

УДК 681.515

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-1/32>

Улицкая Е.О.

Одесский национальный политехнический университет

Лысюк А.П.

Одесский национальный политехнический университет

Костюкова О.Н.

Одесский национальный политехнический университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ С РАЗРАБОТКОЙ УЧЕБНОГО СТЕНДА

Статья посвящена разработке АСУ уровня воды в емкости с возможностью изменения законов регулирования, задания, а также нагрузки в режиме реального времени на базе платформы Arduino с визуализацией регулируемой величины и управляющего воздействия.

Ключевые слова: *уровнемер, управляющее воздействие, возмущающее воздействие, закон регулирования.*

Постановка проблемы. Развитие учебно-лабораторной базы для подготовки специалистов по компьютерным технологиям и автоматизации, оперативная адаптация лабораторных и практических занятий для изучения наиболее актуальных вопросов автоматизации являются задачами совершенствования системы подготовки кадров. Поиск путей совершенствования методических подходов в образовательной деятельности, как в целом, так и в практической составляющей обучения, является одной из важнейших задач высшей школы на современном этапе [3, с. 7]. Модернизация лабораторной базы для подготовки специалистов по автоматизации предполагает создание новых учебных лабораторий для исследования компьютерно-интегрированных систем управления уровнем, что позволит сформировать необходимые практические навыки и выработать требуемые компетенции для будущей профессиональной деятельности студентов.

Анализ последних исследований и публикаций. Появление первых микропроцессоров ознаменовало начало новой эры в развитии микропроцессорной техники. Наличие в одном корпусе большинства системных устройств сделало микроконтроллер подобным обычному компьютеру. Раньше они назывались однокристальными микроЭВМ. Чтобы собрать устройство и микроконтроллер, необходимо знать основы схемотехники, устройство и работу конкретного процессора, уметь программировать на ассемблере и изготавливать электронную технику. В настоящее время все

изменилось. Сейчас существует такое устройство, как проект Arduino [5, с. 55]. В одной из последних статей Р.А. Аджиева («Микроконтроллеры. Arduino и IDE среда разработки») описано начало создания Arduino, историческая справка и все положительные стороны данной платформы.

Сегодня существует множество микроконтроллеров и платформ для осуществления управления физическими процессами применительно к микропроцессорным комплексам. Большинство этих устройств объединяют разрозненную информацию о программировании и заключают ее в простую в использовании сборку. Фирма Arduino, в свою очередь, тоже упрощает процесс работы с микроконтроллерами, однако обеспечивает ряд преимуществ перед другими устройствами из-за простой и понятной среды программирования, низкой цены и множеством плат расширения. В статье В.С. Лободина, С.Р. Пана, И.В. Пугачева, В.Н. Трофименкова, Я.Н. Тузка «Применение Arduino в учебном процессе» показано, что для преподавателей, студентов и любителей платформа Arduino стала основным элементом для исследования и решения задач в областях мехатроники, робототехники и автоматизации [5, с. 51].

Постановка задачи. Цель статьи – разработать учебно-лабораторный стенд исследования компьютерно-интегрированной системы управления уровнем воды в емкости для возможности использования в учебном процессе на практических занятиях на базе платформы Arduino, разра-

ботать программное обеспечение для визуализации переходных процессов регулирования.

Изложение основного материала исследования. Принципиальная схема разрабатываемого стенда изображена на рис. 1. Установка состоит из двух емкостей, наполненных жидкостью, в каждой из которых установлен насос (управляющий 5 и возмущающий 4). Ток зависит от напряжения питания (2,5–6 В), мощности 0.4–1.5 Вт, скорость перекачивания жидкости составляет до 2 л/мин, или 120 л/час. Материал корпуса – пластик, загерметизирован. Максимальная высота водяного столба – 0,4–1,1 м.

