

УДК 004.9 : 631.674.6

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОЛИВУ КІМНАТНИХ РОСЛИН

Дяченко Ю. Р., Кулік Т. І., Злотенко Б. М., Демішонкова С. А.

Київський національний університет технологій і дизайну

Мета. Розроблення автоматизованої системи поливу кімнатних рослин з мікропроцесорним керуванням, яка враховуватиме поточну вологість ґрунту й забезпечуватиме полив в моменти, коли рослина цього потребує.

Методика. Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях мікропроцесорної техніки та програмування, фізики, електроніки та схемотехніки, а також на загальних знаннях з ботаніки та кімнатного квітникарства. Експериментальні дослідження проведені на спеціально розробленому стенді в реальних експлуатаційних умовах.

Результати. Проведено огляд сучасних способів зрошення ґрунту, обрано оптимальний спосіб поливу для кімнатних рослин. Проаналізовано конструкції існуючих систем краплинного поливу та поставлено технічне завдання на проектування системи, обґрунтовано вибір компонентів системи поливу. Розроблено лабораторний стенд для дослідження процесу поливу та проведено його експлуатаційні випробування. Розроблено рекомендації по виборі режимів роботи системи поливу.

Наукова новизна. Розроблено концепцію поливу кімнатних рослин з постійним контролем вологості ґрунту та метод розрахунку норм витрат води при поливі вологолюбних та посухостійких кімнатних рослин.

Практична значимість. Запропоновано автоматизовану систему поливу рослин у житлових приміщеннях, вартість якої значно нижча, ніж аналогів, що продаються на ринку України. Розроблено рекомендації по добових витратах води на полив в залежності від типу рослин та об'єму горщиків.

Ключові слова: кімнатні рослини, краплинний полив, система керування, Arduino, гігрометр, норми витрат води

Кімнатні рослини сьогодні стали невід'ємним предметом інтер'єру приміщень. Декоративні рослини використовують для озеленення як приватних квартир та будинків, так і офісів, магазинів, готелів та ресторанів, музеїв і бібліотек, оздоровчих закладів, адміністративних будівель тощо. Рослини прикрашають оселю, наближають людину до природи, наповнюють позитивними емоціями, очищують повітря в кімнатах, покращують його склад, зволожують, випаровуючи воду листям, що позитивно відображається на здоров'ї людини [1]. Проте усі ці переваги рослин повною мірою розкриваються лише при грамотному догляді за ними. Для нормального розвитку рослин необхідно забезпечити відповідні умови: склад ґрунту, достатній рівень освітленості, певну температуру у приміщенні, оптимальну вологість повітря та ґрунту. Склад ґрунту задається одноразово при пересадці рослини, а його вибір не викликає труднощів –

квіткові магазини пропонують великий асортимент готових субстратів для різних видів рослин. Температура в оселях змінюється не у такому широкому діапазоні, як на вулиці, тому рідко у яких випадках її піддають корегуванню спеціально для вирощування кімнатних рослин. Те ж саме стосується й освітлення – іноді використовують додаткові лампи, проте найчастіше господарі просто підбирають рослини, які оптимально підходять для природного рівня освітленості кімнати.

Набагато більше проблем при вирощуванні декоративних рослин у приміщеннях виникають у зв'язку з їх поливом. Поливати рослину необхідно регулярно протягом усього її життя. Іноді виникають ситуації, за яких цей процес ускладнюється або стає неможливим, наприклад, тривалий від'їзд господарів у відрядження чи відпустку. Або ж людина може просто забувати поливати квіти через зайнятість, недбалість чи інші причини. У будь-якому випадку забезпечити нормальний розвиток кімнатних рослин без турбот для господаря можна за допомогою системи автоматичного поливу. Корисним буде таке пристосування й для офісів та інших громадських приміщень, оскільки найчастіше вони не мають спеціального співробітника, обов'язками якого є догляд за рослинами. Використання автоматизованого поливу виключить можливість помилок у догляді, коли ним займаються випадкові люди.

