

УДК 62.519

## КОМПЛЕКС ЛАБОРАТОРНЫХ АРМ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АППАРАТНЫХ МОДЕЛЕЙ АСУ ТП НА КОНТРОЛЛЕРЕ ADAM 5510TCP

В.М. Рамазанов<sup>1</sup>, О.И. Садовская<sup>2</sup>, Г.П. Себровская<sup>3</sup>

<sup>1</sup>старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, e-mail:

[ramaz@grsu.by](mailto:ramaz@grsu.by)

<sup>2</sup>старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, e-mail:

[ign\\_olga@mail.ru](mailto:ign_olga@mail.ru)

<sup>3</sup>старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, e-mail: [ga-](mailto:galina_sebrovskaya@mail.ru)

[lina\\_sebrovskaya@mail.ru](mailto:lina_sebrovskaya@mail.ru)

**Аннотация.** В работе рассмотрены основные программно-технические компоненты лабораторного автоматизированного рабочего места (АРМ) для проведения занятий по дисциплинам высших учебных заведений, связанных с изучением методов и средств проектирования и разработки систем автоматизации управления. АРМ предназначена для работы, как в автономном, так и в режиме Web-доступа к оборудованию. В качестве примера взята аппаратная модель тензометрической АСУ расходом жидкостей с пропорционально-дискретным алгоритмом управления.

*Ключевые слова:* PC-совместимый контроллер ADAM 5510TCP, АСУ расходом, лабораторное АРМ, IP-узел.

## COMPLEX FOR RESEARCH LABORATORY WORKSTATION HARDWARE MODELS APCS ON THE CONTROLLER ADAM 5510TCP

Vitali Ramazanov<sup>1</sup>, Olga Sadovskaya<sup>2</sup>, Galina Sebrovskaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Senior teacher of information systems and technologies department, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus, e-mail: [ramaz@grsu.by](mailto:ramaz@grsu.by)

<sup>2</sup>Senior teacher of information systems and technologies department, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus, e-mail: [ign\\_olga@mail.ru](mailto:ign_olga@mail.ru)

<sup>3</sup>Senior teacher of information systems and technologies department, Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus, e-mail: [galina\\_sebrovskaya@mail.ru](mailto:galina_sebrovskaya@mail.ru)

**Abstract.** The paper discusses the basic software and hardware components of the laboratory workstation (AWP) for training in the disciplines of higher education institutions related to the study of methods and tools design and development of automation control systems. ARM is designed to operate as a stand-alone, and in the mode of Web-based access to the equipment. As an example, taken tensometric ACS hardware model of liquid flow with discrete proportional-control algorithm.

*Keywords: PC-compatible controller ADAM 5510TCP, ACS-flow, laboratory workstations, IP-node.*

**Введение.** Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), используемые в различных отраслях реального сектора экономики, очень разнородны. Это относится, как к видам периферийного управляемого оборудования низовой автоматике, так и номенклатуре аппаратных средств контроллерного оборудования. Для ВУЗов, осуществляющих подготовку специалистов по соответствующим специальностям, это создает значительные сложности при организации лабораторной базы.

Особенно остро стоит вопрос тогда, когда речь заходит об оснащении учебных лабораторий по дисциплинам специализации. В подобных лабораториях требуется, с одной стороны обеспечить весьма узкую структуру аппаратных средств периферийных устройств, соответствующих профилю подготовки, а с другой – охватить максимально возможный диапазон изучаемых моделей систем управления в одной лаборатории. Все это в конечном итоге приводит к резкому повышению суммарных затрат на создание и обслуживание лабораторного парка. Еще одна проблема, с которой сталкивается профильная кафедра, это технология организации лабораторных занятий по заочным формам обучения, когда отведенный объем часов в учебных планах не превышает 8 – 12, при соответствующем объеме для студентов дневной формы порядка 40 – 60 часов. Отсутствие возможности у студента поработать с реальным оборудованием отрицательно сказывается на итоговом качестве подготовки специалиста, особенно в свете расширения практико-ориентированного подхода в высшей школе.

