

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-78-34>

УДК 621.389

ЗДОРЕНКО Валерій

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<https://orcid.org/0000-0001-6508-4290>

alzd123@meta.ua

БАСАЛЮК Максим

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

e-mail: m.basaliuk@gmail.com

ОГЛЯД ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ У ТЕРАРІУМІ

У цій роботі досліджено умови утримання рептилій вдома. Виправдано необхідність розробки системи для контролю мікроклімату в тераріумах. Було проаналізовано основні параметри мікроклімату, що створюють найкращі умови для екзотичних тварин в домашніх умовах. Ці параметри включають температуру, вологість, освітленість та рівень ультрафіолетового випромінювання. Визначено, що зазначені параметри є ключовими для контролю, і їх вимірювання і регулювання мають бути базою розробки системи контролю мікроклімату. Розглянуто приклади існуючих приладів та систем, які забезпечують створення та підтримку мікроклімату у тераріумі. Ці приклади як авторські, так і доступні на ринку. Всі вони маю свої певні недоліки, тому було визначено усі пункти, яким повинна відповідати інформаційно-вимірювальна система.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, мікроклімат, температура, вологість, рівень ультрафіолетового випромінювання, тераріум.

ZDORENKO Valeriy, BASALIUK Maxim

National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

OVERVIEW OF DEVICES AND SYSTEMS FOR CONTROLLING THE MICROCLIMATE IN THE TERRARIUM

For a long time, people have kept pets for various reasons: it can be a way to overcome loneliness or a professional necessity. Any animal can bring joy to its owner through love, devotion or simply due to its existence, but only with proper care, care and creating comfortable living conditions. This also applies to reptiles. Nowadays, it is increasingly possible to meet various exotic animals as pets. Although the number of owners of such animals is small (about 5-7%), it grows every year and creates competition for classic pets such as dogs, cats or parrots. Although the number of domestic reptiles is not large, the question of their proper maintenance remains very important. For exotic animals, as for any other, it is necessary to create living conditions as close as possible to natural ones. In the case of reptiles, this means creating an artificial microclimate corresponding to their natural environment.

The main requirements are to ensure the right temperature, the right air humidity and the right level of ultraviolet radiation. All these parameters create a special microclimate inherent to a certain species or group of species. Many different means are used to create a microclimate, but the most important is the container itself - the terrarium.

Creating and maintaining optimal microclimate conditions in terrariums requires certain technical means, monitoring their correct operation and efficiency. It also requires human attention, which can potentially lead to errors in care, which in turn can lead to injury or even death of the exotic animal. Therefore, there is a need for automated information and measurement systems that will simplify the care of animals, increase the quality and accuracy of microclimate control in the terrarium, which in turn will help in keeping and breeding reptiles and amphibians in captivity.

This work examines the conditions for keeping reptiles at home. The need to develop a system for microclimate control in terrariums is justified. The main microclimate parameters that create the best conditions for exotic animals at home were analyzed. These parameters include temperature, humidity, light and UV levels. It was determined that the specified parameters are key for control, and their measurement and regulation should be the basis for developing a microclimate control system. Examples of existing devices and systems that ensure the creation and maintenance of a microclimate in a terrarium are considered. These examples are both proprietary and commercially available. All of them have their own certain shortcomings, so all the points that the information and measurement system must meet were determined.

Key words: information and measurement system, microclimate, temperature, humidity, level of ultraviolet radiation, terrarium.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Протягом тривалого часу люди тримають домашніх улюбленців з різних причин: це може бути спосіб подолати самотність або професійна необхідність. Будь-яка тварина може принести радість своєму господарю через любов, відданість або просто завдяки своєму існуванню, але лише при належному догляді, піклуванні і створенні комфортних умов для проживання. Це стосується і рептилій. Зараз все частіше можна зустріти різноманітних екзотичних тварин у ролі домашніх улюбленців. Хоча кількість власників таких тварин невелика (близько 5-7%), вона зростає з кожним роком і створює конкуренцію класичним улюбленицям, таким як собаки, коти або папуги. Хоча кількість домашніх рептилій не є великою, питання

про їх належне утримання залишається дуже важливим. Для екзотичних тварин, як і для будь-яких інших, потрібно створити умови для життя, максимально наближені до природних. У випадку з рептиліями це означає створення штучного мікроклімату, відповідного їхньому природньому середовищу.

