

Министерство образования и науки Российской Федерации

Общество с ограниченной ответственностью «ТрансСенсор»

УДК 621.436

№ госрегистрации 115092507241

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «ТрансСенсор»

\_\_\_\_\_ А.Н. Печенкин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016г.

ОТЧЕТ

О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Разработка систем управления, адаптация датчиков и исполнительных механизмов топливной аппаратуры с перспективными техническими показателями

по теме:

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БЕЗМОТОРНОМ СТЕНДЕ ДЛЯ ОТЛАДКИ ЕЕ АЛГОРИТМОВ; ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БЕЗМОТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ; РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРОЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БЕЗМОТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям

развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

Соглашение о предоставлении субсидии от 27.07.2015 г. №14.579.21.0095

Научный руководитель работ,

доцент, к.т.н.

\_\_\_\_\_

А.А. Кудрявцев

(подпись, дата)

Москва 2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель работ, канд. техн. наук \_\_\_\_\_  
подпись А.А. Кудрявцев  
(введение, раздел 2)

Исполнители:

заместитель генерального директора, канд. техн. наук \_\_\_\_\_  
подпись А.М. Байтулаев  
(заклучение, раздел 2)

начальник научно-исследовательского отдела, д.т.н. \_\_\_\_\_  
подпись А.Г. Кузнецов  
(разделы 1,3)

старший научный сотрудник, д.т.н. \_\_\_\_\_  
подпись В.А. Марков  
(раздел 3)

научный сотрудник, канд. техн. наук. \_\_\_\_\_  
подпись А.С. Голосов  
(раздел 1)

ведущий инженер \_\_\_\_\_  
подпись С.В. Харитонов  
(раздел 1, 2)

ведущий инженер \_\_\_\_\_  
подпись Д.С. Ворнычев  
(раздел 1,3)

инженер \_\_\_\_\_  
подпись Е.А. Вьюшин  
(раздел 1)

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
подпись А.Н. Башмаков

## Реферат

Отчёт содержит 37 страниц, 1 часть, 27 рисунков.

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ИСПЫТАНИЯ, СТЕНД, ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.

Объектом исследования является система управления топливной аппаратурой аккумуляторного типа для дизельных двигателей.

Целью проекта является достижение импортозамещения в производстве систем управления, обеспечивающих выполнение требований, установленных к техническому уровню дизельной топливной аппаратуры нового поколения.

В процессе работы проводились испытания разработанной системы управления на безмоторном стенде совместно с топливной аппаратурой дизельных двигателей.

В результате работы подтверждена работоспособность системы управления, получены основные характеристики системы и её возможности по формированию управляющих импульсов на электромагнитные приводы клапанов форсунок.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: обеспечение необходимых характеристик управляющего импульса (форсирующей и удерживающих фаз сигнала, продолжительности сигнала, угла опережения впрыска топлива, дополнительных импульсов) с заданной точностью.

Степень внедрения – экспериментальный образец системы управления прошёл испытания совместно с топливной аппаратурой дизельных двигателей на безмоторном стенде.

Планируются испытания системы управления на моторном стенде и её внедрение в производство.

Разработанная система управления предназначена для использования на дизельных двигателях совместно с топливной аппаратурой аккумуляторного типа.

Использование разработанной системы управления должно обеспечить выполнение предъявляемых к дизельным двигателям требований по экономическим и экологическим показателям.

## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение .....	6
1 Результаты испытаний системы управления топливной аппаратурой нового поколения на безмоторном стенде для отладки её алгоритмов.....	8
Выводы к разделу 1 .....	29
2 Технические требования и предложения по производству и эксплуатации системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельного двигателя по результатам безмоторных испытаний .....	31
Выводы к разделу 2 .....	33
3 Рекомендации по усовершенствованию системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельного двигателя по результатам безмоторных испытаний.....	34
Выводы к разделу 3 .....	35
Заключение.....	36

## Введение

Исследования проводились обществом с ограниченной ответственностью «ТрансСенсор» в рамках выполнения третьего этапа работ по соглашению о предоставлении субсидии № 14.579.21.0095 от 27.07.2015 г. на выполнение прикладных научных исследований «Разработка систем управления, адаптация датчиков и исполнительных механизмов топливной аппаратуры с перспективными техническими показателями» в установленные календарным планом сроки: с 1 июля 2016 г. по 31 декабря 2016 г. Уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57915X0095.

В соответствии с целью исследования на предыдущем этапе ПНИ разработан и изготовлен экспериментальный образец системы управления топливоподачей для дизельных двигателей. Современные системы управления ориентированы на работу с топливной аппаратурой аккумуляторного типа, которая в настоящее время является наиболее перспективной, поскольку позволяет обеспечить жёсткие требования по экологическим и экономическим показателям, предъявляемым к дизельным двигателям.

Разработка систем управления с электронными блоками в нашей стране является актуальной задачей, поскольку производство подобных отечественных систем управления ещё не налажено.

Научно-технический уровень системы управления соответствует современным разработкам таких ведущих фирм, работающих в данном направлении, как Bosch, Heinzmann, Denso и др.

Одной из важнейших задач, решаемых при создании системы управления является, является разработка и отладка программного обеспечения. С учётом результатов патентных исследований принято решение о целесообразности регистрации программы функционирования электронного блока разработанной системы управления.

Целью данного этапа ПНИ было проведение испытаний экспериментального образца системы управления на безмоторном стенде совместно с топливной аппаратурой аккумуляторного типа дизельных двигателей.

Испытательный стенд обеспечивал привод топливного насоса высокого давления с заданной частотой вращения. Стенд оснащён необходимой измерительной аппаратурой для замеров основных характеристик системы управления.

Задачи данного этапа работы состояли в подтверждении работоспособности системы управления и экспериментальном получении основных характеристик системы, обеспечивающих необходимые функции топливоподающей аппаратуры в соответствии с техническим заданием.

## 1 Результаты испытаний системы управления топливной аппаратурой нового поколения на безмоторном стенде для отладки её алгоритмов

При испытаниях системы управления для задания режимов работы, контроля значений параметров системы и вывода результатов испытаний использовалась специально разработанная программная среда, предназначенная для программирования, настройки, отладки и калибровки электронного блока системы управления. Результаты функционирования системы управления отображаются на экране персонального компьютера. В окне программы выводятся параметры настройки системы, показания датчиков, результаты вычисления регулируемых параметров. В центральной части окна программы расположен осциллограф, на котором можно наблюдать процессы изменения параметров системы управления во времени.

При проведении испытаний системы управления в память электронного блока были введены настройки топливоподачи, соответствующие характеристикам дизеля Д200, на который планируется установка разработанной системы управления.

В соответствии с алгоритмом работы системы управления длительность управляющего импульса определяется по следующим характеристикам (конкретный вид характеристик системы топливоподачи для дизеля Д200 приведён на рисунках 1 – 4):

- зависимости крутящего момента двигателя от частоты вращения и положения педали управления (рисунок 1);
- зависимости цикловой подачи топлива от частоты вращения и требуемого крутящего момента двигателя (рисунок 2);
- гидравлической характеристики форсунки (рисунок 3);
- зависимости давления топлива на выходе насоса высокого давления от частоты вращения (рисунок 4).

