

Н.Д. МЕРКУЛОВ, студент гр. ЭМТ-221 (КузГТУ)
Научный руководитель Р.В. КОТЛЯРОВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ pH СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO

Современные технологические процессы в химической промышленности, аквапонике и очистке сточных вод требуют точного поддержания кислотно-щелочного баланса [1]. Существующие промышленные системы регулирования pH обладают высокой стоимостью, что ограничивает их применение в малобюджетных проектах и учебных заведениях в качестве лабораторных стендов. Актуальность разработки доступной автоматизированной системы контроля и регулирования pH обусловлена потребностью в эффективных технических решениях для малых предприятий и образовательных учреждений.

Автоматизированная система включает в себя следующие основные элементы (рисунок 1):

а) резервуары с концентрированным раствором 1 и разбавленным раствором 2 кислоты или щелочи;

б) pH-метр 3, который непрерывно измеряет текущее значение pH среды и передает в управляющее устройство 9;

б) датчики уровня 4 и 5, которые сигнализируют о достижении предельных уровней растворов в резервуарах;

в) микроконтроллер Arduino 7, обрабатывающий сигнал и реализующий алгоритм ПИД-регулятора; информация о текущем значении pH среды отображается на дисплее 8;

г) исполнительное устройство (шаговый двигатель с дозатором), которое вводит реагент (кислоту или щелочь) для коррекции pH; датчик уровня 4 защищает двигатель от режима «сухого хода»; датчик уровня 5 предотвращает переполнение резервуара, останавливая двигатель исполнительного устройства.

Структурная схема управляющего устройства автоматизированной системы контроля и регулирования pH на основе микроконтроллера Arduino (рисунок 2) разработана в программной среде Proteus [2].

Программная часть системы реализована в среде Arduino IDE с использованием библиотек AccelStepper для управления шаговыми двигателями и PID_v1 для реализации алгоритма ПИД-регулятора. ПИД-регулятор обеспечивает высокую точность и стабильность управления, минимизирует статическую ошибку [3, 4].

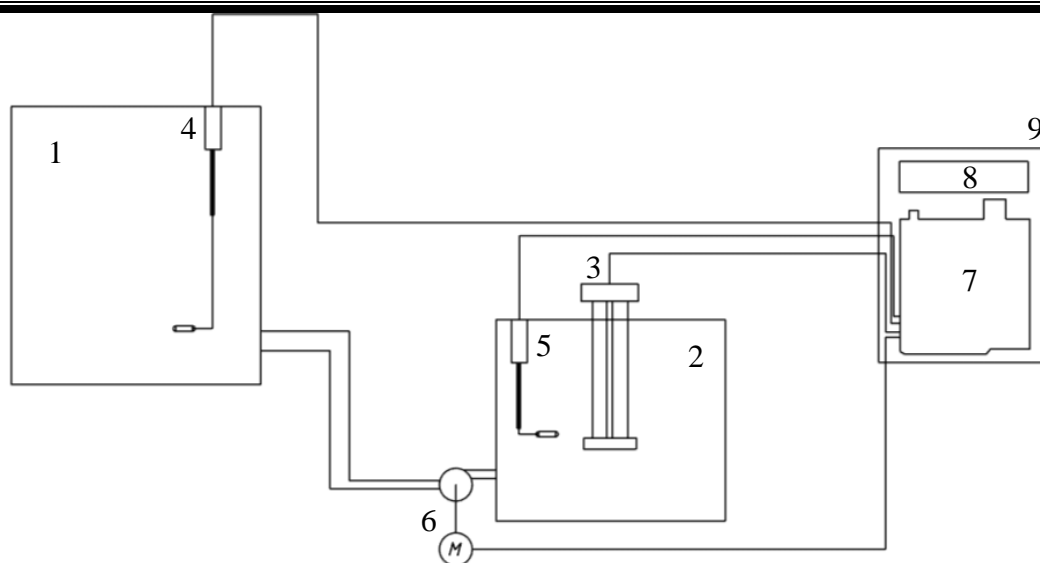


Рис. 1. Принципиальная схема автоматизированной системы контроля и регулирования pH: 1 – резервуар с концентрированным раствором; 2 – резервуар с разбавленным раствором; 3 – pH-метр; 4 – поплавковый датчик нижнего уровня; 5 – поплавковый датчик верхнего уровня; 6 – дозирующий насос; 7 – микроконтроллер Arduino; 8 – дисплей; 9 – управляющее устройство

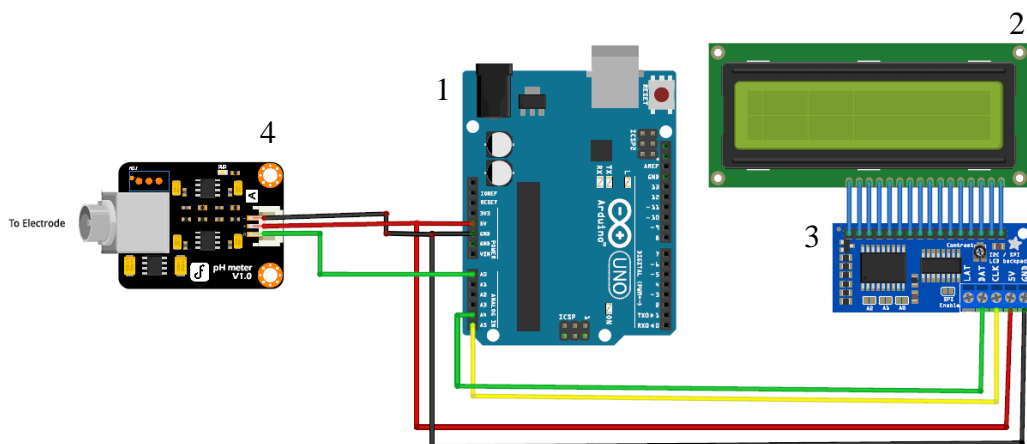


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы контроля и регулирования pH: 1 – микроконтроллер Arduino; 2 – дисплей; 3 – Модуль I2C для дисплея; 4 – pH модуль

Библиотека AccelStepper – программный инструмент для платформы Arduino, который позволяет управлять шаговыми двигателями с поддержкой ускорения и замедления. Она обеспечивает надежное управление и совместима с различными типами шаговых двигателей и драйверов.

Список литературы:

1. Ramli, S. A. A PH level monitoring in hydroponic system using Arduino / S. A. Ramli, R. Herawati // Proxies : Jurnal Informatika. – 2021. – Vol. 2, No. 2. – P. 89.
2. Распиновка плат Arduino Электронный ресурс: <https://alexgyver.ru/lessons/pid/?ysclid=mgp1870gp1551514398> (Дата обращения 15.10.2025)
3. PID Library for Arduino. Электронный ресурс. – URL: <https://alexgyver.ru/lessons/pid/?ysclid=mgp1870gp1551514398> (дата обращения: 15.10.2025).
4. Ротач В.Я. Теория автоматического управления / В.Я. Ротач. – М.: МЭИ, 2018. – 396 с.

Информация об авторах:

Меркулов Никита Дмитриевич, студент гр. ЭМТ-221, КузГТУ, г. Кемерово, 650000, ул. Весенняя, д. 28, merknd@mail.ru.

Котляров Роман Витальевич к.т.н., КузГТУ, г. Кемерово, 650000, ул. Весенняя, д. 28, kotlyarovrv@kuzstu.ru