Постановка завдання

На сьогоднішній день ринок товарів для городу та садівництва пропонує широкий вибір систем поливу відкритих ґрунтів, а також систем керування мікрокліматом теплиць різних масштабів. Проте всі ці системи не можуть бути використані в побуті через їх високу продуктивність та значні габаритні розміри. Отже, розроблення автоматизованої системи поливу рослин, призначеної саме для житлових та громадських приміщень, є актуальним завданням, вирішення якого значно спростить догляд за кімнатними декоративними рослинами.

Метою роботи є розроблення автоматизованої системи поливу кімнатних рослин з мікропроцесорним керуванням, яка б враховуватиме поточну вологість ґрунту й забезпечуватиме полив в моменти, коли рослина цього потребує.

Результати досліджень

Зрошення земель вже досить тривалий час із успіхом використовується у сільському господарстві. Відносно недавно системи автоматичного поливу знайшли застосування у ландшафтній сфері приватного сектору. Якщо років 20 тому такі системи були занадто дорогими для використання у побуті і вважалися розкішшю, то сьогодні

автополив прибудинкових територій став звичною справою. Багато хто встановлює такі системи самостійно, а компанії, що спеціалізуються на ландшафтному дизайні, встановлюють системи автополиву практично на кожному об'єкті. Деякі ландшафтники навіть не дають гарантію на виконані роботи у випадку, коли замовник відмовляється від установки автополиву газону та інших насаджень [2].

Основними способами зрошення на сьогодні є такі [3]: поверхневе, дощування, внутрішньогрунтове, краплинне, аерозольне (дрібнодисперсне).

При поверхневому зрошуванні поливна вода подається на поверхню ґрунту по мережі борозд, смуг, ариків або ж повним затопленням. Такий спосіб використовується у сільському господарстві на великих площах насаджень, але буде абсолютно неприйнятним для поливу кімнатних рослин.

Дощовий полив (або спреїний, роторний) призначений для поливання насаджень згори з використанням пристрою мікрозрошення із насадками розпилення. Функціонування такої системи подібне до дії справжнього дощу. Цей спосіб поливу є оптимальним для полів, клумб, газонів, а також досить часто використовується у теплицях. Для кімнатних рослин такий вид поливу неактуальний через занадто великий радіус дії розбризкувачів.

Внутрішньогрунтовий полив використовується в умовах обмежених ресурсів води для рослин з підвищеними вимогами до вологи. Система монтується під поверхню ґрунту на рівні розгалуження кореневої системи рослин, що зрошуються [4]. Прокладається така система за допомогою пористого шлангу та трубки. Внутрішньогрунтовий полив використовують для одиничних дерев, чагарників, живих огорож, невеликих клумб чи теплиць, тобто там, де немає потреби у зрошенні значних площ. Для газонів така система поливу буде неефективною, оскільки створює невеликий напір води, недостатній для просочення значних ділянок ґрунту. Для кімнатних рослин даний спосіб буде ускладнений прокладанням такої системи усередині горщиків.

Краплинний полив призначений для дозованого прикореневого поливу рослин. Цей тип поливу вважається найбільш економічним і за витратами води, і за споживанням енергії. Крім того, такі системи поливу є найбільш надійними та довговічними. В процесі поливу вода у вигляді крапель малою витратою (до 0,4 л/год) подається лише в зону кореневої системи. У лінії краплинного поливу використовуються мікротрубки та крапельниці різноманітних видів і форм: вбудовані в трубку і окремі, регульовані і

нерегульовані. Такий спосіб поливу цілком прийнятний і для поливу кімнатних рослин у горщиках [5].

Аерозольне (дрібнодисперсне) зрошення здійснюють шляхом розпилення поливної води для підвищення вологості повітря і зниження температури в посівах рослин. При цьому створюється туман з найдрібніших крапель води діаметром менше 0,5 мм. Такий вид автополиву призначений перш за все для створення необхідного середовища проживання для тропічних рослин. Використовується у теплицях та оранжереях, а також на відкритому ґрунті [6]. У житловому приміщенні такий спосіб використати не вдасться.

Аналізуючи наведені способи автоматичного поливу, можна дійти висновку, що краплинний полив є найоптимальнішим способом, прийнятним для догляду за декоративними рослинами у квартирах, будинках, офісах та інших подібних місцях.

