

ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Е.Г. Комаров, П.А. Тарасенко, М.Е. Удалов, О.К. Чернобровина

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005,

komarov@mgul.ac.ru

Рассмотрены принципы организации лабораторного стенда, в состав которого помимо лабораторно-технической платформы и персонального компьютера включен программируемый микроконтроллер, что обеспечивает решение задач информационно-измерительных систем в рамках лабораторного практикума и научно-исследовательской работы путем увеличения скорости обработки измерительной информации и общего быстродействия стенда. Изложены обоснование и формулировка требований к организации и ведению аппаратного и программного обеспечения универсального лабораторного стенда.

Ключевые слова: приборостроение, лабораторный стенд, информационно-измерительные системы, микроконтроллер, программное обеспечение

Ссылка для цитирования: Комаров Е.Г., Тарасенко П.А., Удалов М.Е., Чернобровина О.К. Программное и аппаратное обеспечение универсального лабораторного стенда // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 4. С. 118–127. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-118-127

Современный подход к образовательному процессу по направлению подготовки «Приборостроение» требует соответствующей организации средств лабораторного практикума. Эти требования обусловлены большим количеством задач, которые надо решить при экспериментальном подтверждении изучаемых физических эффектов исследуемых объектов, измерительных устройств и их характеристик [1]. Эти задачи решаются с использованием современных средств микропроцессорной техники, позволяющих провести согласование входных характеристик измерительного устройства с объектом измерения, и оптимальной организации структуры всей измерительной системы.

Перед приборостроением как областью науки и техники стоит задача разработки средств автоматизации и систем управления, как отраслью машиностроения — задача выпуска средств измерения, анализа, обработки и представления информации, устройств регулирования, автоматических и автоматизированных систем управления. В нормативных документах [2] приведено следующее определение: «Лабораторная установка (лабораторный стенд): техническое устройство, объединяющее в одно целое изучаемый или разрабатываемый объект и средства управления его состоянием или разработки, в том числе средства моделирования, наблюдения, контроля, измерения свойств объекта и свойств окружающей среды».

Цель работы

Цель работы — обоснование условий разработки универсального лабораторного стенда для выполнения лабораторных работ и научно-исследовательских экспериментов по направлению

подготовки «Приборостроение» при решении задач научно-исследовательской тематики.

Материалы и методы

Универсализация лабораторного стенда в рамках подготовки специалистов в области приборостроения, ограничена воспроизводством с помощью средств этого лабораторного стенда как собственно автоматической или автоматизированной системы управления, так и в сочетании с объектом управления [3–7].

Общая схема решения задачи управления приведена на рис. 1.

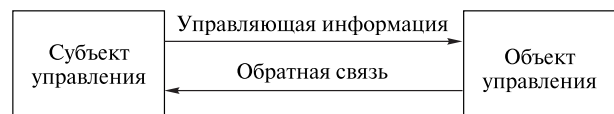


Рис. 1. Общее представление задачи управления
Fig. 1. General view of the management problem

Главной отличительной чертой такого воспроизводства должна стать способность лабораторного стенда моделировать, наблюдать, контролировать и измерять параметры объекта и параметры окружающей его среды как посредством воспроизведенной системы управления, так и независимо от нее [8, 9]. При этом и свойства воспроизведенной на стенде системы управления также должны быть доступны независимому наблюдению.

Это дополнительное требование относительно системы управления, решающей задачи той же сложности на производстве. Для описания этого усложнения введем понятие «виртуального субъекта», т. е. субъекта системы управления, воспроизведенной средствами лабораторного стенда, в то время как действительным субъектом управ-

ления является сам обучаемый или исследователь [10, 11]. Такое разделение вовсе не обязательно должно быть четким и однозначным для всякой лабораторной или исследовательской работы, однако будучи принятым во внимание, оно позволяет уточнить структуру лабораторного стенда как в аппаратном, так и в программном содержании и облегчает разработку лабораторной работы в ее методическом и организационном аспектах.

Обобщенная структурная схема лабораторного стенда, обеспечивающего лабораторные работы при подготовке специалистов в области приборостроения, приведена на рис. 2.

Обратную связь в схеме на рис. 1 и обратные связи в схеме на рис. 2, применительно к решаемой задаче подготовки специалистов в области приборостроения в подавляющем большинстве случаев представляют собой потоки измерительной информации, полученной при реализации процесса, требующего от аппаратных средств лабораторного стенда решения следующих задач:

- возбуждение активных измерительных преобразователей;
- преобразование сигнала;
- передача сигнала;
- обработка информации;
- регистрация информации;
- индикация информации.

Очевидным средством решения задач обработки, регистрации данных и их индикации на уровне, достаточном для обеспечения лабораторного практикума, в большинстве случаев становится персональный компьютер (ПК), со стандартным системным программным обеспечением (ПО), специализированным инструментальным ПО, а также прикладным ПО, которое может быть и уникальным, т. е. созданным в порядке разработки отдельно взятой лабораторной работы или полученным при решении задач лабораторного практикума самим учащимся.

Поэтому обязательной частью аппаратного обеспечения универсального лабораторного стенда является обычный ПК с операционной системой Windows или любой другой системой, с которой обучающийся имеет достаточный для использования опыт работы.

