

**МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ
МОБІЛЬНОГО ЗАСОБУ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ЗАМОРОЗКІВ**

**Пастухов В.І., д.т.н., проф., Рудницька Г.В., асистент,
Рудницький Є.М., асистент**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Запропоновані підходи до розробки технічних засобів для механізації і автоматизації процесу забезпечення заданого теплового режиму відкритої агроєкосистеми. Розробка цих питань дає можливість розширення арсеналу методів і технічних засобів для систем точного землеробства.

Постановка проблеми. Є ділянка землі (сад) із заданою геометричною формою і рельєфом. Відома структура насадження плодкових або ягідних культур, а також відомі розміри міжряддя і висота рослин. Задані місця розташування та висота захисних насаджень по периметру саду. Для кожного з трьох екстремальних, по температурах, періодів року (весняний заморозок, зимові морози, перші осінні морози), задані гранично припустимі значення температур повітря, що не травмують рослини і які забезпечують їхнє виживання. Відомі природно-кліматичні характеристики та параметри регіону вирощування плодово-ягідних культур.

Необхідно запропонувати мобільні технічні засоби і технологію, що забезпечать підтримку заданого теплового режиму плодкових або ягідних культур, які перебувають у відкритому ґрунті, для кожного з трьох екстремальних, по негативних температурах, періодів року.

Актуальність дослідження. Актуальною є проблема забезпечення заданого теплового режиму садів і розплідників саджанців, що перебувають у відкритому ґрунті, в екстремальні проміжки пори року (весняний заморозок, зимові морози, перші осінні морози). Це можливо здійснити на основі розробки мобільного комплексу технічних засобів для механізації і автоматизації процесу забезпечення теплового режиму саду шляхом моніторингу теплового режиму агроєкосистеми і керування параметрами рухомого джерела тепла. Розробка цих питань дає можливість розширення арсеналу методів і технічних засобів для систем точного землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розробки систем точного землеробства присвячені роботи [1-5]. В них відзначається, що для підвищення ефективності проведення технологічних процесів у землеробстві насущним завданням є розробка мобільних засобів, оснащених спеціалізованими обчислювальними системами, що забезпечують комплексне, оперативне рішення задач прогнозування, планування і керування в сфері землеробства. Для обігріву саду при сильному заморозку розглядалася система стаціонарних джерел у вигляді нафтових факелів [6]. Однак, значна частина

тепла від них, конвективно йде в атмосферу (нагору) і це вимагає значних витрат енергоресурсів. Питання створення мобільного комплексу для забезпечення теплового режиму агроєкосистеми розглядалися в роботах [7, 8]. Основна увага в них приділена питанню обґрунтування вибору мобільного механізованого комплексу для забезпечення операції його транспортування і обігріву агроєкосистеми.

Викладення основного матеріалу.

1. Моніторинг теплового режиму агроєкосистеми.

Задача моніторингу теплового режиму агроєкосистеми полягає в необхідності спостереження за поточними змінами температури в заздалегідь обраній системі точок. При цьому задається гранично допустиме (від'ємне) значення температурного поля в точках контролю. Це значення необхідне для порівняння з поточними контрольованими величинами температур. Результати їх порівняння дають можливість оцінювати ситуацію і, у випадку незадоволення заданим обмеженням, ухвалювати рішення щодо початку технологічного процесу підігріву агроєкосистеми.

Розглянемо запропоновані в патенті на корисну модель [9] апаратурні засоби для розв'язання цих двох взаємозалежних задач: задачі моніторингу теплового режиму та задачі забезпечення заданого теплового режиму агроєкосистеми. Відзначимо, що для реалізації апаратурних засобів були залучені основні положення теорії моделювання і керування процесами, що відбуваються в технічних і агротехнічних системах, викладені в роботі [10].

У запропонованому пристрої [9] етап моделювання теплового процесу в агроєкосистемі покладений на моделююче середовище (сіткова оптоелектронна модель) з відповідними початковими та граничними умовами.

Пристрій [9] (рис. 1) містить: джерело тепла; модель агроєкосистеми; елементи затримки; вимірювальні блоки; генератор імпульсів; блок виділення мінімального значення; блок керування; систему, що стежить; блок порівняння; блок припустимого значення.

Пристрій працює наступним чином. На вхід блока керування 8 подається задана допустима температура в контрольованих точках агроєкосистеми 2. Вмикається блок керування 8, який запускає генератор імпульсів 6. Далі імпульсом від генератора імпульсів 6, заноситься до блока 11 допустиме значення температури повітря агроєкосистеми. На цьому підготовка пристрою до роботи закінчена.

