- датчик давления топлива в магистрали низкого давления после фильтра тонкой очистки (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS17);
- датчик абсолютного давления воздуха после воздушного фильтра, барометрическая (высотная) коррекция (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS27);

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

- датчик уровня масла в баке (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS32);
- датчик температуры масла в масляном баке (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS31);
- датчик температуры охлаждающей жидкости 1 на выходе из двигателя (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS20);
- датчик температуры охлаждающей жидкости 2 на выходе из двигателя (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS19);
- датчик температуры охлаждающей жидкости на выходе из двигателя дополнительного контура (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 поз. XS5:XS32);
- датчик температуры топлива в магистрали низкого давления после фильтра (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS13);
- датчик температуры отработавших газов (ОГ) правого полублока (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS5:XS26);
- датчик температуры ОГ левого полублока (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS2:XS11);
- датчик температуры БУД, входит в состав блока управления;
- датчик положения рычага задания оборотов (бесконтактный), первый канал подключен к пульту управления двигателем (ПУД);
- клемма «15», вкл./выкл. блока управления, общий БУД (сигнал клеммы «15» определяет состояние диагностики, необходим при смене программного обеспечения), глушение двигателя при неисправном CAN или кнопки «ПУСК/СТОП»;
- клапан производительности ТНВД;
- устройство управления перепуском ОГ через ТКР 1-й ступени (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS3:XS43);

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- устройство управления перепуском ОГ через ТКР 2-й ступени (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS3:XS42);
- устройство управления заслонкой термостата (черт. 23.04.02.2017.084.02.00 СБ поз. XS3:XS44);
- датчик положения педали акселератора (датчик входит в состав модуля педали газа, подключен к ПУД);
- кнопка «ПУСК/СТОП» (пуск и глушение двигателя);
- лампы диагностики режимов работы двигателя и состоянии системы управления двигателем.

Вывод по второму разделу:

Были разработаны технические требования, для топливной аппаратуры дизеля транспортного средства специального назначения, обеспечивающие работу в различных условиях окружающей среды, при большом перепаде температур. А также учитывающие их особенности в отсутствии ограничений по экологии и большие цикловые подачи.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИЗЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

3.1 Характеристики испытательного стенда

Стенд предназначен для проведения испытаний полноразмерных дизелей на режимах обусловленных соответствующими отраслевыми методиками и форсированных режимах.

Нагружающей машиной является гидродинамометр ДТ-2100 (рисунок 9), рассчитанный на нагружение двигателей мощностью от 400 до 2100 кВт, с максимально допустимым крутящим моментом до 15000 Н·м, частотой вращения вала до 4000 мин⁻¹.



Рисунок 9 – Гидродинамометр ДТ-2100

Общий вид стенда изображен на рисунке 10 (вид сверху).

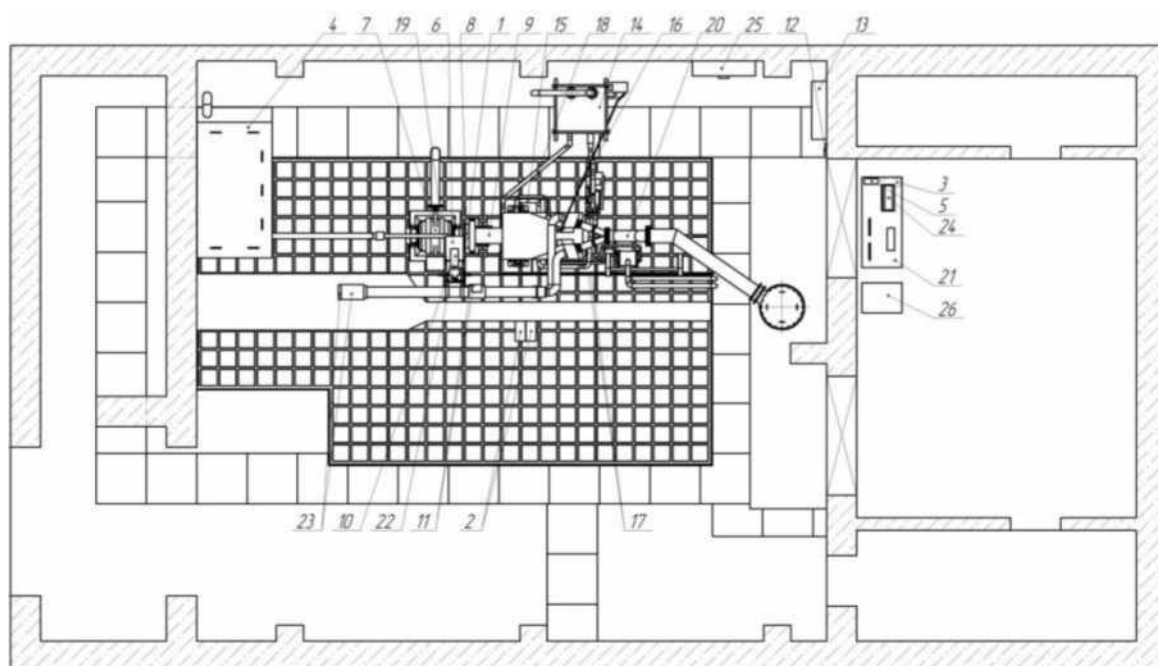


Рисунок 10 – Общий вид стенда (вид сверху):

1 – аварийный останков; 2 – аккумуляторные батареи; 3 – базовый блок NoGiba; 4 – бак гидродинамометра; 5 – блок бесперебойного питания; 6 – блок измерительных модулей; 7 – гидродинамометр ДТ-2100; 8 – демпфирующая муфта; 9 – защита вала; 10 – коммутатор для электронных цепей управления двигателем; 11 – комплект оборудования для измерения расхода воздуха; 12 – метеостанция; 13 – модуль измерения расхода топлива с кондиционированием; 14 – модуль кондиционирования охлаждающей жидкости; 15 – отвод охлаждающей жидкости из двигателя в кондиционер; 16 – паротвод; 17 – подача и отвод топлива; 18 – подача охлаждающей жидкости в двигатель из кондиционера; 19 – симулятор электронной педали газа; 20 – система выпуска отработавших газов; 21 – стол оператора; 22 – универсальная монтажная консоль; 23 – фильтр очистки воздуха; 24 – цифровой контроллер стенда; 25 – шкаф управления модуля кондиционирования охлаждающей жидкости; 26 – шкаф управления стендом с гидродинамометром

						23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			45

Стенд обеспечивает:

- установку двигателя в рабочее положение;
- снабжение его топливом, водой (охлаждающей жидкостью), воздухом, маслом и электропитанием;
- отвод отработавших продуктов;
- работу двигателя в заданных режимах;
- получение измерительной информации о параметрах двигателя.

Гидродинамометр имеет дистанционное управление из операторской, через цифровой контроллер, а также посредством специального программного обеспечения установленного на персональный компьютер. Охлаждается гидродинамометр отдельной системой охлаждения подающей охлаждающую жидкость из напорного бака, установленного в том же помещении на высоте 3,5 м. Максимальная температура охлаждающей жидкости на входе в динамометр не должна превышать 40°C, а на выходе – 50°C.

3.2 Характеристики двигателя

Двигатель представляет собой четырехтактный дизель, V-образный двенадцатицилиндровый, жидкостного охлаждения, с непосредственным впрыскиванием топлива в камеру сгорания, с топливной аппаратурой аккумуляторного типа, с газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха.

Дизель типа 12ЧН13/15 предназначен для использования в качестве силового агрегата транспортных средств специального назначения и инженерных машин на их базе.