В целях экономии времени на подготовку к проведению лабораторных работ и на их обслуживание, подключение ПК к остальным устройствам стенда обеспечивается с помощью стандартного набора компьютерных портов:

- LPT-порт (стандарт IEEE 1284) [3];
- последовательный порт (COM-порт, стандарт RS-232C, поддерживается IBM PC не в полном объеме) [4];
- USB-порт (интерфейс USB различных версий) [5];

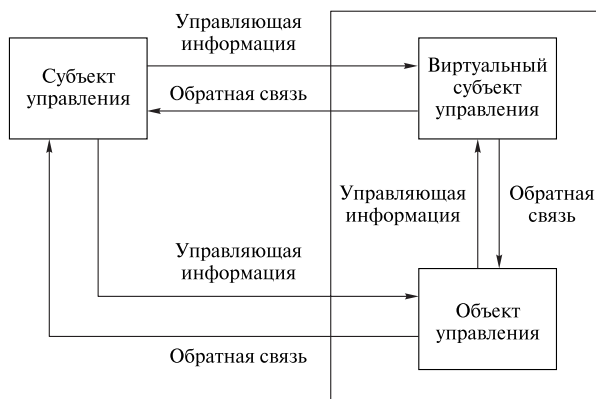


Рис. 2. Обобщенная структурная схема лабораторного стенда
 Fig. 2. Generalized structural diagram of the laboratory bench



Рис. 3. Лабораторно-техническая платформа NI ELVIS II с макетной платой общего назначения
 Fig. 3. Laboratory technical platform NI ELVIS II with a general purpose breadboard

- разъемы видеокарты (стандарты VGA, DVI, HDMI или DisplayPort) [6].

Очевидно, что лучше всего указанным целям соответствует USB-порт. Это — последовательный порт с весьма сложной реализацией контроллера ввода-вывода, которая вряд ли может быть подвергнута ревизии. Отсюда следует, что устройства универсального лабораторного стенда должны самостоятельно решать задачу приведения данных, полученных при измерениях и передаваемых на ПК к совместимости с действующими стандартами для USB-порта.

Иными словами, аппаратное обеспечение универсального лабораторного стенда должно состоять из готовых устройств, совместимых с ПК (в идеале на уровне plug-and-play) и поддерживать решение задач возбуждения измерительной цепи, преобразования и передачи сигнала в ней.

В качестве примера такого устройства можно рассмотреть NI ELVIS II — модульную образовательную лабораторно-техническую платформу, разработанную специально для учебных заведений [7, 12–14]. Платформа включает в себя следующие приборы (рис. 3):

- генератор сигналов произвольной формы;

- анализатор амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик (анализатор Боде);
- цифровой ввод-вывод;
- цифровой мультиметр;
- анализатор спектра;
- генератор стандартных сигналов;
- анализатор импеданса;
- осциллограф.

Платформа также поддерживает специализированные макетные платы и платы общего назначения.

Необходимо указать на отсутствие у NI ELVIS II собственных программируемых вычислительных мощностей, как следствие, на ограниченные возможности по обработке сигнала, и на отсутствие собственных программируемых средств регистрации и индикации.

Это означает, что быстродействие лабораторного стенда, составленного из ПК и NI ELVIS II с макетной платой общего назначения, будет жестко ограничено пропускной способностью соединения между ними и быстродействием ПО, работающего исключительно на ПК.

Этого ограничения можно избежать и обеспечить необходимую универсальность лабораторного стенда, используя в нем дополнительные вычислительные мощности на основе простых и дешевых микроконтроллеров, размещенных на отдельных платах с большими отладочными возможностями.

В качестве примера такого микроконтроллера рассмотрим 8-битный микроконтроллер PIC16F1619 фирмы Microchip Technology Inc. на отладочной плате Curiosity того же производителя [8]. Кафедра К2 МФ «Информационно-измерительные системы и технологии приборостроения» благодаря сотрудничеству с НВП «Болид» в настоящее время располагает аппаратурой на основе этого устройства (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид модуля микроконтроллера
Fig. 4. The appearance of the microcontroller module

Основные характеристики микроконтроллера PIC16F1619:

- скорость центрального процессора 8 МИПС;
- 14 Кб программной и 1 Кб SRAM памяти;
- 12-канальный, 10-битный аналого-цифровой преобразователь;
- четыре 8-битных и три 16-битных таймера;
- внутренний осциллятор 32 МГц;
- ускоритель математических вычислений;
- независимые от ядра периферийные блоки;
- пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор;
- UART, SPI и I2C цифровые коммуникационные устройства.

Перечисленные характеристики дают возможность этому микроконтроллеру решать задачи возбуждения активных датчиков, формирования и преобразования сигнала как в измерительных системах, так и в системах управления с точностью, удовлетворяющей требованиям лабораторного практикума, со скоростью, превосходящей ту, которую может обеспечить обычный ПК под управлением операционной системы общего пользования.

Причинами ограничений сложности решаемых задач служат малый объем оперативной памяти устройства и отсутствие сколько-нибудь развитых средств представления измерительной информации, на обслуживание которых потребовалась бы значительная часть его вычислительного ресурса. Однако сопряжение микроконтроллера с ПК в едином лабораторном стенде позволяет избежать эти ограничения с помощью сохранения за микроконтроллером выполнения простых и неотложных задач и делегирование «большой» ЭВМ сложных и некритичных по времени вычислений, связанных с конечной обработкой, регистрацией и индикацией результатов работы системы управления.

Кроме того, лабораторный стенд может включать в себя устройства сопряжения, исследуемого в рамках лабораторной работы объекта (объекта управления), микроконтроллера и лабораторной платформы по параметрам электрического сигнала. Такие устройства становятся необходимыми в случае несоответствия входных и выходных ограничений по электрическому сигналу у объекта управления, платформы и микроконтроллера.

Технические решения этих устройств (функциональные и масштабные преобразователи и др.) общеизвестны: их можно собрать в рамках самой лабораторной работы на макетной плате, можно заранее изготовить для проведения отдельной лабораторной работы или серии работ, и нет необходимости их подробно описывать.

Результаты и обсуждение

Проведем анализ структурной схемы универсального лабораторного стенда и необходимого программного обеспечения.