Основні вимоги полягають у забезпеченні потрібної температури, правильної вологості повітря і належного рівня ультрафіолетового випромінювання. Усі ці параметри створюють особливий мікроклімат, притаманний певному виду або групі видів. Для створення мікроклімату використовують безліч різноманітних засобів, але найголовнішим є сам контейнер – тераріум [1] [2].

Створення та підтримка оптимальних кондицій мікроклімату у тераріумах потребує певних технічних засобів, слідкування за правильною їх роботою та працездатністю. Це також потребує людської уваги, що потенційно може призвести до помилок у догляді, які в свою чергу можуть призвести до травм або навіть загибелі екзотичної тварини. Тому існує необхідність в автоматизованих інформаційно-вимірювальних системах, які спростять піклування за тваринами, підвищать якість та точність контролю за мікрокліматом в тераріумі, що в свою чергу допоможе в утриманні та розведенні рептилій та амфібій в неволі.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета дослідження полягала в аналізі проблематики створення мікроклімату у тераріумі, огляд існуючих інформаційно-вимірювальних систем для його забезпечення, визначення основних характеристик для майбутньої нової системи контролю мікроклімату в тераріумі.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дотримання оптимальних умов у тераріумі для рептилій є надзвичайно важливим для забезпечення їхнього комфортного існування в домашніх умовах. Ігнорування будь-яких з необхідних параметрів може призвести до погіршення здоров'я або навіть смерті тварини.

Зазвичай для забезпечення необхідних умов використовують кілька пристроїв одночасно:

- Термометр: для вимірювання температури в тераріумі.
- Гігрометр: для контролю вологості повітря.
- Лампа УФ випромінювання: для забезпечення рептиліям необхідного ультрафіолетового світла.
- Лампа розжарювання: для підтримки оптимальної температури.
- Прилад для вимірювання УФ випромінювання: для спостереження за працездатністю ультра-фіолетової лампи.

Хоча цей підхід є більш доступним з фінансової точки зору, він має свої недоліки. По-перше, встановлення окремих пристроїв обмежує можливість автоматичної регуляції усіх необхідних параметрів системи. Крім того, інформація, яка надходить від кількох різних пристроїв одночасно, може бути заплутаною для користувача і ускладнити досягнення оптимальних умов. По-друге, встановлення декількох пристроїв займає багато місця як зовні, так і всередині тераріуму, що може негативно вплинути на рептилію.

Рептилії та амфібії створіння холоднокровні, для свого правильного метаболізму їм потрібно середовище з різними температурами, так звані теплі та холодні зони. Тому аби запобігти перегріванню або переохолодженню тварини необхідно вимірювати температуру в обох зонах тераріуму. Також, оскільки для кожної рептилії потрібна своя певна довжина УФ хвилі для виробітку в організмі власного вітаміну D3, в тераріумі встановлюється спеціальна ультра-фіолетова лампа. З часом інтенсивність УФ випромінювання лампи може зменшуватися, що одразу непомітно для людини, тому є необхідність контролювати працездатність лампи та її інтенсивність [1] [2].

Таким чином існує потреба в системі, яка б аналізувала та контролювала одночасно температуру та вологість в двох теплових зонах тераріуму, а також рівень УФ випромінювання лампи.