Общий вид двигателя представлен на рисунке 11.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

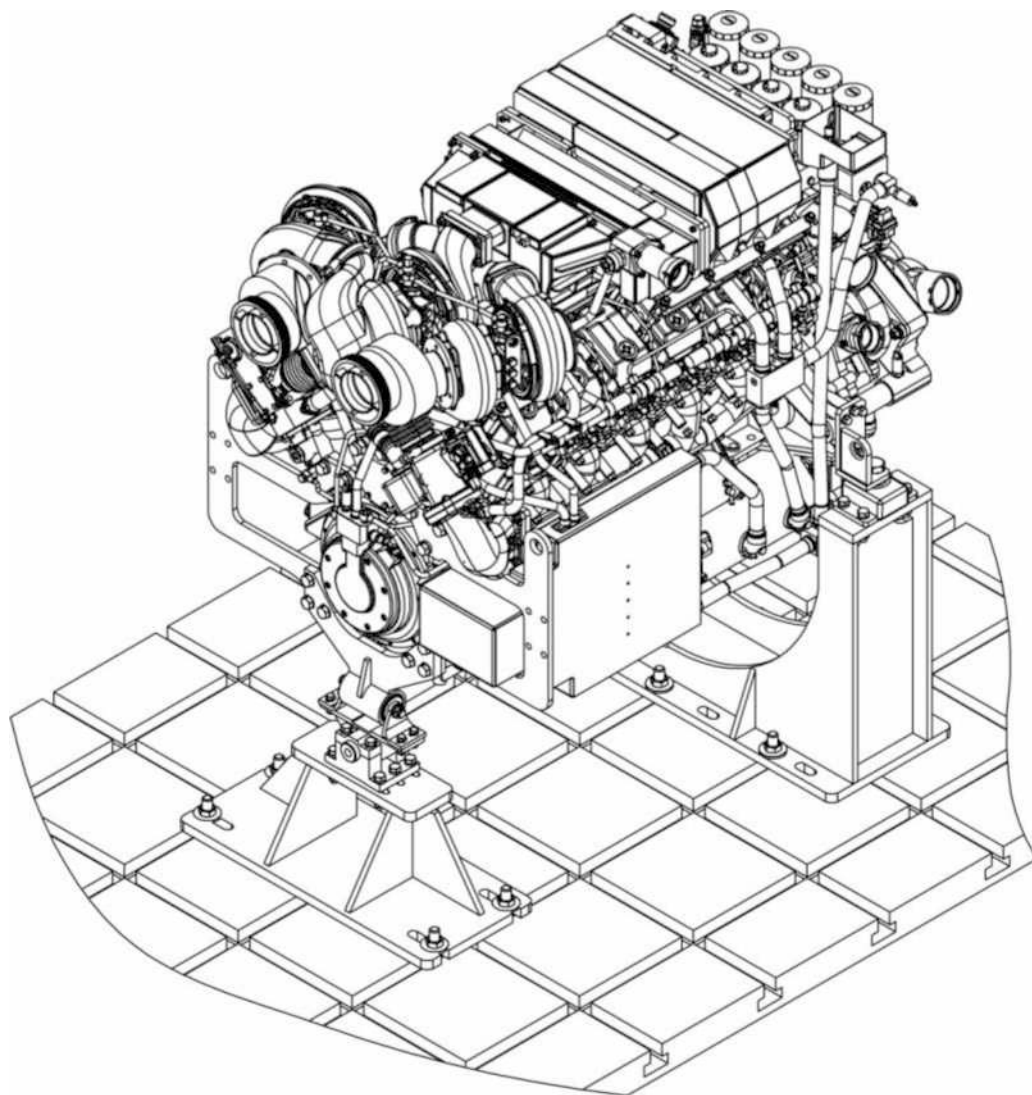


Рисунок 11 – Общий вид двигателя

3.3 Программа для оптимизации настройки блока управления

Для калибровки параметров двигателя требуется специальное программное обеспечение (ПО), обеспечивающее калибровку в реальном времени и расширенную диагностику электронных систем управления двигателем, такой программой является АКМ (изготовитель ООО АБИТ).

Универсальная система калибровки позволяет наблюдать и настраивать параметры калибруемой системы, обеспечивает автоматическую синхронизацию данных.

Основные особенности системы калибровки:

- поддерживает множество различных видов представления данных, как статических, так и динамически изменяющихся в процессе исполнения, в том числе трехмерное графическое представление сложных наборов данных;
- поддерживается концепция шаблонов, что позволяет мгновенно изменять способ графического отображения параметров;
- поддерживает различные уровни доступа к свойствам и параметрам системы, что позволяет создавать конфигурации для различных групп пользователей;
- поддерживаются несколько устройств в сети, параметры различных устройств могут объединяться для наблюдения за одним процессом;
- создает базу данных наблюдений, данные из базы можно объединять для математической обработки;
- создает базу данных параметров проекта, в которой сохраняется «история» каждого настраиваемого параметра;
- обеспечивает экспорт полученных данных для математической обработки в различных формах.

Система работает с параметрами в рамках проекта, представляющего собой совокупность описания структуры параметров, их логического объединения в группы, различных наборов данных для параметров. Выбор параметров для отображения производится одним нажатием мыши либо с клавиатуры.

В окне графического редактирования могут быть выбраны несколько параметров-векторов при условии, что у них соответствуют опорные сетки. Текущий активный параметр отображается выделенным цветом. При редактировании могут использоваться различные математические преобразования: кубические, линейные сплайны. Есть возможность «отмены» произведенных изменений.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Создание и выбор окон групп констант для редактирования производится одним нажатием мыши. Если не включен режим автосинхронизации, запись изменений производится одним нажатием. При редактировании для каждого параметра проверяются права доступа текущего пользователя.

Отображение редактируемого параметра-поверхности формируется с использованием библиотеки. Как и для всех остальных параметров, для параметров-поверхностей возможно как графическое, так и табличное редактирование.

Система позволяет выводить и записывать данные в режиме «осциллографа», есть возможность отмечания пути рабочей точки данных в различных окнах.

При редактировании поверхностей можно выбрать различные способы отображения (сплошная, сетка, срезы вдоль осей), цветовой заливки (однотонная, градиентная, спектр), различные масштабы и т.п. Участки поверхностей можно выделять и производить математические преобразования. Есть возможность «отмены» произведенных изменений.

Настройка способа отображения осуществляется либо индивидуально для каждого параметра, либо одновременно для всех с помощью шаблонов отображения. При редактировании поверхностей можно выбрать различные способы отображения (сплошная, сетка, срезы вдоль осей), цветовой заливки (однотонная, градиентная, спектр), масштабов и т.п.

3.4 Методика оптимизации

3.4.1 Критерий оптимизации

Критерием оптимизации алгоритма управления ЭБУ ТА аккумуляторного типа дизеля транспортного средства специального назначения является удельный эффективный расход топлива.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

3.4.2 Параметры оптимизации

К оптимизируемым параметрам относятся все параметры работы двигателя изменяемые и корректируемые при работе в программе-калибровщике, как без участия двигателя, так и при натурных испытаниях на стенде.

Основные параметры, оптимизируемые в процессе калибровки программы управления, перечислены ниже:

- заданный момент по положению педали;
- цикловая массовая топливоподача;
- угол опережения впрыска основной топливоподачи;
- угол опережения впрыска основной топливоподачи непрогретого двигателя;
- длительность импульса основного впрыска топлива;
- давление в рампе заданное;
- коррекция коэффициента объемного наполнения;
- предварительный впрыск топлива;
- угол опережения впрыска предварительного впрыска топлива;
- постподача топлива;
- угол опережения впрыска постподачи топлива.

Последние четыре параметра в совокупности могут обеспечить более тихую и мягкую работу двигателя и улучшить экологические показатели. Последнее не является требованием к транспортному средству специального назначения.

В свою очередь мягкость работы двигателя положительно скажется на ресурсе и понизит вероятность выхода из строя.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3.4.3 Ограничения

Основным ограничением при оптимизации алгоритма управления ЭБУ ТА дизеля является величина давления в цилиндре во время воспламенения топлива в цилиндре двигателя.

Во время проведения оптимизации алгоритма это ограничение контролировалась установкой датчика в цилиндре двигателя, позволяющего наблюдать пульсации давления в момент воспламенения топлива, в виде диаграммы.

Также ограничением является максимальное давление топлива, создаваемое ТНВД и подаваемое на рампу. Превышение максимума заданного заводом-изготовителем топливной аппаратуры может привести к разрушению топливной рампы.

Это ограничение контролировалось наличием датчика давления топлива в рампе, предусмотренного в топливной аппаратуре заводом-изготовителем, а также выводом показателей датчика в программе-калибровщике и заданием в ней максимального давления топлива в рампе при превышении которого открывается предохранительный клапан и сбрасывает давление, путем слива излишков через линию отвода топлива обратно в бак.

Вывод по третьему разделу:

Таким образом, разработана методика оптимизации алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой аккумуляторного типа, учитывающая особенности дизелей транспортных средств специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

4 ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ АККУМУЛЯТОРНОГО ТИПА

На рисунке 12 изображена общая структура вычисления и реализации топливоподачи, импульсов форсунок.