Краплинний полив, який у нашій країні почав використовуватися на початку 70-х років, сьогодні ефективно застосовується у сільському господарстві в основному при вирощуванні овочів, фруктів, ягід, баштанних культур. Високому темпу впровадження сприяють головні його переваги:

- економія води у 2-5 рази та електроенергії на 50-70% порівняно з традиційними способами поливу (дощування, полив по борознах);
- суттєве збільшення врожайності, зменшення застосування хімічних засобів захисту рослин, оскільки суттєво зменшується забур'яненість;
- високий рівень механізації та автоматизації технологічних процесів;
- виключення впливу вітру на процес зрошення;
- зниження вимог до систем дренажу;
- відсутність поверхневого стоку, що виключає ерозію ґрунтів;
- можливість освоєння схилівих земель з похилом до 30°, а також малопродуктивних (піщаних, супіщаних) земель.

При вказаних перевагах слід зазначити, що запровадження цього способу потребує значних капіталовкладень.

Системи краплинного зрошення класифікують за такими ознаками [7]:

За конструкцією:

- стаціонарні системи для поливу багаторічних насаджень і теплиць;

– стаціонарно-сезонні системи для поливу однорічних культур. Потребують щорічних монтажних і демонтажних робіт, а також затрат на збереження в міжполивний сезон;

– системи односезонного використання для зрошення однорічних культур.

За розміщенням поливних трубопроводів:

– системи з укладкою поливних трубопроводів на поверхню ґрунту;

– системи з розташуванням поливних трубопроводів на шпалері (наприклад у виноградниках);

– системи з укладкою трубопроводів мережі нижче поверхні ґрунту.

За ступенем автоматизації:

– автоматичні системи – всі технологічні операції виконуються автоматично;

– автоматизовані системи – технологічні операції автоматизовані частково;

– системи з ручним управлінням – операції управління виконує оператор.

За характером зволоження:

– локальне зволоження ґрунту безпосередньо біля кожної рослини;

– смугове локальне зволоження ґрунту вздовж рослин – крапельниці встановлюють вздовж ряду рослин.

Згідно наведеної класифікації, для поливу кімнатних рослин планується був обраний тип систему поливу: автоматизована, стаціонарного типу, з укладкою трубок на поверхні ґрунту, з локальним зволоженням кожної рослини в окремому горщику.

Розроблення повністю автоматичної системи з підключенням до центрального водопроводу вважаємо недоцільним, оскільки такий підхід передбачатиме прокладання шлангів через усе приміщення. Крім того, при підключенні до водопроводу не можна виключити виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з протіканням води. Тому використаємо автоматизовану систему поливу, для якої участь людини у поливі передбачатиме лише періодичне наповнення ємності з водою. Така система матиме перевагу ще й у тому, що вода для поливу рослин завжди матиме кімнатну температуру, у той час як вода з водопроводу може бути переохолодженою в холодну пору року та негативно впливатиме на розвиток рослин.

На рис. 1 представлена структура найпростішої установки краплинного поливу із гравітаційним зрошенням, коли при відкритті крану полив рослин відбувається під впливом сили тяжіння із резервуару з водою. Ємність повинна бути достатньо високою

для створення необхідного тиску для руху рідини самоплином і розташована вище рівня рослин, що поливаються. Для поливу великих ділянок з використанням розгалуженої системи трубопроводів тиску в системі буде недостатньо. У такому випадку можна додатково використати насос для примусової циркуляції води.

Подібні системи дещо полегшують догляд за рослинами порівняно з ручним поливом, оскільки немає необхідності поливати кожну рослину окремо – достатньо лише наповнити єдину ємність водою. Але все ж таки участь людини у кожному поливі є обов'язковою – необхідно вчасно відкрити та закрити кран, що не вирішує питання автоматизації.

