

neva, 1992. - 114 p. 2. N. Hirakouchi, I. Fukano, T. Shoji. Measurement of Diesel Exhaust Emissions with Mini-Dilution Tunnel. SAE Technical Paper Series 890181, 1989.-11p. 3. K. Engeljehring, W. Schindler, Sulzer. Meeting ISO 8178 Requirements for the Measurement of Diesel Particulates with Partial-Flow Dilution Systems. SAE Technical Paper Series 932466, 1993. - 10 p. 4. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. - 69 p. 5. Полив'янчук А.П. Удосконалення способу контролю викидів твердих частинок від тепловозів: Дис. к-та техн. наук: 05.22.07/ Східноукр. націон. ун-т ім. В. Даля. - Лу-

ганськ, 2004. - 190 с. 6. ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения.-К.: Изд-во стандартов, 1994.-14 с.7. Полив'янчук А.П. Микротуннель для измерения массовых выбросов твердых частиц от дизельных двигателей локомотивов. // *Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энергоустановки. Сб. науч. тр. /ХАИ. -Х., 2001.-Вып. 26.-С. 195-198.* 8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М., изд-во «Наука», 1976.- 280с.

УДК 621.436.004.6

*А. Н. Пойда, д-р техн. наук, Д. Г. Сивых, асп.*

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

### Общая постановка проблемы и её связь с научно-практическими задачами.

В Украине эксплуатируется значительная часть транспортных и рабочих машин с дизельными двигателями, которые имеют как традиционные гидромеханические системы топливоподдачи, так и топливные системы с микропроцессорным управлением. Причем, современные автотракторные дизели с микропроцессорными системами управления (МПСУ), имеют встроенные программные модули для самодиагностики систем. Технология строится на измерении величин сигналов датчиков, характеризующих диагностические параметры, в контрольных точках и сравнении измеренных величин с пороговыми значениями. При отклонении какого-либо параметра от порогового значения в специально отведенную об-

ласть памяти записывается код ошибки. Сами данные в МПСУ не сохраняются. На комбинации приборов загорается сигнальная лампа, сообщающая о необходимости диагностирования двигателя. Известно, что бортовая диагностика лишь помогает опытному диагносту быстрее локализовать дефект. Для окончательного обнаружения отказавшего узла необходимо провести углублённое диагностирование. Учитывая, что эксплуатируемые в Украине дизели имеют существенные отличия в конструкции и комплектации, возникает проблема в проведении углублённого их диагностирования.

Кроме того, существует острая необходимость совершенствования дизелей отечественного производства путем установки на них МПСУ [1]. Адаптация МПСУ к конкретным дизелям потребует прове-

дения большого объема работ по отработке алгоритмов управления, методов диагностирования, исследованию и доводке принятых технических решений. Использование традиционных методов исследования растянет решение указанной проблемы на многие годы. Эффективным средством для ускорения таких работ могут служить автоматизированные системы исследования и диагностирования (АСИД).

### **Обзор публикаций и анализ нерешённых проблем.**

В работе [2] предложено разделить программно-аппаратный комплекс, выполняющий функции мониторинга рабочего процесса судового дизеля, на два модуля: измерительный и аналитический. Причиной, побудившей появление такой идеи, явилось то, что из-за интеграции измерительных и вычислительных модулей в единую систему, образовалась избыточность аппаратных средств и, как результат, высокая стоимость системы.

В работе [3] изложена концепция, согласно которой с учетом общности информационного обеспечения ряда задач предлагается строить технологии мониторинга и диагностирования двигателей транспортных машин на основе системного подхода. Предложено использовать встроенные технические средства – бортовые системы мониторинга (БСМ). В памяти БСМ накапливаются результаты контрольных измерений диагностических параметров, которые передаются в АСИД посредством промежуточных носителей (FLASH - карт).

Вопросы построения автоматизированных систем диагностирования с учётом специфики обработки быстродействующих процессов поршневых двигателей проработаны в работе [4]. Предложено строить АСИД на базе персональных компьютеров (ПК) и специальных модулей аналогового ввода – аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

Компания Bosch – лидер в производстве гараж-

ного и диагностического оборудования также приступила к производству систем анализа автомобиля FSA 720 на базе ПК. На первой странице каталога компании Bosch [5] сказано:

«Новое поколение систем анализа автомобиля FSA 720/740.