Предлагаемые решения [1] позволяют решать эти задачи, однако, как правило, в рамках одной, максимум двух специализаций, используя специализированное аппаратное обеспечение для построения модели вычислительного ядра исследуемых систем управления. Для решения второй задачи практически повсеместно используемым решением стали программные эмуляторы. Однако и здесь перед разработчиком встает задача предварительной разработки требуемых визуальных моделей периферийного управляемого оборудования, даже при наличии специализированных сред эмуляции контроллеров. Соответственно возрастает и требующийся объем учебно-методических материалов, необходимых студенту для выполнения лабораторных работ, и снижается практическая ценность таких занятий.

**Цель работы.** В работе предлагается программно-технический комплекс на основе PC совместимого контроллера ADAM 5510TCP (Advantech Co. Тайвань). Авторы рекомендуют его как типовое универсальное звено

для создания специализированных лабораторий произвольного технологического профиля по дисциплинам, связанным с изучением методов и средств проектирования АСУ ТП для студентов ВУЗов. Универсальность предлагаемого решения обеспечивается возможностью установки конфигурируемого набора модулей ввода-вывода, а удаленный многопользовательский доступ – наличием встроенной аппаратной поддержки TCP соединения у контроллера.

**Материалы и результаты исследований.** Независимо от состава требуемого периферийного оборудования изучаемой лабораторной модели АСУ ТП, обязательным звеном подобных систем является IP-узел, обеспечивающий удаленный доступ на аппаратном уровне к контактам модулей ввода-вывода. Узел должен обеспечивать многопользовательский доступ средствами стандартных браузеров. Ниже предлагается типовая структура аппаратных средств организации Web-доступа к оборудованию низовой автоматике АСУ. На сегодняшний день стандартом «де-факто» стало наличие у промышленных контроллеров либо встроенных портов, либо внешних средств поддержки IP-протокола. Это относится, как к контроллерам, решающим задачи сбора данных и управления, так и контроллерам, на базе которых создаются различного рода специализированные системы, например, системы телемеханики. Большинство моделей контроллеров имеют встроенные Ethernet-порты, для остальных же существуют отдельные дополнительные коммуникационные модули, выполняющие роль Ethernet-шлюзов. Относительно простой способ, не требующий вспомогательных устройств для преобразования различных протоколов передачи данных в сетевой протокол, представлен на рисунке 1.

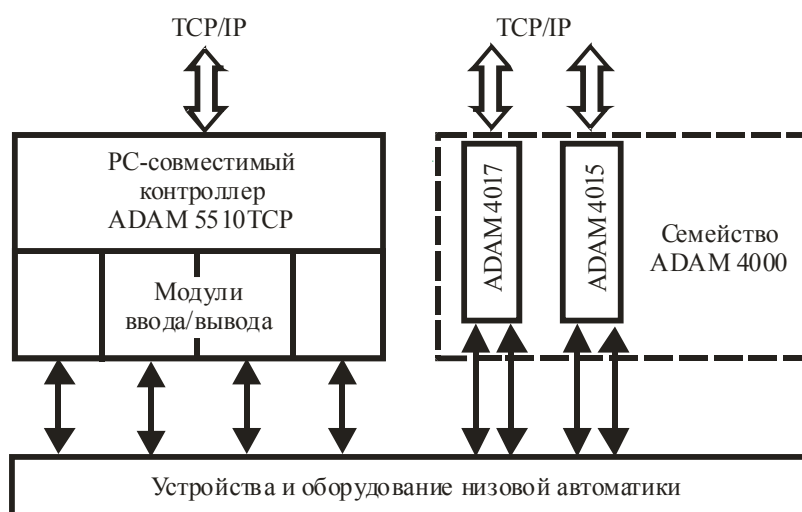


Рисунок 1 – Структура IP-узла с непосредственным Web-доступом и использованием контроллеров семейств ADAM 5000, 4000