В емкости 1 поддерживается уровень жидкости с помощью насоса 5, который приводит к перекачиванию воды из емкости 2 в емкость 1. Установка может работать в двух режимах – авто и ручной, которые выбираются с помощью ИК –

пульта управления 10. ИК-приемник и инфракрасный пульт дистанционного управления – самый распространенный и простой способ управления электронной аппаратурой. С помощью ИК-пульта также меняем задание, коэффициенты регулятора и осуществляем выбор закона регулирования. Устройство работает на расстоянии 40 м.

Насос 5 управляется с помощью MOSFET – транзистора в ШИМ-режиме. Модуль (драйвер) силового MOSFET-транзистора используется для подключения мощной нагрузки на выход контроллера, работающей на постоянном токе. Отличие этого модуля от модуля реле в его высоком быстродействии и долговечности. Отсутствие механических контактов в данном модуле управления нагрузкой, по сравнению с электромагнитным реле, дает на несколько порядков большую надежность и долговечность. Модуль имеет

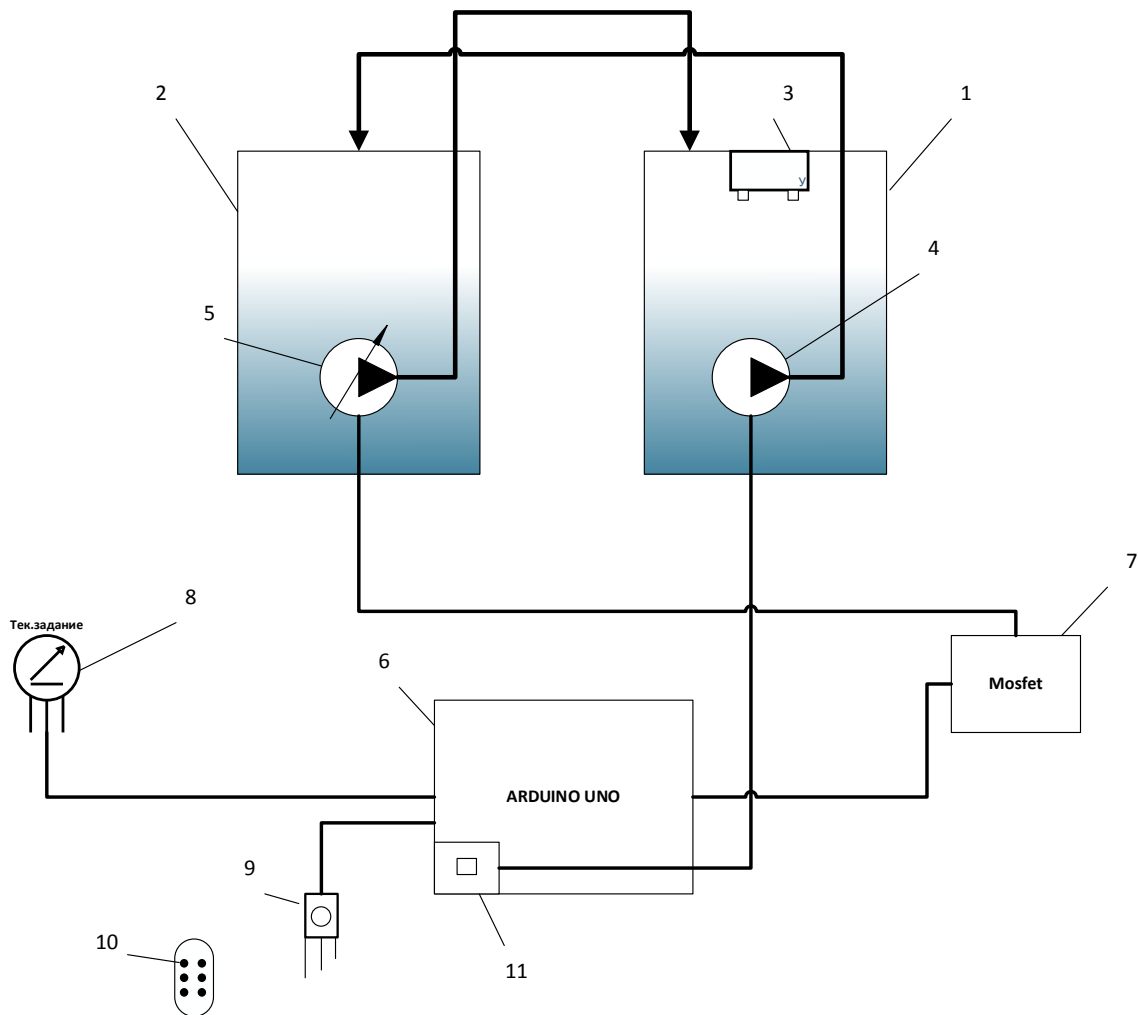


Рис. 1. Принципиальная схема установки:

- 1 – емкость с регулируемым уровнем; 2 – емкость слива лишней жидкости;
- 3 – ультразвуковой модуль HC-SR04; 4 – возмущающий насос, имитирующий потребление воды; 5 – управляющий насос; 6 – плата Ардуино UNO; 7 – транзистор; 8 – сервопривод;
- 9 – ИК-приемник; 10 – пульт управления; 11 – кнопка для изменения расхода воды в емкости 1.

управляющее напряжение 3,3–5 В, напряжение на выходе 0–24 В и ток нагрузки до 5 А.

Измерение уровня в емкости 1 проводится с помощью ультразвукового модуля HC-SR04. Устройство посылает 8 импульсов звуковых волн с частотой 40 кГц и принимает отраженную волну. Далее измеряется временная задержка между отправленным и принятым сигналом и происходит вычисление расстояния по формуле $D=TS/2$, где D – это расстояние, T – временная задержка и S – скорость звукового сигнала.