Причины, по которым компания BOSCH создала новое поколение систем анализа автомобилей, просты и очевидны:

–диагностировать только бортовые автомобильные компьютеры недостаточно для точного определения отказавшего компонента;

–дополнительные, прямые замеры различных компонентов на борту автомобиля должны быть проведены и обязательно сохранены;

–для точного определений отказавшего компонента обязательно проводить полный системный тест двигателя».

Анализ публикаций показал, что существует устойчивая тенденция построения диагностических систем на базе персональных компьютеров.

### **Цель и задачи работы**

В данной работе поставлена задача более глубоко проработать вопросы, поставленные в [3, 4]. Целью исследования является дальнейшее развитие концепции системного мониторинга применительно автотракторным дизелям, разработка и реализация программно-аппаратных средств АСИД на базе ПК и АЦП.

### **Формирование структуры АСИД**

Для системного мониторинга между БСМ и АСИД обеспечивается информационный обмен (рис. 1) и они образуют комплекс программно-технических средств (КПТС).

Согласно рекомендациям, изложенным в работах [3, 4], КПТС выполняется по модульному принципу. Аппаратные и программные средства со-

стоят из отдельных модулей, интегрированных в структуру КПТС, что обеспечивает ему гибкость, уменьшает избыточность аппаратных средств, но сохраняет универсальность комплекса, так как при открытой конфигурации есть возможность наращивания аппаратно- программных средств, в зависимости от решаемых задач. Именно применение ПК в составе АСИД даёт ей дополнительные преимущества:

- 1) доступ к бортовым системам диагностирования, сбор, обработку и хранение информации;
- 2) считывание кодов неисправностей при непосредственной связи АСИД с объектом диагностирования;
- 3) формирование и накопление базы данных;
- 4) функциональное диагностирование двигателя глубиной до узла;
- 5) применение информационных технологий при обработке информации и постановке диагноза;
- 6) применение диагностических моделей;
- 7) использование в процессе диагностирования информации о предыстории технического состояния объекта и симптомах в работе двигателя;
- 8) автоматизацию диагностических процедур;

9) использование рациональных алгоритмов диагностирования;

10) через интернет доступ к серверам, предоставляющим услуги по экспертным оценкам, моделированию и расчетному исследованию рабочих процессов ДВС.

### Синтез диагностической системы на базе ПК

Задачей синтеза является формирование структуры технических средств диагностирования автомобильных и тракторных двигателей, как с гидромеханическими системами топливоподачи, так и с микропроцессорным управлением, удовлетворяющим определенным требованиям. Основными можно считать следующие: система не должна оказывать влияние на процессы в двигателе, иметь небольшое число подключаемых единиц средств измерения к объекту диагностирования, обеспечивать функциональное диагностирование двигателя глубиной до узла.

Часть требований удовлетворяются выбором методов измерения, компоновкой и конструкцией датчиков в виде измерительных модулей, что уменьшает число единиц, подключаемых к объекту.

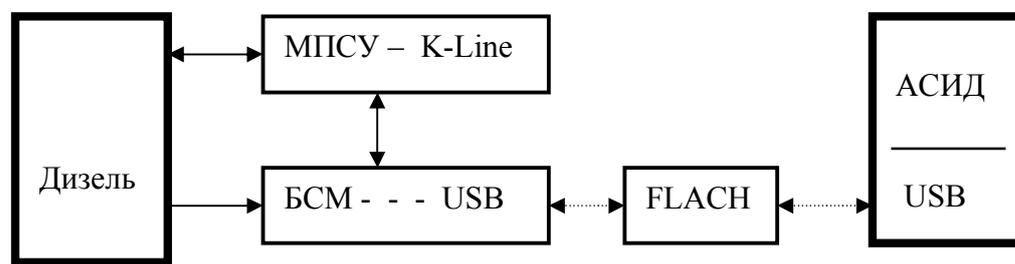


Рис. 1. Схема информационного обмена между БСМ и АСИД

Для удовлетворения требования обеспечивать функциональное диагностирование двигателя глубиной до узла необходимо выполнить декомпозицию объекта диагностирования. Например, в комбинированном двигателе с микропроцессорным управлением можно выделить следующие системы:

- системы впуска и турбокомпрессор;

- система топливоподачи;
- цилиндропоршневая группа;
- механизм газораспределения;
- коленчатый вал и система смазки;
- система охлаждения;
- картерное пространство и система вентиляции;

- микропроцессорная система управления.

