

Ю. В. ИГНАТОВИЧ, М. М. КОПЫЧЕВ, В. МАТВЕЙЧУК, А. О. ФЕДОРКОВА, А. Д. СКАКУН  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФИТО МОНИТОРИНГА И ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

*В данной статье рассматривается задача разработки автоматизированной системы, способной самостоятельно поддерживать требуемые параметры микроклимата в зависимости от вида выращиваемой культуры, выбранной пользователем. Также стоит задача автоматического определения стадии роста выращиваемого растения и контроля состояния здоровья.*

*Для решения поставленных задач разработана конструкция, выбраны датчики и исполнительные устройства с приемлемыми характеристиками, разработана программная часть, учитывающая также проверку полученных данных на корректность, и проведены испытания разработанной системы.*

**Введение.** С развитием цифровых технологий происходит автоматизация различных процессов во всех областях. Несомненно, аграрная промышленность не исключение. Невозможно выращивать различные культуры круглый год. Более того, не каждый климат подходит для созревания плодов или цветения растений даже в благоприятные сезоны. Ведется поиск решений для организации автоматического выращивания растений. Поэтому разработка автоматизированной системы для управления параметрами микроклимата является достаточно актуальным вопросом [1].

На данный момент созданы различные системы такие как автоматизированные теплицы, гроубоксы, вертикальные фермы. В их основе лежат системы автоматического управления, которые контролируют процессы в системе с помощью различных датчиков и исполнительных и вычислительных устройств [2]. Для обнаружения изменения в среде внутри теплицы используются датчики — устройства, которые переводят физическое явление в измеряемое аналоговое напряжение или цифровой сигнал, преобразованное в доступную для чтения форму или передаваемое для чтения и дальнейшей обработки [3]. Вычислительные устройства принимают информацию с датчиков, обрабатывают её и передают дальнейшие команды для исполнительных устройств. Но в настоящее время все созданные автоматизированные системы предусматривают поддержание нужных параметров, введенных с помощью оператора, но нет таких решений, которые бы предусматривали автоматическую настройку под выращиваемую культуру и под стадию, на которой находится такая культура, а также автоматически определяли бы состояние растения. Для решения задачи фито мониторинга и контроля за здоровьем растений необходимо разработать систему компьютерного зрения, которая будет идентифицировать отклонения во внешнем виде растений.

В статье изложены принципы разработки автоматизированной системы, способной контролировать требуемые параметры микроклимата в зависимости от вида культуры, выбранной пользователем, и стадии роста, на которой находится выращиваемая культура, а также позволяющей следить за состоянием здоровья посевов.

**Разработка системы.** Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи: выбрать датчики и исполнительные устройства, которые подходят под разрабатываемую систему и удовлетворяют необходимым требованиям; разработать алгоритм для контроля стадии роста выращиваемых культур; определить количество и вид культур, выращиваемых внутри системы; разработать алгоритмы для считывания данных с датчиков, а также для управления исполнительными устройствами; разработать реакцию программы на получение некорректной информации; разработать интерфейс для пользователя для предоставления информации в человекопонятной форме; предусмотреть сохранение данных с датчиков с целью дальнейшего анализа и улучшения условий роста.

**Разработка конструкции и аппаратной части.** Конструкция теплицы представляет собой прямоугольный параллелепипед с отверстиями для циркуляции воздуха. Её размер составляет 100x50x90 см с целью выращивания внутри преимущественно корнеплодных культур. Внутри

посевные площади разделены на 3 участка с целью измерения влажности почвы в нескольких местах, а также возможностью раздельного полива. Собранная конструкция системы представлена на рис. 1.



Рис. 1. Конструкция системы

Так как одной из особенностей разрабатываемой системы является контроль стадии роста, необходимо было продумать способ измерения данного параметра. Для этого была использована идея получения информации о стадии по высоте растения. Поэтому был выбран ультразвуковой датчик расстояния, который расположен над выращиваемой культурой и замеряет расстояние до её листвы. Соответственно, чем меньше расстояние, тем больше выросло растение. Всего в программе системы предложено 3 стадии: стадия рассады, стадия роста и стадия созревания. Безусловно, для различных культур рассчитанное расстояние на каждой стадии разное. Данный датчик выбран исходя из ряда подходящих характеристик для разрабатываемой системы, таких как высокая точность; независимость результатов от цвета и солнечных лучей или подсветки; большой диапазон измеряемых расстояний [5].

Для корректировки микроклимата внутри системы требовалось выбрать исполнительные устройства. Для подогрева в случае низкой температуры была использована инфракрасная пленка, способная равномерно распределять тепло и не пересушить почву. Для создания дополнительного освещения в случае нехватки основного света была выбрана светодиодная лента, которая обладает необходимым спектром для активного роста растений и созревания плодов, а также является экономичной с точки зрения энергоэффективности [6]. Если же растению не хватает влаги, в теплице находятся небольшие погружные насосы, перекачивающие воду в почву. Также на каждой стадии предусмотрена подача требуемого количества удобрений.



