

## ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА СЛОЖНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Галушко Е.В., к.т.н., доцент; Ролич О.Ч., к.т.н.; Шестаков К.М., к.т.н., доцент  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Введение.** Комплексные тренажеры задействуют все органы чувств обучаемого и создают условия для осмысления процесса, близкие к реальным, формируя ощущение накопления обучаемым собственного опыта. В таких тренажерах имитируются практически все действия органов управления и контроля реальной техникой, а также аварийные режимы работы [1]. Тесно связаны с тренажерами и вопросы создания автоматических систем управления сложными машинами и их развития [2].

**Структура системы.** Комплексные тренажеры строятся на базе рабочих кабин имитируемых машин с органами контроля и управления. Основные задачи, подлежащие решению при разработке электронных систем таких тренажеров:

- имитация отдельных устройств, не вошедших в состав кабины;
- опрос всех органов управления (тумблеры, рукоятки, педали, руль);
- предварительная обработка сигналов и данных опроса;
- формирование и обмен файлами данных с компьютерами тренажера;
- формирование сигналов на силовые устройства и имитаторы, включенные в состав кабины.

Гибкие модульные средства (ГМС) составляют основу электронной системы тренажера. Схема их связей показана на рисунке 1.

Система строится по определенным ступеням иерархии. Верхний уровень составляют компьютеры, ведущие обработку сигналов по математическим моделям компонентов имитируемой машины (например, зерноуборочного комбайна), они же формируют и изображения закабинного пространства. На верхнем уровне в основном функционирует локальная сеть Гигабит Ethernet и выше. Компьютеры данной группы - это графические станции и настольные машины, построенные, обычно на сдвоенных процессорах архитектуры IA64.

Шина USB 2.0 у отдельных компьютеров свободна и допускает подключение внешних стандартных приборов и их компонентов (джойстики, приборы наблюдения и т. п.).

Модули следующей ступени иерархии имеют быстродействие на один – два порядка меньше, чем описанные выше, однако компактность, виброустойчивость их значительно лучше. Эти модули могут устанавливаться на подвижных частях тренажера. К модулям среднего уровня иерархии относятся и электронные компоненты имитируемой машины. Например, прибор USB 1.1 (рисунок 1) в тренажере зерноуборочного комбайна – это бортовой компьютер. Неструктурированные соединения (нс) позволяют подводить рабочие либо имитируемые сигналы на гибкие модульные средства данного уровня, Дисплей ГМС, как правило, имитируют недостающие стрелочные и др. приборы панели индикации. Один или несколько модулей рассматриваемой ступени иерархии передают получаемые данные на верхний уровень, формируя описание состояния всех органов управления машины.

