

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛЕНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРИ КАРКАСНИХ ТЕПЛИЦЬ

Кашкар'ов А. О., Діордієв В. Т., Діордієв О. О.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Приділена увага каркасним теплицям в умовах малих підприємств та домогосподарств. Вони виконуються із металопрокату, який є електричним провідником і має стандартне значення активного опору протіканню постійного струму. Авторами запропоновано метод контролю розподілених параметрів температури на основі вимірювання опору каркасу теплиці. Пропозиція ґрунтується на властивості матеріалу каркасу змінювати активний опір під дією температури. Математична модель базується на використанні законів Кірхгофа та аналізу матриці контурних опорів. Розглянуто модель теплиці у формі піраміди. Наведено результат розрахунку опорів каркасу. Поставлені задачі подальших досліджень.*

**Постановка проблеми.** Державна цільова програма розвитку українського села до 2015 року та стратегія розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2020 року для розвитку рослинництва пропонує концентрацію виробництва продукції рослинництва в особистих селянських господарствах шляхом формування кооперативних об'єднань та мотивації сімейних, малих та середніх господарств і їх кооперативів [1]. Підвищення конкурентоспроможності продукції сільського господарства можливо за умови створення мотивації до технологічного переоснащення та модернізації галузей аграрного виробництва, в тому числі через стимулювання забезпечення необхідними машинами, обладнанням та виробничою інфраструктурою кооперативних структур [1].

При розв'язанні поставлених завдань головним стримуючим фактором є розрізненість результатів досліджень щодо надання кваліфікованої консультації професіоналами різних напрямів. Здебільшого каркасні теплиці поширені і експлуатуються малими підприємствами та домогосподарствами. Аналіз даних державної служби статистики, свідчить про те, що у господарствах населення виробляється понад 85% овочів (88% - 2013 рік; 86% - 2014 р., 2015 р. та 2016 р). Серед них у спорудах закритого ґрунту у 2016 році було вирощено 87 % огірків та 79% томатів від загального врожаю тепличних огірків і томатів по Україні [2]. Необхідно відзначити, що нестача кваліфікованих кадрів серед населення призводить до зниження врожайності основних культур у господарствах населення порівняно із фермерськими господарствами, які мають кваліфікований персонал та використовують сучасні технології. У 2016 році врожайність огірків була меншою на 5%, томатів на 20%.

Цілком зрозуміло, що для економіки України розвиток приватного овочівництва закритого ґрунту, який здебільшого відбувається у малих господарствах, є важливим, оскільки сприяє підвищенню зайнятості населення, росту його добробуту та забезпечує продовольчу безпеку на місцях.

У роботах Бородин І. Ф. [3] приділено увагу автоматизації технологічних процесів у сільському господарстві, у тому числі й у спорудах закритого ґрунту. Роботи були орієнтовані на контроль певних технологічних параметрів та автоматизації допоміжних операцій (підготовка води, мікроклімат, обробка ґрунту).

Здобутки Лисенко В. П. [4] дозволяють впровадити та розробляти мобільні комплекси, котрі забезпечать збір даних та їх передачу до сучасних систем керування. Кінцевою метою, пропонованих ним та його колективом, систем керування є максимізація прибутку, що можливо за рахунок використання сучасних технічних засобів автоматизації та інформаційних технологій. Закордонні вчені також впроваджують сучасні алгоритми керування та доробки інформаційних технологій, здійснюють керування параметрами технологічного процесу за класичними методами збору даних [5, 6]. Недоліком такого підходу визначення розподілених параметрів є вартість сітки датчиків, організація збору даних, високі вимоги до кваліфікації персоналу, який проектує та експлуатує, що в умовах малих підприємств та домогосподарств, основні користувачі каркасних теплиць, практично не можливо. Лендел Т. І. розглядає споруду закритого ґрунту як електротехнічний комплекс [7]. Ним розробляються алгоритми енергоефективного керування з урахуванням стану біологічного об'єкта (рослини) і особливостей природних збурень, за умови максимізації прибутку виробництва. Для зниження вартості системи автоматичного моніторингу було розроблено мобільний вимірювальний комплекс [7, 8]. Концепція робіт спостерігається у роботах закордонних колег. Розроблені мобільні комплекси на основі систем технічного зору [5] та коптерів [9], перевагою яких є безконтактний контроль фітопараметрів та вимірювання параметрів мікроклімату на різній висоті, що концептуально корелює з вітчизняною роботою [7, 8]. Представлені технічні та алгоритмічні рішення дозволяють підвищити ефективності експлуатації каркасних теплиць малих підприємств та потребують виконання додаткових досліджень, спрямованих на адаптацію технічних засобів мобільного моніторингу до умов підприємств. Зберігаються вимоги до кваліфікації персоналу.