Для обеспечения заявленных возможностей АСИД, кроме выбора достаточно большого числа диагностических параметров при синтезе системы в её состав необходимо интегрировать дополнительные узлы. Это многоканальный цифровой осциллограф, позволяющий одновременно с диагностическими параметрами, воспроизводить процессы, происходящие в электронных узлах микропроцессорной системы управления двигателем, например, просматривать сигналы на выводах датчиков и исполнительных устройств.

Для считывания кодов ошибок, хранящихся в ОЗУ штатного контроллера диагностируемой системы двигателя, в состав комплекса интегрирован адаптер интерфейса последовательного обмена. Он позволяет превратить АСИД в сканер и использовать информационные технологии при диагностировании. Этому способствуют также программное обеспечение и база данных (БД).

На рис. 2 приведена структурная схема АСИД, ориентированная на диагностирование процессов комбинированного дизеля при стендовых испытаниях.

Модули АЦП, сопрягаемые с ЭВМ, выпускаются различными фирмами разной структуры, быстродействия и числа каналов. Согласно [3] при синтезе системы важно правильно определить структуру и технические характеристики модуля, чтобы из числа, имеющихся на рынке, выбрать необходимый модуль.

В соответствии с принципами, изложенными в работе [3] при разработке схемы диагностической системы в соответствии с указанной структурой и требованиями, изложенными выше, был выбран ПК типа «Pentium III» и модуль АЦП типа SDI-AD12-128Н, предназначенный для работы в ПЭВМ типа IBM PC/AT с ISA-шиной. В схеме, приведенной на рисунке 2, модуль АЦП представлен аналоговым коммутатором 32 канала, программируемым усилителем, 12-битным АЦП, двухпортовым оперативным запоминающим устройством емкостью 2к слов (типа FIFO) и схемой управления АЦП.

M1 – модуль регистрации параметров системы топливоподдачи дизеля: Д1.1 – стробоскоп ручного определения момента начала подачи; Д1.2 – датчик давления топлива перед форсункой; Д1.3 – датчик подъема иглы форсунки; Д1.4 – датчик угла поворота коленчатого вала; Д1.5 – датчик отметки ВМТ; Д1.6 – датчик вибросигнала от посадки иглы; Д1.7 – датчик признака движения топливной струи.

M2 – модуль регистрации статических параметров топлива: Д2.1 – датчик давления топлива в магистрали низкого давления; Д2.2 – датчик температуры топлива; Д2.3 – датчик расхода топлива.

M3 – модуль регистрации параметров системы воздухообеспечения (измерение параметров на впуске в двигатель или после компрессора): Д3.1 – датчик давления воздуха; Д3.2 – датчик расхода воздуха; Д3.3 – датчик температуры воздуха.

M4 – модуль теплового состояния двигателя: Д4.1 – датчик температуры масла; Д4.2 – датчик температуры охлаждающей жидкости; Д4.3 – датчик температуры отработавших газов.

M5 – модуль регистрации параметров цилиндропоршневой группы: Д5.1 – датчик давления в цилиндре (в конце такта сжатия); Д5.2 – датчик давления в картерном пространстве; Д5.3 – датчик расхода картерных газов.

#### Технические характеристики модуля АЦП SDI-AD12-128Н:

- Число входных каналов – 32;
- Число разрядов выходного кода – 12 двоичных разрядов;
- Время преобразования – 1,4 мкс;
- ОЗУ – FIFO 2к × 16 бит;
- Базовый диапазон входного напряжения – от –5 В до +5 В.

Модуль АЦП позволяет:

- 1) Измерять значения напряжения по 32-м каналам с общим проводом в произвольном порядке с электронным переключением коэффициента усиления.