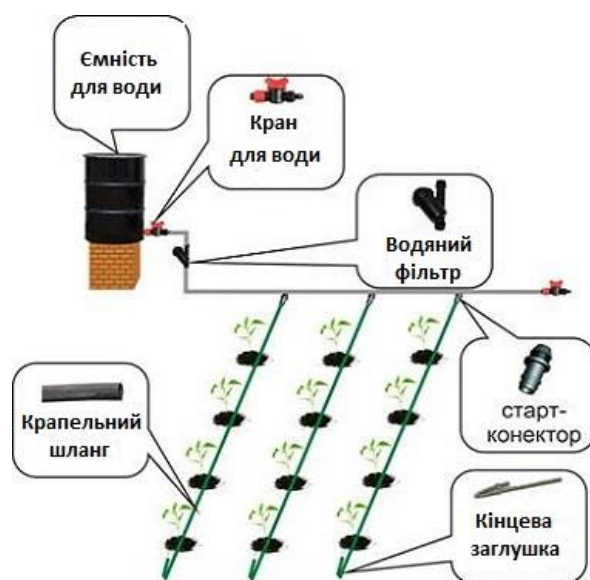


Рис. 1. Принцип краплинного поливу рослин

Процес поливу можна автоматизувати, використовуючи спеціальні таймери, які вмикатимуть та вимикатимуть насос у визначений час на задану тривалість поливу, відповідно до обраної користувачем програми. Таймери можуть працювати як від мережі, так і від акумулятору, бувають механічними, електромеханічними та електронними.

Загалом автоматична система поливу повинна містити такі основні елементи: рідинний насос, джерело живлення, керуючий пристрій, реле, що вмикає та вимикає насос. Крім основних конструктивних елементів у системі необхідно також передбачити резервуар для води, шланги з розгалуженнями для подачі води із ємності до місць поливу та дроти для з'єднання електричних компонентів системи. Також бажано додатково

обладнати систему датчиком вологості ґрунту, сигнал від якого буде визначати необхідність поливу.

Важливим елементом автоматичної системи поливу є керуючий пристрій (контролер). Цей прилад призначений для надання сигналів, які регулюють подачу води у зону поливу. Запрограмувавши контролер, можна забезпечити подачу води в кожен зону ділянки у заданій кількості у визначені проміжки часу. Контролери можуть мати різну ступінь автоматизації – від ручного керування до повністю автоматичного. Деякі контролери забезпечують можливість керування поливом з телефону або через мережу Інтернет.

Загалом керуючі пристрої для поливу можна розділити на три групи: механічні, електромеханічні та електронні. Різниця між ними полягає у принципі управління подачею води.

Механічний таймер поливу керується вручну і виконує лише одну функцію: перед початком поливу на ньому задається час, через який він зупинить воду. Таймер функціонує за допомогою кульового крана, який регулює подачу рідини.

Такий прилад працює за принципом механічного годинника – він обладнаний спіральною пружиною та механічним клапаном відкриття і закриття потоку води. Це добовий таймер, що забезпечує роботу системи поливу зазвичай не більше 24 годин. Після закінчення цього часу необхідний перезапуск. Тобто за допомогою такого пристосування споживач має можливість контролювати лише вимикання поливу, а отже, його використання не вирішує проблему автоматизації процесу поливу. Єдиною перевагою є відсутність турбот про вчасне перекриття крана.

Електромеханічний таймер поливу відрізняється значно ширшими можливостями: забезпечує задану частоту і тривалість поливу, самостійно керуючи системою відповідно до встановленої програми.

Такий таймер може забезпечувати полив із заданою періодичністю протягом тижня. Проте його недоліком є неможливість підключення різного роду датчиків. Полив виконується виключно за встановленим часом задаються лише два параметри (частота і тривалість зрошення). Це може мати негативні наслідки: у сонячні спекотні дні вода випаровуватиметься швидше, і заданої періодичності поливу може не вистачати. І навпаки, у прохолодні дні кількість води може виявитися надлишковою.

Механічний та електромеханічні таймери з кульовим краном подають воду, як правило, самоплином, тобто, потребують підключення до напірної водопровідної

системи. Для вмикання насосу, який перекачуватиме воду з ємності, потрібно додаткове обладнання.