Датчик имеет разрешение 0,3 см, а диапазон измерения от 2 до 500 см.

Поддержание уровня в резервуаре 1 может осуществляться одним из трех законов регулирования – П, ПИ и релейным. Весь процесс реализован на платформе Arduino Uno. Arduino Uno – этот контроллер построен на платформе ATmega328, имеющей 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки [6, с. 152].

С помощью разработанного стенда получены экспериментальные кривые разгона (рис. 2) по каналу управления и по каналу возмущения.

Передаточные функции объекта по каналу управления и возмущения являются интегрирующими звеньями. А коэффициенты передаточных функций, определенные по кривым разгона имеют вид:

$$W_{упр} = \frac{k}{p} = \frac{0,004}{p}$$

$$W_{возм} = \frac{k}{p} = \frac{-0,004}{p}$$

После получения передаточных функций объекта были синтезированы цифровые П и ПИ законы регулирования, а также реализован релейный регулятор [9, с. 40].

Разработанный стенд (рис. 3) функционирует согласно следующему алгоритму:

При нажатии кнопки 11 изменяется расход воды из емкости 1, в которой поддерживается уровень жидкости, происходит включение насоса 4, который приводит к перекачиванию воды из емкости 1 в емкость 2. Результат представлен на рис. 5, где показано изменение уровня, в соответствии с включенным регулятором – П, ПИ и релейный, в емкости 1 при удержании кнопки 11 в течении 10 с. На рис. 4 мы можем наблюдать, что при действии возмущения регулятор выводит значение уровня на заданное.

Разработанный стенд позволяет получать графики переходных процессов регулирования, демонстрирует отличие действия П, ПИ и релейного закона управления [7, с. 179], в составе АСР уровня (рис. 4, 5).

При увеличении задания с помощью ИК-пульта 10 регулятор выводит уровень на заданный (14 см), что показано на рис. 4.