Серед існуючих аналогів на ринку, найближчим за функціоналом є контролер з трьома каналами - **Repti-Zoo THC09** [3] (рис. 1, 2)



Рис. 1. Repti-Zoo THC09

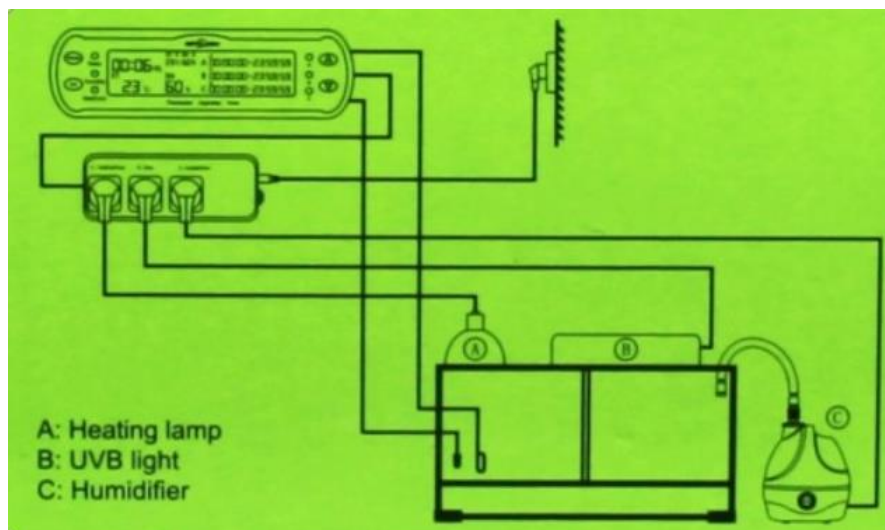


Рис. 2. Схема Repti-Zoo THC09

Цей пристрій контролює температуру, вологість, та режим дня і ночі в тераріумі. У нього є три окремі електричні виходи, кожен з яких може подавати енергію на підключені пристрої незалежно один від одного.

Перший вихід (вихід "A") призначений для контролю температури. Є можливість налаштувати обігрів або охолодження та встановити різні температурні режими для дня і ночі. Другий вихід (вихід "B") регулює освітлення. Третій вихід (вихід "C") відповідає за регулювання вологості в тераріумі.

Виходи "A" і "C" мають два окремих датчики, що дозволяє вибрати місце вимірювання, що відповідає конструкції тераріуму та потребам тварини.

Цей термостат має функцію гістерезису, що імітує природні зміни середовища, наприклад, хмарливість. Крім того, він оснащений великим LCD-дисплеєм з підсвічуванням для зручного відображення інформації.

Термостат може бути легко програмований і встановлений у будь-якому тераріумі завдяки включеній до комплекту липучці та монтажному кронштейну для контролера.

На жаль, цей пристрій може вимірювати температуру лише в одній зоні, і він не має можливості контролювати роботу лампи. Таким чином, власник повинен самостійно контролювати роботу лампи УФ випромінювання. Крім того, він є досить дорогим в порівнянні з іншими пристроями.

Далі будуть розглянуті авторські приклади, які ще не представлені на ринку, проте коштують набагато менше, наприклад, той, який показаний на Рисунок 3. Цей проект розроблено на основі **NodeMCU 12E** і має вивід інформації на веб-сервер [4].