Из сравнения рис. 2 и рис. 5 видно, что микроконтроллер здесь имеет значение «виртуального субъекта». Таким образом, задачу лабораторной работы, проводимой на универсальном лабораторном стенде, можно воспринять как изучение обучающимся процессов измерения и управления, обеспеченных «малой ЭВМ» (микроконтроллером) с помощью реального «большого» ПК.

Программное обеспечение универсального лабораторного стенда составляют программные продукты, по своему назначению принадлежащие к различным группам: системные, инструментальные и прикладные.

Системное ПО универсального лабораторного стенда удобно интерпретировать как решение задачи экономии времени обучающегося в порядке выполнения им задания по лабораторной работе. Соответственно, при подборе этих программ следует исходить из возможного наличия у обучающегося предварительного опыта работы с ними или способности их быстрого освоения. Это обосновывает выбор операционной системы.

В настоящее время в подавляющем большинстве случаев применяется одна из версий ОС Windows компании Microsoft с развитыми сервисными системами.

Важно указать, что для работы с большим потоком информации, характерным для задач, решаемых с помощью универсального лабораторного стенда, могут потребоваться программные оболочки, отличные от предоставляемых операционной системой Windows. Может возникнуть необходимость выбора таких оболочек и ознакомления обучающихся с их работой.

Однако множество сервисных систем для универсального лабораторного стенда отнюдь не сводится к фирменным продуктам. Для проведения работ с учетом их специфики может потребоваться разработка, отладка и испытания программ-утилит: например, драйверов и коммуникационных программ, оптимизирующих режим работы с тем или иным объектом исследования [14, 15].

Сложность и трудоемкость задач могут различаться, однако для лаборатории вуза с ее переменным составом пользователей в любом случае важно соблюдать условия аккуратного ведения такой работы, упорядоченного хранения и применения различных версий самостоятельно разработанного системного ПО, каким бы простым оно ни было.

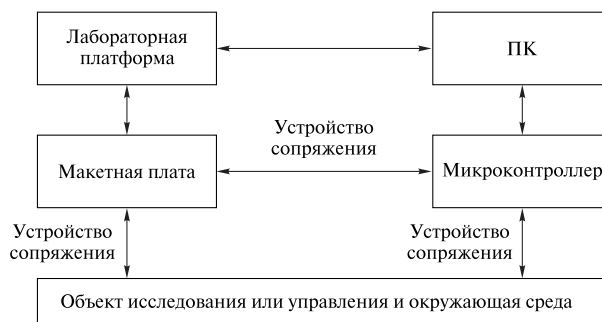


Рис. 5. Примерная структурная схема универсального лабораторного стенда для проведения лабораторных работ по направлению подготовки «Приборостроение»

Fig. 5. An approximate structural diagram of a universal laboratory bench for laboratory work for the degree «Instrument Engineering»

Необходимое инструментальное ПО универсального лабораторного стенда можно подразделить на две части.

Первая часть инструментального ПО универсального лабораторного стенда — это среда разработки программ для «большого» ПК, т. е. среда разработки программ, решающих задачи приема информации от лабораторной платформы и микроконтроллера, обработки этой информации, ее регистрации и индикации [16, 17]. Очевидно, что решение этих задач достаточно единообразно. Критерием пригодности такой среды для универсального лабораторного стенда будет наличие большой библиотеки готовых подпрограмм-решений с упорядоченной системой взаимосвязанных обращений к ним.

В настоящее время этому требованию полностью отвечает LabVIEW — среда предназначенная для разработки программ на графическом языке программирования «G» и платформа для выполнения таких программ [18, 19]. Среда LabVIEW предоставляет исчерпывающий набор решений как для регистрации и индикации результатов измерения средствами ПК, так и для управления. Среда LabVIEW сохраняет возможности пользователя решать задачи обработки информации более привычными методами — через запись формул с синтаксисом языка программирования «Си» [20] (рис. 6).

Необходимым условием применения такого прикладного ПО в универсальном лабораторном стенде становится быстрое и правильное понимание обучающимся интерфейса выполняемой программы, и это требование задают уровень и стандарты разработки таких интерфейсов и их разъяснений в методическом обеспечении лабораторного практикума.

Достаточным условием применения среды программирования LabVIEW в универсальном лабораторном стенде станет знакомство самого

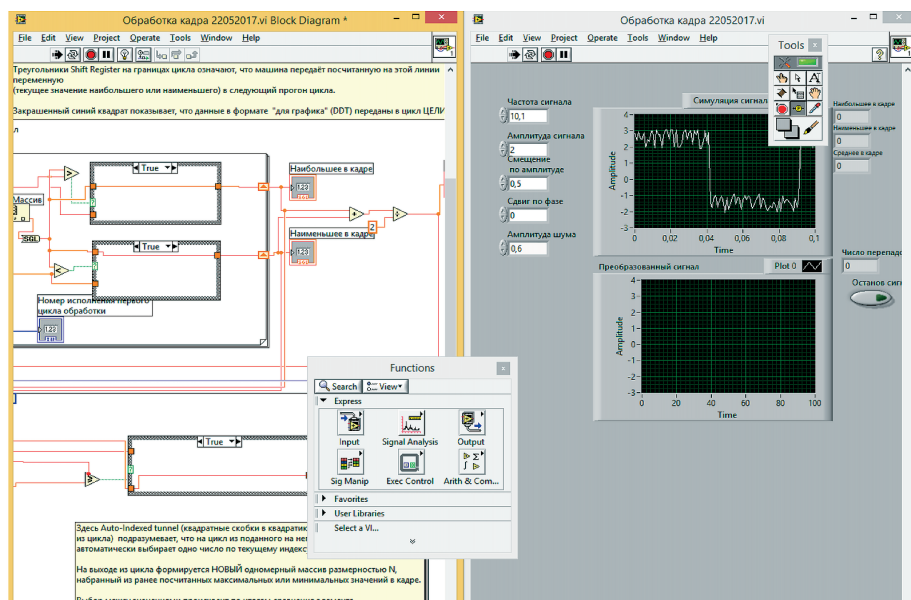


Рис. 6. Пример интерфейса программной среды LabVIEW
 Fig. 6. An example of the LabVIEW software environment interface

обучающегося с графическим языком программирования «G» на уровне, позволяющем составлять и анализировать простые программные решения по приему, регистрации и индикации измерительной информации, генерации и отправке сигналов управления [21, 22].