При работе с платой Arduino результат вычисления выводится на Serial Monitor. Но это не единственная возможность для получения данных на экране. Приложение Processing имеет очень много возможностей, в том числе и библиотеку Serial,

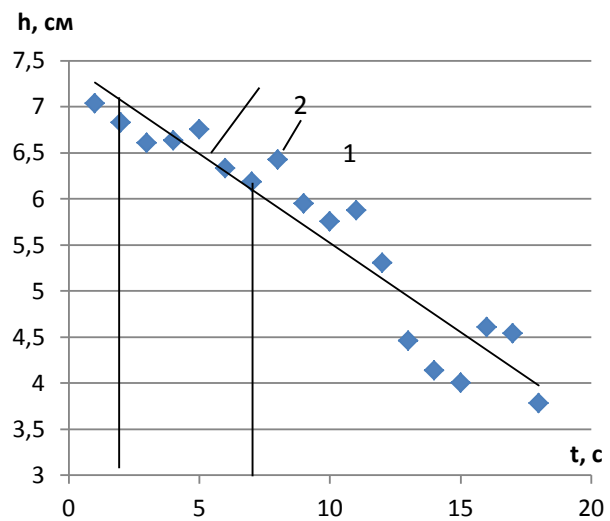
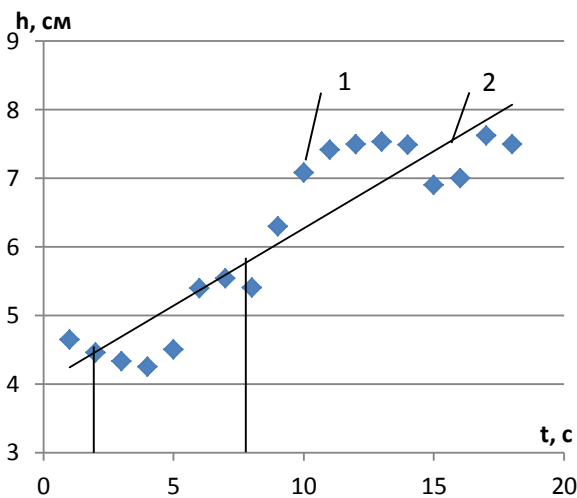


Рис. 2. Кривая разгона объекта при изменении управляющего воздействия (а) и возмущающего воздействия (б): 1 – экспериментальные точки; 2 – аппроксимирование точки (точки сглаживания)