Приватне овочівництво закритого ґрунту України має широку географію: Запорізька область, Херсонська область, Дніпропетровська область, Одеська область. Це сприяє розвитку регіонів, залученню іноземних інвестицій для створення логістичних центрів обробки, зберігання, фасування та експорту продукції. Але керування технологічними процесами рослинництва та підготовчими операціями здійснюється у ручному режимі. У кращому випадку, кілька

термометрів розширення розташовані на різних рівнях. У свою чергу, слід зазначити, що нехтування визначенням розподілених параметрів має негативні наслідки на всьому етапі вегетації рослин – від зниження врожайності до загибелі.

Основною задачею оцінки значення розподіленої температури є її залежність від зовнішніх і внутрішніх чинників. З цією метою використовують сітку датчиків [3, 10], які розосереджені у просторі, мобільні пристрої збору даних [5, 8, 9] та певні узагальнені показники, які опосередковано визначають температуру у теплиці. В умовах України, зазначені заходи отримали поширення на тепличних комбінатах, що обумовлено вартістю систем моніторингу та товарообігом. В умовах каркасних теплиць малих підприємств необхідно впроваджувати методи та засоби, які матимуть меншу вартість розробки і впровадження і лояльні до обслуговуючого персоналу. Отже, пошук способів та інформативних показників, які забезпечать спостережність об'єкту в умовах розподіленості параметрів, невизначеності та випадковості зовнішніх впливів в умовах каркасних теплиць – актуальна задача для ефективного ведення технологічного процесу малих підприємств. Результати роботи за напрямом можуть бути перенесені на міжнародний рівень серед виробників, які мають схожі умови овочівництва закритого ґрунту: Туреччина, Іспанія, Ізраїль, Марокко та ін.

**Мета статті.** Обґрунтування методу визначення розподілених параметрів температури каркасних теплиць в умовах малих господарств.

**Основні математичні залежності і формули.** Досягнення поставленої мети, доцільно розглянути активний опір каркасу теплиці та його зміну під дією температури зовнішнього та внутрішнього середовища

$$R = R_{cm} \cdot [1 + \alpha(T - T_{cm})] \quad (1)$$

де  $R$  – опір матеріалу при заданих умовах  $T$ , Ом;  
 $R_{cm}$  – довідковий або стандартний опір матеріалу, Ом (при температурі 20°C або 0°C);  
 $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору матеріалу, Ом/°C (сталі приймаємо  $6 \cdot 10^{-3}$  Ом/°C);  
 $T$  – температура матеріалу, °C;  
 $T_{cm}$  – стандартне значення температури, при якому визначено  $\alpha$ , °C.

Стандартний опір матеріалу наводять у довідниках по електротехнічним матеріалам. Загальний активний опір матеріалу

$$R_{cm} = \rho \frac{L}{S} \quad (2)$$

де  $\rho$  – питомий опір матеріалу каркасу при заданих умовах, Ом/м;  
 $L$  – довжина ділянки визначення опору, м;  
 $S$  – площа поперечного перетину матеріалу, м<sup>2</sup>.

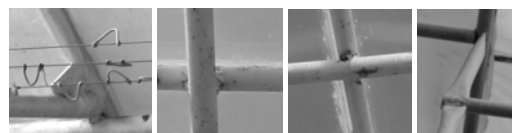
Площа поперечного перетину матеріалу визначається виходячи із геометричних параметрів матеріалу каркасу (ДСТУ 3760:2006 "Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій",

ДСТУ ISO 4200:2006 "Труби сталеві з гладкими кінцями, зварні та безшовні", ГОСТ 8645-68 "Трубы стальные прямоугольные", ГОСТ 8734-75 "Трубы стальные безшовные холоднодеформированные").