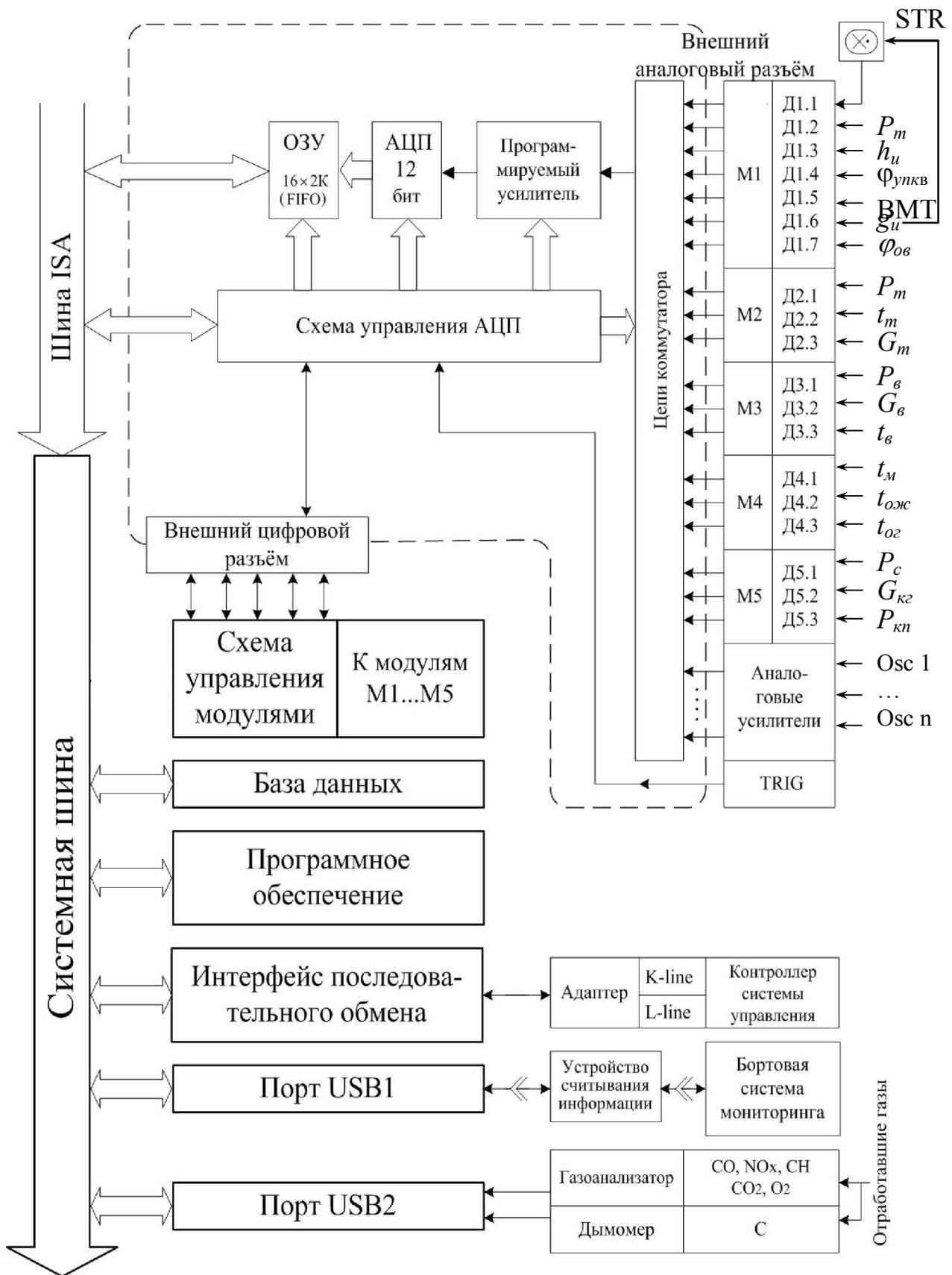


Рис. 2. Структурная схема диагностической системы на основе ПК и модуля SDI-AD12-128HL

2) Осуществлять программный опрос заданного числа каналов по сигналам встроенного таймера с записью-чтением результатов с использованием установленной на модуле двухпортовой памяти типа FIFO. В таком режиме обеспечивается непрерывность оцифровки входного сигнала продолжительное время без проявления временной нестабильности момента запуска. Это позволяет формировать выборки больших объемов, что особенно важно при выявлении неисправностей и статистической обработке индикаторных диаграмм. Перечисленные операции осуществляются под программным управлением через схему управления модулем АЦП.