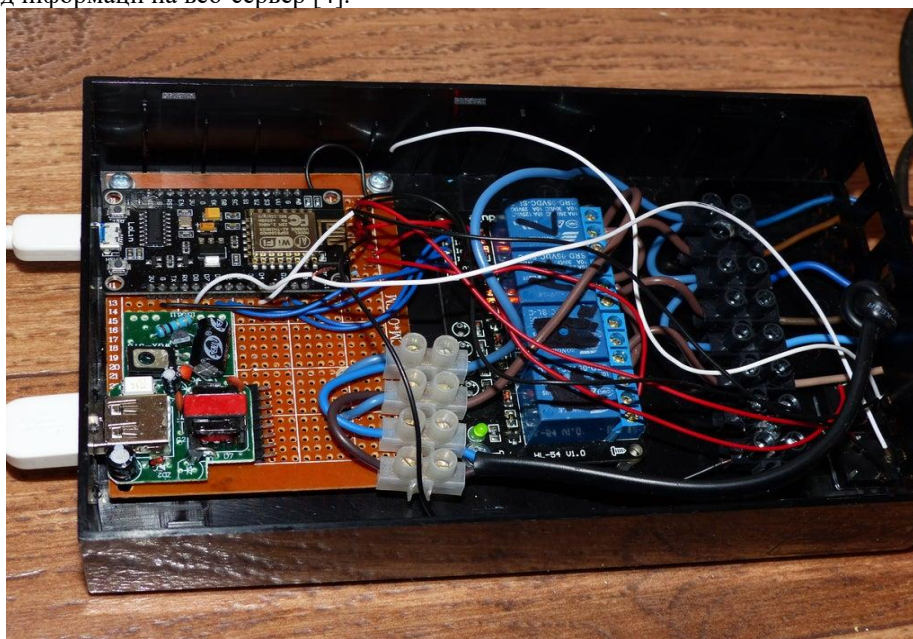


Рис. 3. TerraControl - With NodeMCU Webserver

Цей пристрій може вимірювати температуру та вологість за допомогою датчика DTH-22. Крім того, цей проект дозволяє контролювати роботу обігрівачів у денний та нічний час, і автоматично коригується за часовим поясом, якщо власник подорожує з тераріумом в інші міста або країни. Пристрій також може керувати одним або двома обігрівачами, і у разі надмірно високої температури може використовувати вентилятор для охолодження тераріуму. Особливістю цього проекту є те, що вся інформація та налаштування відображаються у спеціальному веб-сервер (рис. 4), який доступний як з комп'ютера, так і зі смартфона.

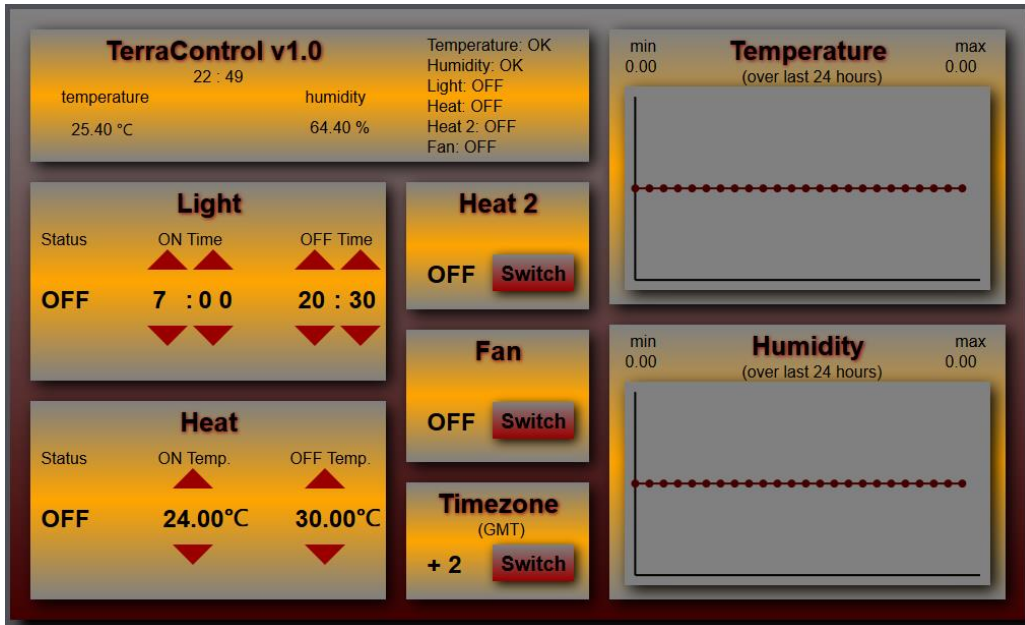


Рис. 4. Інтерфейс веб-сервера TerraControl

Проте цей проект має певні недоліки. По-перше, температура та вологість вимірюються лише в одній точці тераріуму, що може призвести до перегрівання рептилії. По-друге, відсутнє вимірювання інтенсивності УФ випромінювання, а освітлення контролюється тільки за часом. Різні види рептилій та амфібій потребують різного рівня УФ випромінювання, а лампи з часом можуть втрачати свою заявлену інтенсивність. Неправильне освітлення може стати причиною хвороб у тварин.