Не дивлячись на простоту визначення активного опору (1, 2) його використання, в основі критеріїв визначення розподіленої температури, ускладнено способами збору каркасу на місцях, оскільки перехідні опори можуть мати великі значення. У першу чергу це пов'язано із порушенням технології зварювання каркасу, ерозійними процесами, вібраціями з'єднань (температурне розширення, коливання покриття під дією вітру та температури) (Рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Каркас теплиці на виробництві: а) загальний вигляд теплиці; б) приклади з'єднань елементів каркасу.

Аналіз методів визначення еквівалентного опору групи опорів доцільно використати матричні методи розрахунку електричних кіл [11]. Розглянемо найпростіший каркас теплиці – піраміду з трьома гранями (Рисунок 2., а). Приймаємо такі припущення:

1. грань піраміди представляється зосередженим активним опором;
2. вважаємо, що опір з'єднання граней – 0 Ом.

Для аналізу опору каркасу теплиці та отримання рівняння у параметричному вигляді використовуємо метод контурних струмів. Він дозволяє зменшити кількість рівнянь у системі, які визначають струму у гілках схеми. При використанні матричної форми запису рівнянь це відбивається у зниженні порядку матриць, з якими здійснюються операції при розв'язанні задач. Метод контурних струмів передбачає виключення з системи рівнянь струмів, які протікають у гілках, котрі входять у два незалежних контури. Розглянемо каркас теплиці у формі піраміди, як розрахункову схему електричного кола. На розрахунковій схемі (Рисунок 2) це гілки 2, 5 і 6. у цій схемі гілка 1 входить тільки у контур I, гілка 4 – у контур

II, а гілка 3 – у контур III. Струми, які протікають у цих гілках – контурні.

На схемі (Рисунок 2, б) пунктирними лініями показано включення зосереджених, в інших випадках – розподілених, джерел електрорушійної сили (ЕРС), котрі, при відсутності задаючих струмів, викликають струми у гілках. У контексті обраного об'єкту, джерела ЕРС - розподілений біопотенціал рослин.

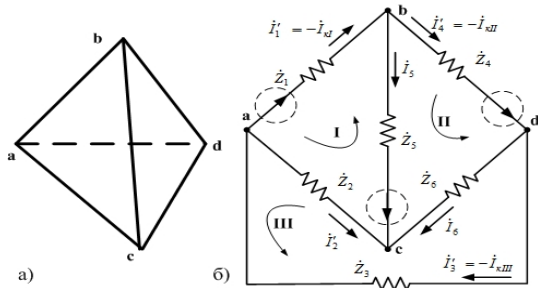


Рисунок 2 – Розрахункова схема каркасу теплиці: а) каркас теплиці; б) розрахункова схема опорів каркасу.

Будемо вважати, що матриця шуканих струмів у гілках може бути отримана як сума двох матриць

$$\dot{I} = \dot{I}' + \dot{I}'', \quad (3)$$

де  $\dot{I}'$  - матриця, яка визначається за умови відсутності струмів, які задаються;

$\dot{I}''$  - матриця, яка визначається за наявністю струмів, які задаються;

На схемі протікають струми, які входять у матрицю  $\dot{I}'$ . При прийнятих напрямках обходу контурні струми запишуться у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_{кI} &= -\dot{I}'_1; \\ \dot{I}_{кII} &= -\dot{I}'_4; \\ \dot{I}_{кIII} &= -\dot{I}'_3. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Зв'язок контурних струмів із струмами в інших гілках пояснюється I законом Кирхгофа, записаним для усіх вузлів схеми, за виключенням балансованого. Якщо у схемі, в якості балансованого прийняти вузол a, то при цьому отримаємо наступне рівняння для вузлів b, c та d:

$$\left. \begin{aligned} -\dot{I}'_1 + \dot{I}'_4 + \dot{I}'_5 &= 0; \\ -\dot{I}'_4 + \dot{I}'_3 + \dot{I}'_6 &= 0; \\ -\dot{I}'_2 - \dot{I}'_5 - \dot{I}'_6 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

звідки

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}'_5 &= -\dot{I}'_{кI} + \dot{I}'_{кII}; \\ \dot{I}'_6 &= -\dot{I}'_{кII} + \dot{I}'_{кIII}; \\ \dot{I}'_2 &= \dot{I}'_{кI} - \dot{I}'_{кIII}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