Приобретение таких навыков можно обеспечить через ввод в программы учебных дисциплин выпускающей кафедры соответствующих практических занятий и лабораторных работ, хотя бы виртуальных. Например, на кафедре «Информационно-измерительные системы и технологии приборостроения» практические занятия по темам «Основы работы в среде LabVIEW», «Организация ввода-вывода в информационно-измерительных системах с использованием NI ELVIS» и другим предусмотрены для учебной дисциплины «Проектирование приборов и систем».

Отметим, что ограничивающим фактором применения среды LabVIEW в операционной системе Windows для работы с лабораторной платформой NI ELVIS и макетной платой общего применения станут задержки по времени [21]. Мало предсказуемые, они вряд ли подлежат какой-то оптимизации в рамках лабораторного практикума. Особенно это касается «медленных» ПК с относительно малым объемом оперативной памяти.

Вторая часть инструментального ПО универсального лабораторного стенда — это среда разработки, отладки и ввода программ для микроконтроллера [23].

Эти прикладные программы решают задачи возбуждения активных измерительных преобразователей, преобразования и передачи сигнала, его обработки и, возможно, регистрации измеритель-

ной информации. Решение перечисленных задач весьма разнообразно, т. е. библиотека готовых типовых программ для универсального лабораторного стенда должна стать очень обширной, что потребует ее упорядоченного хранения и применения, ранее обозначенного для системного ПО.

Следовательно, инструментальное ПО для микроконтроллера должно опираться на широко распространенные языки программирования высокого уровня и предоставлять пользователю возможность работать с библиотекой готовых проектов, т. е. сравнительно простых, типовых прикладных программ, ориентированных на конкретные задачи отдельно взятой лабораторной работы [24].

Для микроконтроллеров семейства PIC компании Microchip Technology, один из которых был ранее рассмотрен как пример компоненты аппаратного обеспечения универсального лабораторного стенда. Этим условиям соответствует интегрированная среда разработки MPLAB, в том числе в своей свободно распространяемой версии [25, 26].

Среда MPLAB обеспечивает управление проектами, компиляцию машинного кода прикладной программы с языков программирования «Ассемблер» и «Си», моделирование поведения программы для поиска и устранения ошибок в алгоритме (рис. 7).

По аналогии с необходимым условием применения прикладного ПО для «большого» ПК для эффективного применения прикладных программ, разработанных в среде MPLAB, необходимым условием станет знакомство обучающихся с интерфейсом доступной им версии этой среды.

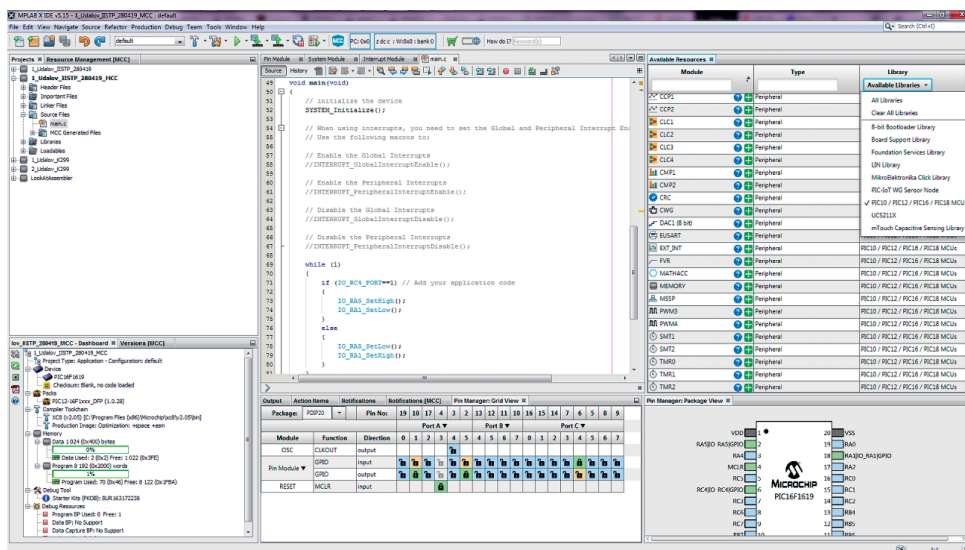


Рис. 7. Пример интерфейса интегрированной среды разработки MPLAB X IDE (версия, написанная на базе платформы NetBeans)
Fig. 7. An example of the interface of the integrated development environment MPLAB X IDE (version written on the basis of the NetBeans platform)

Добиться выполнения этого условия сложнее, чем в случае со средой LabVIEW, в силу большей специализации среды MPLAB.

Однако и здесь можно достичь нужного результата путем изучения этих вопросов в тех или иных учебных дисциплинах и введения их в тематику лабораторных и практических занятий, отвечающих требованиям преподаваемого предмета, с использованием интегрированной среды разработки MPLAB. Например, на кафедре «Информационно-измерительные системы и технологии приборостроения» такие лабораторные занятия, как «Программирование микроконтроллера PIC16F1619 в среде MPLAB X IDE с использованием MPLAB Code Configurator», предусмотрены для учебной дисциплины «Средства организации информационно-измерительных систем».