В этом случае контроллер управления имеет конфигурируемый IP-адрес и набор библиотечных функций для работы с ним. Двухнаправленный обмен данными с оборудованием осуществляется через набор переменных, доступных за счет использования встроенных средств высокоуровневых сред разработки Web-приложений диспетчерского уровня. Как видно, из рисунка 1, на аппаратном уровне такой доступ обеспечивается производителем, как для отдельных модулей ввода-вывода (серии ADAM 4000), так и для модулей, входящих в состав контроллера (серии ADAM 5000). Подобная структура позволяет обеспечить минимум аппаратных ресурсов для получения доступа при использовании SCADA-систем, технологий OPC и средствами стандартных браузеров.

Ниже рассмотрены основные программно-технические компоненты лабораторного АРМ для проведения занятий, как в автономном, так и в режиме Web-доступа к оборудованию. В качестве примера взята аппаратная модель тензометрической АСУ расходом жидкостей с пропорционально-дискретным алгоритмом управления. Основными количественными показателями таких систем являются: погрешность установки выходного расхода/массы и времени выпуска единицы продукции при управляемом абсолютном значении ее объема/массы. Кроме того, обычно требуется интеграция процессов обработки этих показателей в системы диспетчеризации и управления с использованием сетей TCP/IP масштаба предприятия. Для практической реализации показателей управления расходом с заданными временными характеристиками предлагается эталонная структура системы (рисунок 2).

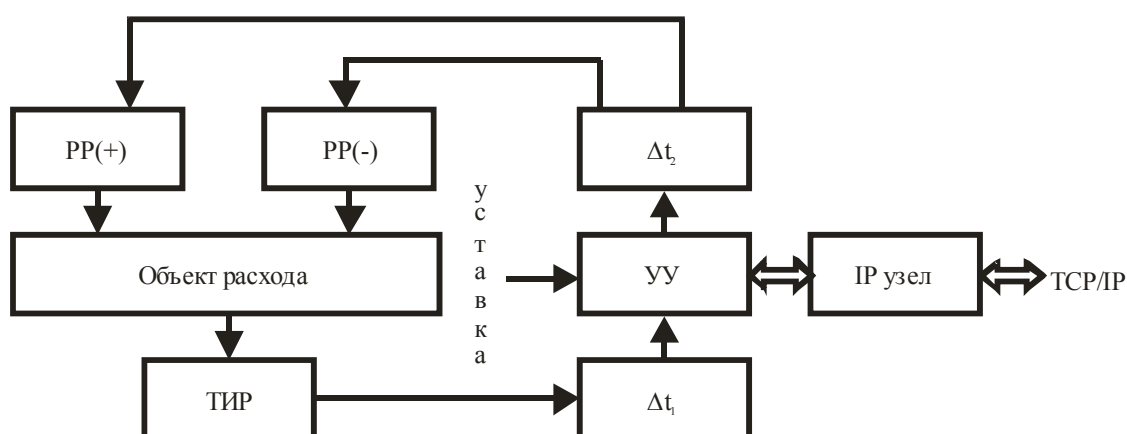


Рисунок 2 – Эталонная структура расходомерной АСУ тензометрического типа с пропорционально-дискретным управлением и Web-доступом

Устройство управления (УУ), сравнивая текущее показание тензометрического измерителя расхода (ТИР) со значением уставки, управляет мо-

ментами включения регуляторов расхода (PP), добиваясь достижения равенства этих показателей. Регулирование параметров расхода возможно как в сторону их увеличения (PP+), так и в сторону уменьшения (PP-). Два инерционных звена ( $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ ) эмулируют задержку цепей измерения и регулировки соответственно. В этом случае элемент, осуществляющий взаимодействие УУ с верхним уровнем АСУ, удобно реализовать в виде независимого IP-узла. На аппаратном уровне возможно объединение функций УУ и IP-узла в один элемент – контроллер управления. Такой подход позволит четко отделить оборудование управления и организации Web-доступа от устройств низовой автоматики.