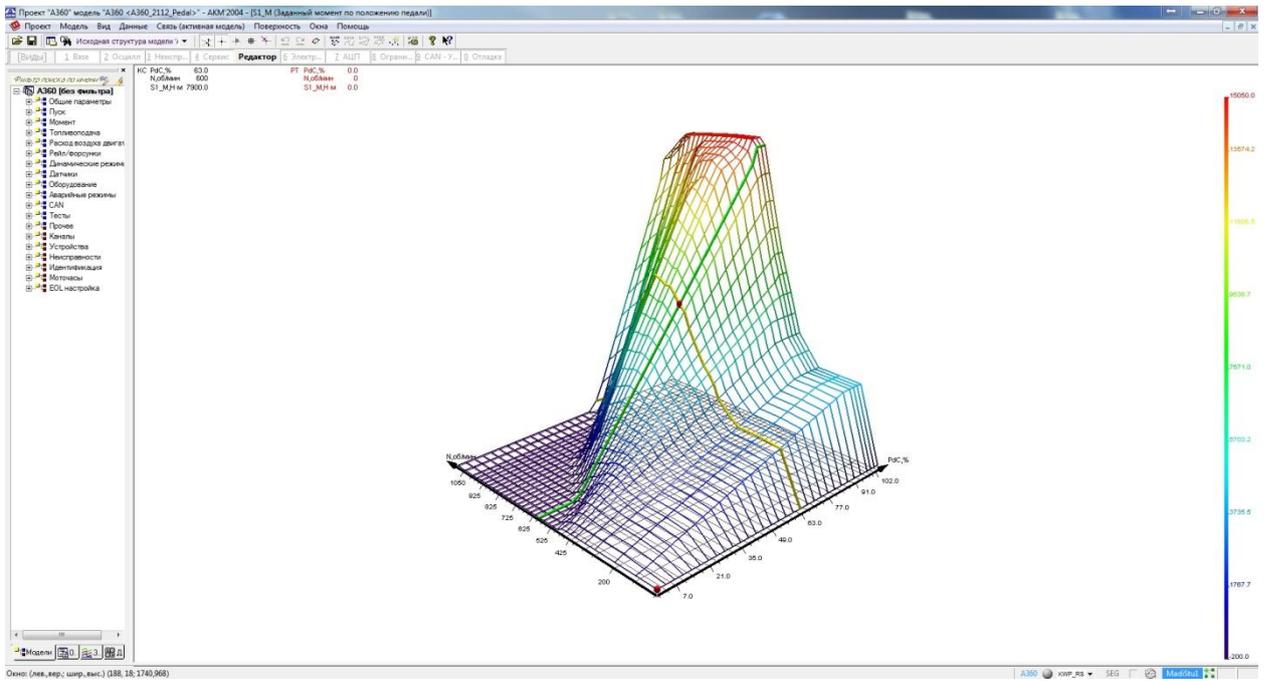


Рисунок 1 – Поверхность крутящего момента

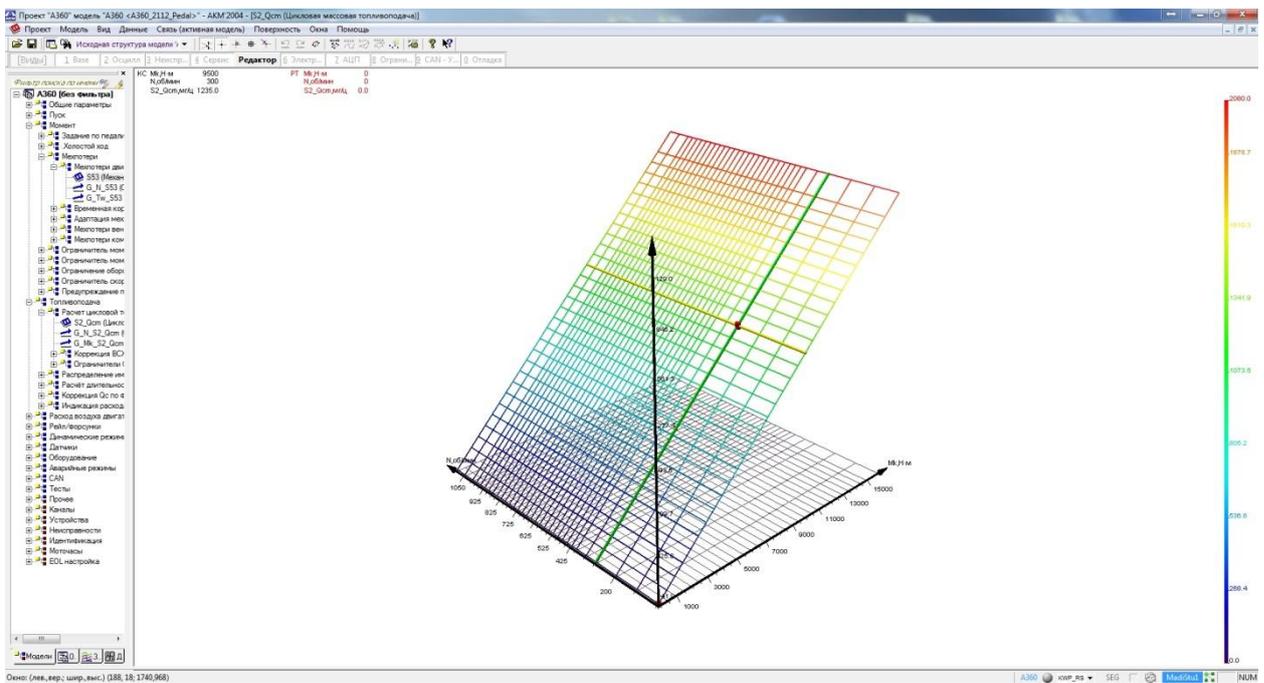


Рисунок 2 – Поверхность цикловой подачи

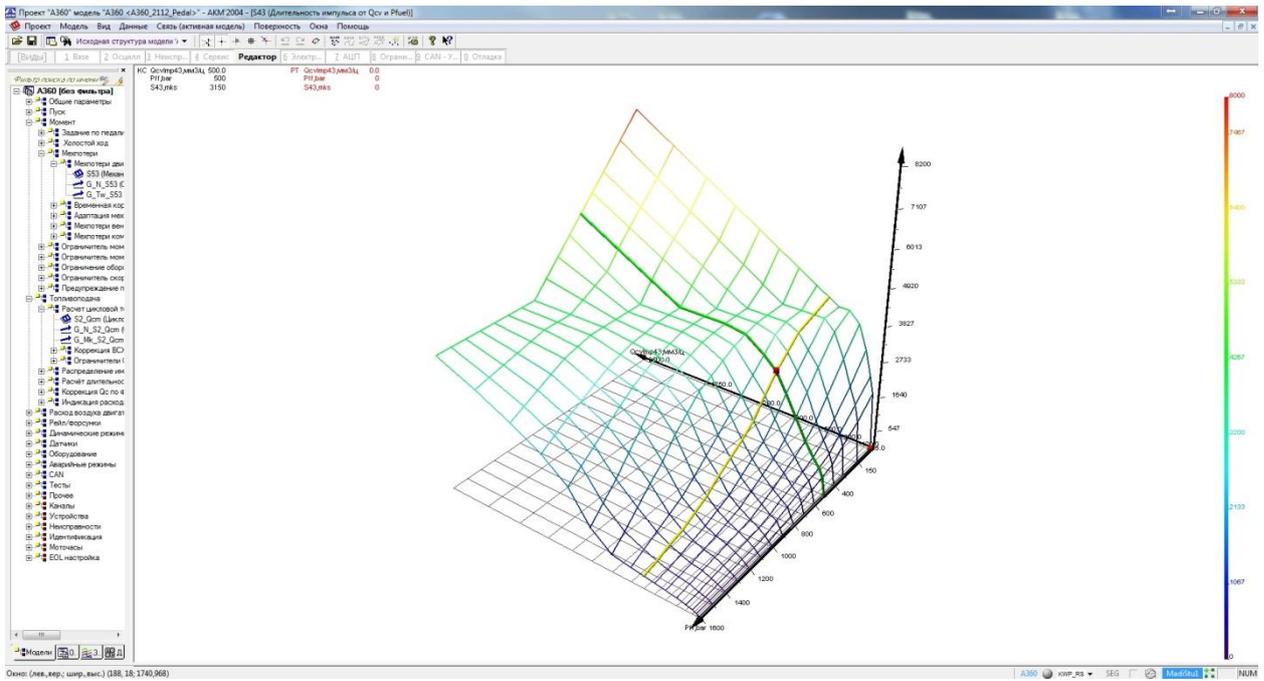


Рисунок 3 – Гидравлическая характеристика форсунки

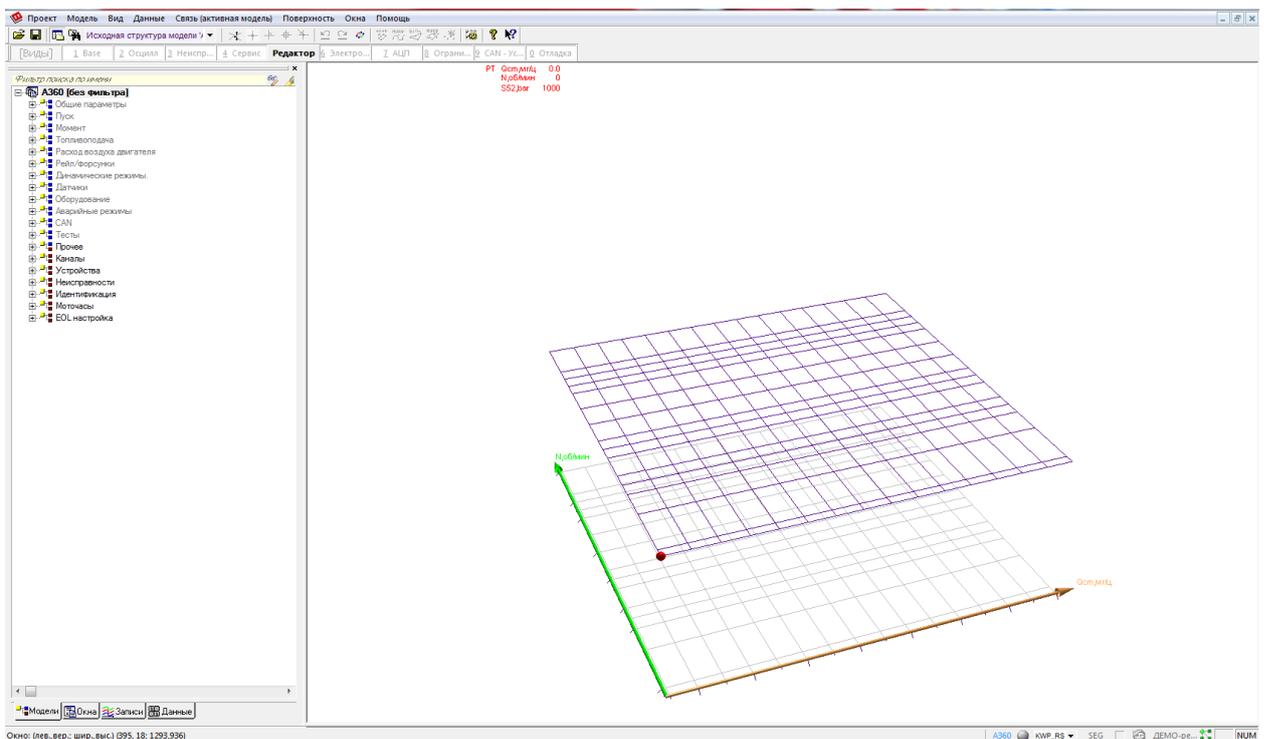


Рисунок 4 – Поверхность давления топлива в аккумуляторе

Кроме перечисленных характеристик системы топливоподачи при определении требуемого крутящего момента двигателя использовалась также характеристика механических потерь дизеля Д200 в виде зависимости момента механических потерь от частоты вращения и температуры охлаждающей жидкости, показанная на рисунке 5.

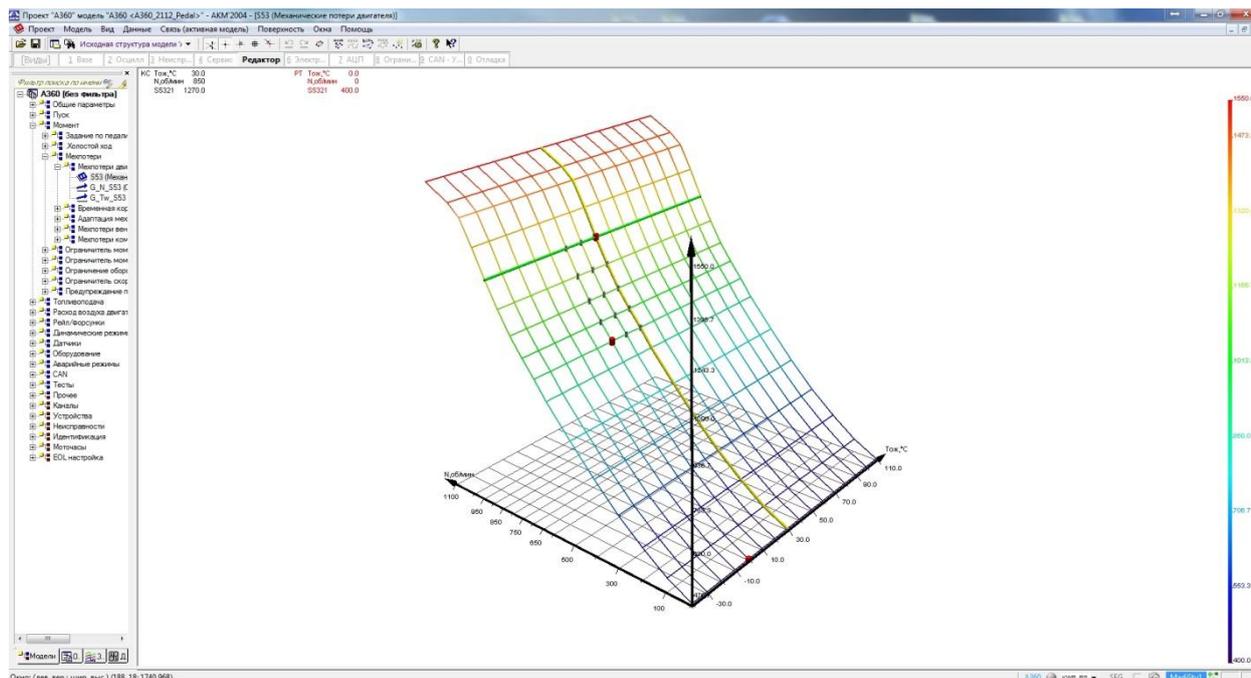


Рисунок 5 – Поверхность механических потерь

Изменение режима работы двигателя отображается движением красной точки по поверхностям формирования продолжительности управляющего импульса (см. рисунки 1 – 5). Режимная точка находится на пересечении линий, соответствующих текущим значениям параметров двигателя, отложенным по осям координат заданных поверхностей.

Испытания системы управления проводились на имитационном стенде и безмоторном стенде для исследований топливной аппаратуры дизельных двигателей..

При испытаниях на имитационном стенде проведена оценка соответствия технической документации на разработанную систему управления предъявляемым требованиям. Проверкой установлено, что техническая документация соответствует установленной комплектности и удовлетворяет требованиям ЕСКД.

Проверка внешнего вида электронного блока и соединительных жгутов системы управления показала соответствие габаритов блока и длин жгутов размерам на чертежах.