Рис. 2. Структура системы управления

В проектируемой системе происходит контроль температуры, влажности почвы и освещенности, а также предусмотрено определение стадии роста выращиваемой культуры. Для измерения данных параметров использован полупроводниковый датчик температуры, емкостной датчик влажности почвы, принцип которого основан на изменении диэлектрической проницаемости, а также датчиков освещенности – фоторезисторов, сопротивление которых способно изменяться в зависимости от освещения, падающего на чувствительный элемент [4]. Датчик каждого вида приобретен в количествах 2–3 штук для возможности более точного получения данных.

Для этого собрана конструкция дозатора, дозирующая сухие вещества в воду и состоящая из сервопривода и пластиковых деталей, и погружного насоса, подающего воду с удобрениями в почву.

Получение и обработка данных с датчиков, а также управление исполнительными элементами производится с помощью вычислительных устройств. Такими устройствами в проектируемой системе являются устройство ввода-вывода National Instruments USB 6211 и микроконтроллер Atmega 328p.

**Разработка программной части.** В разрабатываемом проекте используется программный пакет LabVIEW – Laboratory

Virtual Instrument Engineering Workbench. Для микроконтроллера Atmega 328p разработана программа на языке C для сбора информации с подключенных к нему датчиков и передачи управляющих сигналов на исполнительные устройства. Получение данных о параметрах мик-

роклимата с устройства ввода-вывода, а также управление исполнительными элементами, подключенными к данному прибору, происходит в среде LabVIEW на графическом языке программирования G [7]. Также программа в LabVIEW используется для объединения управления двумя выбранными устройствами и создания пользовательского интерфейса, в котором есть возможность выбрать культуру для выращивания и наблюдать состояние микроклимата внутри теплицы и стадию роста выращиваемого растения. Структура системы управления представлена на рис. 2.

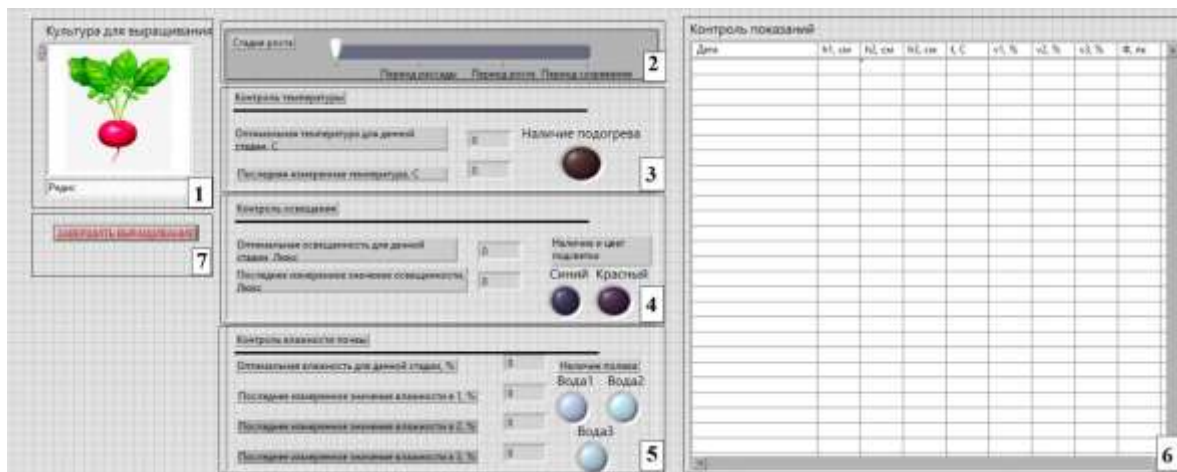


Рис. 3. Пользовательский интерфейс

Так как в системе пользователь выбирает лишь вид культуры, которая будет произрастать, на пользовательском интерфейсе предложен список культур, возможных для выращивания. В программе под каждую культуру заранее прописаны оптимальные параметры микроклимата для каждой стадии и высоты всех предложенных растений на каждой стадии. В разработанной системе на данный момент записаны параметры и предложены на выбор пользователю 4 культуры: редис, свёкла, морковь, салат. Вид интерфейса пользователя представлен на рис. 3.

**Проведение эксперимента.** Для апробации проектируемой системы по части автоматизации было принято решение провести эксперимент по выращиванию одной из предложенных культур, а именно – редиса. Для эксперимента взяты семена раннеспелого сорта, время созревания которых составляет 20–25 дней от начала появления всходов. При благоприятных условиях первые всходы должны взойти на 4–6 день [8].

Параллельно с опытом в теплице был проведен эксперимент выращивания той же культуры в открытом грунте. Первые всходы посевов в теплице были обнаружены уже на 3 день, что является на 1 день раньше заявленного, процент взошедших семян в каждом контейнере составил более 90 %. Также в результате наблюдения было обнаружено, что редис, высаженный в открытом грунте, пророс на пару дней позднее с меньшим количеством проросших семян по сравнению с теплицей.



Рис. 4. Обнаружение болезни растения

**Разработка концепции фито мониторинга.** Система компьютерного зрения состоит из двух компонентов: программного обеспечения и камеры.