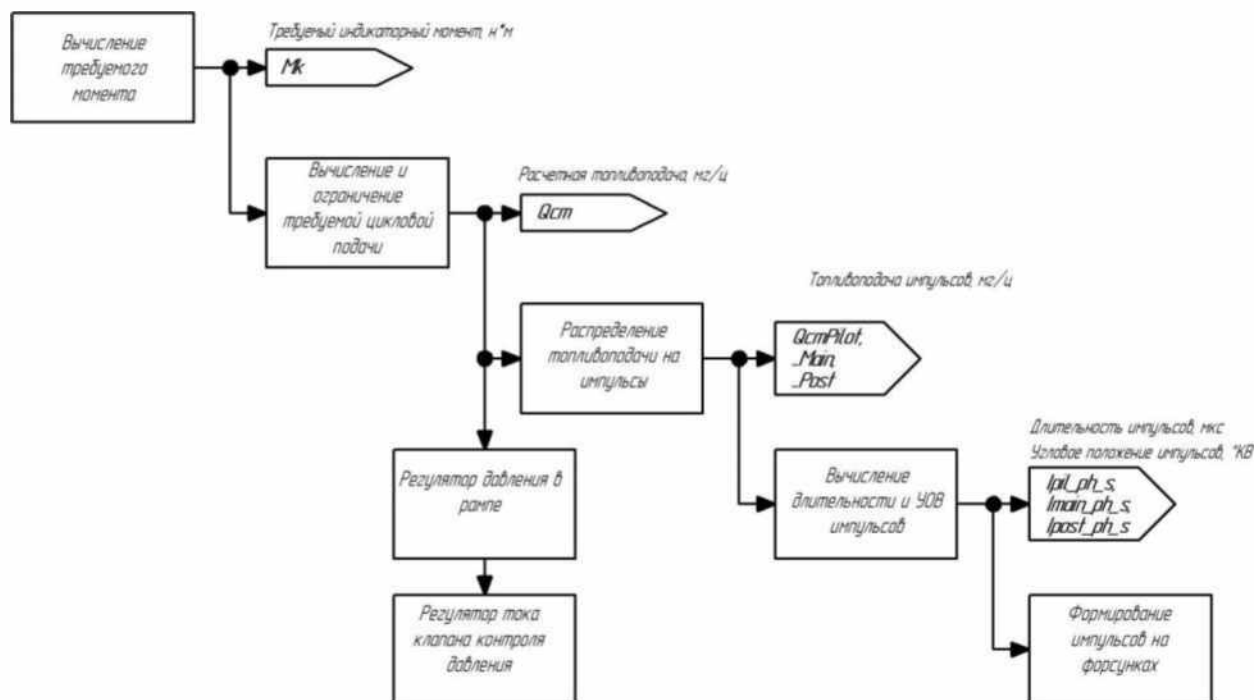


Рисунок 12 – Общая структура алгоритма вычисления управляющих воздействий на двигатель

Полная структура алгоритма вычисления управляющих воздействий изображена на демонстрационных листах.

Первой и основной поверхностью, которая была «отрисована», является поверхность S1 «Заданный момент по положению педали», ее значения используются программой для расчета топливоподачи. Конфигурация получившейся поверхности изображена на рисунке 13.

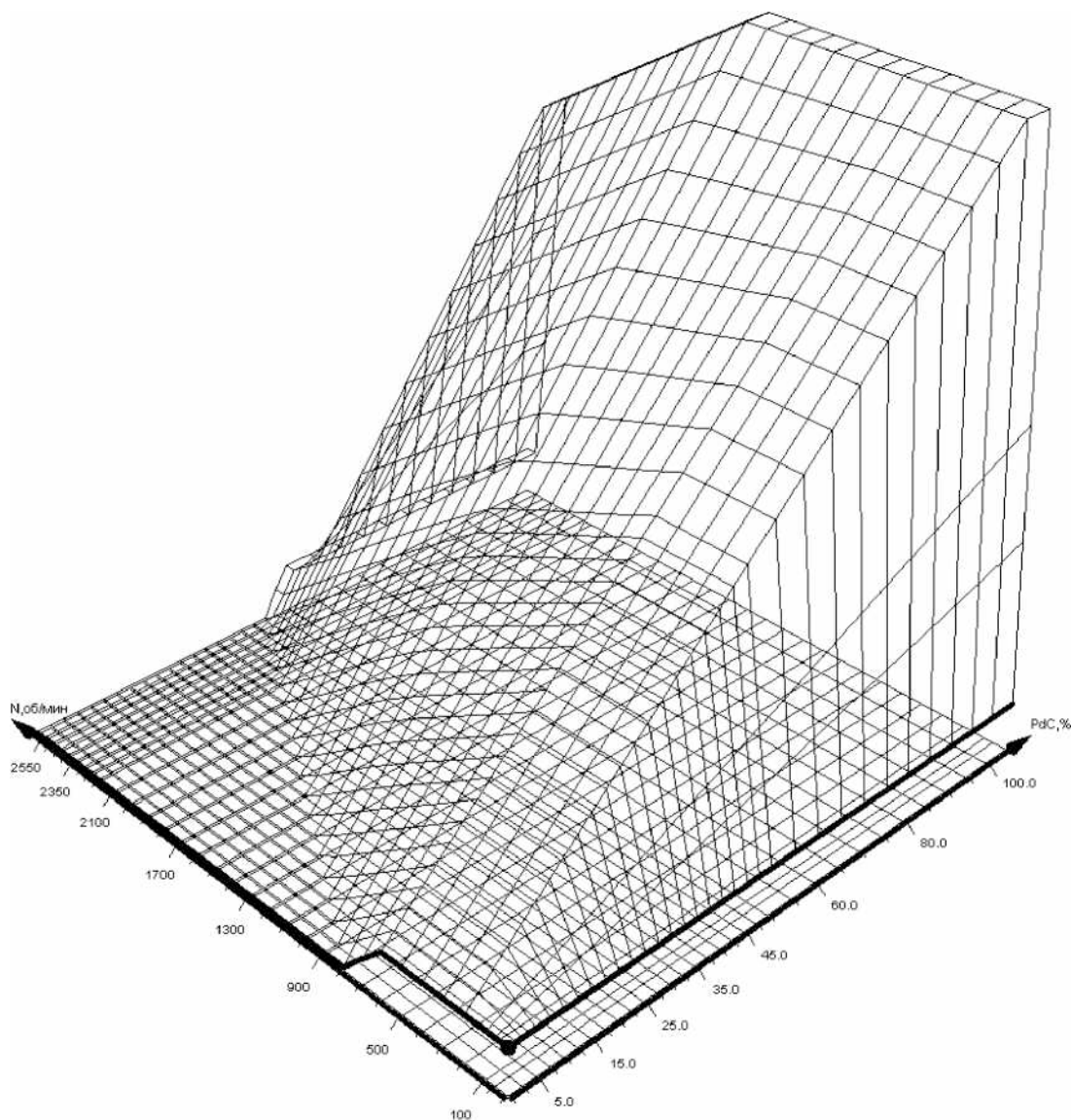


Рисунок 13 – Конфигурация поверхности S1
«Заданный момент по положению педали»

Табличные значения поверхности S1 «Заданный момент по положению педали» обуславливают взаимосвязь следующих параметров: частота вращения коленчатого вала двигателя в мин^{-1} , положение педали (дрессельной заслонки) в % и индикаторный момент двигателя в Н.м. Эта поверхность построена на основе данных, полученных от завода-изготовителя, она строится без участия двигателя.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР

Лист

53

На каждом рисунке имеется жирная точка, она показывает координаты так называемой «Рабочей точки». Во время работы двигателя эта точка перемещается по поверхности в зависимости от того на каком режиме работает двигатель.

Еще одной важной поверхностью, которая была построена до первого пуска двигателя является поверхность S53 «Механические потери двигателя» (рисунок 14), на которой взаимосвязаны такие параметры как: температура охлаждающей жидкости в °С, частота вращения коленчатого вала двигателя в мин⁻¹ и механические потери двигателя в Нм.