Електронні контролери здатні виконувати до 16 команд при підключенні до них додаткових пристроїв, які відстежують вологість землі і повітря, температуру та інші параметри навколишнього середовища. Їх можна програмувати на різні режими для кожної рослини. Електронний таймер поливу має цифровий екран, на якому відображається вся інформація про роботу та налаштування пристрою. Такий пристрій здатний спрацьовувати в тимчасовому діапазоні в межах від 30 секунд до 1 тижня. Як і багато інших таймерів, вони поділяються на два типи – добові і тижневі. Перші можна програмувати на добу, а другі на тиждень, причому кожен її день може мати різні режими роботи.

Можливості таких приладів дуже широкі: не лише завдання циклів поливу по днях, а й регулювання інтенсивності потоку, облік тиску в трубопроводі, облік температури і вологості ґрунту та повітря. Крім того, більшість з цих приладів забезпечуються GSM-модулями, що дозволяє здійснювати управління віддалено, за допомогою мобільного телефону або Інтернету. Проте коштують подібні прилади дуже дорого.

Для періодичного підключення насосу для поливу можна також використати програмовану розетку з реле. Вона працює по тому самому принципу, що й розглянуті вище механічні та електромеханічні таймери поливу. Інший варіант – «розумна розетка», що дозволяє вмикати та вимикати прилади з використанням мережі Інтернет.

Отже, існуючі прилади контролю або не виконують поставлене завдання у повній мірі, або мають високу вартість. Тому актуальним буде самостійне розроблення контролеру поливу на основі мікропроцесора.

Дуже поширеними на сьогоднішній день є вироби торговельної марки Arduino. У лінійці більшості пристроїв Arduino застосовуються мікроконтролери Atmel AVR ATmega328, ATmega168, ATmega2560, ATmega32U4, ATtiny85 з тактовою частотою 16 або 8 МГц. Рідше використовуються застарілі ATmega8, ATmega1280 та інші.

Система керування поливом на базі Arduino матиме значно нижчу ціну, ніж електронні контролери, які є у продажу, проте виконуватиме ті самі функції: дозволить враховувати вологість ґрунту та інші параметри і вмикати насос тоді, коли це потрібно. Також можливе встановлення контролю над системою через мережу Інтернет.

На рис. 2 представлена схема підключення елементів для забезпечення автоматичного поливу кімнатних рослин.

Представлена схема працює наступним чином. Через визначені проміжки часу (наприклад, раз на секунду чи більше) Arduino 1 отримує значення вологості ґрунту з датчика 5. При отриманні значення більше порогового Arduino вмикає реле 2, до якого підключений насос 4 на деякий час t_{work} . Змінна t_{work} встановлює час роботи насоса, за який він встигне викачати потрібну кількість води для рослини.

Після поливу встановлюється затримка 15 хвилин для роботи насоса. При цьому Arduino продовжує стежити за вологістю, але насос не вмикається навіть у випадку недостатньої вологості ґрунту. Затримка між поливами необхідна для того щоб вода встигла всмоктатися в ґрунт та не переливалася через краї горщика.

Після цього цикл повторюється.

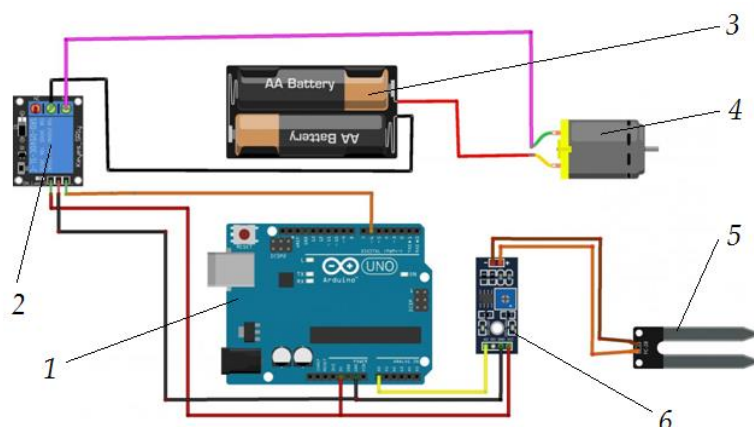


Рис. 2. Схема автоматизованої системи поливу на основі Arduino:

1 – керуючий пристрій (Arduino); 2 – реле, що вмикає насос; 3 – блок живлення;
4 – насос; 5 – датчик вологості ґрунту; 6 – електронна плата датчика вологості

Розроблена система забезпечує автоматичний полив залежно від рівня вологості ґрунту. Проте корисним буде розрахунок орієнтовної витрати рідини протягом деякого часу. Це дозволить підібрати оптимальний розмір баку для рідини та виключить зупинення процесу поливу через брак поливної води. Виконаємо розрахунок норм витати рідини для вологолюбних рослин.