На имитационном стенде проведена предварительная проверка работоспособности системы управления. Система управления включала электронный блок, блок

питания, датчики, модуль связи, пульт управления, имитаторы электромагнитных приводов форсунок, соединительные жгуты. Проверка работоспособности системы управления включала запуск и инициализацию электронного блока, проверку наличия и уровней электрических сигналов в контрольных точках электронного блока. Контроль исправности электронного блока при включении питания осуществляется по активации индикатора «А360», который при установлении связи блока с персональным компьютером загорается зелёным цветом.

В соответствии с требованиями Технического задания электронный блок должен обеспечивать нормальное функционирование при напряжении питания от 22.5 до 28.5 В. В рамках испытаний на имитационном стенде блок функционировал при напряжении питания 22.5 В в течение одного часа. При этом все характеристики блока оставались неизменны. Аналогичная проверка была проведена при максимально допустимом напряжении: 28.5 В. Во время электростартерного пуска допускается временное снижение напряжения питания до 19 В на промежуток времени не более 15 секунд. В рамках испытаний симитировано снижение напряжения питания. Функционирование электронного блока при этом нарушено не было.

На имитационном стенде проводилась также отладка алгоритмов и программного обеспечения системы управления. Отработка программного обеспечения осуществлялась в тестовом режиме функционирования системы управления, при котором есть возможность задания различных значений входных сигналов с датчиков и проверки подачи управляющих сигналов на имитаторы электромагнитных приводов.

Сигналы с датчиков системы управления задавались в диапазонах работы данных типов датчиков. В соответствующих окнах окна программы фиксировались числовые значения измеряемых параметров с учётом тарировки датчиков.

При проверке обеспечения электронным блоком формы управляющего импульса зафиксировано наличие фазы форсирования и фазы удержания. Длительность и уровень токового сигнала на фазах форсирования и удержания может изменяться программным путём.

На безмоторном стенде система управления проходила испытания совместно с топливopодающей аппаратурой типа Common Rail для дизельного двигателя.

Общий вид безмоторного стенда показан на рисунке 6. Электродвигатель стенда приводит в действие топливный насос высокого давления системы топливopодачи. Магистраль высокого давления топливного насоса трубопроводами связана с шестью форсунками (рисунок 7).



Рисунок 6 – Общий вид безмоторного стенда



Рисунок 7 – Форсунки топливоподачи

На вале стенда (рисунок 8) установлен зубчатый диск индукционного датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя. Количество зубьев диска – 60 минус 2 (два зуба отсутствуют для получения отметки, используемой для установления положения ВМТ первого цилиндра). От вала стенда через ремённую передачу приводится во вращение вспомогательный вал, имитирующий распределительный вал двигателя, частота вращения которого в два раза меньше частоты вращения вала четырёхтактного двигателя. На вспомогательном вале установлен диск индукционного датчика фазы впрыска с количеством зубьев 6 плюс 1.

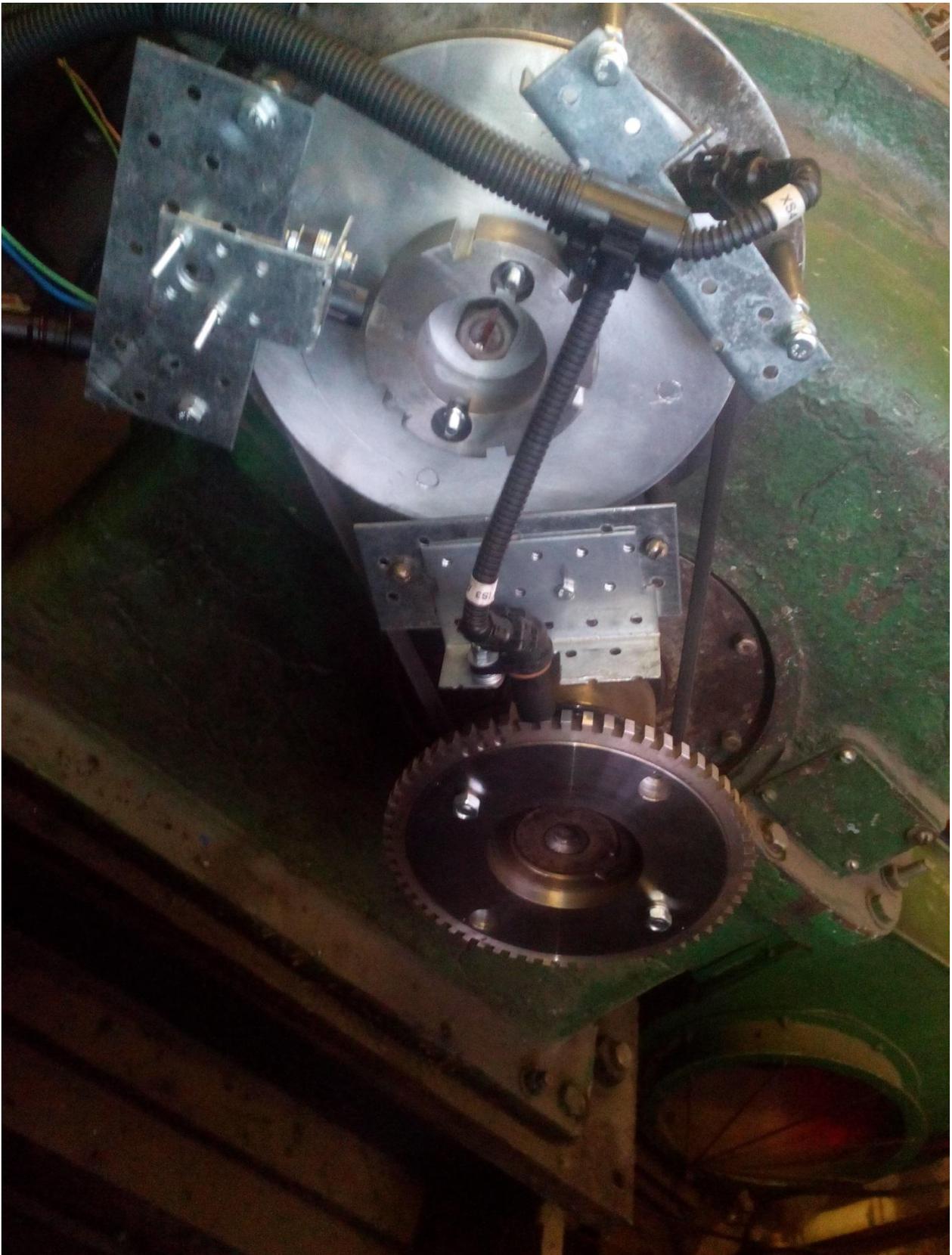


Рисунок 8 – Задающие диски безмоторного стенда

На станине станда установлен электронный блок системы управления (рисунок 9). Жгутами электронный блок соединён с датчиками, электромагнитными приводами форсунок и через модуль и линию связи – с персональным компьютером, с которого осуществляется управление режимами работы системы управления (рисунок 10).

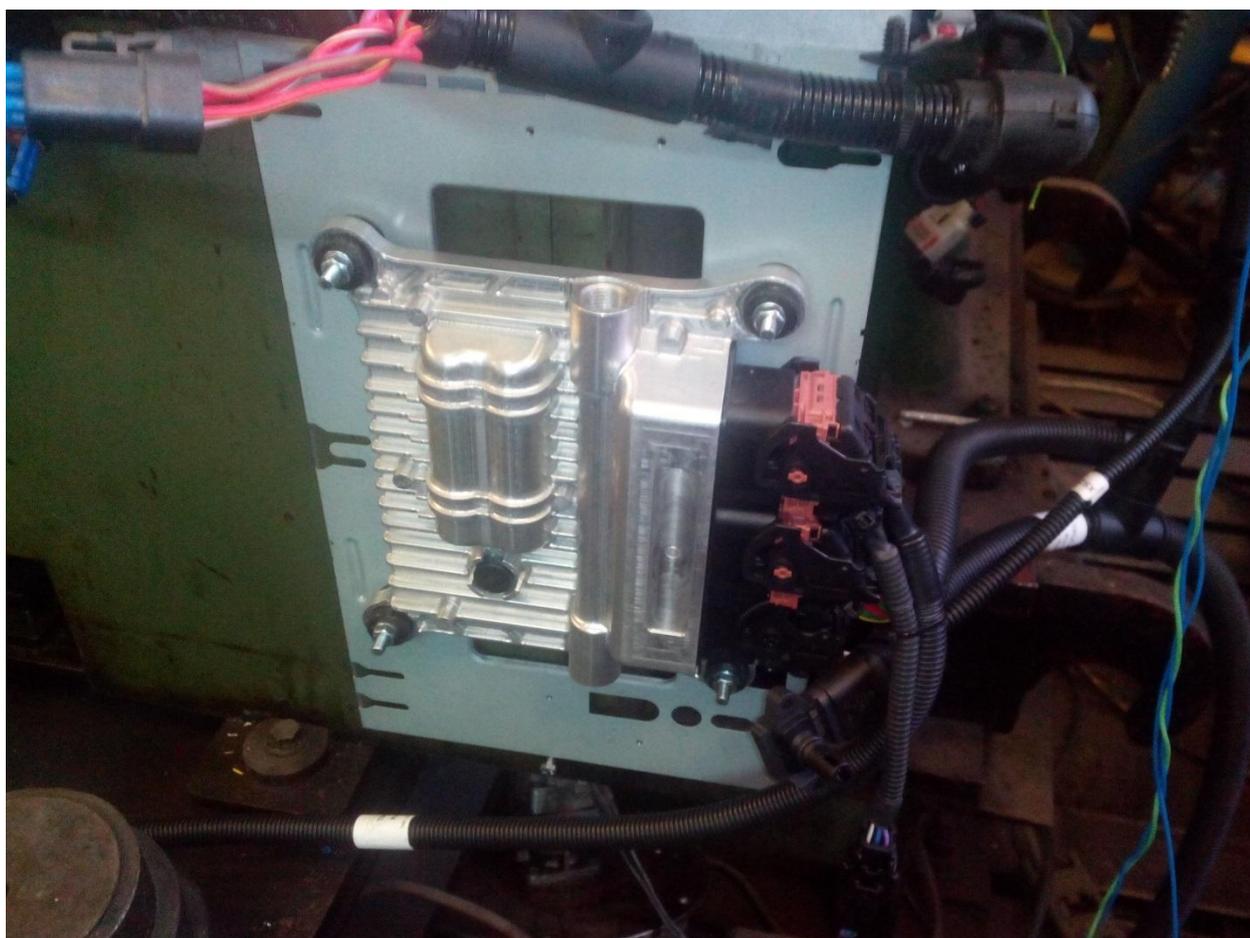


Рисунок 9 – Электронный блок системы управления



Рисунок 10 – Персональный компьютер оператора

В процессе испытаний осуществлялся запуск электродвигателя стенда, сигналы с датчиков частот вращения коленчатого и распределительного валов поступали в электронный блок.

На первом этапе испытаний на безмоторном стенде проверялась отработка системой управления заданной длительности управляющего импульса. На рисунках 11 – 18 приведены осциллограммы тока, формируемого электронным блоком, при задании следующих значений времени управляющего импульса: 500 мкс (рисунок 11), 1000 мкс (рисунок 12), 1500 мкс (рисунок 13), 2000 мкс (рисунок 14), 2500 мкс (рисунок 15), 3000 мкс (рисунок 16), 3500 мкс (рисунок 17), 4000 мкс (рисунок 18).