Інший авторський проект побудований на основі **ESP8266** - це мініатюрний і доступний за ціною мікроконтролер з можливістю підключення до WiFi (рис. 5) [5].

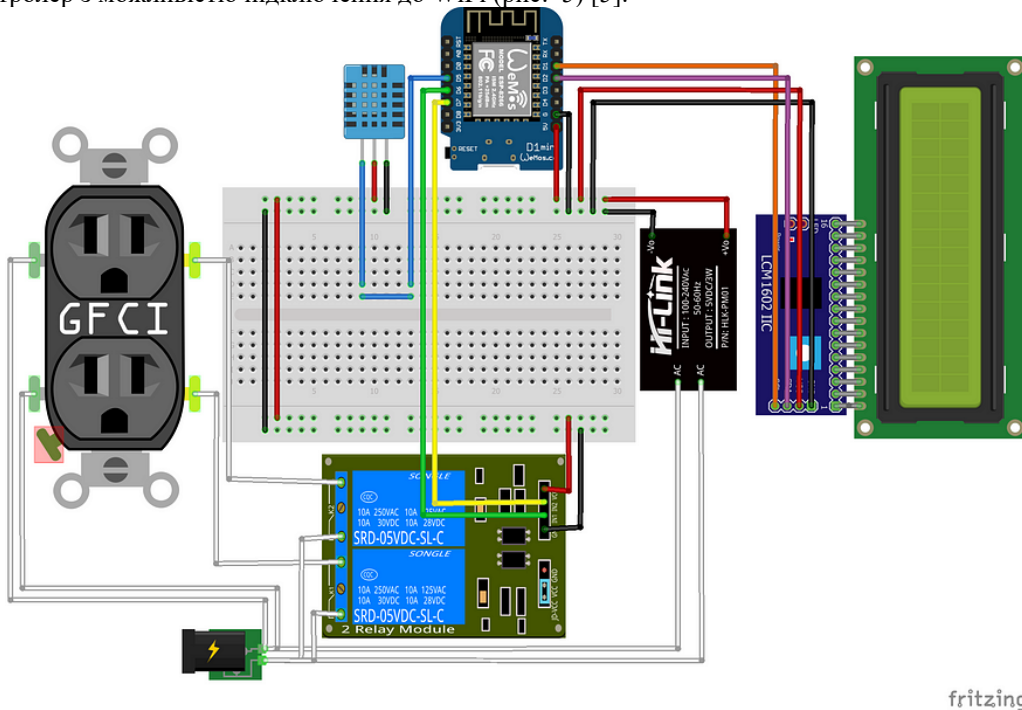


Рис. 5. HappyTurtle на основі ESP8266

Цей пристрій виконаний в більш простому вигляді і спрямований на контроль температури, вологості та режиму дня/ночі. На відміну від інших описаних прикладів, цей проект передбачає підключення лише одного джерела світла та одного обігрівача. Крім того, дані з датчиків та стан пристроїв передаються через WiFi на спеціальний веб-сервер, який можна переглядати в режимі реального часу з комп'ютера або смартфона (рис.6). Також основні показники мікроклімату у тераріумі відображаються на LCD дисплеї.