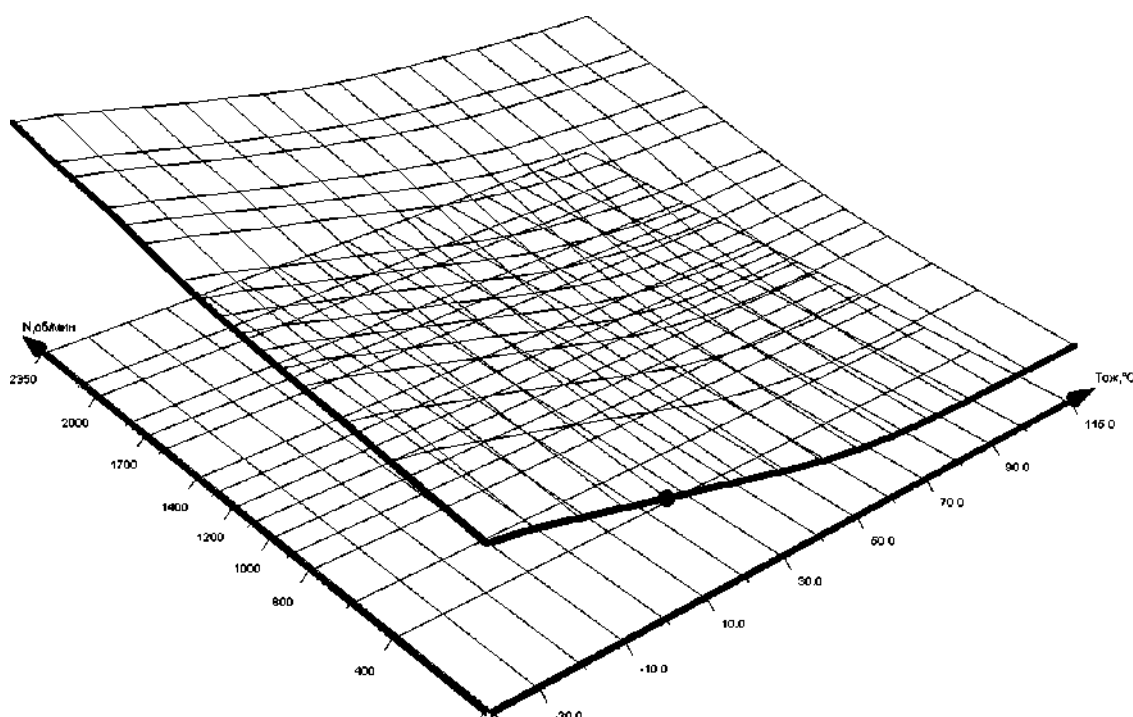


Рисунок 14 – Конфигурация поверхности S53
«Механические потери двигателя»

Эта поверхность строится, при отсутствии данных от завода-изготовителя, если есть машина для нагружения асинхронного типа имеющая возможность сама работать как двигатель. Также необходим кондиционер охлаждающей жидкости, работающий как подогреватель. При этом блок управления

двигателем отключается от аккумуляторных батарей (АКБ), охлаждающая жидкость прогревается до определенной температуры и асинхронная машина раскручивает двигатель с определенной частотой вращения коленчатого вала, полученные параметры момента механических потерь записываются в программу АКМ на поверхность S53 «Механические потери двигателя». Эти действия повторяются несколько раз с различными температурами (к примеру с шагом 10°C) и различной частотой вращения (к примеру с шагом 200 мин⁻¹). В результате получается хороший вид поверхности механических потерь.

При отсутствии подобной машины поверхность S52 «Механические потери двигателя» строится по данным предоставленным заводом-изготовителем.

Параметры данной поверхности используются программой при расчете индикаторного момента. При регулировке данной поверхности основным, задаваемым и регулируемым параметром, является крутящий момент механических потерь. Зависимость величин механических потерь (выраженная в крутящем моменте) поверхности S53 «Механические потери двигателя» была построена в соответствии с характеристиками двигателя, имеющего аналогичную кинематическую схему кривошипно-шатунного (КШМ) и газораспределительного механизмов (ГРМ).

Поверхность S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи» определяет зависимость следующих параметров: цикловая подача топлива в мг/цикл, частота вращения коленчатого вала двигателя в мин⁻¹ и угол опережения впрыска (УОВ) топлива в град. поворота коленчатого вала (ПКВ) двигателя. Регулируемым параметром является УОВ топлива.

Конфигурация поверхности S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи» показана на рисунке 15.

S52 «Давление в рампе заданное» определяет зависимость таких параметров как: цикловая подача топлива в мг/цикл, частота вращения коленчатого вала двигателя в мин⁻¹ и давление топлива в рампе в барах. Регулируемым параметром является давление топлива в рампе.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

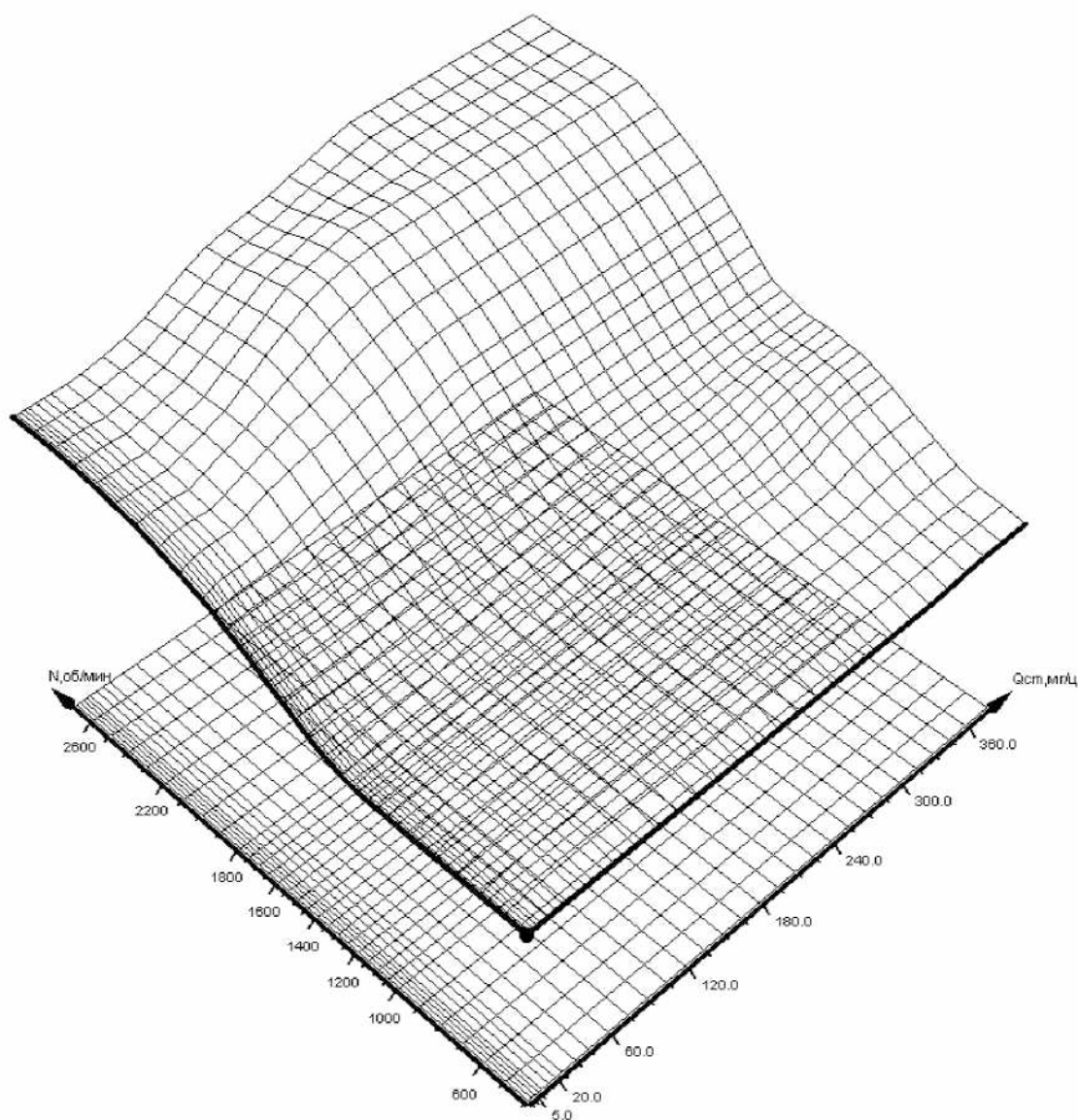


Рисунок 15 – Конфигурация поверхности S41
 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи»

Построена эта поверхность на основании данных о том, какое давление в рампе должно быть на определенном режиме работы двигателя. Поверхность S52 «Давление в рампе заданное» представлена на рисунке 16.