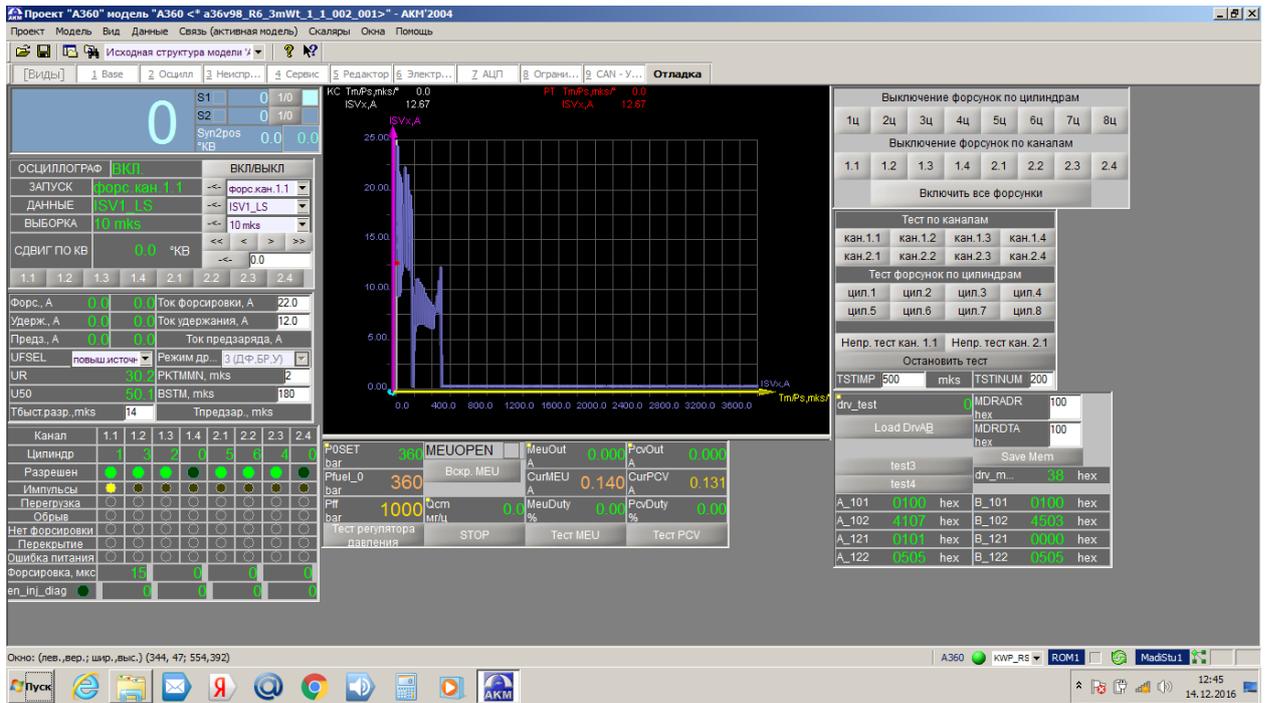


Рисунок 11 – Продолжительность сигнала 500 мкс

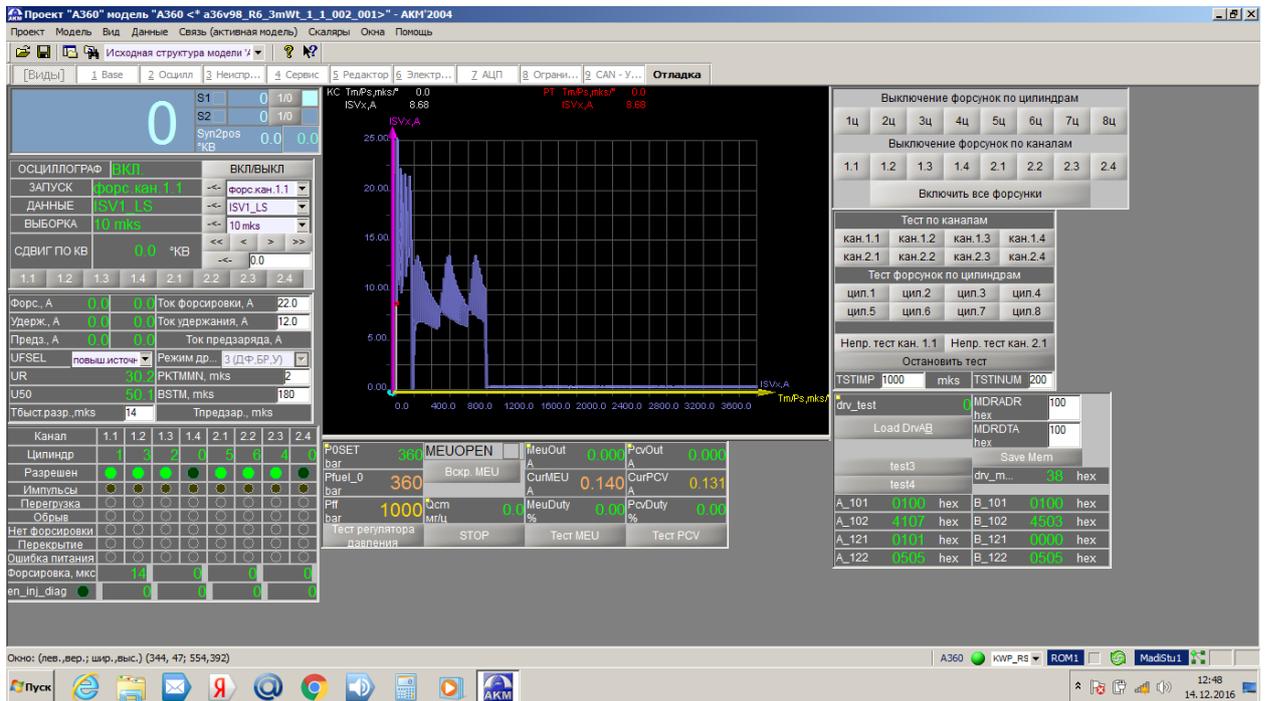


Рисунок 12 – Продолжительность сигнала 1000 мкс



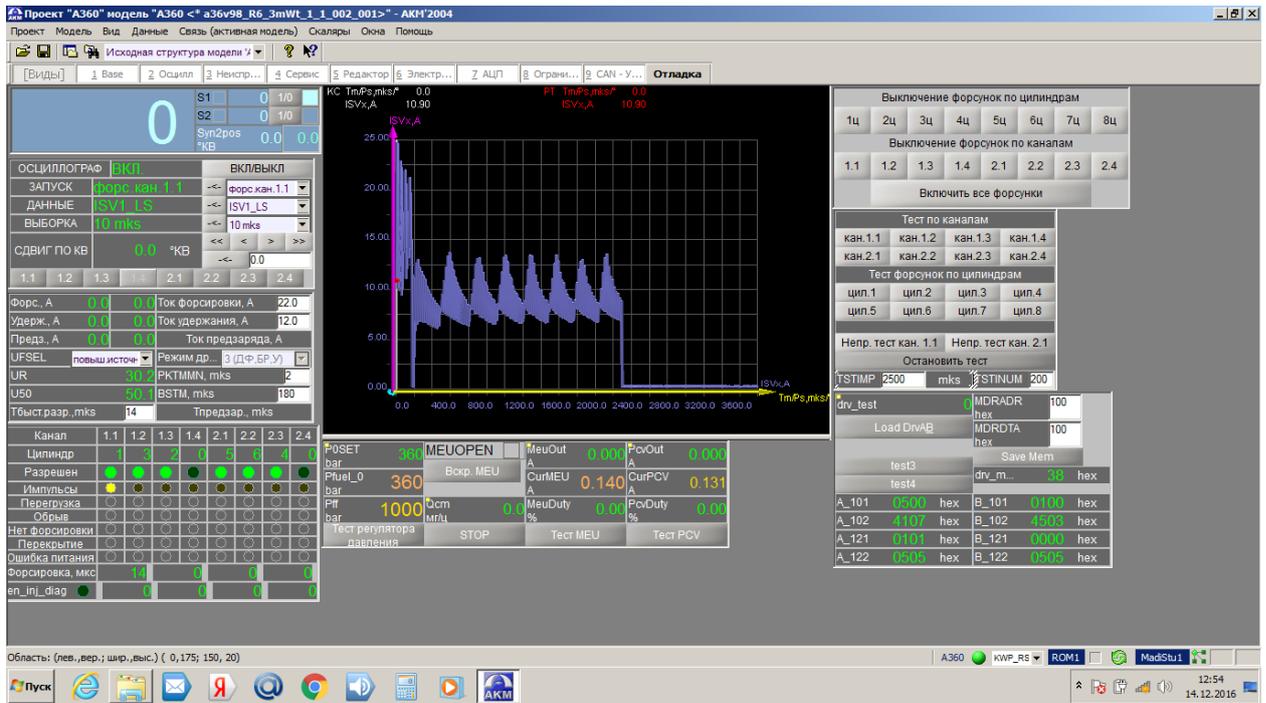


Рисунок 15 – Продолжительность сигнала 2500 мкс

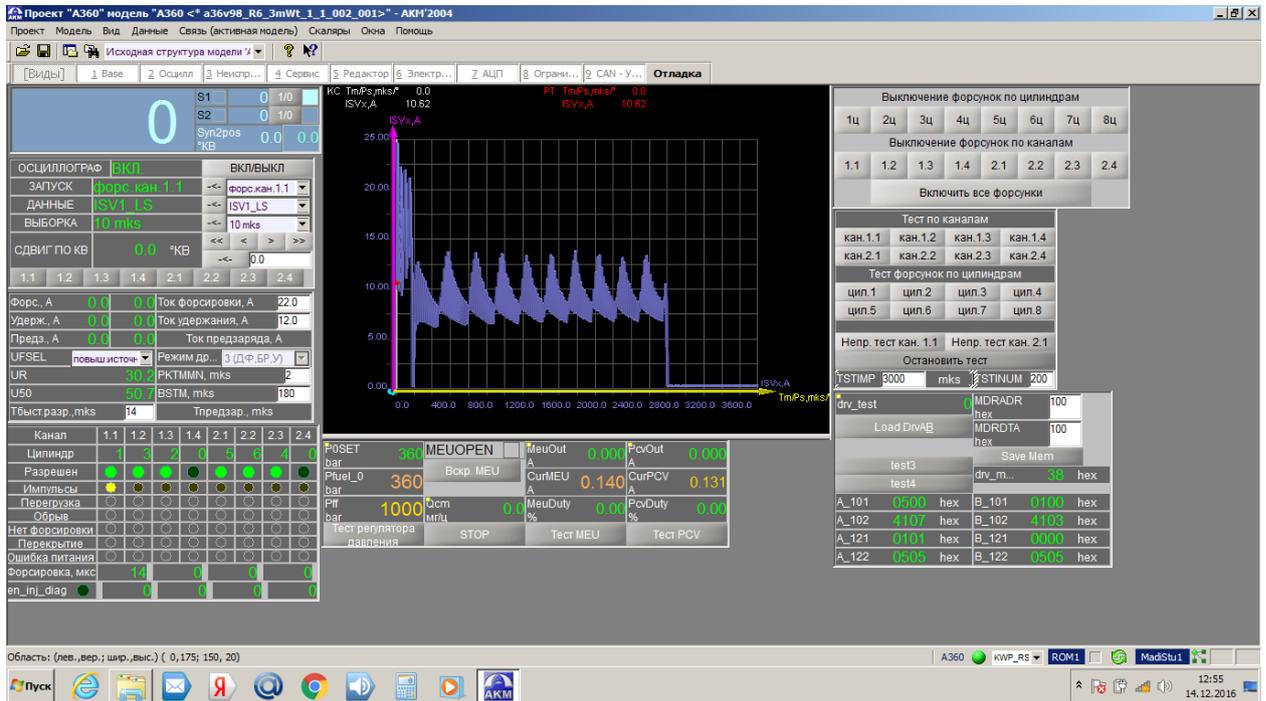


Рисунок 16 – Продолжительность сигнала 3000 мкс

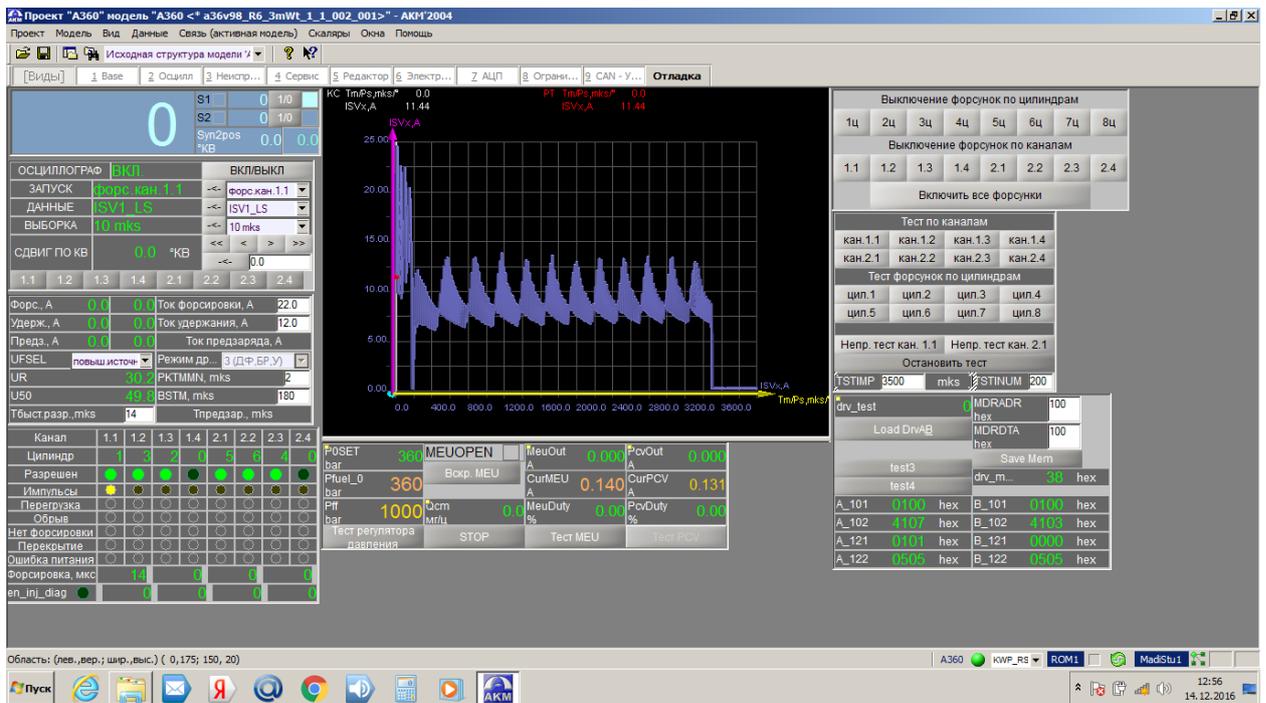


Рисунок 17 – Продолжительность сигнала 3500 мкс

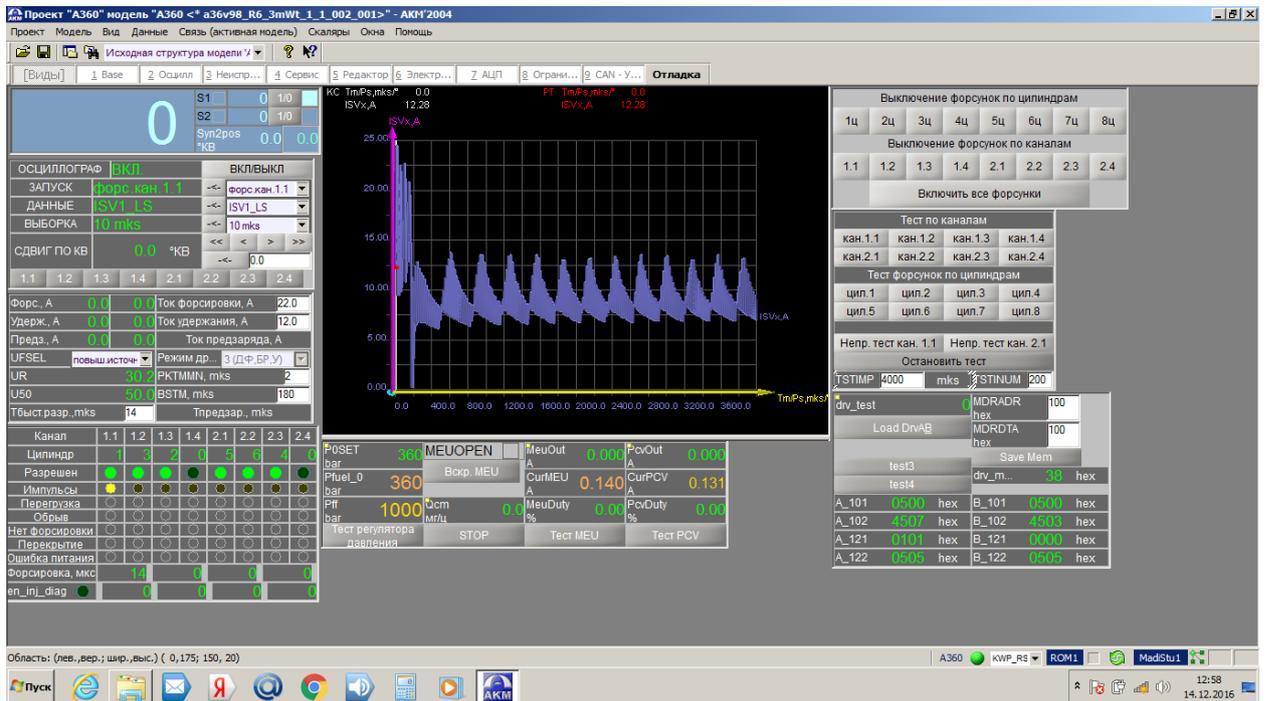


Рисунок18 – Продолжительность сигнала 4000 мкс

На осциллограммах видны форсирующая и удерживающая части управляющего импульса, необходимые для нормального функционирования электромагнитного привода. Осциллограмм, приведённые на рисунках, свидетельствуют о точной отработке электронным блоком заданной продолжительности управляющего импульса.

На втором этапе безмоторных испытаний проверялась возможность формирования электронным блоком дополнительных импульсов топливоподачи.

На рисунке 19 приведена осциллограмма токового управляющего сигнала, подаваемого электронным блоком на электромагнитные приводы форсунок, при задании основного и одного пилотного (предварительного) импульса, на рисунке 20 – при задании двух пилотных импульсов.

