

Проектирование электронной системы выращивания растений в изолированной среде

И. М. Новожилов

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

novozhilovim@list.ru

А. Н. Ильюшина

СПбТКУиК

bdbyu@mail.ru

Аннотация. Одним из наиболее перспективных направлений является гидропоника. В условиях ограниченности плодородных почв и водных ресурсов разработка автономных систем выращивания растений является ключевой для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития. В данном исследовании проведен анализ литературы, существующих систем и технологий, применение методов экспериментального моделирования и тестирования. Данное исследование предлагает разработку такой системы, которая может быть применена в промышленном и домашнем масштабе, а также быть основой для дальнейших исследований и усовершенствования этой технологии.

Ключевые слова: датчики, идентификация, гидропоника, электроника

I. ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие технологий в области сельского хозяйства и экологии создает все больший интерес к разработке автономных систем выращивания растений. Одним из наиболее перспективных направлений является гидропоника – метод культивирования растений в изолированной среде без использования почвы, где вместо нее растения получают все необходимые питательные вещества. В условиях ограниченности плодородных почв и водных ресурсов разработка автономных систем выращивания растений является ключевой для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития. Применение микроконтроллера позволяет осуществлять автоматизацию и контроль процессов выращивания, а гидропоника как метод выращивания растений без почвы подразумевает эффективное использование воды и минеральных удобрений. Таким образом, данный проект имеет значительное практическое значение и является актуальным в современной сельскохозяйственной практике.

Объект исследования: автономная система выращивания растений в изолированной среде.

Предмет исследования: разработка и реализация системы гидропоники на базе микроконтроллера.

Целью настоящего проекта является разработка автономной системы выращивания растений в изолированной среде на основе микроконтроллера и применение этой системы в гидропатическом земледелии. Разработка такой системы позволит

эффективно управлять условиями выращивания растений, обеспечивать оптимальную температуру, освещение, подачу питательных растворов и контролировать влажность воздуха.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение теоретических аспектов и технологий.
2. Анализ требований и особенностей.
3. Разработка и реализация прототипа.
4. Проведение тестирования.

Гипотеза исследования: предположительно разработка автономной системы выращивания растений в изолированной среде на основе микроконтроллера в сочетании с гидропоникой позволит достигнуть оптимальных условий для роста и развития растений, улучшить урожайность, снизить затраты на воду и удобрения.

В ходе работы над проектом будут использованы следующие методы исследования: анализ литературы, изучение существующих систем и технологий, применение методов экспериментального моделирования и тестирования. Настоящий проект предлагает описание и разработку такой системы, которая может быть применена в промышленном и домашнем масштабе, а также быть основой для дальнейших исследований и усовершенствования этой технологии. Результаты данного проекта могут быть использованы для создания инновационных решений в сельском хозяйстве и окружающей среде, способствуя развитию устойчивых и экологически чистых методов выращивания растений.

Теоретическая значимость проекта заключается в том, что данная тема объединяет знания из различных областей, таких как электроника, микроконтроллеры, биология растений и гидропоника.

Практическая значимость заключается в том, что разработка автономной системы выращивания растений в изолированной среде представляет собой инновационное решение сельскохозяйственных и озеленительных задач. Это может привести к созданию устойчивых и эффективных систем, способных обеспечить рост растений в условиях ограниченного пространства.

Таким образом, данная тема имеет большое практическое значение для различных отраслей, где требуется оптимизация процессов выращивания растений и создание автономных систем контроля за их ростом.

II. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА

Для реализации проекта было выбрано три платы Arduino UNO, Arduino Nano и Piranha UNO. В дальнейшем необходимо выбрать плату, подходящую для проекта.

Микроконтроллерная плата Arduino UNO-контроллер построен на ATmega328. Платформа имеет 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. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

Микроконтроллерная плата Arduino Nano – аналог флагманской Uno в миниатюрном размере. На ней предусмотрено всё необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (6 из них могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем Mini-USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса.

Piranha UNO R3, разработанная российской компанией iArduino, является полным аналогом Arduino UNO R3, но в отличие от Arduino UNO R3 на плате Piranha UNO R3 используются более мощные стабилизаторы напряжения для шин питания на 5В и 3.3В, что положительно сказывается на стабильности работы большинства модулей.

Сравнительная таблица микроконтроллерных плат приведена в табл. 1.