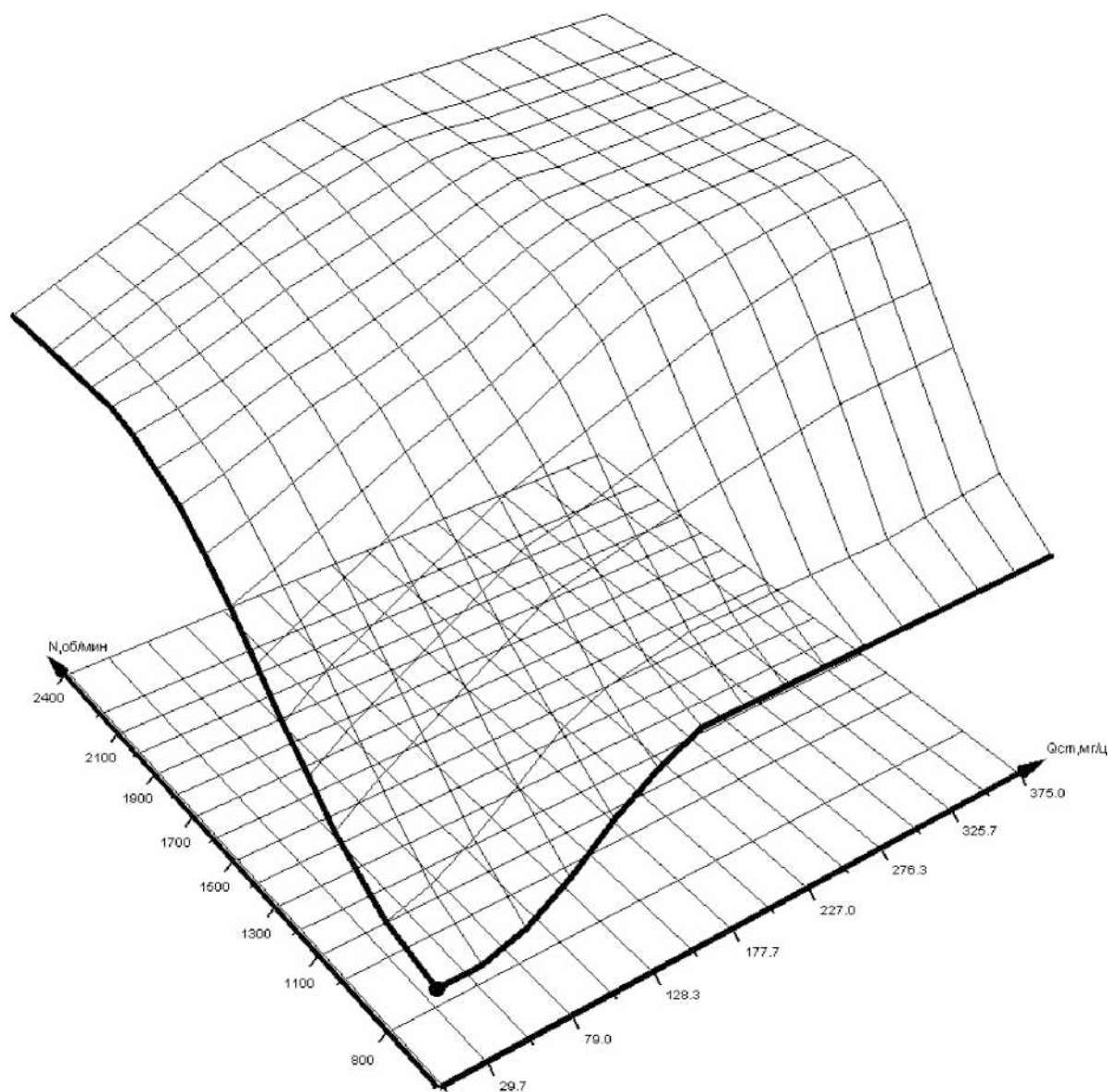


Рисунок 16 – Конфигурация поверхности S52
«Давление в рампе заданное»

При использовании предварительного впрыска топлива осуществляемого перед основным впрыском и пост впрыска осуществляемого после основного впрыска топлива, обеспечивающие лучшие экологические показатели, тогда строятся соответствующие поверхности S50 «Пилотная топливоподача» и S51 «Постподача топлива», а также относящиеся к ним S42 «УОВ пилотной топливоподачи» и S44 «УОВ постподачи топлива». При оптимизации программы

управления двигателя специального назначения экология не является приоритетной, поэтому эти поверхности не строятся, и не используется предварительный впрыск и постподача топлива.

Дальнейшая «отрисовка» поверхностей производилась на работающем двигателе с подключением блока управления к АКБ и синхронизации данных в программе и блоке управления, с предварительной записью данных построенных поверхностей и измененных данных без участия двигателя, в блок управления двигателем.

Первая поверхность, которая была построена это S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива», которая регулирует зависимость следующих параметров: цикловая подача топлива в $\text{мм}^3/\text{цикл}$, давление топлива в рампе в барах и длительность импульса в мкс (подаваемого сигнала на форсунку для открытия клапана и впрыска топлива в цилиндр). Регулируемым параметром является длительность сигнала открытия форсунки. В то же время реальная длительность открытия клапана форсунки не равна длительности импульса и зависит от конфигурации установленной форсунки.

Оптимизация поверхности S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» заключалась в изменении длительности импульса на впрыскивание топлива в цилиндры двигателя. Построение этой поверхности изначально осуществлялось в соответствии с характеристиками аналогичного двигателя, а дальше поверхность S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» была откорректирована на работающем двигателе.

Для проведения такой калибровки необходимо иметь расходомер топлива «проточного» типа, который сразу показывает часовой расход топлива, так как при оптимизации поверхности S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» сравнивается часовой расход топлива фактический и расчетный (программы-калибровщика). В результате фактический расход топлива должен совпасть с расчетным значением этого параметра на всех режимах работы двигателя.

						23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			58

Устанавливался режим «обороты/% открытия дросселя» на этом режиме стендовая система поддерживает заданную частоту вращения коленчатого вала двигателя и процент открытия дроссельной заслонки. Все манипуляции, проводимые в программе-калибровщике, изменения длительности импульса на впрыскивание топлива в цилиндр, воздействовали на изменение крутящего момента двигателя.

При выходе на определенную частоту вращения коленчатого вала двигателя, фиксировалось давление в рампе программными средствами, и проводилась корректировка длительности импульса следующим образом: при превышении реального расхода топлива двигателем, значение длительности сигнала корректировалось в меньшую сторону с целью обеспечить совпадение фактического расхода топлива с расчетным; в том случае, когда расчетное значение расхода топлива превышало фактическое, корректировка длительности сигнала происходила в сторону увеличения.

На заданном режиме работы двигателя программными средствами менялась величина давления в рампе двигателя и фиксировалась программными средствами. От наименее возможной, для стабильной работы двигателя (использовалось давление в 400 бар) до наибольшего значения (использовалось давление в 1800 бар).

Выше описанные манипуляции с поверхностью S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» повторялись на всех режимах работы двигателя до совпадения расчетного и фактического расхода топлива с минимальным отклонением.

Получившаяся в результате поверхность S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» показана на рисунке 17.

После проведения оптимизации следующих поверхностей проводилась проверка и дополнительная корректировка данной поверхности при обнаружении несоответствия расчетного и фактического значения расхода топлива.