С использованием приведенной на рисунке 2 эталонной модели была разработана аппаратная модель расходомерной АСУ тензометрического типа [3], использующая контроллер ADAM 5510TCP (рисунок 3).

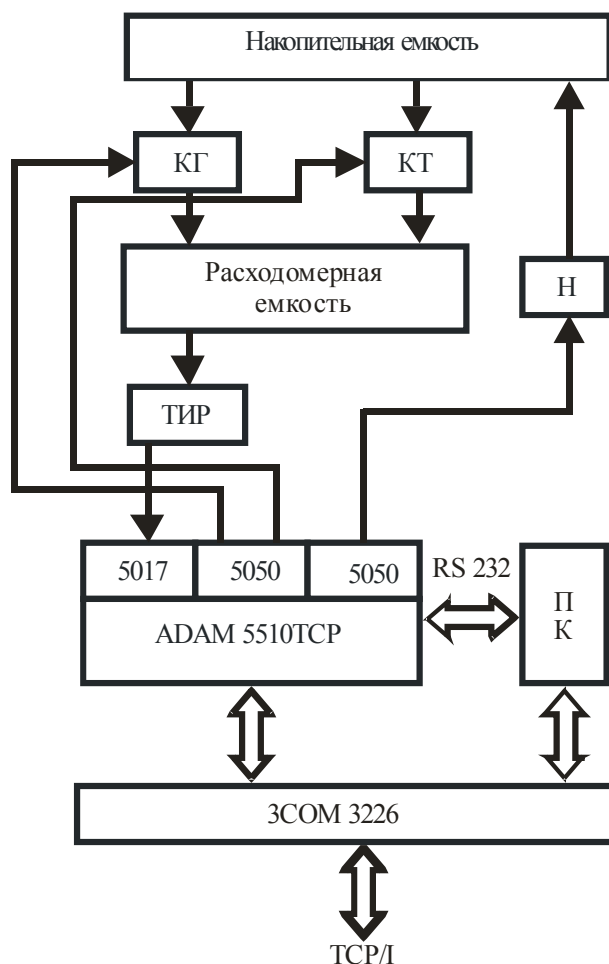


Рисунок 3 – Аппаратная структура расходомерной АСУ тензометрического типа на контроллере ADAM 5510TCP

Материал, расход которого подлежит управлению, содержится в накопительной емкости. Величиной расхода управляют два клапана: клапан грубого расхода (КГ) и клапан точного расхода (КТ), имеющие различное сечение пропускного отверстия. В качестве клапанов использованы электроклапаны-распределители модели П-РЭЗ/2,5-112 УХЛ4 (ТУ2-053-1612), подключенные к выходам модулей дискретного ввода-вывода ADAM 5050. Масса материала, поступившего в расходомерную емкость, измеряется тензOMETрическим измерителем расхода (ТИР). В качестве ТИР используется самоустанавливающийся стальной тензOMETрический датчик типа DSB1-10K со встроенным усилителем. При необходимости, изменение коэффициента усиления этого усилителя позволяет формировать напряжение на входе АЦП модуля аналогового ввода ADAM 5017, равное объемному расходу материала с учетом его плотности. Управление клапанами позволяет осуществлять пропорционально-дискретное увеличение расхода с заданной точностью.

Аппаратный формат организации IP-узла для Web-доступа к оборудованию системы соответствует рисунку 1 и использует встроенный интерфейс Ethernet 10/100Base-T контроллера. Интеграция в диспетчерский уровень лаборатории реализована с использованием управляемого коммутатора ЗСОМ 3226 и персонального компьютера.