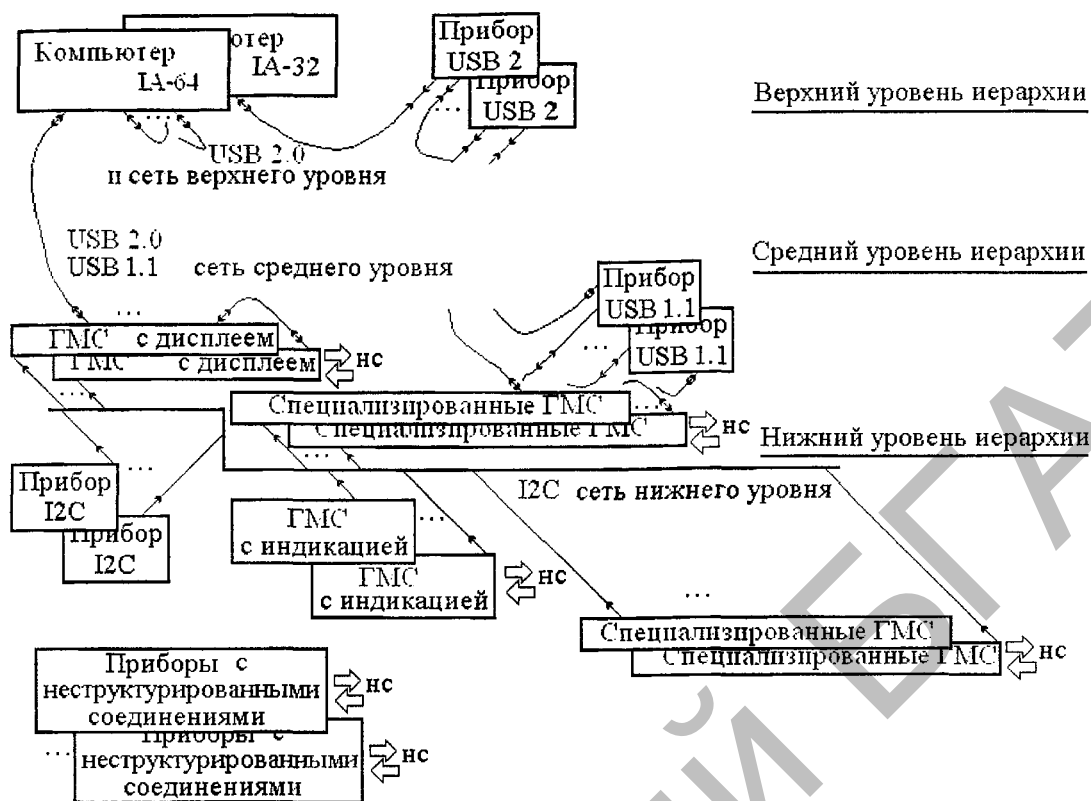


Рисунок 1 – Структура связей в электронной системе тренажера

Нижний уровень иерархии содержит специализированные гибкие модульные средства, к которым подключена основная масса переключателей и датчиков тренажера. Специализация, как показывает опыт, заключается, в основном, не в аппаратной части модулей, а в программах микропроцессоров. Основной магистралью, связывающей модели нижнего и среднего уровня, принята шина I2C [3]. ГМС с индикацией (как правило, на светодиодах) позволяют без привлечения силовых модулей создать индикацию имитируемой машины.

Приборы с неструктурированными соединениями могут также входить в состав тренажера, повторяя автономные, замкнутые на себя блоки имитируемой машины.

Важный момент в назначении тренажеров – это их использование в качестве средства диагностики, прежде всего электронных устройств имитируемой машины (например, бортового компьютера зерноуборочного комбайна). Такая постановка задачи, не редко, требует введения специальных разъемов для подключения устройств и имитаторов датчиков (на рисунке не показано). Диагностика в данном случае получается наиболее полной. В математическое обеспечение вводятся алгоритмы диагностики [4] и реализация методов распознавания неисправностей [5].

**Наполнение системы.** Приведенная выше структура реализована как совокупность гибких модульных средств распределенных модулей, обеспечивающих взаимодействие с периферийным оборудованием. Каждый блок - это устройство-модуль, наделенное рядом универсальных и специализированных функций, которые могут быть активированы как внутренними, так и внешними процессами. Устройства обладают едиными интерфейсами, обеспечивают как аппаратную, так и программную совместимость друг с другом.

В реальном решении основу гибких модульных средств составляют узлы, построенные на процессорных модулях, реализованных на базе 16-ти и 8-ми разрядных микро-

контроллеров фирм Renesas Technology Corp. (серия H8/3664, рисунок 2а) и Analog Devices - ADuC812 (рисунок 2б).

