

*А. П. МАРЧЕНКО*, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
*С.И. ЧЕРВОННИЙ*, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
*Д. В. МЕШКОВ*, НТУ «ХПИ»,  
*К. Г. МЕШКОВА*, НТУ «ХПИ»

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

У статті розглянута функціональна схема автоматизованого універсального комплексу для досліджень двигунів внутрішнього згорання й алгоритм роботи програмного забезпечення. Розглянуто деякі компоненти системи. Дано рекомендації з організації інтерфейсу програми й обробці даних експерименту.

In this article are considered a function chart of the automated universal complex for researches of engines of internal combustion and algorithm of work of the software. Some components of system are considered. The recommendations for organization of the interface of the program and data processing of experiment are given.

**Постановка проблемы.** При исследованиях двигателей внутреннего сгорания (ДВС) значительное внимание уделяется методам индцирования или, иначе говоря, регистрации значений давления рабочего тела в цилиндре двигателя. С развитием электронных систем управления и диагностирования ДВС возникла необходимость при проведении исследовательских работ получать комплексные значения параметров, которые включали бы в себя не только массивы давлений в цилиндре, но также и массивы значений других параметров. К ним относятся давление и температура в нескольких точках впускного и выпускного коллекторов, параметры топливной аппаратуры и турбокомпрессора, температуры масла и охлаждающей жидкости. Отдельно стоит отметить параметры, характеризующие содержание вредных веществ в отработавших газах ДВС и уровень шумового воздействия. До недавнего времени одновременная регистрация всех указанных параметров представлялась довольно сложной и трудоемкой задачей, но с развитием вычислительной техники появилась возможность добиться определенного прогресса. Исходя из этих соображений на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» НТУ «ХПИ» в 2004 году начаты работы по созданию автоматизированного универсального исследовательского комплекса для проведения различных исследований ДВС. Разработка программного обеспечения для комплекса является актуальной и сложной проблемой, поэтому будет разрабатываться совместно специалистами кафедр «Двигатели внутреннего сгорания» и «Вычислительная техника и программирование».

**Анализ литературы** относительно автоматизированных исследовательских комплексов показал, что отечественных разработок, способных удовлетворить предъявляемым требованиям, не производится. Зарубежная литература [1, 2] содержит статьи о продукции специализированных фирм, таких как AVL (Австрия), FEV (Германия), KISTLER (Германия), CUSSONS (Англия) и др., которые занимаются самостоятельной разработкой комплексных исследовательских стендов. При всех их несомненных достоинствах, в наших условиях они обладают одним существенным недостатком: высокой стоимостью.

**Цель статьи.** Разработка функциональной схемы автоматизированного комплекса и алгоритма его работы.

**Основная часть.** Функциональная схема стенда представлена на рис. 1.

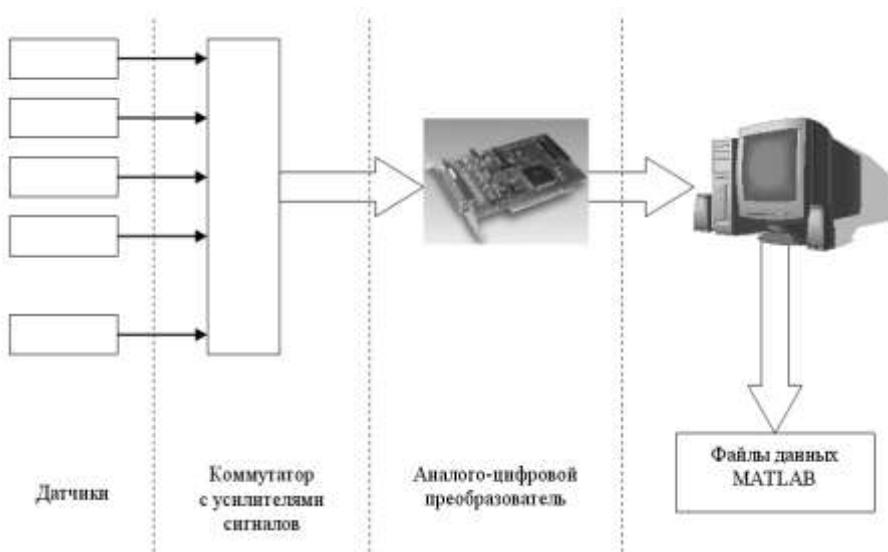


Рис. 1

Остановимся подробнее на элементах схемы:

**Датчики.** На исследовательском стенде применяются различные датчики и измерительные элементы. Для регистрации значений давлений в цилиндре ДВС и в топливной магистрали – пьезокварцевые датчики. Индукционные датчики для регистрации перемещения иглы форсунки. Также используются датчики абсолютного давления производства фирмы Motorola (США), оптические датчики и термометры сопротивления. Кроме того, измерение расхода воздуха и топлива будет осуществляться с помощью

термоанемометрических датчиков [3, 4]. Как перспективное направление следует предусмотреть возможность подключения различных газоанализаторов [5].