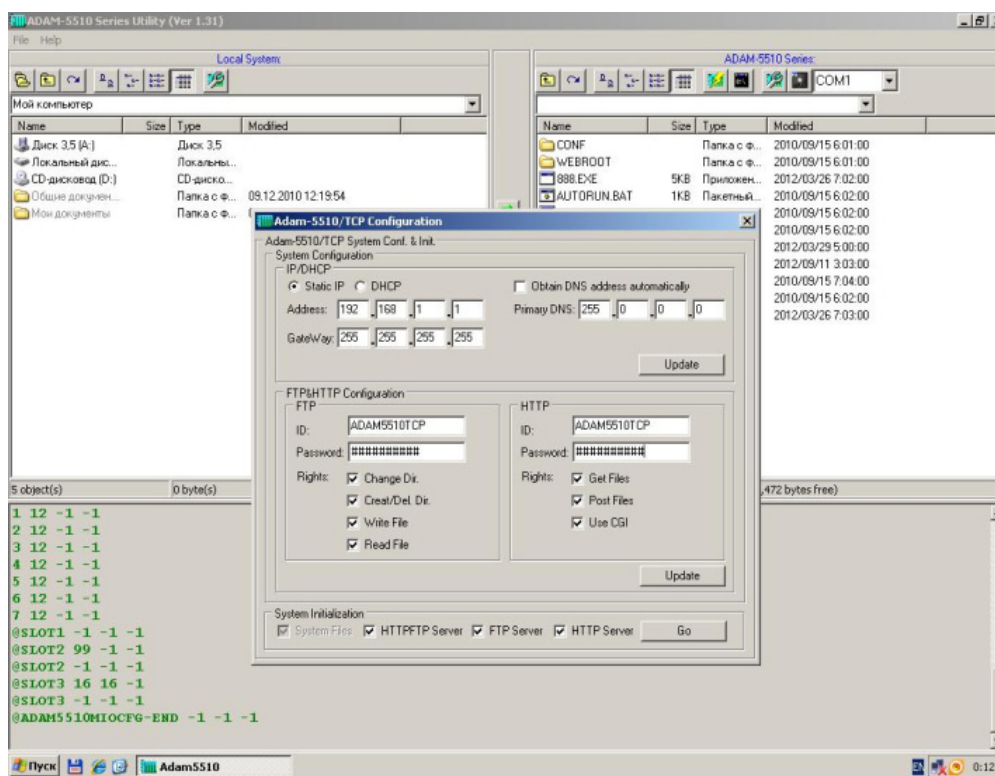


Рисунок 4 – Интерфейс конфигурации контроллера ADAM 5510TCP с использованием утилиты ADAM 5510 SeriesUtility

Предварительно перед началом работы контроллер необходимо сконфигурировать. Для этого используется интерфейс RS232 контроллера и утилиты ADAM 5510 SeriesUtility (рисунок 4). Для контроллера устанавливаются все необходимые статические параметры IP-соединения: адреса контроллера, основного шлюза и предпочитаемого DNS сервера в составе ЛВС предприятия. В случае использования встроенных HTTP/FTP серверов можно также сконфигурировать параметры доступа к ним: имена, пароли, права на операции с файлами и т.д. С помощью утилиты осуществляется также программирование контроллера, в этом случае она предоставляет стандартные файловые возможности Commander оболочек. В автономном режиме или режиме Web-управления, 232-ой интерфейс может быть отключен.

На алгоритмическом уровне программное обеспечение контроллера АСУ решает две основные задачи: пропорционально-дискретное управление исполнительными устройствами; создание и поддержку HTTP-сервера с обеспечением функционирования IP-узла и формированием динамически управляемой html-страницы.

Реализация алгоритмов измерения (для модуля ADAM 5017) и управления (для модуля ADAM 5050) базируется на использовании стандартных библиотек `stdio.h`, `io.h`, `process.h`, `stdlib.h`, `string.h`, `5510drv.h`, предоставляемых средами разработки и производителем. На этой стадии осуществляется конфигурирование модулей ввода-вывода, формирование массивов переменных, отвечающих за прием-передачу данных от HTTP-сервера, измерение текущего расхода и генерация временных интервалов включения-выключения клапанов грубого и точного расходов. Везде далее указанные алгоритмы будут использоваться в качестве вызываемых процедур в теле основного алгоритма работы АСУ.