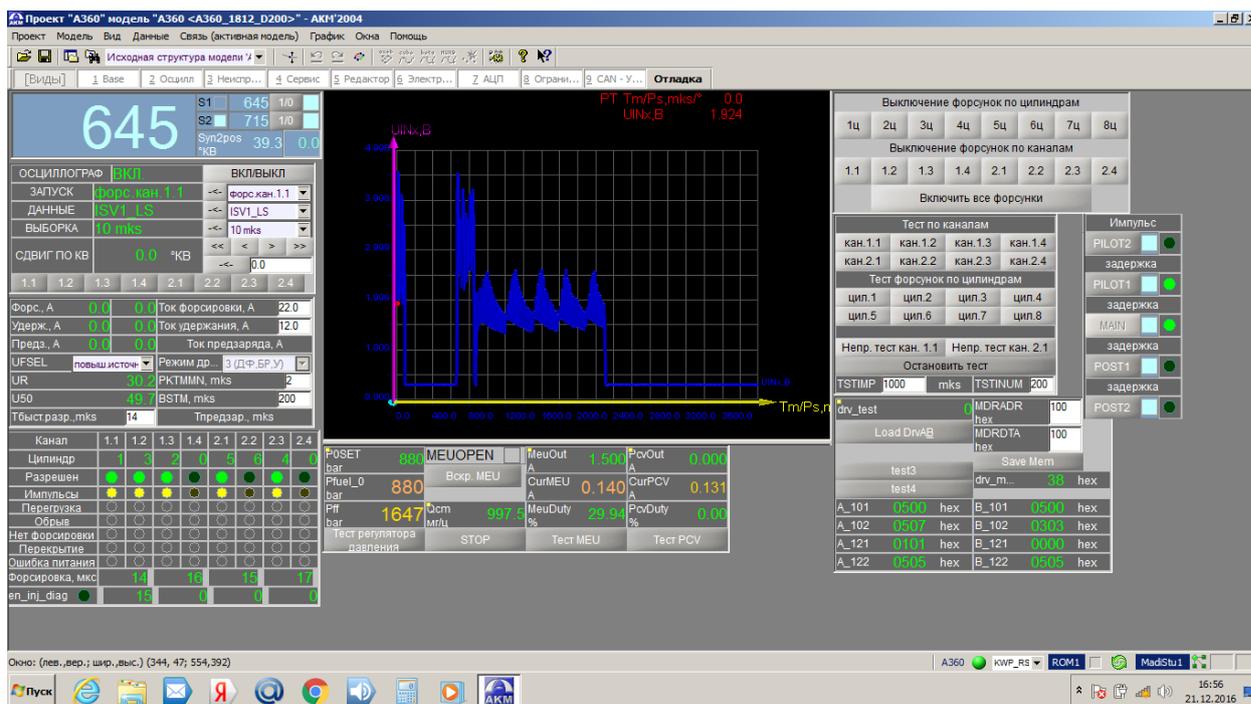


Рисунок 19 – Добавление пилотного импульса

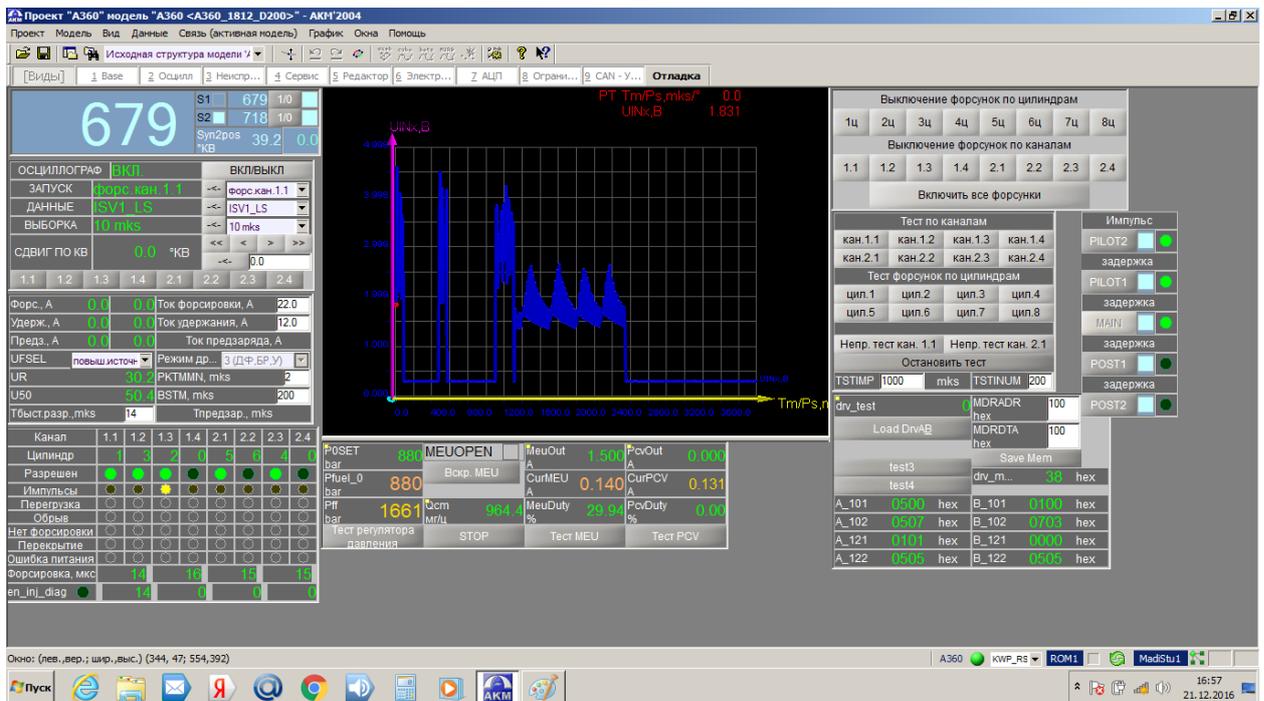


Рисунок 20 – Добавление двух пилотных импульсов

На рисунке 21 приведена осциллограмма токового сигнала, подаваемого на электромагнитные приводы форсунок, при задании трёх импульсов: основного, двух пилотных и одного пост-импульса, на рисунке 22 – при добавлении второго пост-импульса.

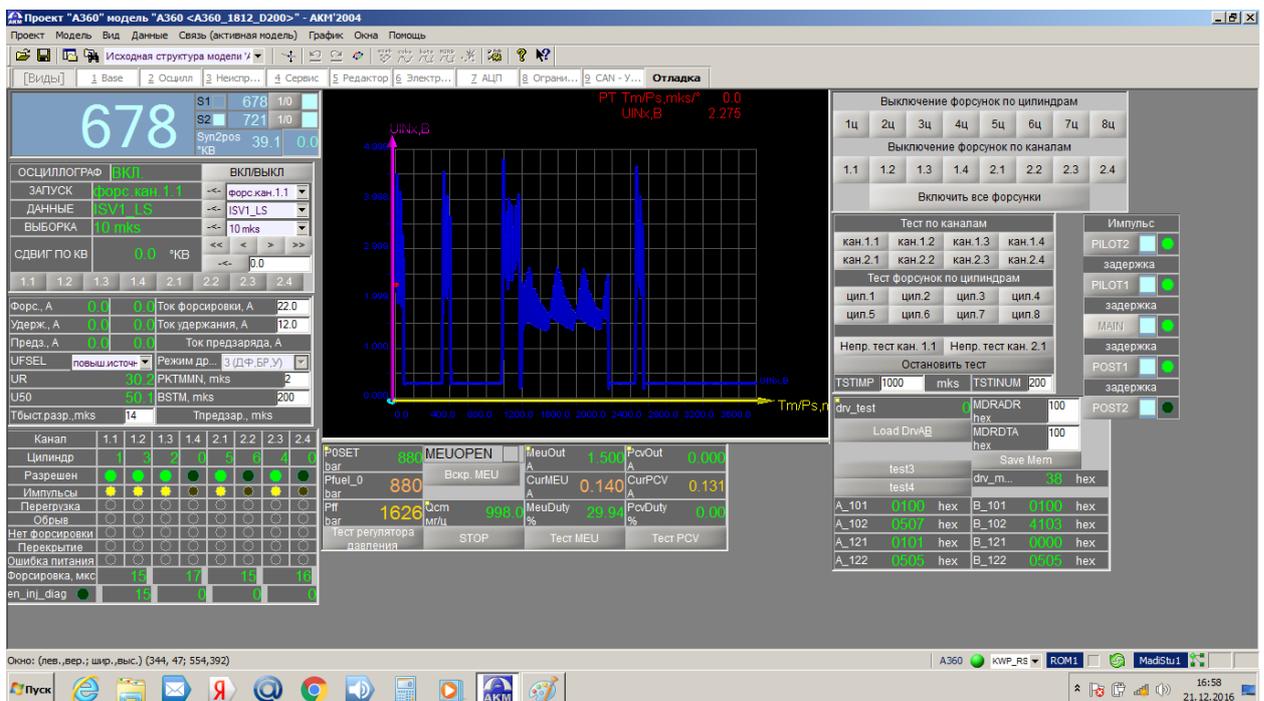


Рисунок 21 – Два пилотных и один пост-импульс

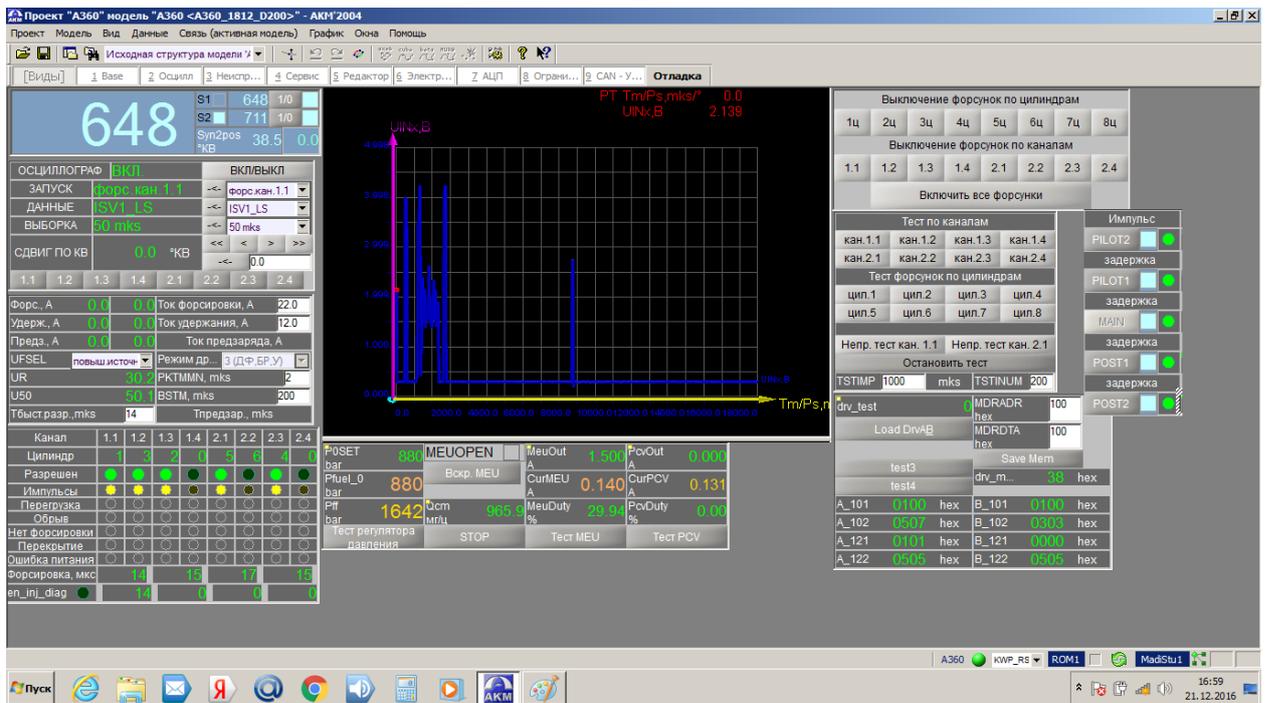


Рисунок 22 – Два пилотных и два пост-импульса

Как видно из приведённых осциллограмм, электронный блок формирует заданное количество импульсов для реализации многофазного впрыска.

Следующий цикл испытаний системы управления на безмоторном стенде был посвящён проверке обеспечения электронным блоком коррекции управляющего импульса на систему топливоподачи в зависимости от показаний датчиков давления масла, температуры охлаждающей жидкости, давления наддува.

В соответствии с алгоритмом функционирования системы управления при снижении давления масла ниже допустимого значения электронный блок должен отключить подачу топлива и произвести аварийную остановку двигателя.

На осциллограмме, приведённой на рисунке 23, показаны переходные процессы изменения во времени положения органа управления (оранжевый цвет), давления наддува (коричневый цвет), требуемой в соответствии с положением органа управления цикловой подача топлива (красный цвет), текущей подачи топлива (зелёный цвет). Из осциллограммы на рисунке 23 видно, что при падении давления масла ниже допустимого значения система управления отключает подачу топлива и останавливает двигатель.

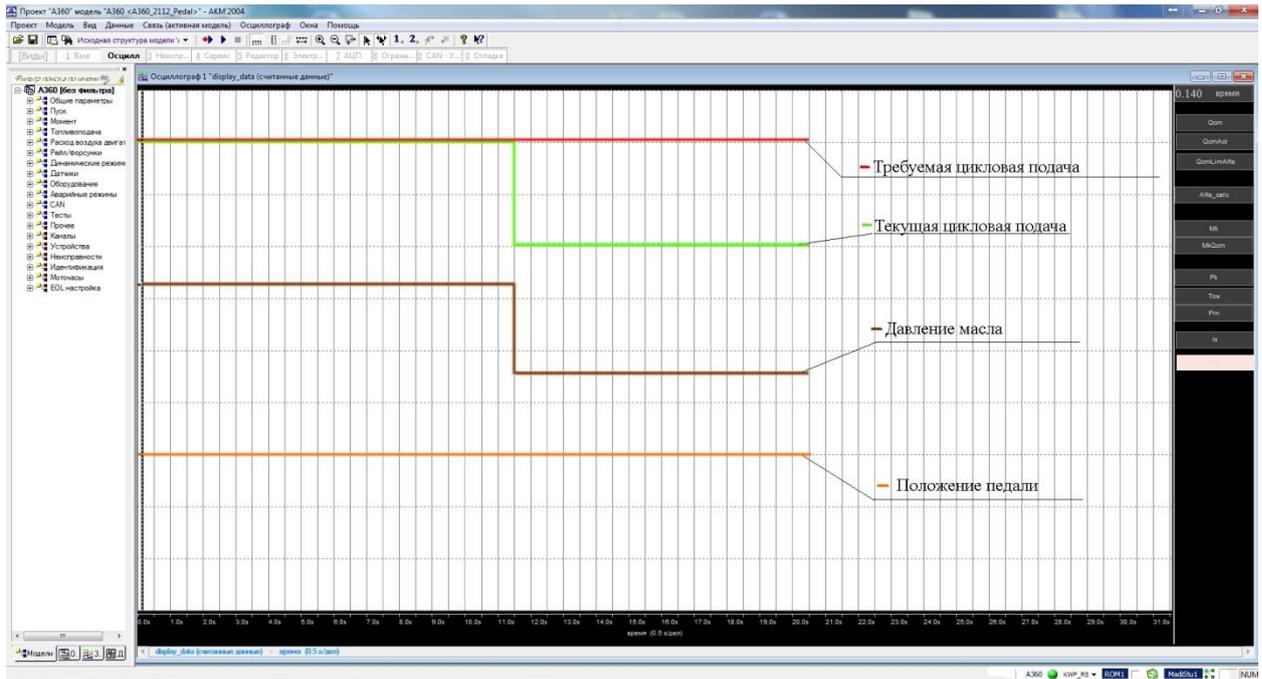


Рисунок 23 – Отключение подачи при снижении давления масла

На осциллограмме, приведённой на рисунке 24, показаны переходные процессы изменения во времени положения органа управления (оранжевый цвет), давления наддува (синий цвет), требуемой цикловой подачи топлива (красный цвет), ограничения подачи топлива по давлению наддува (голубой цвет), текущей цикловой подачи (зелёный цвет). При низком давлении наддува изменение положения органа управления в сторону увеличения подачи топлива приводит к определённому увеличению цикловой подачи только до ограничения, соответствующего давлению наддува. При повышении давления наддува увеличивается также допустимая цикловая подача, а текущая цикловая подача принимает значение, которое требуется в соответствии с положением органа управления. При дальнейшем перемещении органа управления на увеличение подачи топлива цикловая подача также увеличивается, но лишь до ограничения, соответствующего новому значению давления наддува.