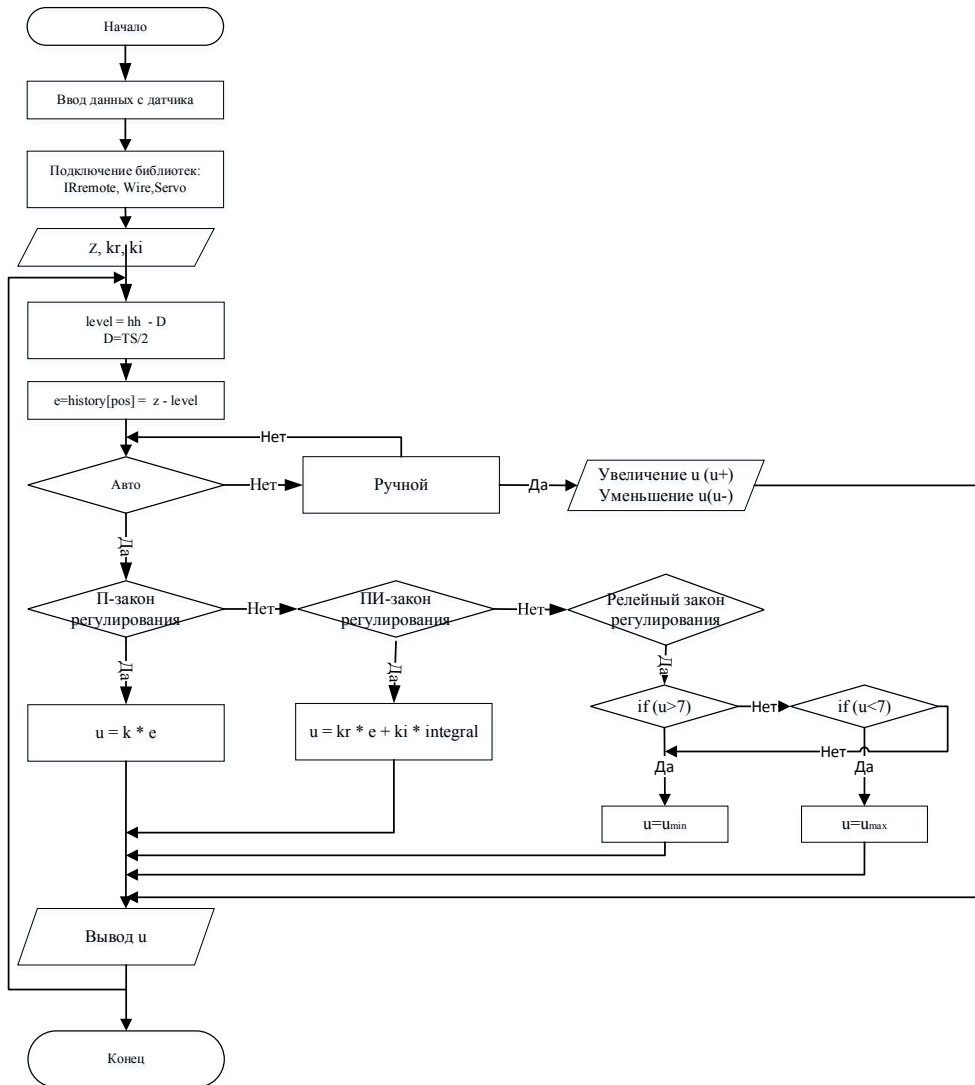


Рис. 3. Структурна схема установки

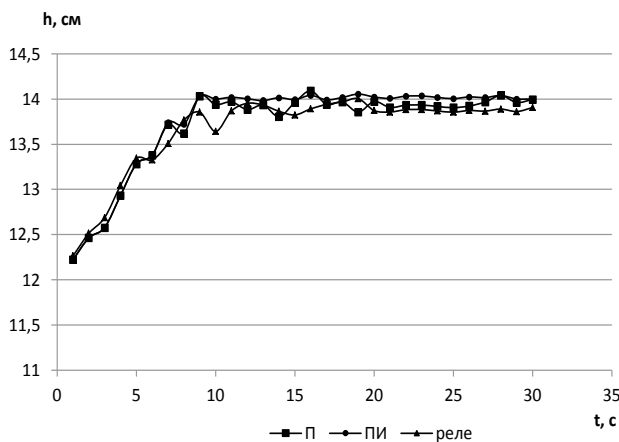


Рис. 4. Переходной процесс регулирования уровня при изменении задания с использованием разных видов регулятора

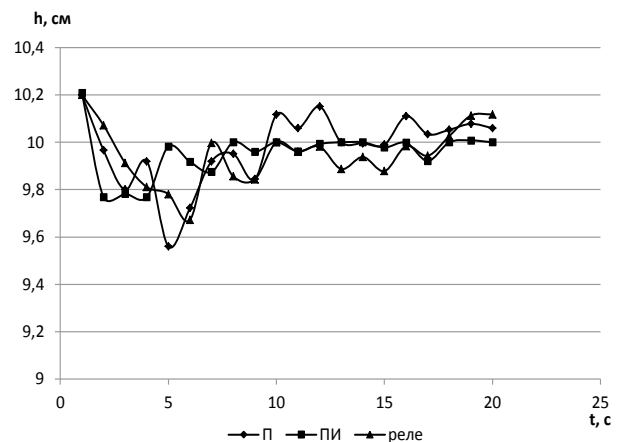


Рис. 5. Переходной процесс регулирования уровня с разными регуляторами при действии возмущения

поэтому возможна передача данных между платой и Processing. Processing – это язык программирования для создания интерактивных визуальных эффектов, базируется на графических возможностях языка Java и использует его упрощённый синтаксис, лёгкий и быстрый инструментарий.

Для разработанного учебного стенда была написана программа в Processing, с помощью которой мы можем наблюдать изменение уровня и возмущения в режиме реального времени, также выводим значения заданного и текущего уровня.