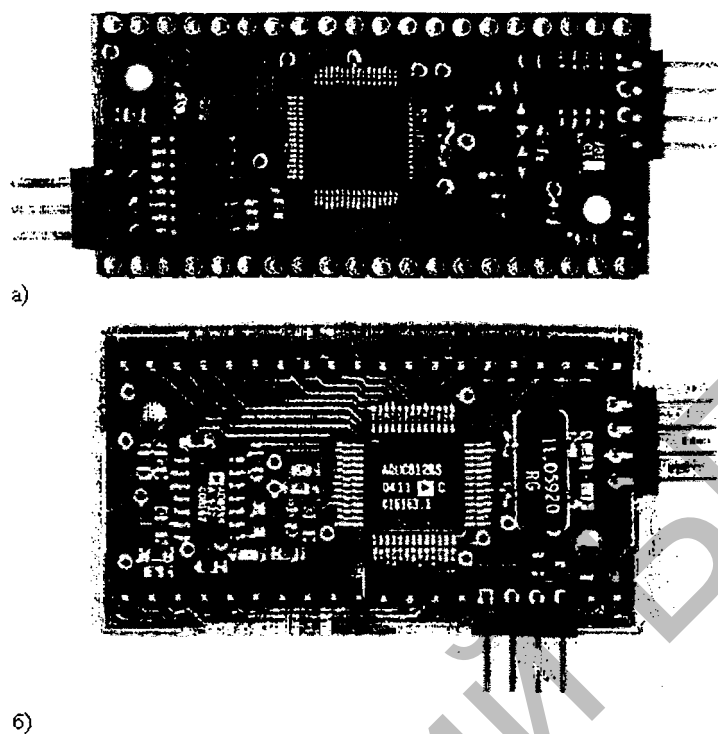


Рисунок 2 – Внешний вид платы процессорного модуля на базе:

а) 16-ти разрядного микроконтроллера; б) 8-ми разрядного микроконтроллера ADuC812

Выбор типа плат определяется спецификой имитируемого блока. Шестнадцатиразрядные модули более быстродействующие, лучше подходят для обеспечения обмена данными, проведения точных расчетов. Восемьразрядные модули, которые так же рекомендуются к применению, оснащены достаточно качественными двенадцатиразрядными аналого-цифровыми (АЦП) и цифроаналоговыми преобразователями.

Конструктивно модули близки друг к другу. В электрическом интерфейсе они предлагают до 35 линий ввода/вывода. Быстродействие АЦП порядка 200 КГц обеспечивает потребности тренажеров. Объем оперативной памяти до 1,75 Кбайт и Flash до 32 Кбайт также удовлетворяет требованиям для решения описанных задач, хотя могут быть и увеличены. Достаточно хорошо решены вопросы подключения средств программирования – разъем RS-232. Разъемы I2C и USB 1.1 легко позволяют организовать локальные сети тренажера (сегменты линий до нескольких десятков метров).

Благодаря линиям контактов, которые располагаются с обеих сторон платы микроконтроллера, образуются «многоэтажные» конструкции с модулями сопряжения с нестандартными соединениями тренажера. Число модулей зависит от сложности монтажной схемы электрических соединений.

Наряду с процессорными модулями присутствуют блоки датчиков угловых перемещений [б] рулевых колес, педалей, рукояток и т. д. Из них строятся и двухкоординатные датчики линейного перемещения, например, для имитатора коробки передач комбайна.

На базе широтно-импульсных модуляторов, цифровых резисторов, оптических энкодеров строятся схемы контроля и регулирования скорости вращения различных валов (обороты двигателей).

Принцип действия схемы датчиков углового и линейного перемещений заключается в светодиодном освещении периодической растровой структуры и приемом прошедшего излучения фотоприемниками, расположенными на расстоянии, близком к половине пространственного периода повторения растровой структуры, и позволяющими по разности фаз синусоидальных сигналов фотоприемников вычислить шаг и направление перемещения раstra. Выходные усиленные сигналы фотоприемников поступают на микросхему РСF8591 аналого-цифрового преобразования, и по шине I2C – процессорному модулю, принимающему решение о направлении и скорости перемещения раstra. К процессорному модулю можно подключать до 8 микросхем РСF8591 аналого-цифрового преобразования, позволяя таким образом контролировать до 16 датчиков линейного или углового перемещения.

На базе регистров и светодиодов собран блок индикации режимов «Стоп», контроля, интервалов обслуживания дизеля, стояночного тормоза, дальнего света и др.