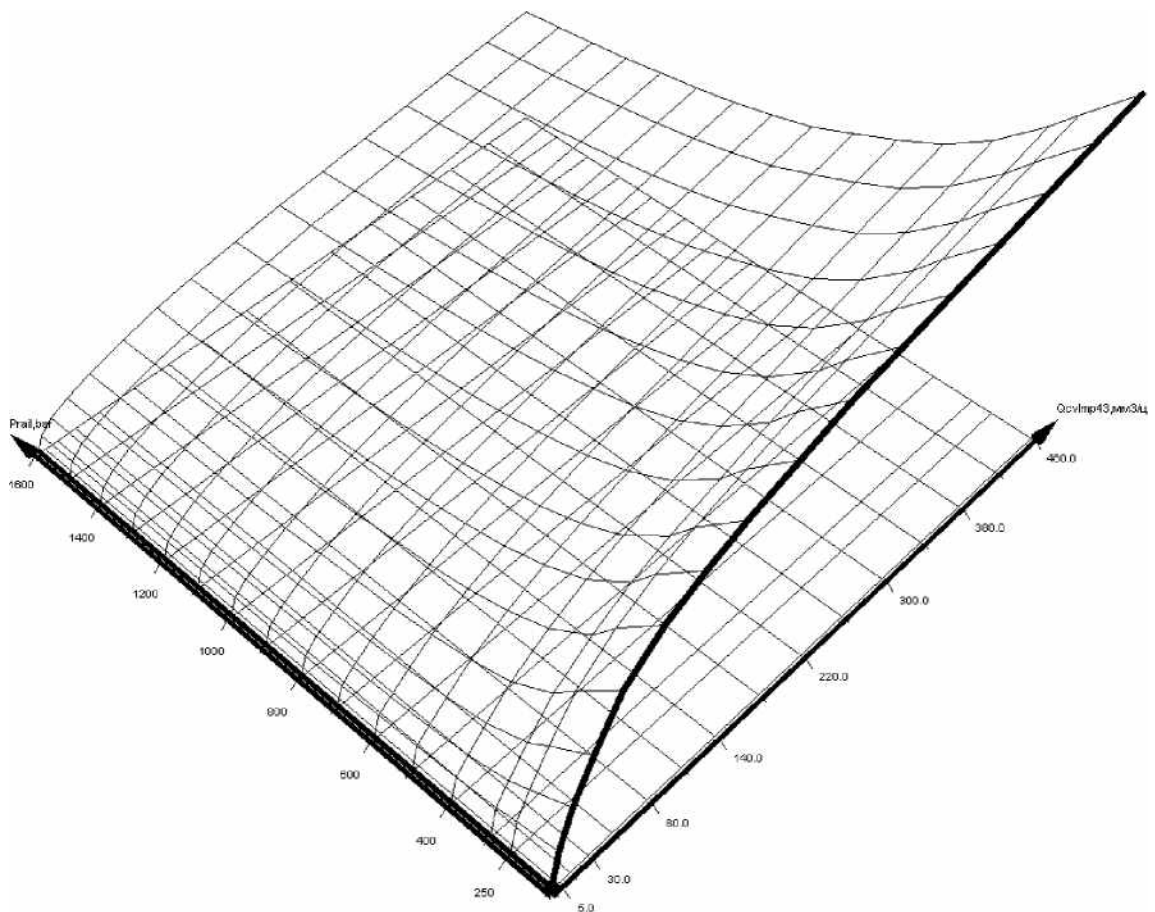


Рисунок 17 – Конфигурация поверхности S43
«Длительность импульса основного впрыска топлива»

Поверхности S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи» и S52 «Давление в рампе заданное» корректировались после построения поверхности S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива» или вместе с ней во избежание превышения максимально допустимого давления сгорания топлива в цилиндре, заданного производителем двигателя и для достижения лучших показателей удельного эффективного расхода топлива, около 219 г/кВт·ч на режиме максимального момента и 265 г/кВт·ч – на режиме максимальной мощности.

После этого была проведена оптимизация поверхности S2 «Цикловая массовая топливоподача», которая регулирует зависимости следующих параметров:

индикаторный момент двигателя в Н·м, частоту вращения коленчатого вала двигателя в мин⁻¹ и цикловую массовую топливоподачу в мг/цикл. Этой поверхностью осуществлялась корректировка крутящего момента двигателя, то есть достижение совпадения расчетного и фактического значений крутящего момента двигателя, которые не совпадают после корректировки поверхностей S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива», S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи» и S52 «Давление в рампе заданное».

В результате получилась следующая конфигурация поверхности S2 «Цикловая массовая топливоподача», показанная на рисунке 18.

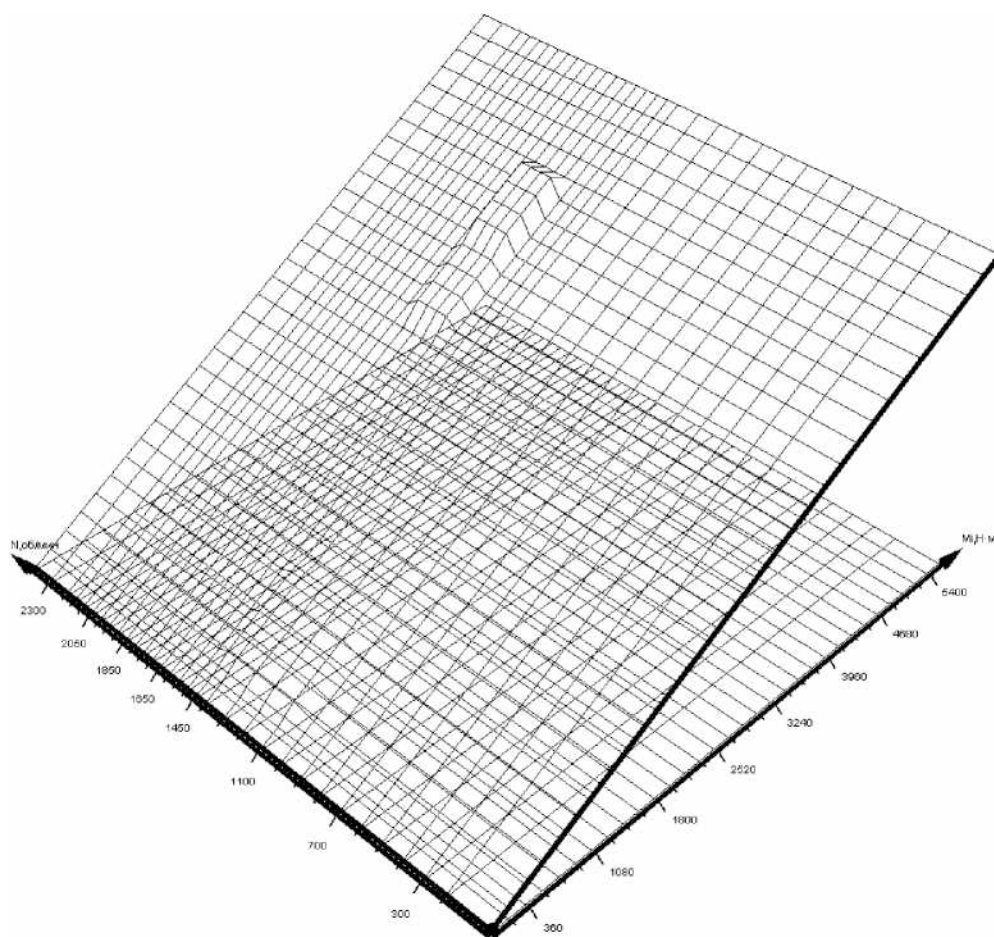


Рисунок 18 – Конфигурация поверхности S2
«Цикловая массовая топливоподача»

Поверхность S2 «Цикловая массовая топливоподача» имеет такую ровную конфигурацию, это связано с тем, что в самом начале работы были получены достоверные расчетные данные от завода изготовителя, по которым была построена точная поверхность S1 «Заданный момент по положению педали».

Вывод по четвертому разделу:

Таким образом, в соответствии с ранее разработанной методикой оптимизации алгоритма управления электронным блоком управления топливной аппаратурой и с учетом разработанных требований, был определен алгоритм оптимального управления дизеля транспортного средства специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Проведем сравнение характеристик двигателя на не откалиброванных поверхностях, построенных путем наклона прямой поверхности под углом с учетом минимального и максимального значений редактируемого параметра, с характеристиками того же двигателя с уже оптимизированной и настроенной программой управления двигателем.

Построение не калиброванных поверхностей под углом от минимального значения параметра до максимального, является простейшим построением этих поверхностей без использования двигателя и без проведения натурных испытаний. Не требующее затрат на обеспечение двигателя топливом, горюче-смазочными материалами и использование стенда нагружения и отслеживания параметров дизеля во время работы.

Сначала проведем сравнение поверхностей S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи». Не откалиброванная поверхность представлена на рисунке 19 а), откалиброванная – на рисунке 19 б).