**Усилитель сигнала.** Практически для всех датчиков требуется усиление. Исключение составляют лишь датчики Motorola, которые имеют уже встроенные усилители. Усилители будут скомпонованы в специальном коммутационном блоке, который будет являться промежуточным звеном между ЭВМ и датчиками. Для пьезокварцевых датчиков необходимы специальные усилители заряда [6, 7]. Длина кабеля между компьютером и коммутационным блоком составляет приблизительно 1,5 м.

**Аналого-цифровым преобразователем (АЦП)** является универсальная высокоскоростная плата на шину PCI L783-86 производства фирмы L-Card (Россия), обеспечивающая выполнение функций ввода аналоговых сигналов мегагерцового диапазона и ввода цифровых сигналов. На плате установлен цифровой сигнальный процессор для управления вводом сигналов и обменом информацией с ЭВМ. Максимальная частота преобразования 3 МГц. Плата имеет 16 дифференциальных каналов или 32 с общей землей. Переключение каналов при многоканальном режиме сбора данных автоматическое.

**ЭВМ** будет смонтирована на передвижной стойке, по типу того, что представлено на рис. 2. Там же будет находиться коммутационный блок и соединительные кабели. Возможна установка печатающего устройства.



Рис. 2

#### **Требования к программному обеспечению:**

- Управление сбором данных с АЦП.

- Сохранение данных в виде .mat файла MATLAB, заданного количества рабочих циклов. Файл данных представляет собой многомерный массив переменных величин в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания состоит из двух оборотов коленчатого вала. За это время необходимо зарегистрировать 720 значений исследуемой величины (360/1 оборот).
- Модульная конструкция – возможность подключения отдельных модулей к алгоритму программы.
- Графический интерфейс.
- Возможность представления определенных исследователем данных в режиме реального времени.
- Средства безопасности программы. Программа должна быть защищена паролем при входе. Доступ должен быть только у лиц, непосредственно занятых экспериментом. Также должна быть выполнена защита от копирования и переименования программы.
- Паспортизация эксперимента. В начале работы исследователь должен заполнить форму, в которой нужно указать свои личные данные, дату, цель эксперимента и др.

Укрупненный алгоритм работы программы представлен на рис. 3.



Рис. 3

Здесь следует выделить два основных режима работы программы: визуализация и запись определенного числа циклов ДВС.

Режим визуализации необходим для контроля исследователем процессов происходящих в ДВС и точной настройки взаимодействия нагруженного устройства и топливоподающей аппаратуры. Это связано в первую очередь со спецификой работы ДВС: нужный режим работы «плавает», что сказывается в постепенном изменении частоты вращения, нагрузки и др. Как только исследователь увидел, что нужный режим работы двигателя «пойман», запускается запись. После того как многомерный массив данных записан, предлагается сохранить этот файл под определенным именем. Тут же нужно заполнить формы, в которых исследователь указывает особенности сохраненного файла, например, частоту вращения коленчатого вала, величину нагрузки, положение органа управления и др.

Также следует ответить на возможный вопрос: почему именно формат пакета MATLAB выбран для сохранения данных? Ответ следует искать в самом названии пакета: Матричная Лаборатория. Ни один пакет не позволяет так эффективно работать с матрицами, как MATLAB. Особенно это касается многомерных массивов данных. Введя единую систему обозначения файлов данных можно впоследствии программно обращаться к ним и вычленять только те данные, которые необходимы, что особенно эффективно при сравнительных исследованиях. Файлы данных будут сохраняться на жестком диске ЭВМ в папках сгруппированных по заданным тематикам. Данные должны в последующем дублироваться на оптических носителях.