Кнопки, предусмотренные для контроля и сбора данных от пульта управления комбайном: от переключателей включения/выключения главного привода молотилки, выключателя запроса диагностических кодов двигателя, выключателя реверсов адаптера и наклонной камеры, переключателей вариатора молотильного барабана и др. подключаются к соответствующим контактам ввода данных процессорных модулей через гасящие цепи.

В архитектуре процессорного модуля на базе микроконтроллера ADuC812, кроме микроконтроллерного ядра, имеется два адаптера интерфейсов связи RS-485 (микросхема ADM485) и I2C (микросхема P82B715). Оба интерфейса предназначены для создания сети с длиной сегмента в несколько сотен метров и подключении к компьютеру.

Модуль бортового компьютера является макетом блока контроля и индикации БКИ-01, применяемого в КЗС «Полесье-1218». Выходные сигналы от датчиков молотильного барабана, колосового и зернового шнеков, состояний подбарабання, масляного фильтра и фильтра гидросистемы тормозов поступают на аналоговые и цифровые входы портов микроконтроллера. Для сопряжения сигналов аналоговых датчиков с микроконтроллерным ядром используется порт АЦП с опорным напряжением 2.5 В, для подключения цифровых устройств – динамические и статические порты.

Инфракрасные датчики типа ТМ69 предназначены для приема сигналов пульта дистанционного управления и его использования вместо клавиатуры.

Блоки реле коммутации внешних цепей мощностью до 60 Вт, предназначены для управления и формирования внешних сигналов состояния тренажера. Символьные двухстрочные дисплеи SC1602A, используются для визуализации информации, поступающей от датчиков тренажера.

В качестве интерфейса сопряжения может выступать RS-232 либо USB 1.1. Основным интерфейсом является USB 1.1. Для загрузки машинных кодов в память программ микроконтроллера DD1 используется средство отладки на базе микропроцессорного модуля ADuC812 и модуля расширения, в которой выделяются три основных блока: USB-адаптер CP2103, Flash-память M29F016D для промежуточного хранения программы во время перепрограммирования контроллера и ЭСППЗУ 24LC65. Модуль расширения подключается к микроконтроллерному модулю посредством разъемов JP2-JP4.

**Программирование модулей системы.** Интерфейс программы uLoad загрузки и отладки машинных кодов во Flash-памяти контроллера, представленный на рисунке 3, состоит:

- из комбинированного списка выбора виртуального COM-порта соответствующего разъема USB с установленным в него отладочным средством;
- кнопок запроса тестирования контроллера, чтения файла машинных команд, загрузки машинных команд в контроллер;
- окна визуализации файла машинных команд;

– бегущего индикатора записи команд во Flash-память контроллера.

Информация «Открыть HEX-файл» и «Загрузить программу в контроллер» отображается в виде бегущей строки на соответствующих кнопках чтения файла и загрузки машинных кодов в контроллер. Эффект бегущей строки достигается путем предварительного синтеза видеопотока. Каждый кадр является фрагментом целевой строки, представленной растровым изображением с однородным белым фоном.

Программирование контроллера осуществляется на языке макроассемблера, предварительная отладка в среде Proview корпорации Franklin Software, загрузка машинных кодов – по шине USB посредством разработанного приложения uLoad.

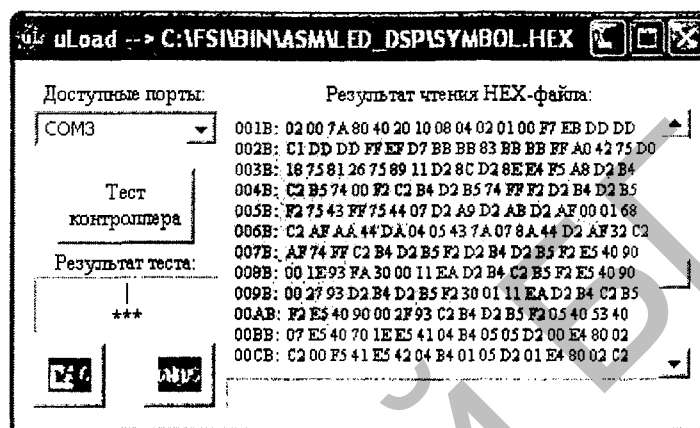


Рисунок 3 – Интерфейс пользователя отладчика

Рабочее место отладки модуля имитации бортового компьютера включает непосредственно модуль и компьютер, которые объединены шиной USB.