Вимірювальними блоками 4 фіксуються поточні значення температури повітря агроєкосистеми у точках контролю. Ці значення з блоків 4 за допомогою імпульсу, що подається від генератора імпульсів 6 через елемент затримки 5, надходять до блока виділення мінімального значення 7. Одержане мінімальне значення температури повітря агроєкосистеми надходить до блоку порівняння 10, де здійснюється його порівняння з допустимим значенням. Результат порівняння надходить до слідкуючої системи 9, яка встановлює необхідну потужність джерела тепла 1. Імпульсом від генератора 6 через елемент затримки 3 вмикається джерело тепла 1 відповідної потужності. Таким чином, здійснюється підігрів повітря агроєкосистеми до заданого температурного режиму.

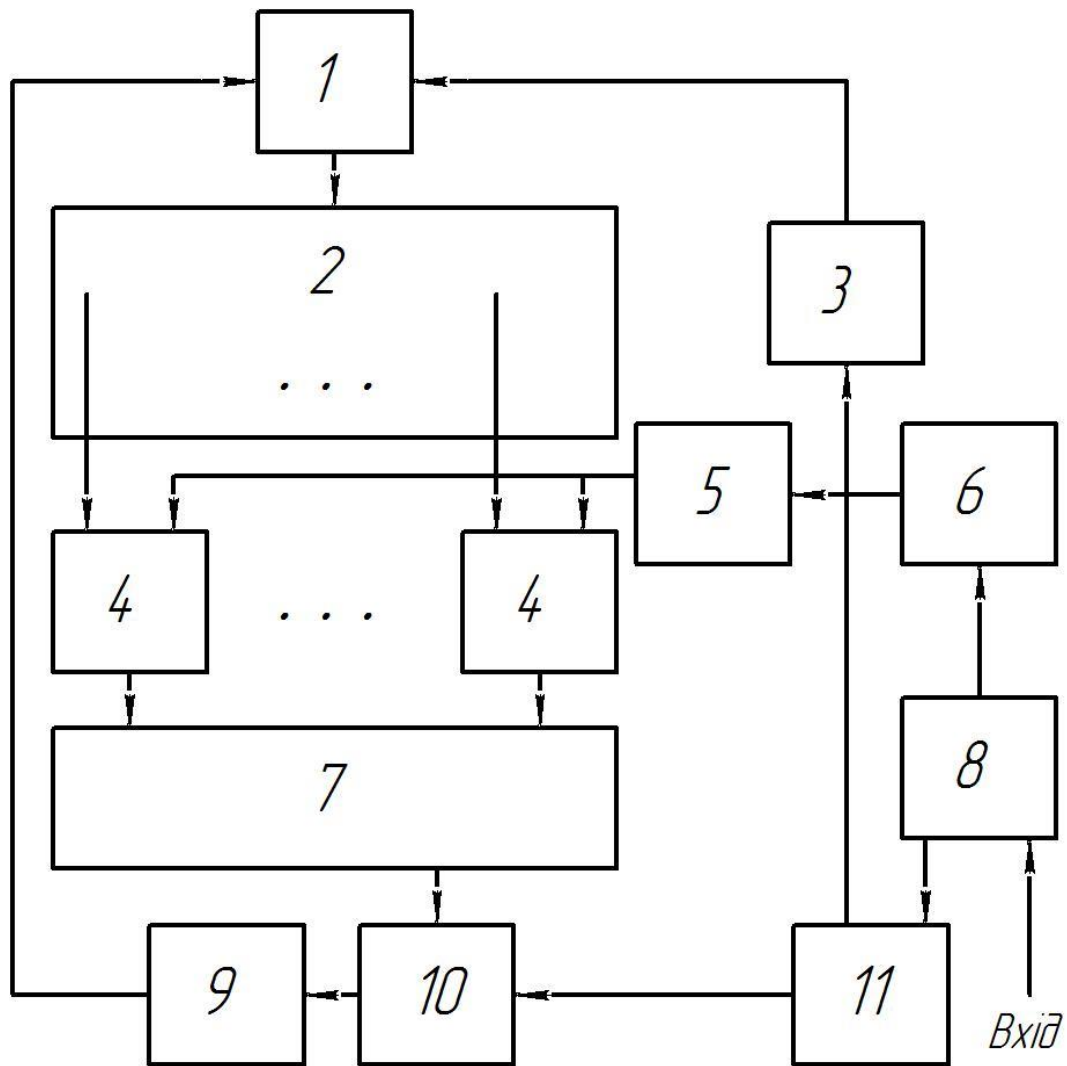


Рис. 1 – Пристрій для моніторингу теплового режиму агроєкосистеми:

1 – джерело тепла; 2 – агроєкосистема; 3 і 5 – елементи затримки; 4 – вимірювальні блоки; 6 – генератор імпульсів; 7 – блок виділення мінімального значення; 8 – блок керування; 9 – система, що стежить; 10 – блок порівняння; 11 – блок припустимого значення

Треба відзначити, що перехідні процеси в агроєкосистемі 2 мають значну інерційність, тому пристрій дозволяє визначити необхідну потужність джерела тепла здійснити керування агроєкосистемою у реальному масштабі часу.