Управляющие воздействия на измерительные модули М1 - М5 осуществляются с помощью схемы управления модулями. Она позволяет включать и выключать преобразователь напряжения ПН стробоскопического фонаря, в требуемые моменты времени включать запись процессов и т. д.

Программное обеспечение выполняют по модульному принципу. Каждый программный модуль, описывающий тест или отдельную диагностическую процедуру, имеет свой ярлык и может быть приведен в действие с помощью манипулятора из базового меню. Базовое меню состоит из ярлыков-кнопок, которые соответствуют следующим диагностическим процедурам:

- выбор типа двигателя в информационном поле;
- обзорная тестовая процедура;
- контроль системы топливоподачи;
- контроль системы впуска и турбокомпрессора;
- контроль цилиндропоршневой группы;
- контроль механизма газораспределения;
- контроль равномерности распределения мощности по цилиндрам;
- считывание кодов ошибок из контроллера;
- проверка датчиков и исполнительных механизмов;
- диагностирование по симптомам и диагностическим моделям.

В каждой процедуре имеются функции, обозна-

ченные соответствующими кнопками, с помощью которых выбирается место проверки, режим работы, рабочее поле экрана, вывод дополнительной (справочной) информации, сохранение результатов на диск, выход и др.

В БД целесообразно включить:

- технические характеристики двигателей автомобилей различных марок и моделей (диаметр цилиндра, ход поршня, число цилиндров, степень сжатия, литраж, номинальная мощность, частота вращения, расход топлива, фазы газораспределения, давления сжатия и др.);
- электрические схемы систем управления двигателями различных марок;
- справочную информацию о технических характеристиках компонентов систем управления;
- примеры диаграмм и графики аномальных явлений в системах управления двигателями;
- коды ошибок для различных типов систем управления, информацию о размещении на автомобиле диагностического разъема.

Результаты измерения диагностических параметров в графическом и цифровом виде выводятся на экран для анализа оператором. При наличии достаточного количества справочной информации процесс диагностирования можно автоматизировать вплоть до постановки диагноза и рекомендаций по устранению неисправностей.

Проверку функционирования АСИД, выполненную по приведенной схеме, осуществили при стендовых испытаниях дизеля СМД 18 в штатной комплектации, препарированного перечисленными выше модулями. Для индицирования дизеля в четвертом цилиндре выполнен индикаторный канал, в котором установлен тензорезистивный датчик давления с непосредственным охлаждением тензостакана. Форсунка ФД 22 четвертого цилиндра оснащена оптоэлектронным датчиком подъема иглы, пьезоэлектрическим датчиком давления и пьезоэлектрическим датчиком вибрации. На носке коленчатого вала установлены индукционные датчики отметки ВМТ и УПКВ. На рис. 3 приведены диаграммы, записанные в АСИД с помощью перечисленных датчиков.