ТАБЛИЦА I. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА
МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ ПЛАТ

Плата	Микро- контроллер	Цифр. в/в	ШИМ	Анал. в/в
Arduino Uno	Atmega328	14	6	6
Arduino Nano	Atmega328	14	6	8
Piranha UNO R3	Atmega328	14	6	6

Сравнив характеристики и стоимость микроконтроллерных плат, было принято решение использовать Piranha UNO, так как для системы гидропоники Arduino Uno и Arduino Nano слишком дороги, что для данного проекта их использовать нецелесообразно.

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ДАТЧИКОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

Для удобства подключения модулей было принято решение использовать плату расширения. Был подобран Trema Shield российской компании iArduino.

Trema Shield — это плата расширения, которая упрощает процесс подключения модулей к Arduino. Использование Trema Shield избавляет Вас от необходимости пайки проводов (например, питания) при подключении нескольких модулей к Arduino, упрощает процесс создания устройств.

Далее необходимо подобрать датчики.

Поплавковый датчик уровня воды — позволяет контролировать уровень воды, проверяя выходную цепь на электрическое замыкание. Датчик замыкает цепь, сигнализируя о том, что он «утонул».

Характеристики:

- Напряжение цепи: до 100 В.
- Ток в цепи: до 500 мА при напряжении до 24 В.
- Сопротивление при замыкании: до 100 Ом.
- Рабочая температура: -20 ... 80 °С (отрицательные температуры для незамерзающих жидкостей).
- Длина провода: 350 мм.

Датчик полностью герметичен и не подвержен коррозии. Основным элементом датчика является геркон, который находится внутри трубки. Внутри поплавка имеется магнит. При поднятии поплавка, магнитное поле воздействует на геркон, который замыкает электрическую цепь.

Датчик основан на технологии шунтирования высокой частоты. В отличие от традиционного датчика влажности этот датчик не подвержен коррозии.

Аналоговый выход датчика Signal (S) подключается к любому аналоговому входу Arduino.

Датчик можно подключить к постоянному или управляемому питанию.

Trema-модуль силовой ключ N-канал – является незаменимым модулем во многих проектах, где есть необходимость управлять. При помощи джамперов возможен выбор питания нагрузки от Arduino или внешнего источника. Модуль подключается к любому из цифровых выходов.

Символьный дисплей LCD2004 российской компании iArduino. Текстовый дисплей 20×4 выполнен на жидкокристаллической матрице LCD (Liquid Crystal Display), которая отображает 4 строки по 20 символов белым текстом на синей подсветке. Матрица экрана подключена к контроллеру Hitachi HD44780, который позволяет выводить цифры, латиницу и набор зашифрованных типографских символов. В памяти дисплея также можно создать до 8 собственных символов.

Для удобства подключения дисплея необходим LCD конвертер. Был подобран LCD конвертер российской компании iArduino в ПС/I2C PCF8574 1602.

1602 LCD-конвертор в ПС/I2C — главной задачей данного конвертера является упрощение подключения экрана, индикатора или дисплея к Arduino.

Для управления системой необходимо энкодер. Был подобран энкодер российской компании iArduino.

Trema модуль-Энкодер, потенциометр, I2C-flash — является устройством ввода данных с подключением по шине I2C. У модуля есть программируемый выход, значительно расширяющий его возможности.

Модуль способен работать как энкодер (отправляя количество тактов поворота вала в одну и другую сторону, как потенциометр (отправляя точное положение вала относительно точки сброса), как тактовая кнопка (отправляя события и состояния кнопки, в т.ч. и время её удержания), а также модуль способен работать автономно (управляя сигналом на выходе без подключения к шине I2C).

Составленная монтажная схема показана на рис. 1.

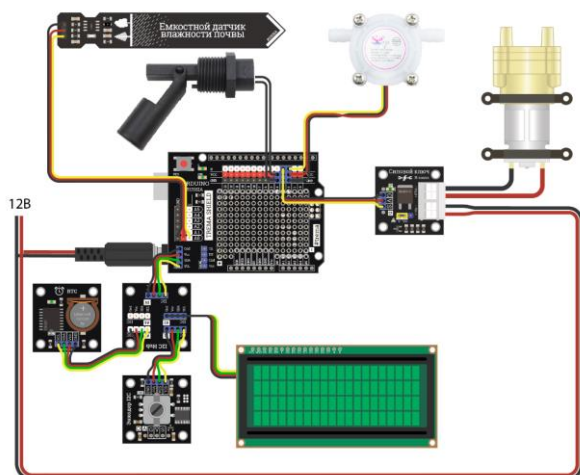


Рис. 1. Монтажная схема

Особенности подключения.