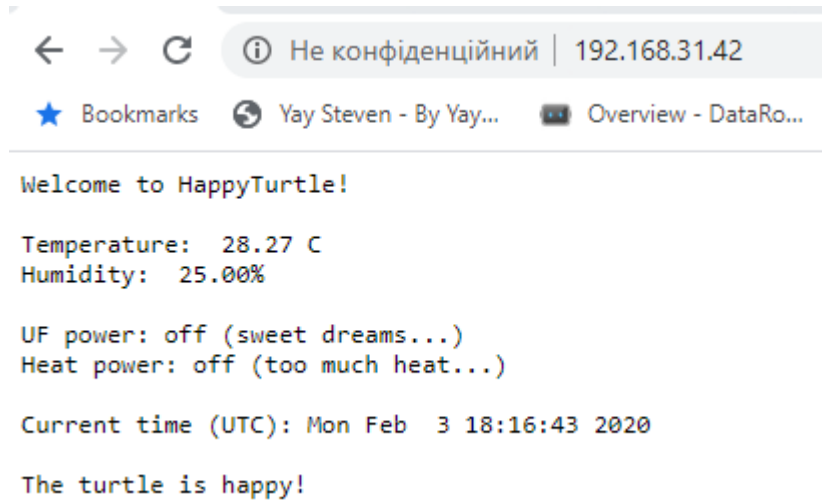


Рис. 6. Веб-сервер для моніторингу стану приладу

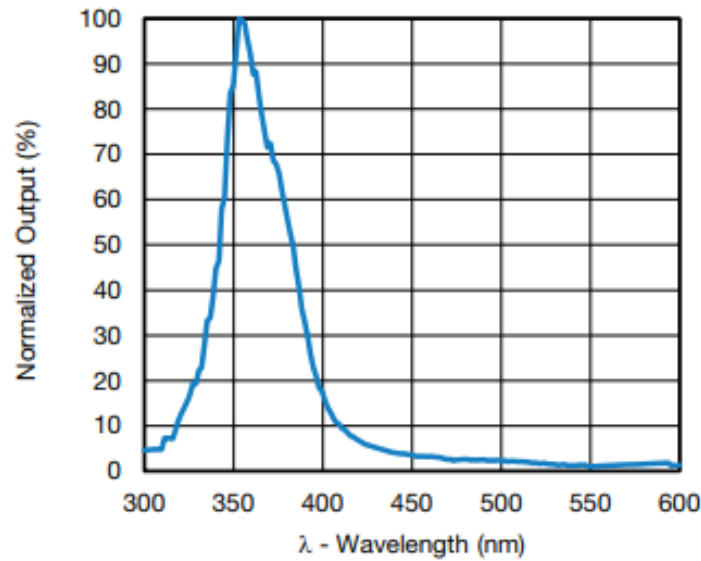
Проте є і певні недоліки. Як і минулий проект, цей пристрій не здатний контролювати температуру та охолодження у двох різних точках, він не здійснює моніторинг працездатності УФ лампи. Крім того, неможливо налаштувати пристрій без втручання у програмний код. Основною функцією цього проекту є забезпечення режиму дня та ночі та контроль температури.

В усіх розглянутих прикладах був відсутній датчик, який би надавав інформацію щодо інтенсивності УФ випромінювання. Виходячи з того, що найбільш дешевшим та гнучким варіантом для розробки нової інформаційно-вимірювальної системи буде створення її на базі мікроконтролера, як наприклад Arduino, то обирати потрібно підходящі до цього компоненти. За основу візьмемо датчик УФ випромінювання **VEML6070** від компанії VISHAY (рис. 7) [6].



Рис. 7. Модуль датчика УФ випромінювання VEML6070

Цей датчик володіє автоматичною компенсацією температури, високою швидкістю оновлення та лінійною чутливістю до УФ випромінювання. Його чутливість можна легко налаштувати шляхом зміни опорного зовнішнього резистора. Крім того, цей датчик має режим зниженого споживання енергії, що дозволяє знизити споживання енергії до менш ніж 1 мкА. Робочий діапазон напруги датчика становить від 2,7 В до 5,5 В. VEML6070 демонструє пік чутливості при 355 нм. Смуга пропускання ($\lambda_{0,5}$) досягається для діапазону приблизно від 335 нм до 375 нм (графік 1).