Оптимальна вологість ґрунту для рослини $\varphi = 80\%$.

Вологість ґрунту визначається як співвідношення:

$$\varphi = \frac{m_{води}}{m_{сух. ґрунту}} \cdot 100\% . \quad (1)$$

Об'єм горщика визначаємо як об'єм усіченого конуса

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + R \cdot r + r^2) . \quad (2)$$

Об'єм ґрунту для рослин, що були використані у дослідженні, складав 2,5 л.

Густина ґрунту $1,4 \text{ г/см}^3 = 1400 \text{ г/л}$. Маса сухого ґрунту у горщику склала 3,5 кг.

Тоді з (1) визначаємо, що маса води у ґрунті повинна складати 2,8 кг.

Приймаємо випаровування води 3 % на добу. Тоді маса рідини, яку потрібно відновити, складає 3% від 2,8 кг – $0,067 \text{ кг/добу} = 84 \text{ мл/добу}$.

При витраті рідини 4 мл/сек (у розробленій установці) тривалість роботи насосу повинна складати $84 / 4 \approx 21 \text{ сек/добу}$.

Обчисливши за приведеною методикою орієнтовну витрату води для інших об'ємів горщиків, отримали дані, представлені у таблиці.

У таблиці наведено рекомендовану тривалість поливу для насосу, що був використаний у досліді. Проте неважко обрахувати її для будь-якого іншого насосу, попередньо визначивши його продуктивність за допомогою мірної ємності та секундоміра.

Розрахунок необхідної добової кількості рідини для поливу вологолюбних рослин

Розмір горщика (об'єм ґрунту), л	Маса ґрунту, кг	Маса води у горщику, кг	Потрібно відновити за добу, мл	Тривалість роботи насосу на добу (при витраті 4 мл/сек)
0,3	0,42	0,336	10,1	3
0,4	0,56	0,448	13,4	4
0,5	0,7	0,56	16,8	4
0,75	1,05	0,84	25,2	6
1	1,4	1,12	33,6	8
1,5	2,1	1,68	50,4	13
2	2,8	2,24	67,2	17
2,5	3,5	2,8	84	21
3	4,2	3,36	100,8	25
4	5,6	4,48	134,4	34
5	7	5,6	168	42
6	8,4	6,72	201,6	50
7	9,8	7,84	235,2	59
8	11,2	8,96	268,8	67
9	12,6	10,08	302,4	76
10	14	11,2	336	84

Визначивши необхідну добову кількість рідини для поливу заданої кількості рослин, можна встановити необхідний запас води для бажаного періоду поливу. Це

виключить можливість спорожнення ємності та зупинення процесу поливу у випадку, наприклад, тривалого від'їзду хазяїв.

Для наведеного дослідження кількість точок поливу складала 10 вазонів. Об'єм кожного горщика 2,5 л. Відповідно до представлених розрахунків, добова витрата рідини на одну рослину – 84 мл. Тоді на полив 10 вазонів необхідно забезпечити 840 мл/добу. Отже, стандартного відра води на 10-12 л повинно вистачити приблизно на 12-14 днів. Якщо планується залишити рослини на більш тривалій термін, то, відповідно, потрібно використати ємність більшого об'єму.

Висновки

У роботі розглянуто можливості автоматизації різних способів зволоження ґрунту при вирощуванні кімнатних рослин. На основі проведеного аналізу систем зрошування та їх класифікації обрано тип системи поливу для кімнатних рослин, а саме: система краплинного типу, автоматизована, стаціонарного типу, з укладкою трубок на поверхні ґрунту, з локальним зволоженням кожної рослини в окремому горщику.