Напротив, выполнение достаточного условия применения прикладного ПО для микроконтроллера, сравнительно проще, чем ранее рассмотренного условия для «большого ПК». Для редактирования и разработки простых прикладных программ для микроконтроллера обучающимся необходимо иметь представление о языках программирования «Ассемблер» или «Си», уже заложенное в учебный план направления подготовки и обеспеченное другими кафедрами («Прикладная математика, информатика и вычислительная техника»).

Отметим, что среды LabVIEW и MPLAB представляют собой независимые одну от другой разработки разных авторских коллективов [27–29], запускаются на «большой» ПК одновременно в процессе выполнения лабораторного практикума, и все взаимодействие между ними в рамках

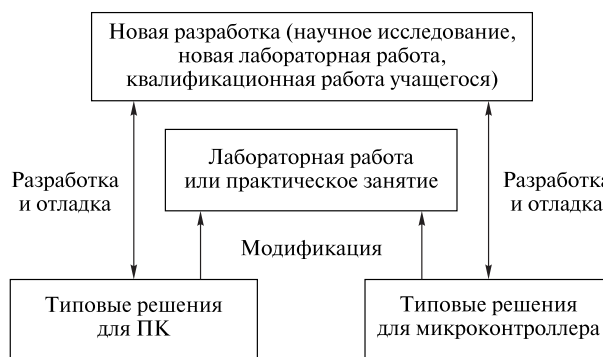


Рис. 8. Примерная организация работы с прикладным ПО универсального лабораторного стенда
Fig. 8. Approximate organization of work with applied software for a universal laboratory bench

отдельно взятой лабораторной работы должно быть предусмотрено на уровне прикладного ПО. Это накладывает дополнительные требования на разработку и отладку такового.

Прикладное ПО универсального лабораторного стенда представляет собой набор программных продуктов, созданных, отлаженных и модифицированных в средах LabVIEW и MPLAB как внешними разработчиками [30], так и преподавательским составом кафедры, и самими обучающимися в порядке практических и лабораторных занятий, а также квалификационных работ и научных исследований.

Разнообразие прикладного ПО как по решаемым задачам, так и по авторству и версиям разработанных решений ведет к уже указанному ранее требованию упорядоченности хранения и применения этого ПО, которую нельзя достичь исключительно техническими и программными

средствами. Необходимы соответствующее качество методического и организационного обеспечения лабораторного практикума, строгое администрирование парка ПК лаборатории (рис. 8).

Выводы

Предложенные принципы организации лабораторного стенда позволяют моделировать элементы и блоки информационно-измерительных систем.

Результаты разработки инструментального программного и аппаратного обеспечения лабораторного стенда в рамках лабораторного практикума по направлению «Приборостроение» используются в научно-исследовательской теме «Разработка и исследование методов и средств улучшения метрологических, технических и эксплуатационных характеристик устройств информационно-измерительной техники».

Список литературы

- [1] Полещук О.М., Комаров Е.Г., Тумор С.В. Повышение эффективности оценки параметров технических систем на основе учета разных типов неопределенности // Сб. тр. XI Отраслевой науч.-техн. конф. приборостроительных организаций ГК «РОСКОСМОС» «Информационно-управляющие и измерительные системы–2018», (Москва, 29 марта 2018 г.). М.: Спутник+, 2018. С. 18–23.
- [2] Васюков С.А. Системный подход применения электроизмерительных приборов и средств компьютерного моделирования в лабораториях вузов технического профиля // Машиностроение и компьютерные технологии, 2017. № 09. С. 24–43.
- [3] Хакимов Р.А., Газизов А.А., МаксUTOV А.М., Сапельников В.М. Исследование характеристик функционального ЦАП с помощью лабораторной установки NI ELVIS // Материалы II Междунар. науч. конф. «Современные проблемы радиоэлектроники» / под ред. Д.А. Безуглова. Ростов-на-Дону: Ростовская академия сервиса, 2007. Вып. 1. С. 605–608.
- [4] Тарасенко П.А., Клюев И.Г., Кузнецов Е.А. Программный стенд для проверки балансировки мостовых схем методом инжекции тока // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2015. Т. 19. № 3. С. 125–130.
- [5] Поярков Н.Г., Комаров Е.А. Нечеткая модель выбора образовательных информационных ресурсов с заданными характеристиками качества // Сб. избр. статей по материалам научн. конф. ГНИИ «Нацразвитие», Санкт-Петербург, 29–31 мая 2019 г. Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2019. С. 142–146.
- [6] Васюков С.А. Комплексный подход к выбору оборудования в целях полноценного и качественного выполнения лабораторного практикума по электротехническим дисциплинам для специальностей технического профиля // Машиностроение и компьютерные технологии, 2016. № 11. С. 189–204.
- [7] Евдокимов Ю.К., Кирсанов А.Ю., Салахова А.Ш. Дистанционные автоматизированные учебные лаборатории и технологии дистанционного учебного эксперимента в техническом вузе // Открытое образование, 2009. № 5. С. 74–79.
- [8] Дмитриев В.М., Ганджа Т.В., Панов С.А. Система виртуальных инструментов и приборов для автоматизации учебных и научных экспериментов // Программные продукты и системы, 2016. № 3 (115). С. 154–161.
- [9] Яровая Я.В., Сухарев Е.Н. Применение технологии виртуальных приборов для обеспечения дисциплин радиотехнического профиля // Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2014. № 10. С. 168–169.
- [10] Стукач О.В., Мирманов А.Б. Интегративный подход к преподаванию схемотехники аналоговых электронных устройств в программно-аппаратной среде Ni Elvis // Открытое образование, 2018. № 4. С. 4–11.
- [11] Шеин А.В., Карпутин В.С. Исследование лабораторного стенда National Instruments ELVIS II+ // Молодой ученый, 2016. № 13. С. 278–282.
- [12] Пилипенко А.М., Цветков Ф.А. Применение электронных симуляторов LabVIEW и Multisim для изучения базовых дисциплин по направлениям «Радиотехника» и «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» // Образовательные технологии и общество, 2013. № 4. С. 302–315.
- [13] Пятак И.М., Леонтьев Е.В. Моделирование радиотехнических устройств с регулируемыми параметрами в среде LabVIEW // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление, 2015. № 4. С. 19–24.
- [14] Байдаров С.Ю., Бутаев М.М., Куроедов С.К., Светлов А.В. Использование технологии виртуальных приборов для определения частотных характеристик элементов и устройств систем управления // ИВУЗ Поволжский регион. Технические науки, 2012. № 1. С. 105–115.
- [15] Манонина И.В. Применение программы LabVIEW для изучения вопросов поверки измерительных приборов // Телекоммуникации и транспорт, 2012. Т. 6. № 8. С. 50–52.
- [16] Иншаков Ю.М., Соловьева Е.Б., Езеров К.С. Реализация перестраиваемых электрических цепей на базе измерительного комплекса NI ELVIS II // Качество. Инновации. Образование, 2019. № 5 (163). С. 3–11.
- [17] Борток Д.В. О постановке экспериментов с использованием виртуальных приборов станции NI ELVIS II в среде LabVIEW // Вестник ИМСИТ, 2017. № 4 (72). С. 29–32.
- [18] Хуртин Е.А. Некоторые вопросы измерений виртуальными приборами при проведении учебных занятий на установке NI ELVIS II // Информационно-технологический вестник, 2016. № 1 (7). С. 65–73.
- [19] Биктимиров Л.Ш., Глушков В.А. Внедрение технологического National Instruments для разработки лабораторного практикума по волоконно-оптическим линиям связи на базе NI ELVIS II // Радиотехническая техника, 2016. № 1 (9). С. 198–202.
- [20] Богачев К.А., Букреева Е.П. Разработка лабораторного практикума для изучения возможностей микроконтроллеров с использованием учебной платформы NI ELVIS II // Материалы I Междунар. симп. «Компьютерные измерительные технологии», Москва, 3 апреля 2015 г. М.: ДМК Пресс, 2015. С. 174–176.
- [21] Коновалова В.С., Перкова А.Г. Применение платформы NI ELVIS II для создания лабораторных практикумов // Сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. «Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации», Пенза, 10–12 ноября 2014 г. Пенза: Пензенский государственный университет, 2014. С. 141–144.
- [22] Кузнецов А.А., Пашков Д.В. Применение комплекса NI ELVIS для исследования первичных измерительных преобразователей // Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Фи-