**Графический интерфейс** должен быть «интуитивно понятным» и информативным. Часть данных, таких как расход воздуха, топлива, мощность двигателя, нагрузка, коэффициент избытка воздуха и др. должны быть выведены в символьном виде и представлены в левой части экрана в столбец. Примером может служить программа IndyControl (рис. 4), разработанная специалистами фирмы dSPACE (Германия) и используемая при исследованиях ДВС на фирме BOSCH (Германия) [2, 8]. Как видно из представленного рисунка, часть данных выводится в символьном виде, а часть – в графическом. Графическая информация должна включать в себя такие показатели как индикаторные диаграммы, т.е. зависимость значения давления в цилиндре ДВС от угла поворота коленчатого вала, процессы интегрального и дифференциального тепловыделения, давление в коллекторах и др. [9, 10]. Переключение между ними должно производиться специальным указанием. По умолчанию должна выводиться индикаторная диаграмма.

В ходе исследований может возникнуть необходимость контроля параметров не во всем диапазоне рабочего цикла, а более узком. Для этого снизу горизонтальной оси и слева от вертикальной будет расположено меню, в котором можно будет указать параметры оси. Это будут минимальное и максимальное значение шкалы и цена деления.

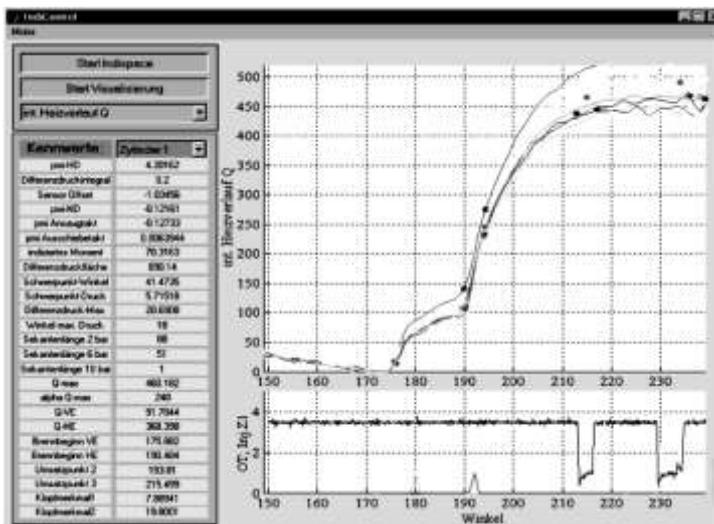


Рис. 4

**Выводы.** Таким образом, сформулирована постановка задачи к разработке программного обеспечения для автоматизированного универсального исследовательского комплекса. Предложены и обоснованы функциональная схема и алгоритм работы программы. Отмечено, что обработка данных исследований должна проводиться с помощью математического пакета MATLAB.

**Список литературы:** 1. *Pischinger R.*, Indizieren am Verbrennungsmotor; Anwenderhandbuch. – Vorstand des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz, Graz, Jänner 2002. – S. 136. 2. *dSPACE Engine Simulator*, Preliminary; Version: February 18, 2000. – P. 18. 3. *Kampelmühler F. Thomas, Köck K.*, Präzise Kraftstoff-Verbrauchsmessung am Motorprüfstand, MTZ: Motorische Zeitschrift. – 1993. – 54. – № 2. – S. 79. 4. *Graf F., Hoffman Dr. P., Köch K., List R.* Höhere Prüfstandeffizienz durch moderne Kraftstoffverbrauchsmesstechnik, MTZ: Motorische Zeitschrift. – 2004. – 65. – № 7–8. – S. 564. 5. Robert Bosch GmbH, Dieselmotor-Management, 3. Vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage, 2002. – S. 443. 6. *Келим Ю. М.* Типовые системы систем автоматизированного управления. Учебное пособие для студентов. – М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2002. – 384 с. 7. *Пинский Ф. И., Давтян Р. И., Черняк Б. Я.* Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. Учебное пособие. – М.: «Легион Автодата», 2001. – 136 с. 8. *Автомобильный справочник BOSCH.* – М.: За рулем, 1999. – 896 с. 9. *Богданов С. Н., Буренков М. М., Иванов И.Е.* Автомобильные двигатели: Учебник. – М.: Машиностроение, 1987. – 268 с. 10. *Вешкельский С. А.* Справочник моториста установок с ДВС. – С.-Пб.: Политехника, 2003. – 275 с.

Поступила в редакцию 18.09.2004