Проаналізовано переваги та недоліки використання різних типів контролерів для систем поливу. Встановлено, що механічні та електромеханічні таймери нездатні забезпечити полив з урахуванням фактичної вологості ґрунту, їх програмування відбувається лише за часом та тривалістю поливу. Електронні контролери забезпечують контроль багатьох параметрів, але їх вартість дуже висока. Тому було запропоновано розроблення керуючого пристрою на основі мікропроцесора Arduino. Вартість розробки складає не більше 400 грн, у той час як найдешевші електронні таймери поливу коштують в Україні від 1000 грн.

Розроблено метод розрахунку необхідної добової кількості води для оптимального догляду за різними типами рослин. Продемонстровано розрахунок оптимальної тривалості поливу для вологолюбних рослин. Визначено оптимальний об'єм баку для рідини, який забезпечить безперебійний полив протягом заданого часу.

Список використаних джерел

1. Совгіра С. В. Екологічні функції кімнатних рослин. *Природничі науки в системі освіти: матер. Всеук. наук.-практ. Інтернет-конф.*, 28 лютого 2018 р. м. Умань: Сочінський М. М., 2018. С. 54-55.

References

1. Sovhira, S.V. (2018). *Ekolohichni funktsii kimnatnykh roslyn. Pryrodnychi nauky v systemi osvity* [Ecological functions of houseplants]. Proceedings of Natural sciences in the education system: All-Ukrainian scientific-practical Internet conference: *Pryrodnychi nauky v systemi osvity: mater.*

2. Вся правда об автополиве. URL: https://www.landy-art.ru/helpful_information/publications/index.html/id/266.
3. Автоматические системы полива: виды, особенности строения и применения. URL: <https://volar.com.ua/news/avtomaticheskie-sistemy-poliva-vidy-osobennosti>.
4. Акутнева Е. В. Эффективность применения внутрпочвенного орошения при выращивании плодовых культур в степной зоне. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. №10 (41) Часть 3. С. 15-16.
5. Соломаха І. В. Сучасні тенденції розвитку систем автоматизованого поливу рослин. *Теорія і практика стратегічного управління розвитком галузевих і регіональних суспільних систем: Матер. VI Міжн. наук.-практ. конф., Івано-Франківськ, 11-13 жовтня 2017 р. Івано-Франківськ, 2017. С. 301-303.*
6. Аерозольное орошение: Преимущества и недостатки аерозольного орошения. URL: http://k-a-t.ru/sxt/12-poliv_aero/index.shtml.
7. Пастухов В. І., Ящук Д. А. Проектування системи краплинного зрошення для вирощування сільськогосподарських культур. Навч. посіб. до виконання курсового проекту. Харків: ХНТУСГ, 2013. 25 с.
2. Vseuk. nauk.-prakt. Internet-konf (28 lyutigo 2018 r.). Uman: Sochinskyi M.M. P. 54-55 [in Ukrainian].
2. Vsyia pravda ob avtopolive [The whole truth about automatic watering]. Retrieved from https://www.landy-art.ru/helpful_information/publications/index.html/id/266 [in Russian].
3. Avtomaticheskie sistemy poliva: vidy, osobennosti stroeniya i primeneniya [Automatic irrigation systems: types, structural features and applications]. Retrieved from <https://volar.com.ua/news/avtomaticheskie-sistemy-poliva-vidy-osobennosti> [in Russian].
4. Akutneva, Ye.V. (2015). Effektivnost primeneniya vnutripochvennogo orosheniya pri vyrashchivanii plodovykh kultur v stepnoy zone [Efficiency of the use of subsoil irrigation when growing fruit crops in the steppe zone]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International research journal]. 2015. № 10 Part 3. P. 15-16 [in Russian].
5. Solomakha, I.V. (2017). Suchasni tendentsii rozvytku system avtomatyzovanoho polyvu Roslyn [Modern tendencies of development of systems of automated watering of plants] Proceedings of Theory and practice of strategic management of development of branch and regional social systems: *Teoriia i praktyka stratehichnoho upravlinnia rozvytkom haluzevykh i rehionalnykh suspilnykh system: Mater. VI Mizhn. nauk.-prakt. konf., 11-13 zhovtnia 2017 r. Ivano-Frankivsk, 2017. P. 301-303.* [in Ukrainian]
6. Aerazolnoe oroshenie: Preimushchestva i nedostatki aerazolnogo orosheniya [Aerosol Irrigation: Advantages and Disadvantages of Aerosol Irrigation]. Retrieved from http://k-a-t.ru/sxt/12-poliv_aero/index.shtml [in Russian].
7. Pastukhov, V.I., Yashchuk, D.A. (2013). *Proektuvannia systemy kraplynnoho zroshennia dlia vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur* [Design of drip irrigation system for growing crops.]. Kharkiv: KhNTUSH,. 25 p. [in Ukrainian].