На рис. 6 мы можем наблюдать процесс регулирования уровня.

С помощью приложения Processing реализовано графическое представление данных с датчика уровня, а также управляющего воздействия и задания регулятора.

Выводы. Таким образом, платформу Arduino можно использовать в учебном процессе для создания лабораторных установок. Была разработана АСР уровня воды в емкости с возможностью изменения законов регулирования, задания, а также нагрузки в режиме реального времени, а также разработано программное обеспечение

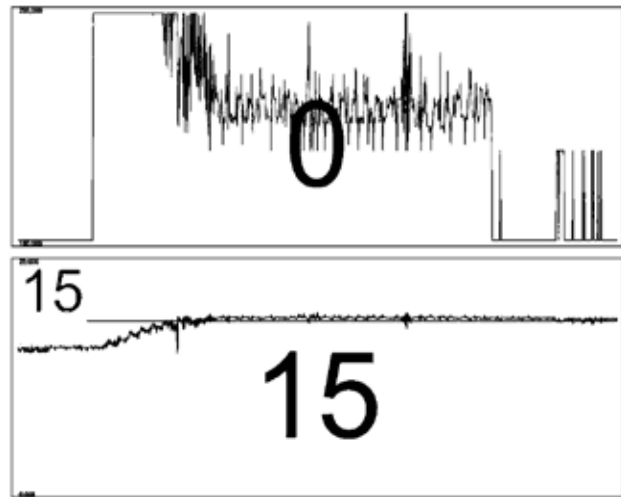


Рис. 6. Вывод в Processing

для визуализации переходных процессов регулирования.

Обучение студентов с использованием данной лабораторной установки позволит сформировать необходимые практические навыки и выработать требуемые компетенции для будущей профессиональной деятельности студентов.

Список литературы:

1. Улицкая Е.О., Бундюк А.Н. Разработка алгоритма для расчёта статика когенерационной энергетической установки. *Холодильная техника и технология*. 2013. № 3. С. 34–40.
2. Лисюк А.П., Белова Н.А. Genetic algorithms application to decide the issue of single-dimensional cutting optimization. *Automation of technological and business processes*. 2016. № 2. Т. 8. Р. 4–8.
3. Данилов А.Н., Кон Е.Л., Кон Е.М., Южаков А.А. Модель многоканального управления учебным процессом высшей школы. *Открытое образование*. 2012. № 2. С. 7–11.
4. Онлайн курс по Ардуино на базе простого стартового набора. Geektimes. URL: <https://geektimes.ru/post/279860/> (дата обращения: 28.04.2019)
5. Лободинов В.С., Пан С.Р., Пугачев И.В., Трофименко В.Н., Тузко Я.Н. Применение Arduino в учебном процессе. *Молодой исследователь Дона*. 2019. № 1(16). С. 51–55.
6. Байда А.С. Использование платформы Arduino при подготовке специалистов автомобильной отрасли. *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2016. № 5 (май). С. 150–156.
7. Ложечников В.Ф., Михайленко В.С. Методы побудови адаптивних систем управління. *Автоматика. Автоматизация. Електротехнічні комплекси і системи*. 2009. № 2. С. 174–179.

РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ ВОДИ З РОЗРОБКОЮ НАВЧАЛЬНОГО СТЕНДУ

Стаття присвячена розробці АСР рівня води в ємності з можливістю зміни законів регулювання, завдання, а також навантаження в режимі реального часу на базі платформи Arduino з візуалізацією регульованої величини і дії, що управляє.

Ключові слова: рівнемір, управляюча дія, збурюючий вплив, закон регулювання.

THE COMPUTER INTEGRATED CONTROL SYSTEM OF WATER LEVEL WITH DEVELOPMENT OF THE EDUCATIONAL STAND

Article is devoted to development of ASR of water level in capacity with a possibility of change of laws of regulation, a task and also loading in real time on the basis of the Arduino platform with visualization of adjustable size and the operating influence.

Key words: level gauge, operating influence, revolting influence, law of regulation.