Точність моделювання теплових процесів в агроєкосистемі залежить від точності моделюючого середовища 2 (сіткова оптоелектронна модель).

Реалізація на пристрої процесу моніторингу теплового режиму агроєкосистеми і вживання заходів по його підтримці дозволяють заощаджувати енергетичні ресурси на обігрів агроєкосистеми у випадку заморозку або сильних зимових морозів.

2. Керування джерелом обігріву агроєкосистеми.

Однією з основних задач при забезпеченні теплового режиму агроєкосистеми є проблема підвищення точності визначення потужності джерела обігріву. Для її розв'язання необхідно запропонувати технічні засоби моделювання, що забезпечать дослідження процесу взаємодії теплового

джерела, що рухається, з тепловою моделлю агроєкосистеми. При цьому основною задачею є визначення потужності рухомого джерела обігріву по наперед заданим обмеженням на температурному полі агроєкосистеми в заданій системі точок контролю. Розв'язок цієї задачі дозволить скоротити енергетичні витрати на підтримку заданого теплового режиму агроєкосистеми.

У запропонованих технічних засобах [11] для розв'язання зазначеної вище задачі були застосовані наступні блоки (рис. 2): джерело освітлення; моделююче теплові процеси середовище (оптоелектронна сітка); синхронізатор; блок керування; формувач траєкторії руху джерела; блок завдання координати X; блок завдання координати Y; блок виділення мінімального значення температурного поля; блок завдання припустимого значення температури; блок порівняння температур; формувач потужності джерела тепла.