**Заключение.** Предложена структура системы построенных на основе последовательных интерфейсов, устоявшихся в архитектуре компьютеров. Такое решение позволит минимизировать цену, обеспечит ее живучесть и облегчает модернизацию системы.

Разработаны технологии объектно-ориентированного программирования модульных средств нового поколения с перестраиваемой архитектурой, которые реализованы в программном обеспечении рабочей станции программиста. Нарботана библиотека функций периферийных процессоров.

Нарботанная теория построения микропроцессорных систем и сред их программирования, результаты испытаний могут лечь в основу систем диагностики и ремонта сложной сельскохозяйственной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Красовский. Основы теории авиационных тренажеров. – М. Машиностроение, 1995, – 304 с.
2. Алексеев Г. В. и др. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации технологического оборудования: учеб. пособие/ СПб ГИОВД, 2006 – 256 с.
3. Ролич О. Ч. Технологии программирования: курс лекций. – Минск: БГУ, 2008. – 144 с.
4. Тарасик В.П. и др. Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств: монография. – Могилев: Белорусско-Рос. университет, 2007. – 280 с.
5. Шестаков К. М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций. – Минск: БГУ, 2005 – 184 с.
6. Ильин В.Н., Галушко Е.В. Оптико-электронные измерительные преобразователи: монография. – Минск: ИПП Минэкономики РБ, 1996. – 222 с.

## Аннотация

### **Электронные системы комплексных тренажеров для обучения, эксплуатации и ремонта сложной сельскохозяйственной техники**

Предложена структура системы построенных на основе последовательных интерфейсов, устоявшихся в архитектуре компьютеров. Разработаны технологии объектно-ориентированного программирования модульных средств нового поколения с перестраиваемой архитектурой, которые реализованы в программном обеспечении рабочей станции программиста.

## Abstract

### **The electronic system of integrated simulators for training, maintenance and repair of complex agricultural machinery**

The structure of system which is constructed on the basis of the consecutive interfaces which have settled in architecture of computers is offered. Technologies of object-oriented programming of modular means of new generation with reconstructed architecture which are realized in the software of a workstation of the programmer are developed.

УДК 62-232.21/.22

### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**Невзорова А.Б.**, д.т.н., профессор; **Врублевский В.Б.**, к.т.н., доцент;  
**Макеев В.В.**, **Дашковский В.А.**, **Врублевская В.И.**, д.т.н., профессор

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь*

В настоящее время преобладающая доля узлов трения сельскохозяйственных машин комплектуется подшипниками качения. Из них большой объем составляют подшипники китайского производства. Несмотря на относительно невысокую стоимость, их приходится часто заменять, так как они не выдерживают заданные сроки эксплуатации из-за работы в абразивных и агрессивных средах. Поэтому качество деталей, их долговечность и надежность становятся решающими факторами при выборе комплектующих для машин и механизмов, работающих в сельском хозяйстве.

С развитием техники и возросшими нагрузками подшипники скольжения из древесины полностью были вытеснены подшипниками качения и скольжения из антифрикционных материалов (баббит, бронза, чугун, полимеры и др.). Но при работе в абразивных, агрессивных и влажных средах такие подшипники корродируют, заклинивают, требуют регулярного подвода смазки и теххода, поэтому применение серийно выпускаемых подшипников качения и металлических подшипников скольжения становится нецелесообразным из-за преждевременного выхода из строя не только самих подшипников, но и сопряженных с ними деталей.