- зические основы измерений», «Автоматизация измерений, контроля и испытаний» и «Метрология, стандартизация и сертификация». Омск: ОмГУПС, 2012. 36 с.
- [23] 1284-2000 – IEEE Standard Signaling Method for a Bidirectional Parallel Peripheral Interface for Personal Computers. URL: <https://standards.ieee.org/standard/1284-2000.html> (дата обращения 23.04.2020).
- [24] The RS232 standard. A Tutorial with Signal Names and Definitions. URL: https://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html (дата обращения 23.04.2020).
- [25] USB Implementers Forum, Inc. URL: <https://www.usb.org/> (дата обращения 23.04.2020).
- [26] Разъемы для подключения устройств вывода. URL: <https://www.ixbt.com/video3/guide/guide-04.shtml> (дата обращения 23.04.2020).
- [27] National Instruments. NI ELVIS II. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/support/model.ni-elvis-ii.html> (дата обращения 23.04.2020).
- [28] PIC16F1619. URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F1619> (дата обращения 23.04.2020).
- [29] Знакомьтесь: LabVIEW. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (дата обращения 23.04.2020).
- [30] MPLAB® X Integrated Development Environment (IDE). URL: <https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide> (дата обращения 23.04.2020).

Сведения об авторах

Комаров Евгений Геннадиевич — д-р. техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), fuzzykom@gmail.com

Тарасенко Павел Алексеевич — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), tarasenko@mgul.ac.ru,

Удалов Максим Евгеньевич — канд. техн. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), udalov@mgul.ac.ru

Чернобровина Ольга Константиновна — ст. преподаватель МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), ochernobrovina@mail.ru

Поступила в редакцию 25.04.2020.

Принята к публикации 20.05.2020.

SOFTWARE AND HARDWARE FOR UNIVERSAL LABORATORY BENCH

E.G. Komarov, P.A. Tarasenko, M.E. Udalov, O.K. Chernobrovina

BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

komarov@mgul.ac.ru

The principles of organizing a laboratory bench, which in addition to a laboratory and technical platform and a personal computer, includes a programmable microcontroller providing a solution to the problems of information-measuring systems in the framework of a laboratory workshop and research work by increasing the processing speed of measurement information and the overall speed of the bench. The rationale and formulation of the requirements for the organization and maintenance of the hardware and software of a universal laboratory bench are presented.