Установка расходомера не обязательна — он лишь выполняет функцию сбора статистики о количестве израсходованной воды. Для того, чтобы подключить его к Trema Shield'у, необходимо припаять 3-проводной шлейф «мама» вместо его стандартного штекера.

Освещение подключается через нормально замкнутые контакты реле. То есть, когда ток на катушку реле не подаётся, лампочка горит. Такое решение обусловлено минимизацией времени подачи питания на реле, ведь большую часть времени суток освещение будет включено.

Необходимо поставить керамический конденсатор параллельно насосу (можно припаять прямо на его выводы вместе с проводами). Это позволит уменьшить помехи и увеличить стабильность работы схемы.

IV. СБОРКА И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Подключённые Trema Shield к плате Piranha UNO R3, на которой уже расположены датчик влажности воды и силовой ключ N-канала, показано на рис. 2.

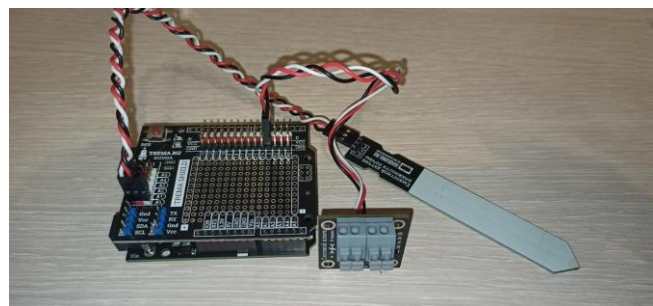


Рис. 2. Начало сборки

Подключение всех компонентов показано на рис. 3.



Рис. 3. Подключение всех компонентов

После тестирования компонентов можно начать собирать проект в полноценную систему, для этого необходимо было припаять конвертор к LCD дисплею. Процесс пайки представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пайка LCD конвертора и Символьного дисплея

Вид пайки с обратной стороны показан на рис. 5.



Рис. 5. Пайка LCD конвертора и Символьного дисплея

Далее необходимо было подключить все используемые компоненты в общую систему автономной системы, вид показан на рис. 6.

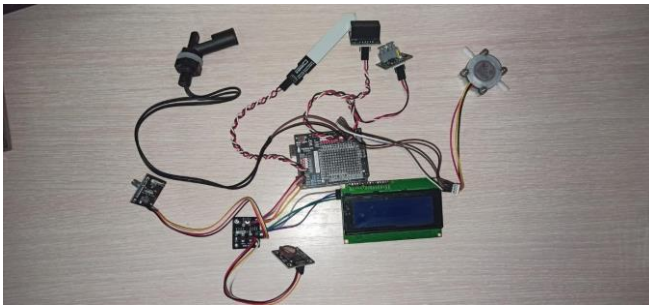


Рис. 6. Подключенный Символьный дисплей

Далее можно приступить к сборке прототипа и его подключению к среде программирования, для разработки программного интерфейса.

При программировании данного проекта, была использована среда Arduino IDE. Для работы программы, нужно было включить поддержку контроллера Piranha UNO.

Поиск и установка платы Piranha AVR Boards показан на рис. 7.

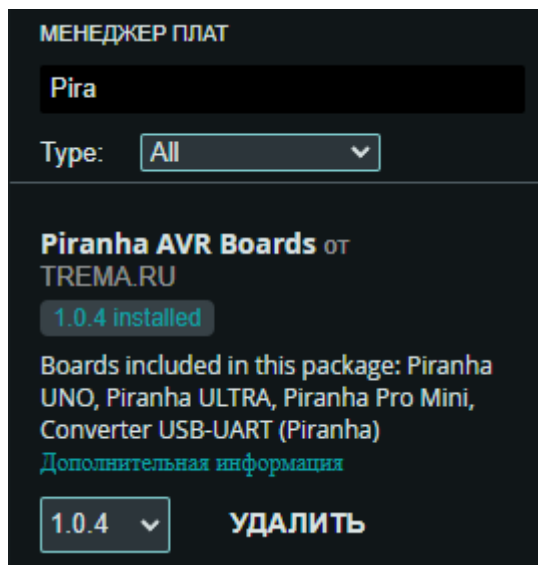


Рис. 7. Поиск и установка платы Piranha AVR Boards

Процесс установки нужной платы для работы схемы показан на рис. 8.