В матричній формі зв'язок між струмами у гілках і контурними струмами може бути встановлений за допомогою транспонованої 2-ї матриці з'єднань.

$$N = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Добуток матриць  $N_t$  та  $\dot{I}_k$  дозволяє отримати

$$\begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \dot{I}_{кI} \\ \dot{I}_{кII} \\ \dot{I}_{кIII} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -\dot{I}_{кI} \\ \dot{I}_{кI} - \dot{I}_{кIII} \\ -\dot{I}_{кIII} \\ -\dot{I}_{кII} \\ -\dot{I}_{кI} + \dot{I}_{кII} \\ -\dot{I}_{кI} + \dot{I}_{кIII} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \dot{I}'_1 \\ \dot{I}'_2 \\ \dot{I}'_3 \\ \dot{I}'_4 \\ \dot{I}'_5 \\ \dot{I}'_6 \end{vmatrix}, \quad (8)$$

тобто

$$N_t \cdot \dot{I}_k = \dot{I}'. \quad (9)$$

Враховуючи вплив струмів, які задають, та струму у гілках, припустимо, що вони розподіляються по гілках, що утворюють дерево графа схеми (Рисунок 2). На схемі, яка відповідає такому припущенню, де гілки дерева показані неперервними лініями, а хорди, умовно виключені з схеми – пунктирні лінії.

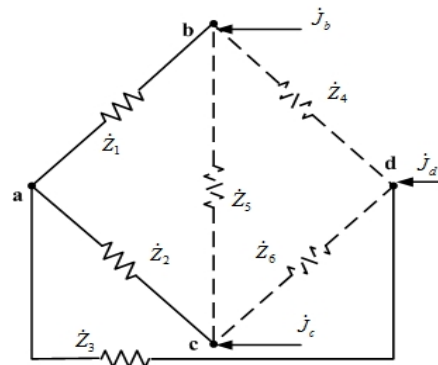


Рисунок 3 – Дерево граф розрахункової схеми Рівняння I закону Кирхгофа для системи струмів схеми (Рисунок 2) записується у формі

$$M \cdot \dot{I}'' = \dot{J}, \quad (10)$$

де  $\dot{J}$  - зовнішні джерела струму.

або

$$M_\alpha \cdot M_\beta \cdot \dot{I}'' = \dot{J}, \quad (11)$$

де  $M_\alpha$  - не особа квадратна матриця;  $M_\beta=0$  - оскільки в схемі хорди відсутні.

Отже, можна записати

$$\left\| \begin{matrix} M_\alpha \cdot 0 \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \left\| \begin{matrix} \dot{I}_\alpha^n \\ 0 \end{matrix} \right\| = \dot{J}, \quad (12)$$

звідки

$$\dot{I}_\alpha^n = M_\alpha^{-1} \cdot \dot{J}, \quad (13)$$

або

$$\dot{I}^n = \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J}. \quad (14)$$

Вирази (9) та (14) дозволяють отримати струм

$$\dot{I} = N_t \cdot \dot{I}_\kappa + \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J}. \quad (15)$$

У даному виразу другий член відбиває вплив струмів, які задають, на величини струмів у гілках, котрі визначені у припущення розподілу струмів, які задають по гілках дерева схеми. Таким чином, матриця складових струмів у гілках  $\dot{I}^n$  повинна вважатись заданою, тоді як матриця контурних струмів містить незалежні величини, причому обидві матриці відповідають I закону Кирхгофа. Якщо знайти контурні струми так, щоб матриця сумарних струмів у гілках задовольняла б і II закону Кирхгофа, то контурні струми будуть відповідати дійсному струморозподілу у схемі [11]. З виразу (15) маємо

$$N \cdot \dot{Z}_e \left( N_t \cdot \dot{I}_\kappa + \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J} \right) = \dot{E}_\kappa \quad (16)$$

або

$$N \cdot \dot{Z}_e \cdot N_t \cdot \dot{I}_\kappa = \dot{E}_\kappa - N \cdot \dot{Z}_e \cdot \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J}. \quad (17)$$