Dyachenko Yuriyt-81@ukr.netKyiv National University
of Technologies and Design**Zlotenko Borys**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0870-8535>Scopus Author ID: [57196146994](https://orcid.org/0000-0002-0870-8535)zlotenco@ukr.netKyiv National University
of Technologies and Design**Kulik Tetiana**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1006-7853>Scopus Author ID: [57196150930](https://orcid.org/0000-0002-1006-7853)kulik.ti@knuud.com.uaKyiv National University
of Technologies and Design**Demishonkova Svitlana**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5678-8114>mashuk2007@ukr.netKyiv National University
of Technologies and Design**Автоматизация процесса полива комнатных растений****Дяченко Ю. Р., Кулик Т. И., Злотенко Б. М., Демишонкова С. А.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка автоматизированной системы полива комнатных растений с микропроцессорным управлением, которая будет учитывать текущую влажность почвы и обеспечивать полив в моменты, когда растение в этом нуждается.

Методика. Теоретические исследования базируются на основных положениях микропроцессорной техники и программирования, физики, электроники и схемотехники, а также на общих знаниях по ботанике и комнатного цветоводства. Экспериментальные исследования проведены на специально разработанном стенде в реальных эксплуатационных условиях.

Результаты. Проведен обзор современных способов орошения почвы, выбран оптимальный способ полива для комнатных растений. Проанализированы конструкции существующих систем капельного полива и поставлено техническое задание на проектирование системы, обоснован выбор компонентов системы полива. Разработан лабораторный стенд для исследования процесса полива и проведения его эксплуатационные испытания. Разработаны рекомендации по выбору режимов работы системы полива.

Научная новизна. Разработана концепция полива комнатных растений с постоянным контролем влажности почвы и метод расчета норм расхода воды при поливе влаголюбивых и засухоустойчивых комнатных растений.

Практическая значимость. Разработана концепция полива комнатных растений с постоянным контролем влажности почвы и метод расчета норм расхода воды при поливе влаголюбивых и засухоустойчивых комнатных растений.

Ключевые слова: комнатные растения, капельный полив, система управления, Arduino, гигрометр, нормы расхода воды

Automation of the process of watering indoor plants**Dyachenko Yu. R., Kulik T. I., Zlotenko B. M., Demishonkova S. A.**

Kyiv National University of Technology & Design

Purpose. Development of an automated irrigation system for houseplants with microprocessor control, which will take into account the current soil moisture and provide watering when the plant needs it.

Methodology. Theoretical research is based on the basic principles of microprocessor technology and programming, physics, electronics and circuitry, as well as general knowledge of botany and indoor floriculture. Experimental studies were conducted on a specially designed stand in real operating conditions.

Findings. The review of modern methods of soil irrigation is carried out, the optimal method of watering for houseplants is chosen. The constructions of the existing drip irrigation systems are analyzed and the technical task for system design is set, the choice of components of the irrigation system is substantiated. A laboratory stand was developed to study the irrigation process and its operational tests were carried out. Recommendations for the choice of modes of operation of the irrigation system have been developed.

Originality. The concept of watering of houseplants with constant control of soil moisture and the method of calculation of norms of water consumption at watering of moisture-loving and drought-resistant houseplants are developed.

Practical value. An automated system of watering plants in residential premises is proposed, the cost of which is much lower than analogues sold on the Ukrainian market. Recommendations for daily water consumption for irrigation depending on the type of plants and the volume of pots have been developed.

Keywords: houseplants, drip irrigation, control system, Arduino, hygrometer, water consumption rates