Так же для того, чтобы все работало, нужно добавить библиотеки, такие как:

- iarduino_I2C_Encoder.
- LiquidCrystal_I2C.
- iarduino_RTC.

Для того чтобы добавить эти библиотеки, нужно найти нужную библиотеку и качать в ZIP файле, после чего зайти в Скетч – Подключить библиотеку.

После добавления всех нужных библиотек, нужно запустить код. Проверка работоспособности кода показана на рисунке 8.

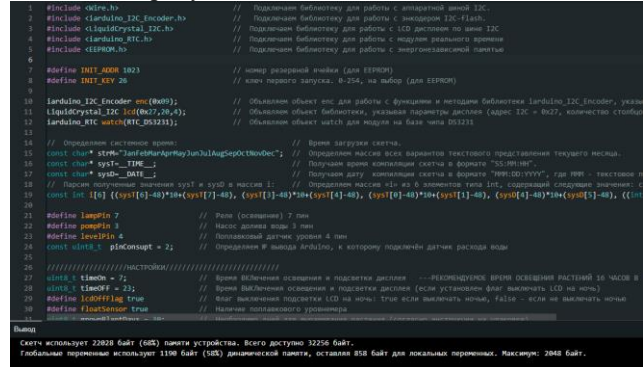


Рис. 8. Проверка работоспособности кода

Далее можно приступить к тестированию прототипа. Процесс показан в следующем подразделе проектной части проекта.

В ходе выполнения проектной части проекта на тему было подобрано оборудование необходимое для разработки. Составлена монтажная схема. Произведено макетирование, на основе которого была собрана устройство. Тестирование прототипа проводилось в эмуляции изолированной среды. Изолированная среда осуществлялась при помощи пластиковой коробки и показала свою работоспособность.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данного проекта была успешно разработана автономная система выращивания растений в изолированной среде на основе микроконтроллера, предназначенная для гидропонического земледелия. Проектная работа включала в себя теоретические исследования, анализ требований, разработку и реализацию прототипа, а также его тестирование в контролируемых условиях.

Разработка системы включала следующие этапы.

1. Изучение теоретических аспектов и технологий: подробно были изучены доступные технологии гидропоники, описаны различные виды систем и проанализированы их плюсы и минусы. Это повысило понимание рабочих принципов гидропонических установок и позволило выбрать наиболее подходящую модель для реализации.

2. Анализ требований и особенностей: были определены требования к системе, включающие ключевые параметры, такие как температурный режим, подача питательных растворов и контроль влажности воздуха. На основании этого был составлен перечень необходимого оборудования и разработана монтажная схема.

3. Разработка и реализация прототипа: на основе проведенного анализа было собрано устройство, включающее микроконтроллер, датчики и исполнительные механизмы. Проект был макетирован по составленной монтажной схеме.

4. Проведение тестирования: прототип системы был протестирован в эмуляторе изолированной среды, организованной с помощью пластиковой коробки. Результаты тестирования подтвердили работоспособность системы, а также соответствие заданным параметрам и требованиям. Система доказала свою эффективность в управлении условиями выращивания растений, обеспечивая оптимальную температуру и подачу питательных растворов.

На основании проведенного исследования и испытаний подтверждается гипотеза, что разработка автономной системы выращивания растений в изолированной среде на основе микроконтроллера в сочетании с гидропоникой позволяет достичь оптимальных условий для роста и развития растений. Использование такой системы обеспечивает:

- улучшение урожайности;
- снижение затрат на воду и удобрения;
- автоматизацию процессов управления агротехническими параметрами.

Разработанная система имеет широкие перспективы для дальнейшего развития и применения в различных условиях, включая городское земледелие, автономные фермы. В будущем возможно расширение функциональности системы путем добавления модулей для мониторинга и управления через Интернет вещей (IoT), а также усовершенствование алгоритмов управления на базе искусственного интеллекта.