Графік 1. Відносна чутливість проти довжини хвилі

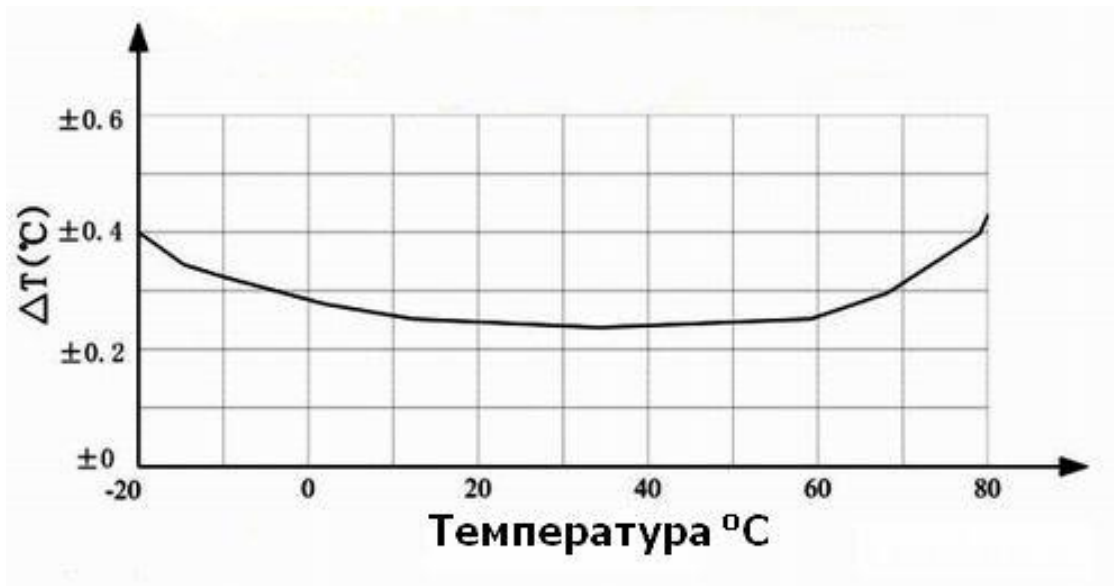
Для більшості видів рептилій для синтезу власного вітаміну D3 необхідне УФ світло спектрів А та В. УФ-випромінювання типу А має світло з довжиною хвилі від 320 нм до 400 нм. УФ типу В має довжину хвилі від 280 до 320 нм. Саме тому даний датчик чудово підійде для нової інформаційно-вимірювальної системи.

Також в розглянутих раніше авторських прикладах для виміру температури та вологості було використано датчик DHT-22 (рис.8) [7].



Рис. 8. Модуль датчика вологості та температури Waveshare DHT22

Цей датчик використовує конденсатор для вимірювання відносної вологості, який змінює своє значення залежно від рівня вологості. Для вимірювання температури використовується термістор, оскільки його температурна характеристика є нелінійною. Цей модуль має вбудований аналого-цифровий перетворювач, що дозволяє його використовувати з цифровими входами мікроконтролера без додаткових зусиль та витрат. Варто зазначити, що цей датчик не захищений від пилу та дощу, тому він придатний лише для використання в приміщенні, що повністю відповідає вимогам нової системи. Датчик працює в діапазонах напруг від 3.3В до 5В. Діапазон вимірювання температури складає від -40°C до +60°C, а діапазон вимірювання відносної вологості – від 0% до 100%. На графіках 2 та 3 зображено похибку вимірювання температури та вологості.



Графік 2. Похибка вимірювання температури датчика DHT22



Графік 3. Похибка вимірювання відносної вологості датчика DHT22

Більшість рептилій та амфібій не потребують таких низьких та високих температур, які здатен вимірювати датчик DHT-22. Для кожного виду є свій діапазон температур, який може відрізнятися в період дня та ночі, або пори року. Так само і з відносною вологістю. Виходячи з зазначених характеристик та похибок вимірювання можна зробити висновок, що ці похибки є незначними та даний датчик цілком відповідає вимогам для майбутньої системи контролю мікроклімату у тераріумі.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Для забезпечення комфортного утримання рептилій в домашніх умовах, важливо створити спеціальні мікрокліматичні умови, які б наближалися до природних. Було ретельно проаналізовано, які саме параметри мають бути дотримані для забезпечення здоров'я та комфорту рептилій у тераріумі, і які наслідки може мати ігнорування температурного режиму, вологості та УФ випромінювання.