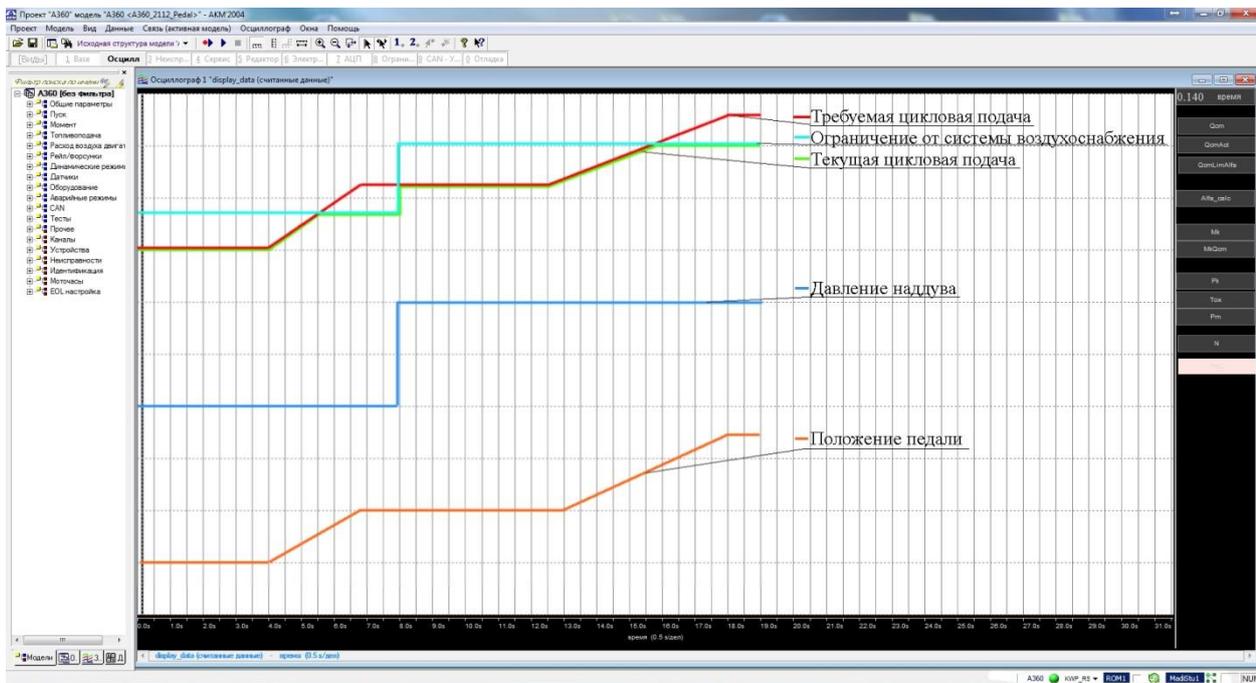


Рисунок 24 – Ограничение допустимой подачи топлива по показаниям системы воздухообеспечения

На осциллограммах, приведённых на рисунках 25 – 27, показана диаграмма зависимости пусковой подачи топлива от температуры жидкости в системе охлаждения двигателя. Красная точка на диаграмме показывает режим пуска двигателя по величине пусковой цикловой подачи топлива при различных температурах охлаждающей жидкости. Как следует из диаграммы, пуск непрогретого двигателя производится при повышенной цикловой подаче топлива. По мере прогрева двигателя необходимая для пуска подача топлива снижается. В процессе испытаний проводилось изменение температуры жидкости в ёмкости, имитирующей систему охлаждения двигателя. На осциллограммах показано изменение настройки пусковой подачи топлива при следующих температурах охлаждающей жидкости:  $0^{\circ}\text{C}$  (рисунок 25), –  $20^{\circ}\text{C}$  (рисунок 26) и  $70^{\circ}\text{C}$  (рисунок 27). Как видно из рисунков, система управления реагирует на значение температуры жидкости в системе охлаждения двигателя, соответствующим образом изменяя необходимую для надёжного пуска дизеля цикловую подачу топлива.