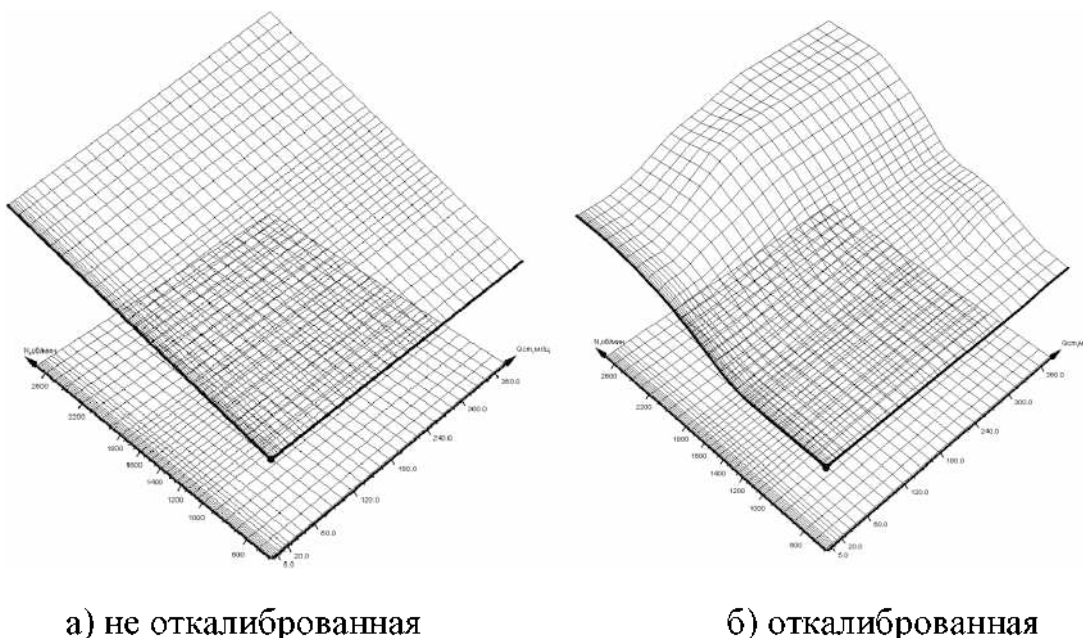
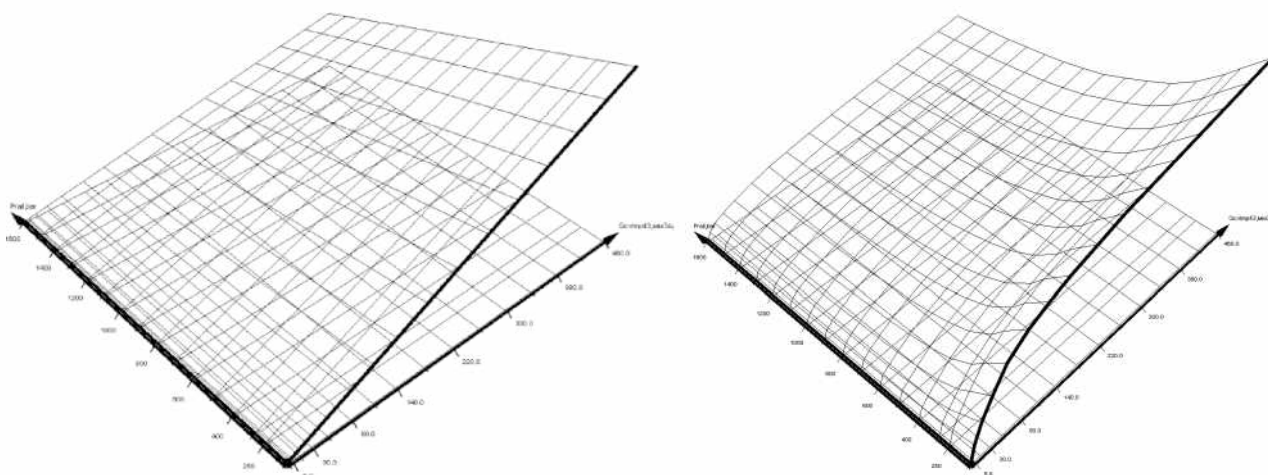


Рисунок 19 – Сравнение конфигурации поверхностей S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи»

Поверхность S41 «Угол опережения впрыска основной топливоподачи», имеет не линейную зависимость, так как на разных режимах работы форсунки имеют различную задержку открытия клапана, это зависит, в том числе от рабочей температуры, которая повышается при увеличении числа оборотов и повышении крутящего момента. В то же время в некоторых случаях при сильном увеличении УОВ начинает расти давление в цилиндре и улучшается удельный эффективный расход топлива. Таким образом, необходимо не превысить максимальную величину давления в цилиндре двигателя, установленную заводом-изготовителем и обеспечить наилучший удельный эффективный расход топлива на различных режимах работы.

Следующими сравниваемыми поверхностями будут S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива», они показаны на рисунке 20 а) с не откалиброванной и 20 б) с откалиброванной конфигурацией.



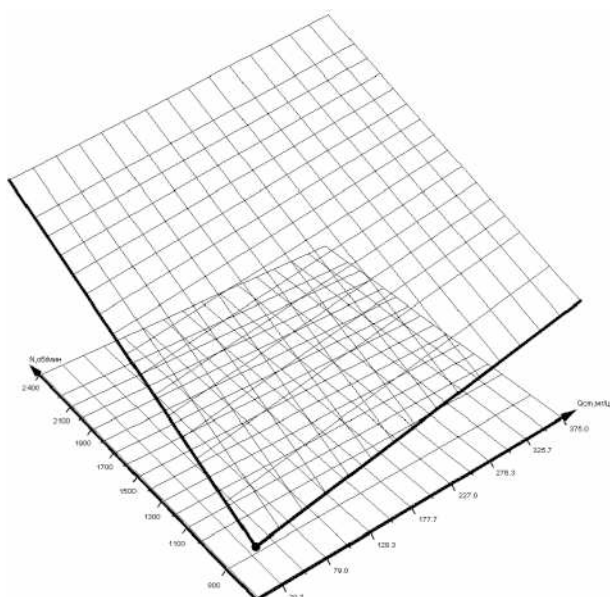
а) не откалиброванная

б) откалиброванная

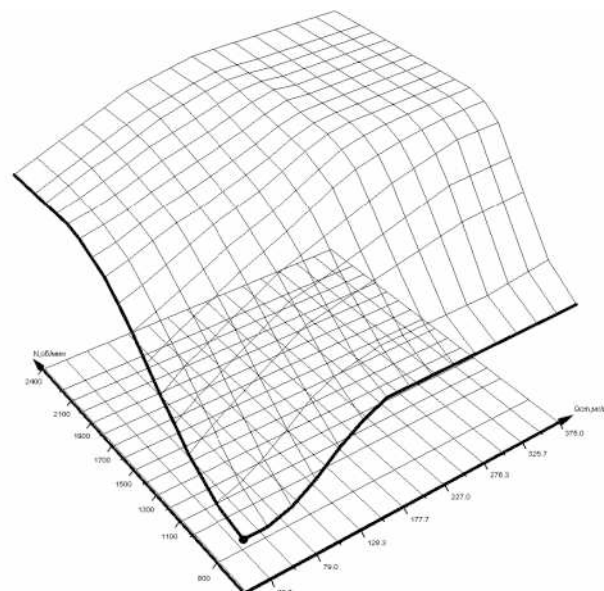
Рисунок 20 – Сравнение конфигурации поверхностей S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива»

Поверхность S43 «Длительность импульса основного впрыска топлива», так же зависит от задержек открытия клапана форсунки, чем выше задержки открытия, тем длиннее требуется сигнал на открытие клапана форсунки и

больше давление (рисунок 21 а) – не откалиброванная и б) – откалиброванная поверхность S52 «Давление в рампе заданное») для впрыскивания нужного количества топлива в цилиндры двигателя.



а) не откалиброванная



б) откалиброванная

Рисунок 21 – Сравнение конфигурации поверхностей S52 «Давление в рампе заданное»

Поверхность S52 «Давление в рампе заданное», чем больше давление, тем большее количество мелко распыленного топлива впрыскивается в цилиндр, а значит, при его сгорании выделяется большее количество энергии. На малых оборотах в цилиндры поступает малое количество свежего заряда, следовательно, не требуется высокое давление впрыскиваемого топлива. Так же при высоком давлении потребуются малая продолжительность открытия клапана форсунки. При больших задержках открытия и закрытия клапана форсунки может произойти так, что клапан форсунки не будет успевать закрыться до следующего (очередного) сигнала на открытие и, таким образом, форсунка будет «лить» без остановки, что в свою очередь ухудшит показатели экономичности двигателя.

Поверхность S2 «Цикловая массовая топливоподача» показана на рисунках 22а) – не откалиброванная и б) – откалиброванная поверхность.

Эти поверхности не сильно отличаются, так как в самом начале работы, по данным завода-изготовителя была достаточно точно построена поверхность S1 «Заданный момент по положению педали».

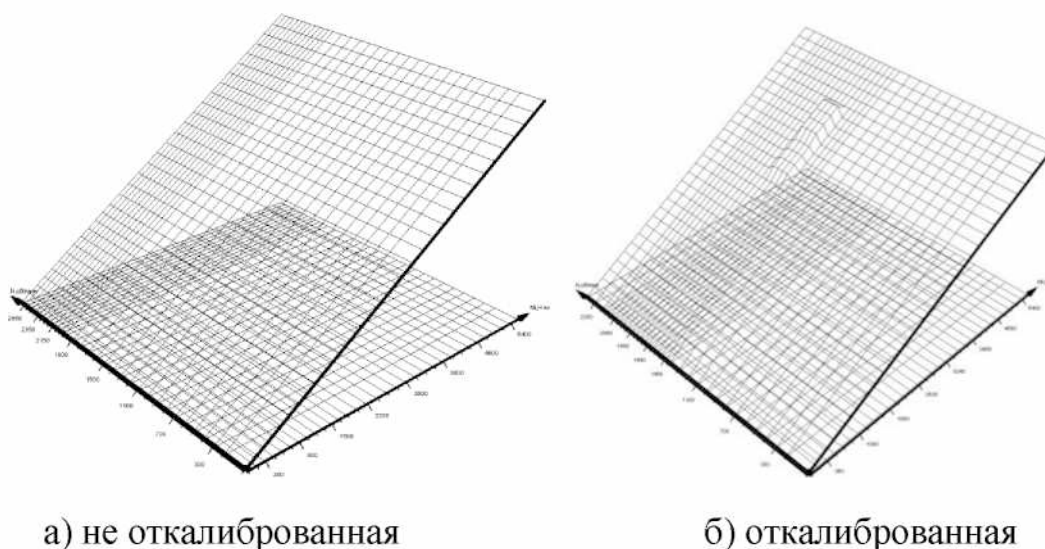


Рисунок 22 – Сравнение конфигурации поверхностей S2 «Цикловая массовая топливоподача»

Поверхности S1 «Заданный момент по положению педали» и S53 «Механические потери двигателя» мы рассматривать не будем, так как они строятся без участия двигателя, то есть без проведения натурных испытаний, при помощи данных, полученных от завода-изготовителя.