Розглянуто існуючі на ринку пристрої для вирішення цих завдань. Ми проаналізували їх переваги та недоліки. Основна проблема полягає у тому, що неможливо встановити декілька пристроїв для вимірювання та контролю різних параметрів так, щоб вони правильно взаємодіяли між собою з урахуванням встановлених пріоритетів. Крім того, користувачеві доведеться самостійно вести контроль за роботою пристроїв або навіть груп приладів одночасно, що може призвести до помилок, ускладнення процесу прийняття рішень або навіть його невчасності.

Деякі існуючі на ринку пристрої можуть вирішити певні аспекти створення та контролю мікроклімату в тераріумі, але найбільш ефективними замінниками є авторські проекти. Вони не лише вигідніші від ринкових аналогів, але й є більш зручними та гнучкими в удосконаленні.

Враховуючи виявлені проблеми та аналіз існуючих аналогів, складається перелік вимог до майбутньої системи:

- Вимірювання, аналіз та контроль температури у теплих та холодних зонах.
- Аналіз вологості у всьому тераріумі.
- Визначення працездатності лампи УФ і повідомлення користувача про необхідність заміни.
- Забезпечення комплексної роботи ламп та обігрівачів у відповідності до добового режиму.
- Повідомлення користувача про виникнення будь-яких проблем у системі.

Література

1. Harald Jes, Johann Brandstetter. The Terrarium: With Full-Color Photographs (Complete Pet Owner's Manual) 2nd Edition - Barrons Educational Series Inc; 2nd edition (January 1, 2000)
2. Philippe De Vosjoli, Roger J. Klingenberg, De Philippe, Roger Tremper. The Leopard Gecko Manual: Includes African Fat-Tailed Geckos - Advanced Vivarium Systems, 2011 – с.94
3. Repti-Zoo THC09, URL: <http://repti-zoo.com/en/index.php?f=show&catid=32&contentid=96>
4. TerraControl - With NodeMCU Webserver, URL: <https://www.instructables.com/TerraControl-V10-With-NodeMCU-Webserver/>
5. A. Stehni, “Управління кліматом в тераріумі з мікроконтролером ESP8266.” URL: <https://medium.com/@anatoliistehni/управління-кліматом-в-тераріумі-з-мікроконтролером-esp8266-93a78dd345e4>.
6. Designing the VEML6070 UV Light Sensor Into Applications, URL: https://iot-kmutnb.github.io/blogs/sensors/veml6070/vishay_veml6070_datasheet.pdf
7. L. Aosong ELelectronics Co, “Dht22 Datasheet,” vol. 22, pp. 1–10, 2015, URL: <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2015/02/DHT22- datasheet.pdf>.

References

1. Harald Jes, Johann Brandstetter. The Terrarium: With Full-Color Photographs (Complete Pet Owner's Manual) 2nd Edition - Barrons Educational Series Inc; 2nd edition (January 1, 2000)
2. Philippe De Vosjoli, Roger J. Klingenberg, De Philippe, Roger Tremper. The Leopard Gecko Manual: Includes African Fat-Tailed Geckos - Advanced Vivarium Systems, 2011 – с.94
3. Repti-Zoo THC09, URL: <http://repti-zoo.com/en/index.php?f=show&catid=32&contentid=96>
4. TerraControl - With NodeMCU Webserver, URL: <https://www.instructables.com/TerraControl-V10-With-NodeMCU-Webserver/>
5. A. Stehni, “ Climate control in a terrarium with an ESP8266 microcontroller.” URL: <https://medium.com/@anatoliistehni/управління-кліматом-в-тераріумі-з-мікроконтролером-esp8266-93a78dd345e4>.
6. Designing the VEML6070 UV Light Sensor Into Applications, URL: https://iot-kmutnb.github.io/blogs/sensors/veml6070/vishay_veml6070_datasheet.pdf
7. L. Aosong ELelectronics Co, “Dht22 Datasheet,” vol. 22, pp. 1–10, 2015, URL: <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2015/02/DHT22- datasheet.pdf>.