Добуток матриць  $N \cdot \dot{Z}_e \cdot N_t$  дає квадратну не особу матрицю, елементи якої є комплексні коефіцієнти і мають розмірність опору. Таку матрицю називають матрицею контурних опорів і позначають

$$\dot{Z}_\kappa = N \cdot \dot{Z}_e \cdot N_t, \quad (18)$$

Тоді рівняння (17) можна подати у вигляді

$$\dot{Z}_\kappa \cdot \dot{I}_\kappa = \dot{E}_\kappa - N \cdot \dot{Z}_e \cdot \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J}. \quad (19)$$

Отримане рівняння можна назвати контурним рівнянням, яке записане за допомогою матриці контурних опорів. З (19) витікає, що

$$\dot{I}_\kappa = \dot{Z}_\kappa^{-1} \cdot \left( \dot{E}_\kappa - N \cdot \dot{Z}_e \cdot \left\| \begin{matrix} M_\alpha^{-1} \\ 0 \end{matrix} \right\| \cdot \dot{J} \right). \quad (20)$$

Матричне рівняння (20) розв'язується відносно матриці шуканих контурних струмів. Пропонована методика може бути покладена в основу синтезу багатопараметричних регуляторів. Узгодження із відомими моделями теплового балансу або динаміки каркасної теплиці суттєво розширить інформативність існуючих моделей та систем керування об'єктами.

**Оцінка результатів розрахунків.** Сьогодні відомо багато конструкцій каркасів теплиці, які розв'язують різні будівельні, експлуатаційні та дизайнські задачі можна розглянути, як сітку (матрицю) опорів – електричне коло. Каркасну теплицю (Рисунок 4. а) на 7 дуг. Для складання сітки опорів першу і останню дугу не враховуємо, оскільки вони мають більшу поверхню контакту із оточуючим середовищем (Рисунок 1. б). Сітку опорів склали за допомогою програмного забезпечення Electronics Workbench, Matlab та SciLab.

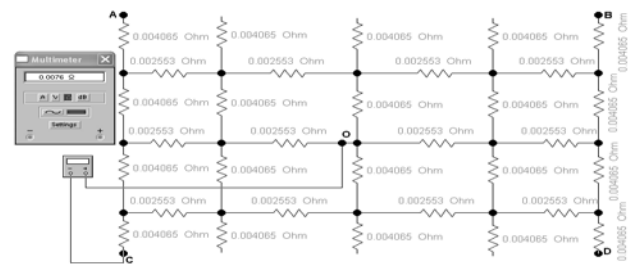
Визначені опори ділянок каркасу відповідно до його конструктивних характеристик. Вузли відповідають місцям з'єднань дуг та ребер. При нормальних умовах розрахунковий еквівалентний опір каркасу  $R_{OC}=0,0076$  Ом (Рисунок 4.,б),  $R_{CB}=0,0142$  Ом. Припустимо, що температура каркасу теплиці збільшилась на 1°C. Розглянемо два варіанти: ділянка CD змінить свій опір – половина каркасу по довжині теплиці; нагріється весь каркас. Відповідно до варіантів опори відповідних ділянок матимуть значення:

1.  $R_{OC}=0,0207$  Ом,  $R_{CB}=0,026$  Ом;
2.  $R_{OC}=0,0207$  Ом,  $R_{CB}=0,0386$  Ом.

Визначення еквівалентного опору ділянок каркасу теплиці на практиці супроводжується особливостями монтажу та дотриманням технології зварювання. Це унеможливило стандартизацію значень опорів, що призводить до необхідності адаптивних систем підтримки прийняття рішень.



а)



б)

Рисунок 4. Каркасна теплиця вкрита плівкою: а) зовнішній вигляд теплиці; б) розрахункова схема

## Висновок

1. Опір ділянок каркасу теплиць можливо використовувати в якості інформаційного показника про розподіл температурних полів.

2. Узгодження матриці контурних опорів, яка відбиває конструкцію каркасної теплиці, та моделей теплової динаміки об'єкту дозволить отримати ряд інтегральних параметрів, які можуть опосередковано визначати параметри розподілу температури, вологості повітря, напрям та силу вітрових потоків та механічний стан каркасу.

3. Отримання достовірної інформації про матрицю контурних опорів дозволить впровадити аналіз потенціалів, які наводяться на ланках каркасу теплиці, що дозволить узагальнений облік розподіленого біопотенціалу рослин.