Таким образом, проект демонстрирует успешное достижение поставленных целей и задач, а также значительный потенциал для продвижения автоматизации в сельском хозяйстве и агротехнологиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Ilyushin Y.V. and Nosova V.A. (2025). Development of Mathematical Model for Forecasting the Production Rate. *International Journal of Engineering*, 38(8), 1749-1757. <https://doi.org/10.5829/ije.2025.38.08b.02>
- [2] Ilyushin Y. and Talanov N. (2025). Development of Methods and Models for Assessing Technical Condition of Mines and Underground Structures. *International Journal of Engineering*, 38(7), 1659-1666. <https://doi.org/10.5829/ije.2025.38.07a.16>
- [3] Ereemeeva A.M., Ilyushin Y.V. Temperature Control During Storage of Raw Materials in the Process of Biodiesel Fuel Production. *Inventions* 2025, 10, 7. <https://doi.org/10.3390/inventions10010007>
- [4] Ilyushin Y., Nosova V., Krauze A. Application of Systems Analysis Methods to Construct a Virtual Model of the Field. *Energies* 2025, 18, 1012. <https://doi.org/10.3390/en18041012>
- [5] Martirosyan A., Ilyushin Y., Afanaseva O., Kukharova T., Asadulagi M., & Khloponina V. (2025). Development of an Oil Field's Conceptual Model. *International Journal of Engineering*, 38(2), 381-388. <https://doi.org/10.5829/ije.2025.38.02b.12>
- [6] Kukharova T., Martirosyan A., Asadulagi M.-A., Ilyushin Y. Development of the Separation Column's Temperature Field Monitoring System. *Energies* 2024, 17, 5175. <https://doi.org/10.3390/en17205175>
- [7] Golovina E.I., Grebneva A.V. (2022). Features of groundwater resources management in the transboundary territories (on the example of the Kaliningrad region). *Geology and Mineral Resources of Siberia*: 4: 85–94. doi:10.20403/2078-0575-2022-4-85-94
- [8] Golovina E.I., Tseltmeg B. Cost estimate as a tool for managing fresh groundwater resources in the Russian Federation. *Geology and Mineral Resources of Siberia*, 2023, №4 а, 81–91. doi:10.20403/2078-0575-2023-4a-81-91
- [9] Sidorenko A.A., Dmitriev P.N., Alekseev V.Y., Sidorenko S.A. Improvement of technological schemes of mining of coal seams prone to spontaneous combustion and rock bumps // *Journal of Mining Institute*. 2023. Vol. 264. p. 949-961. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.37>
- [10] Sidorenko S., Trushnikov V., Sidorenko A. Methane Emission Estimation Tools as a Basis for Sustainable Underground Mining of Gas-Bearing Coal Seams. *Sustainability* 2024, 16, 3457. <https://doi.org/10.3390/su16083457>
- [11] Afanaseva O., Afanasyev M., Neyrus S., Pervukhin D., Tukeev D. Information and Analytical System Monitoring and Assessment of the Water Bodies State in the Mineral Resources Complex. *Inventions*. 2024, 9(6):115. <https://doi.org/10.3390/inventions9060115>
- [12] Afanaseva O.V., Putilo S.Y., Chirtsov V.V., Demidov A.A. Simulation of the Work of Structural Units of Industrial Enterprises Using the Theory of Queuing Systems. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 2024, 22(1), 115–126. https://www.ajme.ro/PDF_AJME_2024_1/L13.pdf
- [13] Andreeva E.S., Marinina O.A., Turovskaya L.G. Nanofluid flooding as a method of enhancing oil recovery: mechanism, advantages. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 2024, 335(6), p. 189–202 DOI:10.18799/24131830/2024/6/4408
- [14] Marinina O., Malikov A., Lyubek Y., Pasternak S., Reshneva E., Stolbovskaya, N. Selection of Enhanced Oil Recovery Method on the Basis of Clustering Wells. *Processes* 2024, 12, 2082. <https://doi.org/10.3390/pr12102082>
- [15] Fetisov V. Analysis of numerical modeling of steady-state modes of methane–hydrogen mixture transportation through a compressor station to reduce CO2 emissions. *Sci Rep* 14, 10605 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61361-3>
- [16] Fetisov V.G., Nikolaev A., Lykov Y.V., Duchnevich L. (2018). Mathematical modeling of non-stationary gas flow in gas pipeline. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 327. 327 (2), pp.1-6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/327/2/022034>