Вывод по пятому разделу:

Сравнение показало, что оптимизированный алгоритм управления электронного блока управления топливной аппаратурой дизеля позволяет повысить топливную экономичность более чем в 1,5 раза, за счет изменения давления впрыскиваемого топлива, на различных режимах работы дизеля добиваясь оптимальных результатов, по сравнению с не откалиброванной программой

не откалиброванной программой управления электронным блоком управления.

В результате оптимизации алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой дизель выходит на заданные заводом-изготовителем режимы максимальной мощности и максимального момента, чего не получается сделать на не откалиброванных поверхностях. С не оптимизированной программой управления дизель доходит лишь до 50 % от максимальной мощности при 100 % открытия дроссельной заслонки, при этом наблюдается ухудшение рабочего процесса.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы получены следующие результаты:

1 Выполнен анализ особенностей систем топливоподачи дизелей транспортных средств специального назначения, который показал, что они характеризуются отсутствием ограничений в плане экологии, что позволяет достичь лучших результатов топливной экономичности без потери мощности.

Также дизели транспортных средств специального назначения имеют высокую цикловую подачу, что приводит к увеличению продолжительности процесса впрыска топлива в цилиндры или требуется увеличивать диаметры сопел форсунки. Оба варианта ухудшают рабочий процесс.

В настоящей ВКР это решается путем оптимизации алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой аккумуляторного типа, позволяющей легко изменять параметры угла опережения впрыска, длительности импульса на впрыск и давления топлива нагнетаемого в рампу под высоким давлением (свыше 1800 бар).

2 Разработаны общие технические требования для топливной аппаратуры дизеля транспортного средства специального назначения, обеспечивающие работу в различных условиях окружающей среды, при большом перепаде температур. А также учитывающие их особенности в отсутствии ограничений по экологии и большие цикловые подачи.

3 Разработана методика оптимизации алгоритма управления электронного блока управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа с учетом особенностей дизеля транспортного средства специального назначения заключающимися в отсутствии требований к экологии и наличие высоких цикловых подач.

4 Выполнена оптимизация алгоритма управления в соответствии с разработанной методикой оптимизации алгоритма управления электронным

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

управления топливной аппаратурой и с учетом разработанных требований, был определен алгоритм оптимального управления дизеля транспортного средства специального назначения.

5 Проведена оценка эффективности разработанных технических решений, в результате чего сравнение показало, что оптимизированный алгоритм управления электронного блока управления топливной аппаратурой дизеля позволяет повысить топливную экономичность 20 г/кВтч, за счет изменения давления и длительности импульса на впрыскивание топлива, на различных режимах работы дизеля добиваясь оптимальных результатов, по сравнению с не откалиброванной программой управления электронным блоком управления.

В результате оптимизации алгоритма управления ЭБУ топливной аппаратурой дизель выходит на заданные заводом-изготовителем режимы максимальной мощности и максимального момента, чего не получается сделать на не откалиброванных поверхностях. С не оптимизированной программой управления дизель доходит лишь до 50 % от максимальной мощности при 100 % открытия дроссельной заслонки, при этом наблюдается ухудшение рабочего процесса.

Результаты выпускной квалификационной работы были внедрены на ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК». Оптимизированная программа управления электронным блоком управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа применяется на опытном дизеле для транспортного средства специального назначения.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков// – М.: Легион-Автодата, 2004. – 342 с.

2 Common Rail и другие виды топливных систем дизельного двигателя–
Режим доступа: <http://www.hyundai-hmc.ru/common-rail-i-drugie-vidy-toplivnyh-sistem/>. – 13.05.2017.

3 Топливный насос высокого давления – Режим доступа:
http://systemsauto.ru/feeding/injection_pump.html. – 13.05.2017.

4 Топливный насос высокого давления: виды, устройство, принцип работы –
Режим доступа: http://www.auto-infosite.ru/articles_toplivnyj_nasos_vysokogo_davleniya.html. – 13.05.2017

5 Устройство топливного насоса высокого давления – Режим доступа:
<http://autoleek.ru/sistemy-dvigatelja/toplivnaja-sistema/ustrojstvo-tnvd.html>. – 13.05.2017.

6 Схема распределительного ТНВД с внешним расположением профилей кулачка – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/dizel-naya-toplivnaya-apparatura/toplivnye-sistemy-raspredelitelnogo-tipa/>. – 13.05.2017.

7 Насос-форсунка – устройство и принцип работы – Режим доступа:
http://www.auto-infosite.ru/articles_nasos_forsunka_ustrojstvo_i_princip_raboty.html. – 13.05.2017.

8 Система питания дизельного двигателя насос-форсункой – Режим доступа:
http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/60-dizel_2_nasos_forsunka/. – 13.05.2017.

9 Работа форсунки системы типа Common Rail – Режим доступа:
<http://dizelist.ru/index.php/toplivnaya-apparatura/27-common-rail/53--rabota-forsunki-sistemy-common-rail>. – 13.05.2017.

10 ГОСТ 15150-71 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Изд-во стандартов, 1971. – 72 с.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

11 ГОСТ В 25803-91 Радиопомехи промышленные от оборудования и объектов военного назначения. Нормы и методы испытаний.– М.: Изд-во стандартов, 1991. – 56 с.

12 ГОСТ В 21999-86 Системы электроснабжения военных гусеничных машин. Нормы качества электрической энергии и методы контроля. – М.: Изд-во стандартов, 1986 – 48 с.

13 ГОСТ 23544-84 Жгуты проводов для автотракторного электрооборудования. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 19 с.

14 ГОСТ 9751-61 Провода автотракторные низкого напряжения с полихлорвиниловой изоляцией. – М.: Изд-во стандартов, 1961. – 6 с.

15 ОСТ 37.003.032-88 Соединители электрические разъемные для изделий автотракторного электрооборудования, автоэлектроники и жгутов проводов. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 120с.

16 ГОСТ РВ 20.39.308-76 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Конструктивно-технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 37 с.

					23.04.02.2017.084.00.00.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			23.04.02.2017.084.01.00 ГБ	Габаритный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	23.04.02.2017.084.01.01	Аварийный останов	1	
		2	23.04.02.2017.084.01.02	Аккумуляторные батареи	2	
		3	23.04.02.2017.084.01.03	Базовый блок Horiga	1	
		4	23.04.02.2017.084.01.04	Бак гидродинамометра	1	
		5	23.04.02.2017.084.01.05	Блок бесперебойного питания	1	
		6	23.04.02.2017.084.01.06	Блок измерительных модулей	1	
		7	23.04.02.2017.084.01.07	Гидродинамометр ДТ-2100	1	
		8	23.04.02.2017.084.01.08	Демпфирующая муфта	1	
		9	23.04.02.2017.084.01.09	Защита вала	1	
		10	23.04.02.2017.084.01.10	Коммутатор для электронных	1	
				цепей управления двигателем		
		11	23.04.02.2017.084.01.11	Комплект оборуд. для измерения	2	
				расхода воздуха		
		12	23.04.02.2017.084.01.12	Метеостанция	1	
		13	23.04.02.2017.084.01.13	Модуль измерения расхода топлива	1	
				с кондиционированием		
		14	23.04.02.2017.084.01.14	Модуль кондиционирования	1	
				охлаждающей жидкости		
		15	23.04.02.2017.084.01.15	Отвод охл. жидкости из двигателя	1	
				в кондиционер		
		16	23.04.02.2017.084.01.16	Пароотвод	1	

23.04.02.2017.084.01.00

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Грабец		
Проб.		Малоземов		
Н.контр.		Дуюн		
Утв.		Бондарь		

Общий вид стенда

Лит.	Лист	Листов
Д	1	2
ЮУрГУ Кафедра КГМ		