4. Враховуючи чисельність прогнозованих і не прогнозованих параметрів, які впливають на опір каркасу теплиці, особливу увагу слід приділити розробці адаптивній системі підтримки і прийняття рішень.

## Список використаних джерел

1. Про схвалення Стратегії розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2013 року № 806-р. [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua>

2. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]: - Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>

3. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.: КолосС, 2004. – 344 с.

4. Лисенко В. П. Наукові основи керування електротехнічними комплексами для виробництва сільськогосподарської продукції: дис. ... д.т.н.: 05.09.03 / Лисенко Віталій Пилипович. – К., 2014. – 415 с.

5. Bachche S. Deliberation on Design Strategies of Automatic Harvesting Systems: A Survey / Shivaji Bachche // Robotics 2015, 4(2), 194-222 - <http://www.mdpi.com/2218-6581/4/2/194>

6. Carlos R.A. Low-Cost Fuzzy Logic Control for Greenhouse Environments with Web Monitoring. / Carlos Robles Algarín, Jesús Callejas Cabarcas and Aura Polo Llanos// Electronics 2017, 6(4) <http://www.mdpi.com/2079-9292/6/4/71/htm>

7. Лендел Т. І. Вимірювальний електротехнічний комплекс для моніторингу параметрів біометричного стану рослини та мікроклімату в теплиці / Куляк Б. В. Решетюк В. М., Лендел Т. І.// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2016. - №176. – С.51-54.

8. Пат. №95283 Україна, МПК6 A01G 25/00, A01D 45/00, A01G 3/00, A01B 51/00. Мобільний самохідний електротехнічний комплекс фіто моніторингу в теплиці / Лисенко В. П., Болбот І. М., Лендел Т. І., Чернов І. І.; заявник та власник патенту НУБіП. - № u201305341; заявл. 25.04.2013; опубл. 25.12.2014, бюл. № 24/2014

9. Roldán J. J. Heterogeneous Multi-Robot System for Mapping Environmental Variables of Greenhouses /

Juan Jesús Roldán, Pablo Garcia-Aunon, Mario Garzón, Jorge de León, Jaime del Cerro, Antonio Barrientos // Sensors 2016, 16(7), 1018 : - <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/7/1018>

10. Nicolosi G. An Innovative Adaptive Control System to Regulate Microclimatic / Nicolosi G., Volpe R. Messineo A. // Conditions in a Greenhouse. ENERGIES. - VL 10., IS 5., AR 722. – 2017. - <http://www.mdpi.com/1996-1073/10/5/722>

11. Зевеке Г. В. Основы теории цепей: Учеб. для вузов / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Нетушил, С. В. Страхов. – 5-е изд., перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1989. -528с.

## Аннотация

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ КАРКАСНЫХ ТЕПЛИЦ

Кашкарёв А. А., Диордиев В. Т., Диордиев А. А.

*Рассмотрены каркасные теплицы в условиях малых предприятий и домохозяйств. Такие теплицы выполняются из металлопроката, который является электрическим проводником, и имеет стандартное значение активного сопротивления протеканию постоянному току. Авторами предложен метод контроля распределенных параметров температуры на основе измерения сопротивления каркаса теплица. Предложение основывается на свойстве материала каркаса изменять активное сопротивление под действием температуры. Математическая модель основана на использовании законов Кирхгофа и анализа матрицы контурных сопротивлений. Рассмотрена модель теплицы в форме пирамиды. Представлен результат расчета активных сопротивлений каркаса. Поставлены задачи для дальнейшей работы.*

## Abstract

### ESTIMATION OF DISTRIBUTED PARAMETERS OF TEMPERATURE OF THE FRAME GREENHOUSE

A. Kashkarov, V. Diordiiv, A. Diordiiv

*Considered frame greenhouses in conditions of small businesses and households. Such greenhouses are made of metal, which is an electrical conductor, and has a standard value of the active resistance to flowing to a constant electric current. The authors proposed a method for controlling the distributed temperature parameters based on the resistance measurement of the greenhouse frame. The proposal is based on the property of the carcass material to change the active resistance under the influence of temperature. The mathematical model is based on the use of Kirchhoff's laws and analysis of the contour resistance matrix. The model of a greenhouse in a pyramid shape. The result of the calculation of active skeleton resistances is presented. The tasks for further work are set.*