Камеры, используемые в техническом зрении, делятся на камеры специального назначения (например, скоростные камеры), тепловизоры (камеры для съемки изображений в инфракрасном диапазоне волн), камеры

машинного зрения (камеры, передающие видео без потерь в качестве).

Для решения задач фито мониторинга были сформулированы технические требования к камере: надёжность, качество сборки, высокая отказоустойчивость; качество изображений; высокая чувствительность сенсора; наличие цифровых линий для подключения внешних устройств [9].

Определение болезней является довольно сложной задачей, так как внешний вид и положение растений, листьев и очагов поражений постоянно меняется. Также на результат может оказывать большое влияние время суток и качество освещения. На рис. 4 можно увидеть обнаружение зараженного листа растения [10].

Также, помимо определения наличия заболевания и идентификации его стадии необходимо локализовать его на изображении. Для определения очага заболевания необходимо решить задачу детекции объектов (object detection) Она включает в себя нахождение ограничивающих рамок и классификации этих ограничивающих рамок из множества заранее известных классов [11].

Для определения непосредственно болезней используется свёрточная нейронная сеть GoogleNet. Для того, чтобы разработать высокоточные классификаторы изображений для диагностики заболеваний растений, необходимо иметь достаточно большой набор данных изображений больных и здоровых растений. Чтобы решить эту проблему, проект Plant Village собрал десятки тысяч изображений здоровых и больных сельскохозяйственных культур [12]. Используя общедоступный набор данных, можно обучить сеть распознавать наиболее часто встречающиеся болезни у распространённых культур.

**Заключение.** В работе описана система, автоматически управляющая параметрами микроклимата в зависимости от выращиваемой внутри культуры и стадии роста, на которой находится такая культура. В проекте реализованы: разработка конструкции с учётом предложенных для выращивания растений; выбор датчиков с приемлемыми характеристиками и исполнительных устройств, позволяющих достичь требуемых показателей микроклимата; разработка программного решения системы, которое получает данные с датчиков, проверяет их на корректность и затем управляет исполнительными элементами в зависимости от показаний датчиков и стадии роста. Контроль стадии роста осуществлен с помощью прикрепленных над культурой дальномеров, которые отсчитывают расстояние до листьев. Путем проведения эксперимента доказана хорошая работоспособность системы по части автоматизации. В дальнейшем планируется внедрение в лабораторный образец разработок по фито мониторингу и проведение исследований по работоспособности системы в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое датчики и для чего они нужны. [Электронный ресурс]. URL: <https://dewesoft.com/ru/daq/what-is-a-sensor> (дата обращения: 01.07.2022).
2. Greenhouse Climate Control. [Электронный ресурс]. URL: <https://drygair.com/blog/greenhouse-climate-control/> (дата обращения: 01.07.2022).
3. Greenhouse climate control. [Электронный ресурс]. URL: <https://royalbrinkman.com/greenhouse-climate-control> (дата обращения: 01.07.2022)
4. Датчики освещения. Виды и устройство. [Электронный ресурс]. URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/osveshhenie/datchiki-osveshcheniia/> (дата обращения: 01.07.2022).
5. Ультразвуковые дальномеры. Достоинства и недостатки. [Электронный ресурс]. URL: <https://mp-kip.com/a292496-ultrazvukovye-dalnomery-dostoinstva.html> (дата обращения: 01.07.2022).
6. Светодиодные лампы обещают в корне изменить растениеводство. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sb.by/articles/spektr-urozhaynosti.html> (дата обращения: 01.07.2022).
7. What is LabVIEW? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html> (дата обращения: 01.07.2022)
8. Антипова О.В. Рекомендации по выращиванию редиса на гидропонных установках УГС4. *Технологии тепличного производства*. 2011, вып. (№) 03. С. 631–544.
9. Камеры машинного зрения [Электронный ресурс] <https://visionmachines.ru>
10. Boulent J., Foucher S., Théaul J., Pierre-Luc St-Charles. Convolutional Neural Networks for the Automatic Identification of Plant Diseases
11. Обнаружение объекта [Электронный ресурс] [https://www.tensorflow.org/hub/tutorials/object\\_detection](https://www.tensorflow.org/hub/tutorials/object_detection)
12. Щетинин Е.Ю. Распознавание заболеваний растений на основе анализа их изображений глубокими нейронными сетями.

Y.V.Ignatovich, M.M.Kopichev, V.Matveichuk, A.O.Fedorkova, A.D.Skakun (Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, Russia)  
**Automated phyto monitoring and plant cultivation system**

This paper discusses the task of designing of an automated system that could maintain the required microclimate parameters depending on the type of plant selected by the user. There is also the task of automatically determining the stage of growth of the plant and monitoring it's state of health. To solve the tasks, it is required to design a prototype of the greenhouse, select sensors and actuators with acceptable characteristics, write a software part that also takes into account checking the received data for correctness, and test the designed system.

Авторы готовы представить текст на английском языке для сборника материалов мультиконференции, который будет подан для индексирования в Scopus.