Алгоритм создания и поддержки HTTP-сервера основан на использовании предоставляемого производителем встроенного Web-сервера для контроллера ADAM 5510TCP (`httpFtpd.exe`) и средств CGI интерфейса для его взаимодействия с исполняемым модулем (`ASU.exe`) – с одной стороны, и html-представлением (`index.html`), передаваемым браузеру – с другой. Схема такого взаимодействия приведена на рисунке 5 и, кроме указанных компонентов, содержит только файлы конфигурации сети (`socket.cfg` и `socket.upw`).

В этом случае исполняемый файл `ASU.exe`, управляет контроллером на основании данных, полученных от Web-сервера. В свою очередь сервер принимает команды управления, вводимые на html-странице в окне браузера, или выводит на нее состояния выбранных переменных, получаемых от модуля `ASU.exe`. Программное взаимодействие Web-сервера и исполняемой программы обеспечивается подключаемой в ее тело библиотекой

CGI\_Lib. При этом серверное ядро httpFtpd.exe запускается модулем ASU.exe и работает в резидентном режиме (в силу однозадачности DOS, установленной на контроллере ADAM 5510TCP).

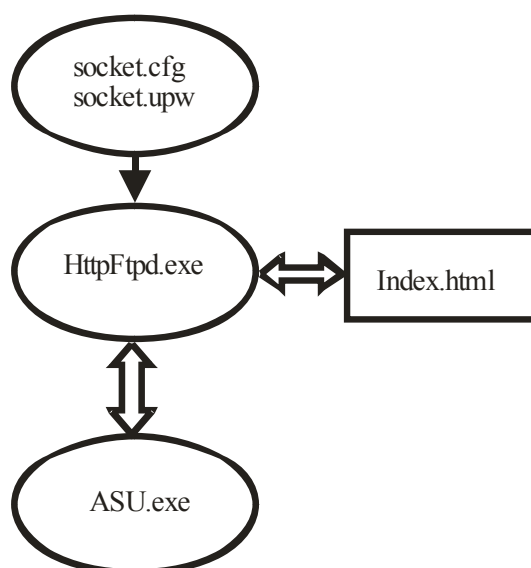


Рисунок 5 – Схема взаимодействия программных средств IP-узла на контроллере ADAM 5510TCP

Конфигурационные файлы сокетов содержат параметры IP-соединения, пароли/права доступа пользователей к соответствующим директориям, файлам и операциям с ними в текстовом формате. Файл представления (index.html) размещен на FLASH диске контроллера и передается программой Web-сервера пользователю при выборе IP-адреса контроллера в окне браузера.

Связь между резидентно запущенным сервером и исполняемым модулем осуществляется посредством использования в теле модуля ASU.exe функций обратного вызова. Web-сервер реагирует на события, происходящие на html-странице, и вызывает функцию обратного вызова в исполняемой программе. После выполнения она передает, принятые с html-страницы, данные внутреннему обработчику модуля ASU.exe и возвращает значение, которое может означать, что она еще занята обработкой принятых сервером данных, успешно выполнила обработку этих данных или завершила работу с ошибкой. Получив данные, ASU.exe обрабатывает их и выполняет необходимые действия на контроллере, возвращая серверу состояния внутренних переменных. Сервер же, в свою очередь, генерирует соответствующие изменения на html-странице браузера, формируя ее обновленный html-код.



Разработанное ПО откомпилировано в среде Turbo C 3.0 и отлажено для контроллера ADAM 5510TCP в лаборатории информационно-управляющих комплексов кафедры информационных систем и технологий. Апробация работы проводилась авторами на лабораторной установке кафедры информационных систем и технологий (рисунок 6).