Ключевые слова: instrument making, laboratory bench, information-measuring systems, microcontroller, software

Suggested citation: Komarov E.G., Tarasenko P.A., Udalov M.E., Chernobrovina O.K. *Программное и аппаратное обеспечение универсального лабораторного стенда* [Software and hardware for universal laboratory bench]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 118–127. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-118-127

References

- [1] Poleshchuk O.M., Komarov E.G., Tumor S.V. *Povyshenie effektivnosti otsenki parametrov tekhnicheskikh sistem na osnove ucheta raznykh tipov neopredelennosti* [Improving the efficiency of evaluating the parameters of technical systems on the basis of taking into account different types of uncertainty]. *Sbornik trudov XI Otrasevov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii priborostroitel'nykh organizatsiy GK «ROSKOSMOS» «Informatsionno-upravlyayushchie i izmeritel'nye sistemy–2018»* [Proceedings of the XI Branch Scientific and Technical Conference of Instrument-Making Organizations of the GC ROSKOSMOS Information Management and Measuring Systems-2018], Moscow, March 29, 2018. Moscow: Sputnik +, 2018, pp. 18–23.
- [2] Vasyukov S.A. *Sistemnyy podkhod primeneniya elektroizmeritel'nykh priborov i sredstv komp'yuternogo modelirovaniya v laboratoriyakh vuzov tekhnicheskogo profilya* [A systematic approach to the use of electrical measuring instruments and computer simulation tools in the laboratories of universities of a technical profile]. *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii* [Mechanical Engineering and Computer Technology], 2017, no. 09, pp. 24–43.
- [3] Khakimov R.A., Gazizov A.A., Maksutov A.M., Sapel'nikov V.M. *Issledovanie kharakteristik funktsional'nogo TsAP s pomoshch'yu laboratornoy ustanovki NI ELVIS* [The study of the characteristics of a functional DAC using a laboratory setup NI ELVIS]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Sovremennye problemy radioelektroniki»* [Materials of the II International Scientific Conference «Modern Problems of Radio Electronics»]. Ed. D.A. Bezuglov. Rostov-on-Don: Rostov Academy of Service, 2007, iss. 1, pp. 605–608.

- [4] Tarasenko P.A., Klyuev I.G., Kuznetsov E.A. *Programmnyy stand dlya proverki balansirovki mostovykh skhem metodom inzhetskii toka* [Software stand for checking the balancing of bridge circuits by the current injection method]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2015, v. 19, no. 3, pp. 125–130.
- [5] Poyarkov N.G., Komarov E.A. *Nechetkaya model' vybora obrazovatel'nykh informatsionnykh resursov s zadannymi kharakteristikami kachestva* [A fuzzy model for the selection of educational information resources with specified quality characteristics]. Sbornik izbrannykh statey po materialam nauchnykh konferentsiy GNII «Natsrazvitiye» [Collection of selected articles on the basis of scientific conferences of the State Research Institute «National Development»], St. Petersburg, May 29–31, 2019. St. Petersburg: State Scientific Research Institute «National Development», 2019, pp. 142–146.
- [6] Vasyukov S.A. *Kompleksnyy podkhod k vyboru oborudovaniya v tselyakh polnotsennogo i kachestvennogo vypolneniya laboratornogo praktikuma po elektrotekhnicheskim distsiplinam dlya spetsial'nostey tekhnicheskogo profilya* [An integrated approach to the selection of equipment for the full and high-quality implementation of a laboratory workshop in electrical disciplines for technical specialties]. Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii [Mechanical Engineering and Computer Technology], 2016, no. 11, pp. 189–204.
- [7] Evdokimov Yu.K., Kirsanov A.Yu., Salakhova A.Sh. *Dstantsionnye avtomatizirovannye uchebnye laboratorii i tekhnologii dstantsionnogo uchebnogo eksperimenta v tekhnicheskoy vuz* [Remote automated educational laboratories and technologies of distance educational experiment in a technical university]. Otkrytoe obrazovanie [Open Education], 2009, no. 5, pp. 74–79.
- [8] Dmitriev V.M., Gandzha T.V., Panov S.A. *Sistema virtual'nykh instrumentov i priborov dlya avtomatizatsii uchebnykh i nauchnykh eksperimentov* [The system of virtual tools and instruments for the automation of educational and scientific experiments]. Programmnye produkty i sistemy [Software products and systems], 2016, no. 3 (115), pp. 154–161.
- [9] Yarovaya Ya.V., Sukharev E.N. *Primenenie tekhnologii virtual'nykh priborov dlya obespecheniya distsiplin radiotekhnicheskogo profilya* [The use of virtual instrument technology to ensure disciplines of the radio engineering profile]. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual problems of aviation and astronautics], 2014, no. 10, pp. 168–169.
- [10] Stukach O.V., Mirmanov A.B. *Integrativnyy podkhod k prepodavaniyu skhemotekhniki analogovykh elektronnykh ustroystv v programmo-apparatnoy srede Ni Elvis* [An integrative approach to teaching circuitry of analog electronic devices in the hardware and software environment Ni Elvis]. Otkrytoe obrazovanie [Open Education], 2018, no. 4, pp. 4–11.
- [11] Shein A.V., Karputin V.S. *Issledovanie laboratornogo stenda National Instruments ELVIS II+* [Study of the laboratory bench of National Instruments ELVIS II+]. Molodoy uchenyy [Young Scientist], 2016, no. 13, pp. 278–282.
- [12] Pilipenko A.M., Tsvetkov F.A. *Primenenie elektronnykh simulyatorov LabVIEW i Multisim dlya izucheniya bazovykh distsiplin po napravleniyam «Radiotekhnika» i «Infokommunikatsionnye tekhnologii i sistemy svyazi»* [The use of electronic simulators LabVIEW and Multisim for the study of basic disciplines in the areas of «Radio Engineering» and «Infocommunication Technologies and Communication Systems»]. Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo [Educational Technologies and Society], 2013, no. 4, pp. 302–315.
- [13] Pyatak I.M., Leont'ev E.V. *Modelirovaniye radiotekhnicheskikh ustroystv s reguliruemymi parametrami v srede LabVIEW* [Modeling of radio engineering devices with adjustable parameters in the LabVIEW environment]. Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika, telekommunikatsii i upravlenie [Scientific and Technical Journal of St. Petersburg State Polytechnic University. Informatics, telecommunications and management], 2015, no. 4, pp. 19–24.
- [14] Baydarov S.Yu., Butaev M.M., Kuroedov S.K., Svetlov A.V. *Ispol'zovaniye tekhnologii virtual'nykh priborov dlya opredeleniya chastotnykh kharakteristik elementov i ustroystv sistem upravleniya* [The use of virtual instrument technology to determine the frequency characteristics of elements and devices of control systems]. IVUZ Povolzhskiy region. Tekhnicheskie nauki [IVUZ Volga Region. Engineering], 2012, no. 1, pp. 105–115.
- [15] Manonina I.V. *Primenenie programmy LabVIEW dlya izucheniya voprosov poverki izmeritel'nykh priborov* [The use of the LabVIEW program to study the verification of measuring instruments]. Telekommunikatsii i transport [Telecommunications and Transport], 2012, v. 6, no. 8, pp. 50–52.
- [16] Inshakov Yu.M., Solov'eva E.B., Ezerov K.S. *Realizatsiya perestraivaemykh elektricheskikh tsepey na baze izmeritel'nogo kompleksa NI ELVIS II* [Implementation of tunable electrical circuits based on the NI ELVIS II measuring complex]. Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie [Quality. Innovation Education], 2019, no. 5 (163), pp. 3–11.
- [17] Bortok D.V. *O postanovke eksperimentov s ispol'zovaniem virtual'nykh priborov stantsii NI ELVIS II v srede LabVIEW* [On the design of experiments using virtual instruments of the NI ELVIS II station in the LabVIEW environment]. Vestnik IMSIT [IMSIT Vestnik], 2017, no. 4 (72), pp. 29–32.
- [18] Khurtin E.A. *Nekotorye voprosy izmereniy virtual'nymi priborami pri provedenii uchebnykh zanyatiy na ustanovke NI ELVIS II* [Some issues of measurements with virtual instruments during training sessions at the NI ELVIS II installation]. Informatiionno-tekhnologicheskii vestnik [Information and Technology Bulletin], 2016, no. 1 (7), pp. 65–73.
- [19] Biktimirov L.Sh., Glushkov V.A. *Vnedreniye tekhnologii National Instruments dlya razrabotki laboratornogo praktikuma po volokonno-opticheskim liniyam svyazi na baze NI ELVIS II* [Implementation of National Instruments technologies for the development of a laboratory workshop on fiber-optic communication lines based on NI ELVIS II]. Radioelektronnaya tekhnika [Radioelectronic Engineering], 2016, no. 1 (9), pp. 198–202.
- [20] Bogachev K.A., Bukreeva E.P. *Razrabotka laboratornogo praktikuma dlya izucheniya vozmozhnostey mikrokontrollerov s ispol'zovaniem uchebnoy platformy NI ELVIS II* [Development of a laboratory workshop for studying the capabilities of microcontrollers using the NI ELVIS II training platform]. Materialy I Mezhdunarodnogo simpoziuma «Komp'yuternye izmeritel'nye tekhnologii» [Materials of the I International Symposium «Computer Measuring Technologies»], Moscow, April 3, 2015. Moscow: DMK Press, 2015, pp. 174–176.
- [21] Konovalova V.S., Perkova A.G. *Primeneniye platformy NI ELVIS II dlya sozdaniya laboratornykh praktikumov* [Application of the NI ELVIS II platform for creating laboratory workshops]. Sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Metody, sredstva i tekhnologii polucheniya i obrabotki izmeritel'noy informatsii» [Collection of scientific articles of the International scientific and technical conference «Methods, means and technologies for obtaining and processing measurement information»], Penza, November 10–12, 2014. Penza: Penza State University, 2014, pp. 141–144.