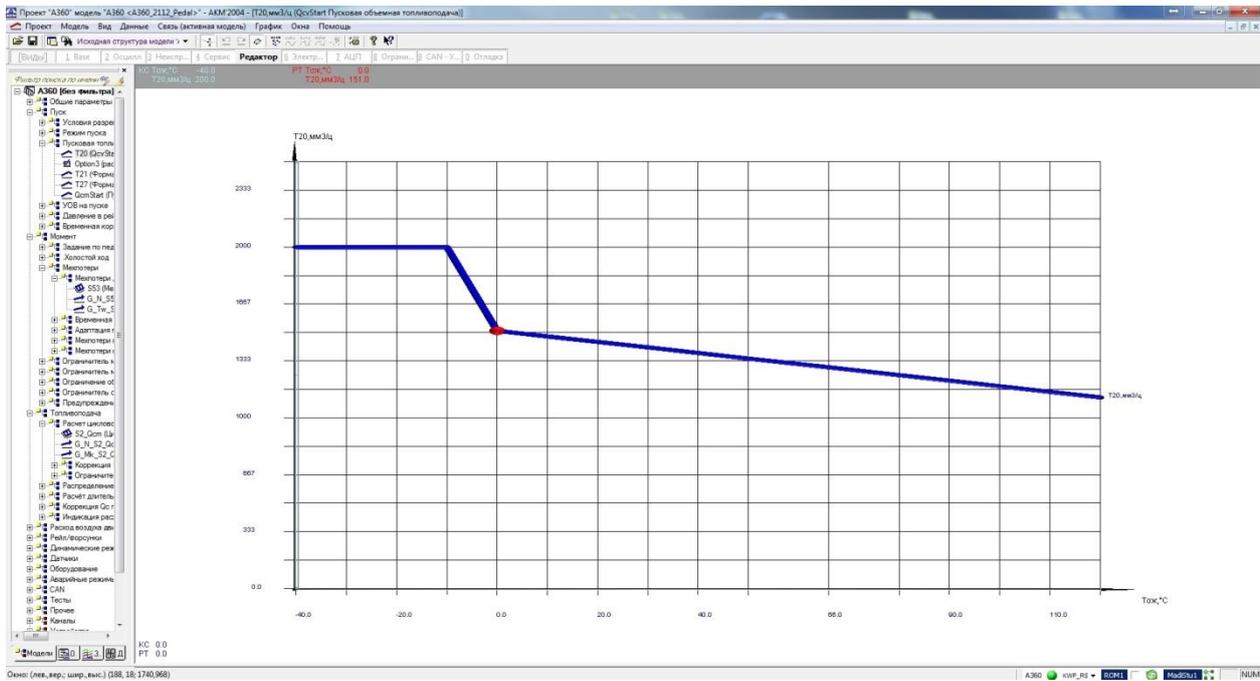


Рисунок 25 – Пусковая подача топлива при температуре охлаждающей жидкости 0°C

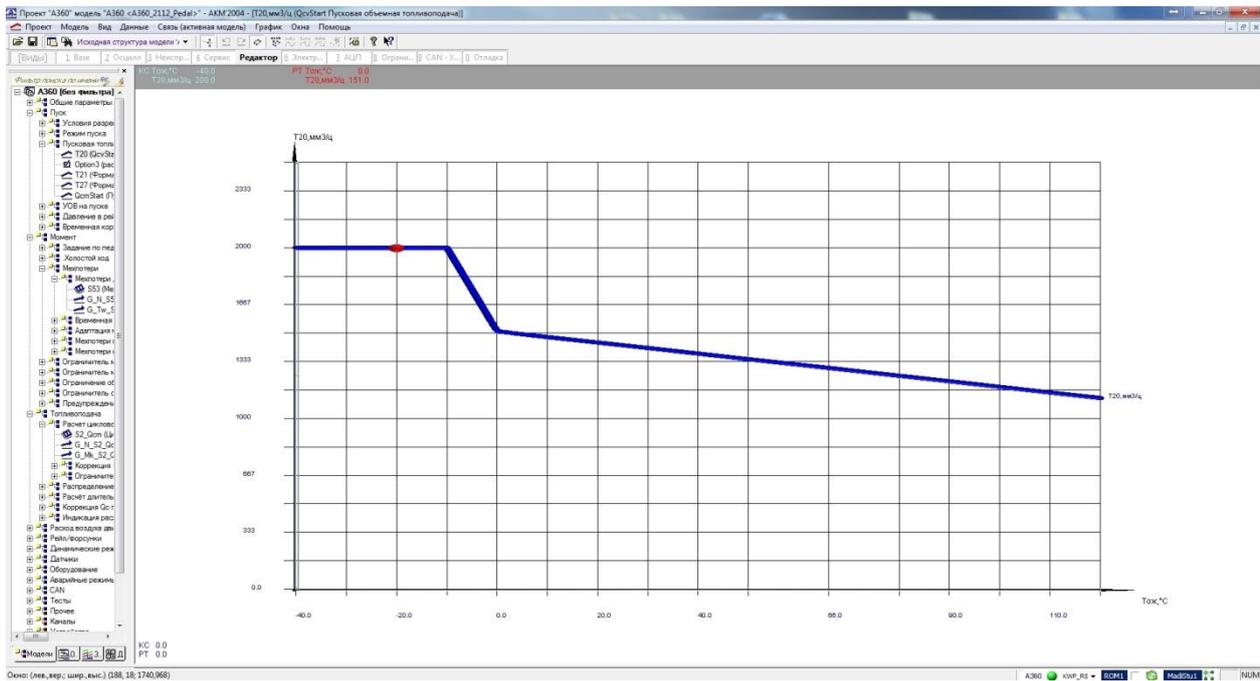


Рисунок 26 – Пусковая подача топлива при температуре охлаждающей жидкости -20°C

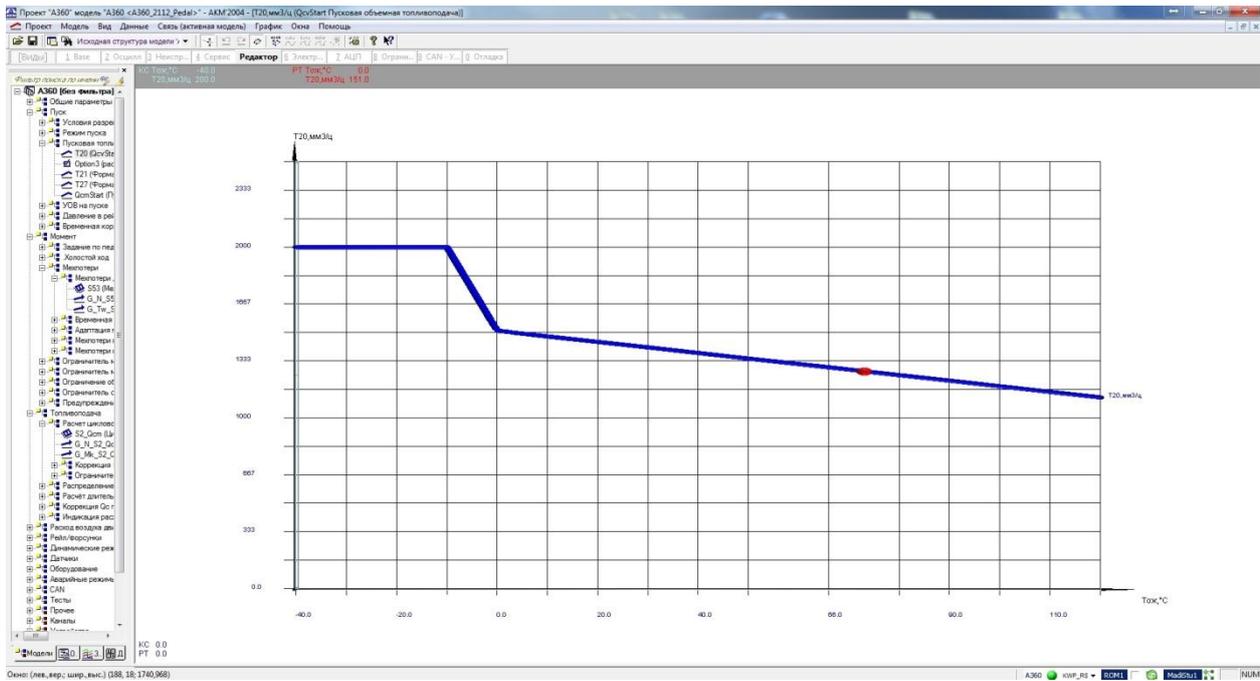


Рисунок 27 – Пусковая подача топлива при температуре охлаждающей жидкости 70°C

Испытания системы управления были проведены соисполнителем ООО «АБИТ».

## Выводы к разделу 1

Испытания системы управления проводились с помощью специально разработанной программной среды, предназначенной для задания режимов работы системы и контроля результатов её работы. В память электронного блока занесены характеристики дизеля Д200.

Испытания системы управления проводились на имитационном стенде и безмоторном стенде для исследований топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Имитационный стенд включал электронный блок, датчики, имитаторы электромагнитных приводов, блок питания, соединительные жгуты, персональный компьютер, модуль связи, пульт управления.

При испытаниях на имитационном стенде подтверждена работоспособность системы управления в тестовом режиме при включении системы, работе системы в заданном диапазоне изменения напряжения питания в установившемся режиме и в условиях электростартерного пуска, подаче сигналов с датчиков и формировании управляющих сигналов на электромагнитные приводы.

На имитационном стенде проведена отладка программного обеспечения электронного блока по обеспечению основных функций системы управления.

На безмоторном стенде система управления прошла испытания совместно с топливной аппаратурой дизельного двигателя типа Common Rail, в состав которой входили топливный насос высокого давления, форсунки и соединительные трубопроводы. Электродвигатель стенда приводил во вращение вал топливного насоса с заданной частотой вращения. Стенд оборудован необходимой измерительной аппаратурой.

На первом этапе испытаний на безмоторном стенде проведена проверка обеспечения системой управления заданной продолжительности управляющего импульса: 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 мкс.

На втором этапе испытаний проведена проверка обеспечения системой управления формирования дополнительных импульсов управляющего сигнала: двух пилотных импульсов и двух пост-импульсов.

На третьем этапе испытаний проведена проверка обеспечения системой управления коррекции управляющего импульса в зависимости от показаний датчиков, установленных в системах двигателя: давления масла в системе смазки, давления наддува в системе воздухообеспечения, температуры жидкости в системе охлаждения.

Испытания подтвердили работоспособность системы управления и обеспечение ею необходимых функций по управлению системой топливоподачи дизельного двигателя в соответствии с требованиями технического задания ПНИ.

## 2 Технические требования и предложения по производству и эксплуатации системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельного двигателя по результатам безмоторных испытаний

Система управления дизельным двигателем предназначена для преобразования и обработки первичной информации, поступающей от датчиков, реализации алгоритмов управления и диагностики компонентов системы, формирования сигналов управления исполнительными механизмами, запоминания кодов неисправностей, поддержки диагностического канала обмена данными.

Приведём технические требования основных режимов эксплуатации системы управления.

В штатном режиме блок управления А360:

- осуществляет прием и обработку сигналов датчиков состояния двигателя, при этом параметры допустимых значений входных сигналов датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя должны находиться в пределах: минимальная амплитуда – 0,3 В, максимальная амплитуда – 150 В, диапазон частот от 100 до 7000 Гц;

- формирует сигналы управления исполнительными устройствами (электромагнитные приводы форсунок ТРСС-114, электромагнитный привод регулятора топливного насоса высокого давления МЕУ) по заданному алгоритму с обеспечением требуемых характеристик;

- осуществляет обмен данными по интерфейсу типа CAN (протокол SAE J 1939) со смежными устройствами и по интерфейсу K-line (протокол KWP2000) с диагностическим оборудованием.

Отладочный (тестовый) режим.

- отладочный режим осуществляется с помощью диагностической программы АКМ.

В отладочном режиме можно проверить работоспособность каждого электромагнитного привода форсунки, синхронизацию по сигналам датчиков положения

коленчатого и распределительного валов, протестировать привод регулятора топливного насоса высокого давления.

Программное обеспечение блока управления структурно представлено в виде модулей.

При включении питания модуль инициализации производит начальную настройку переменных, портов ввода вывода, контроль целостности ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ. Запускает задачи синхронизации, подготавливает к работе специализированные модули микропроцессора.

Временной синхронизатор использует программное прерывание, вырабатывает сетку сигналов запуска программ с минимальным квантом 0.1 мс, формирует флаги временной привязки для модуля фоновых задач.

По окончании работы передает управление модулю фоновых задач.

Модуль фоновых задач управляет задачами, не требующими жесткой привязки к моменту запуска. Проводит диагностику датчиков и исполнительных устройств, контролирует напряжение питания.

Угловой синхронизатор использует прерывания от двух датчиков угловой синхронизации, размещенных на коленчатом валу. Производит вычисление текущих оборотов двигателя, запускает задачи, зависящие от положения коленчатого вала двигателя.

Блок позволяет опросить 32 канала аналоговых и 16 дискретных датчиков. Опрос аналоговых датчиков производится непрерывно, с двумя уровнями приоритета. Сигналы аналоговых датчиков проходят калибровку – преобразование напряжений в значения измеряемых величин. Контролируется отсутствие замыкания каналов на общий провод и питание. По части датчиков проводится контроль диапазона допустимых значений. Опрос дискретных датчиков проводится соответствующими программами управления.

## Выводы к разделу 2

Система управления дизельным двигателем предназначена для преобразования и обработки первичной информации, поступающей от датчиков, реализации алгоритмов управления и диагностики компонентов системы, формирования сигналов управления исполнительными механизмами, запоминания кодов неисправностей, поддержки диагностического канала обмена данными.

Система управления должна обеспечивать функционирование в штатном и отладочном режимах.

Программное обеспечение формируется по модульному принципу с развёрнутой системой приоритетов взаимодействия и функционирования.

### 3 Рекомендации по усовершенствованию системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельного двигателя по результатам безмоторных испытаний

По результатам безмоторных испытаний системы управления топливной аппаратурой типа Common Rail дизельных двигателей сформулированы следующие рекомендации и предложения по усовершенствованию разработанной системы.

1). Техническое требование и одновременно предложение, направленное на исключение проблем, связанных с вибрациями работающего двигателя. Как следствие вибраций возможно возникновение деформации основания корпуса электронного блока в процессе эксплуатации системы управления. Для снижения влияния вибраций на корпус электронного блока целесообразно обеспечить стойкость резиновых опор корпуса блока к длительному воздействию дизельного топлива без изменения геометрических размеров резиновых опор более чем на 20...25%.

2). Для форсировки управляющего импульса на клапаны системы топливоподачи типа Common Rail дизельных двигателей электронном блоке А360 необходимо увеличить значение индуктивности фильтра повышающего импульсного источника напряжения в 1,5 – 1,6 раза.

3). Следует сформировать комплекс мер для обеспечения отклонения от плоскости радиатора основания корпуса не более чем 0.1 мм. Это достигается обеспечением интенсивного отвода тепла, выделяемого силовыми элементами схемы электронного блока. Необходимо не допускать деформацию печатного основания, при которой возможны нарушения электрических контактов отдельных электронных компонентов, расположенных в зоне больших отклонений от «идеальной» плоскости печатного основания.

## Выводы к разделу 3

По результатам безмоторных испытаний разработаны следующие рекомендации по совершенствованию системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельного двигателя.

1. Для снижения влияния вибраций на корпус электронного блока целесообразно обеспечить стойкость резиновых опор корпуса блока к длительному воздействию дизельного топлива без изменения геометрических размеров резиновых опор более чем на 20...25%.
2. Для форсировки управляющего импульса на клапаны системы топливоподдачи увеличить значение индуктивности фильтра повышающего импульсного источника напряжения в 1,5 – 1,6 раза.
3. Сформировать комплекс мер для обеспечения отклонения от плоскости радиатора основания корпуса электронного блока не более чем 0.1 мм.

## Заключение

На данном этапе ПНИ проведены испытания экспериментального образца системы управления на имитационном и безмоторном стендах.

На имитационном стенде в тестовом режиме проверена работоспособность системы управления и проведена отладка программного обеспечения системы с помощью специально разработанной программной среды.

На безмоторном стенде в соответствии с составленной программой и методикой проведены испытания системы управления совместно с топливной аппаратурой дизельных двигателей.

Испытания системы управления включали следующие этапы:

- проверку обеспечения заданной длительности управляющего импульса в диапазоне 500 – 4000 мкс;
- проверку формирования системой управления дополнительных к основному импульсов: двух пилотных импульсов и двух пост-импульсов;
- проверку коррекции управляющего импульса по показаниям датчиков системы смазки, системы воздухообеспечения, системы охлаждения.

Результаты испытаний показали, что система управления обеспечивает выполнение своих функций по формированию вида и параметров управляющего сигнала и коррекции сигнала по показаниям датчиков давления масла, давления наддува, температуры охлаждающей жидкости.

По результатам испытаний сформулированы следующие рекомендации по совершенствованию системы управления топливной аппаратурой нового поколения для дизельных двигателей:

1. Для снижения влияния вибраций на корпус электронного блока целесообразно обеспечить стойкость резиновых опор корпуса блока к длительному воздействию дизельного топлива без изменения геометрических размеров резиновых опор более чем на 20...25%.

2. Для форсировки управляющего импульса на клапаны системы топливоподдачи увеличить значение индуктивности фильтра повышающего импульсного источника напряжения в 1,5 – 1,6 раза.
3. Сформировать комплекс мер для обеспечения отклонения от плоскости радиатора основания корпуса электронного блока не более чем 0.1 мм.

Информация о ходе выполнения работ приведена на официальном сайте организации-исполнителя: <http://www.transsensor.net/> .