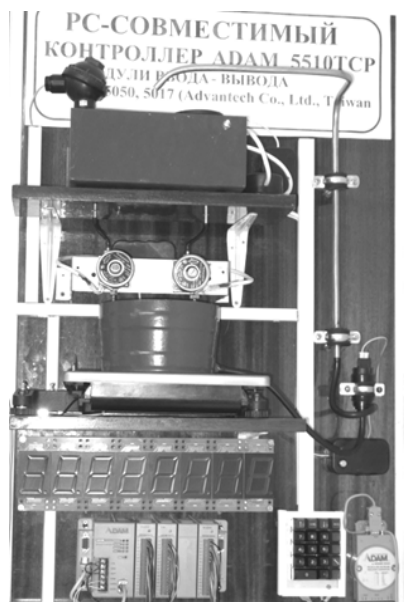


Рисунок 6 – Лабораторная установка для моделирования работы тензометрических АСУ

По аналогичному принципу построены и успешно эксплуатируются АРМ управления микроклиматом, АРМ для АСУ управления движением, АРМ модели АСУ двухкоординатным шаговым приводом. Конструктивно лабораторный стенд выполнен в вертикальном исполнении. Стенд имеет следующие составляющие:

- накопительная емкость с установленным внутри нее термодатчиком для измерения текущей температуры жидкости, вентилятором системы охлаждения, нагревательным элементом, возвратной магистралью, подключенной к насосу обратного хода;
- электромагнитные клапаны «Грубо» и «Точно», соединенные магистралями с накопительной емкостью и обеспечивающие дискретное поступление жидкости в емкость, установленную на тензометрический элемент;
- PC-совместимый контроллер ADAM 5510TCP, с предустановленными модулями ввода/вывода ADAM 5050, ADAM 5017 и блоком питания.

**Вывод.** В статье рассмотрены основные программно-технические компоненты лабораторного АРМ для проведения занятий, как в автономном,

так и в режиме Web-доступа к оборудованию. В качестве примера взята аппаратная модель тензометрической АСУ расходом жидкостей с пропорционально-дискретным алгоритмом управления.

Предложенная в статье структура позволяет получить функционально законченное технологическое решение для всего комплекса задач, традиционно возлагаемых на лабораторные модели реально действующих АСУ от сбора данных (измерение технологических параметров), управления (реализация алгоритмов), вычисления (параметры и уставки) до коммуникационных (по выбранному интерфейсу) за счет использования РС-совместимых контроллеров. Предлагаемая структура может быть использована для создания компактных лабораторных АРМ в специализированных учебных лабораториях не только ВУЗов, но и учебных центров промышленных предприятий для обучения и переподготовки специалистов по КИПиА и АСУ ТП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бородкин А. Лабораторный комплекс для изучения АСУ электроустановок / А. Бородкин, Ю. Гусев, А. Трофимов // Современные технологии автоматизации. – 2009. – №4. – С. 76-79.

2. Себровская Г.П. Тензометрический модуль расходомерных АСУ с Web-доступом на основе контроллера ADAM 5510/TCP / Г.П. Себровская, В.М. Рамазанов, О.И. Садовская // Инновации в технологиях и образовании: материалы VII междунар. науч.-практ. конф., Белово, 28-29 марта 2014 г. : в 4 ч. / Филиал КузГТУ ; редкол.: В.Ю. Блюменштейн [и др.]. – Белово, 2014. – Ч. 1. – С. 168-171.

3. Садовская О.И. IP-узел для систем низовой автоматики на основе РС-совместимого контроллера ADAM 5510/TCP / О.И. Садовская, В.М. Рамазанов, Г.П. Себровская // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования: междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 31 января 2015. / ООО «Колсалтинговая компания Юком» – Тамбов, 2015. – Ч. 14. – С. 106-110.

УДК 372.881.111.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕСТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

**В.В. Семина**

кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков №2, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва, Россия. e-mail: [semina\\_v\\_v@mail.ru](mailto:semina_v_v@mail.ru)