- [22] Kuznetsov A.A., Pashkov D.V. *Primenenie kompleksa NI ELVIS dlya issledovaniya pervichnykh izmeritel'nykh preobrazovateley* [The use of the NI ELVIS complex for the study of primary measuring transducers]. Metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu laboratornykh rabot po distsipline «Fizicheskie osnovy izmereniy», «Avtomatizatsiya izmereniy, kontrolya i ispytaniy» i «Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya» [Methodological instructions for laboratory work in the discipline «Physical fundamentals of measurement», «Automation of measurement, control and testing» and «Metrology, standardization and certification»]. Omsk: OmGUPS, 2012, 36 p.
- [23] 1284-2000 – IEEE Standard Signaling Method for a Bidirectional Parallel Peripheral Interface for Personal Computers. Available at: <https://standards.ieee.org/standard/1284-2000.html> (accessed 23.03.2020).
- [24] The RS232 standard. A Tutorial with Signal Names and Definitions. Available at: https://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html (accessed 23.03.2020).
- [25] USB Implementers Forum, Inc. URL: <https://www.usb.org/> (accessed 23.03.2020).
- [26] Connectors for connecting output devices. Available at: <https://www.ixbt.com/video3/guide/guide-04.shtml> (accessed 23.03.2020).
- [27] National Instruments. NI ELVIS II. Available at: <https://www.ni.com/ru-ru/support/model.ni-elvis-ii.html> (accessed 23.03.2020).
- [28] PIC16F1619. Available at: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F1619> (accessed 23.03.2020).
- [29] Meet: LabVIEW. Available at: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (accessed 23.03.2020).
- [30] MPLAB® X Integrated Development Environment (IDE). Available at: <https://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide> (accessed 23.03.2020).

Authors' information

Komarov Evgeniy Gennadievich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), fuzzykom@gmail.com

Tarasenko Pavel Alekseevich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), tarasenko@mgul.ac.ru,

Udalov Maksim Evgen'evich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the BMSTU (Mytishchi branch), udalov@mgul.ac.ru

Chernobrovina Ol'ga Konstantinovna — Senior Lecturer of the BMSTU (Mytishchi branch), ochernobrovina@mail.ru

Received 25.04.2020.

Accepted for publication 20.05.2020.