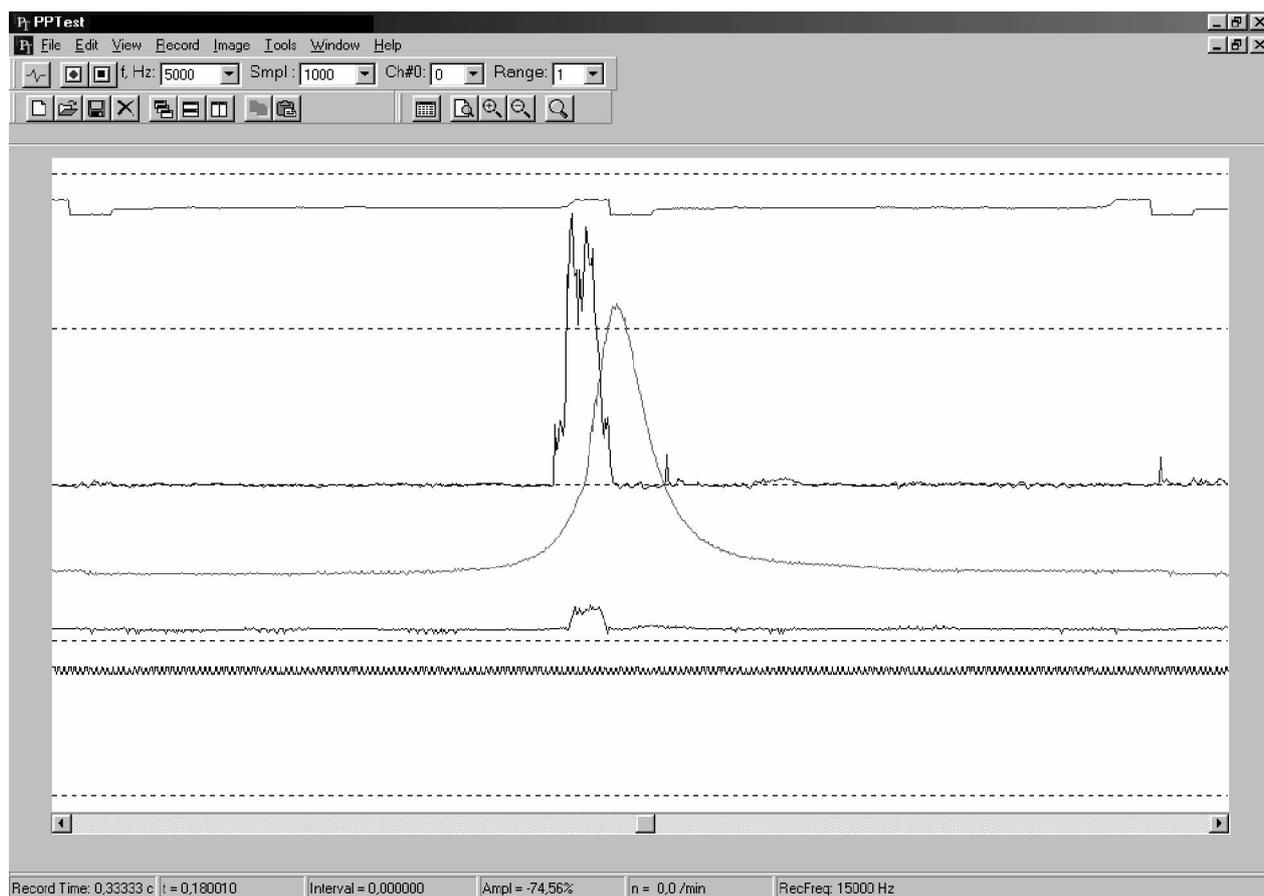


Рис. 3. Копия экрана монитора АСИД; параметры процессов в цилиндре и топливной системе дизеля СМД 18: (сверху вниз) отметка ВМТ; давление топлива в штуцере форсунки; индикаторная диаграмма; подъем иглы форсунки; отметки УПКВ

### Выводы

Предложенный подход позволяет в кратчайшие сроки синтезировать АСИД с заданными характеристиками и эффективно решать задачи мониторинга и диагностирования двигателей отечественного и зарубежного производства. Он ориентирован на комплексное решение задач, связанных с эксплуатацией автотракторных дизелей, применение информационных технологий и позволит создавать системы, сбалансированные по составу технических средств, информационному и методическому обеспечению.

### Список литературы

1. Быков В. И., Долганов К. Е., Лисовал А. А. Дизели СМД для автобусов / Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». - 2004, №1. - с. 13-17. 2. Ивановский В.Г., Вар-

ганец Р.А. Мониторинг рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации / Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». - 2004, №2. - с. 138 – 141. 3. Системный подход к управлению рабочими процессами, мониторингу и диагностированию транспортных машин / А.Н. Пойда, Е.Е. Гужва, А.В. Проскурин, Д.Г. Сивых // Автомобильный транспорт. Сб. научн. трудов, вып. 16. Харьков: ХНАДУ, 2005. - с. 22 – 24. 4. Пойда А.Н., Палий А. В., Сивых Д. Г. Основные принципы автоматизации исследования и диагностирования поршневых двигателей / Авіаційно-космічна техніка і технологія. Харків: "ХАІ". - 2003, випуск 42/7. - с. 93-95. 5. Каталог оборудования BOSCH/ Автомобильное диагностическое и гаражное оборудование. Киев: «Роберт Бош, Лтд», 2004. - 60 с. \