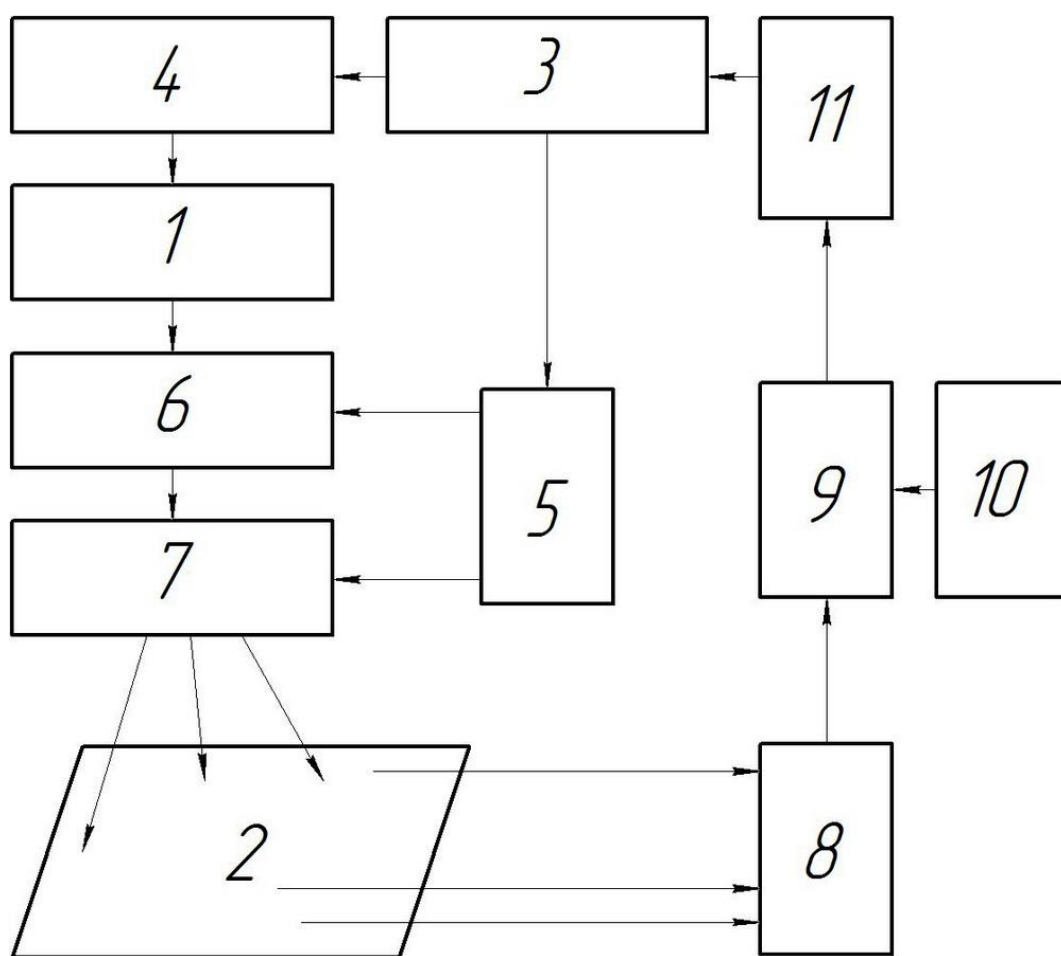


Рис. 2 – Пристрій для керування джерелом обігріву агроєкосистеми:

1 – джерело освітлення; 2 – моделююче середовище (сітка); 3 – синхронізатор; 4 – блок керування; 5 – формувач траєкторії; 6 – блок координати X; 7 – блок координати Y; 8 – блок виділення мінімального значення; 9 – блок порівняння; 10 – блок завдання припустимого значення температури; 11 – формувач потужності джерела тепла

Процес оптимізації потужності джерела обігріву агроєкосистеми по заданих обмеженнях на її температурне поле здійснюється таким чином.

Початкова інформація подається на вхід синхронізатора 3, а саме: інформація, стосовно параметрів елементів сітки для моделювання 2; початкова інформація про яскравість джерела променя світла(модель джерела тепла), що задається у блоці 4; інформація для формування заданої траєкторії руху джерела світла 1, що задається у блоці 5 за допомогою блоку 6 координати X і блоку 7 координати Y. Крім того, до блока 9 вводиться задане допустиме значення температурного поля агроєкосистеми. На цьому підготовка пристрою до роботи закінчується.

Далі промінь джерела світла 1 (модель джерела тепла), за допомогою блоку 6 координати X та блоку 7 координати Y, спрямовується на сітку для моделювання 2. За допомогою елементів оптоелектроніки, на підставі яких побудовано сітку для моделювання 2, здійснюється взаємодія променя світла з сіткою для моделювання 2. Це дозволяє на моделюючій сітці сформувати температурне поле агроєкосистеми. Далі значення температурного поля з контрольованих точок сітки для моделювання 2 подаються на вхід блока 8 виділення мінімального значення температурного поля. Це значення подається на вхід блока 9 порівняння, де здійснюється порівняння допустимого значення температури, з мінімальним значенням температури, одержаним у блоці 8. Результат порівняння подається до формувача сигналу потужності джерела тепла 11. Сформований у блоці 11 сигнал поступає до синхронізатора 3, який здійснює корекцію яскравості променя світла у блоці 4, що пропорційна потужності джерела тепла для забезпечення заданого теплового режиму агроєкосистеми.

Слід відзначити, що точність роботи пристрою залежить від кількості оптоелектронних елементів у сітці для моделювання 2, якості освітлення джерелом світла 1 оптоелектронних елементів та точності завдання траєкторії блоками 6 і 7 траєкторії руху джерела 1.

3. Пошук раціональної траси обігріву агроєкосистеми.

Раніше передбачалося, що траса руху джерела обігріву агроєкосистеми є заданою. Однак, пошук однієї або декількох припустимих трас обігріву агроєкосистеми є складною і важливою задачею. Побудова ж і використання спеціалізованого пристрою для реалізації цієї мети – значно розширює коло розв'язуваних задач і поповнює арсенал технічних засобів, що забезпечать розв'язок головної мети, а саме забезпечення заданого теплового режиму агроєкосистеми при весняних заморозках і сильних зимових морозах. Це, в свою чергу, дозволяє знизити енергетичні витрати на підтримку заданого теплового режиму агроєкосистеми.

Задача пошуку раціональної траси обігріву агроєкосистеми і основних параметрів руху по ній полягає в наступному. Необхідно обґрунтувати вибір наступних значень параметрів керування рухомим джерелом тепла: виділити безліч припустимих траєкторій (трас) руху джерела з урахуванням геометрії насаджень і відстані між рядами насаджень; визначити кращу трасу з безлічі припустимих трас; обґрунтувати повторюваність технологічного процесу обігріву в залежності від результатів поточного контролю температури повітря в агроєкосистемі.

Для розв'язання поставленої задачі запропонований пристрій [12], що містить наступні основні блоки (рис. 3): блок завдання вхідної інформації; блок завдання джерела тепла; блок перебору комбінацій, розміщень і перестановок; комутатор; теплова модель агроєкосистеми; блок виділення мінімального значення температурного поля; блок порівняння; блок припустимих значень температурного поля; блок реєстрації.

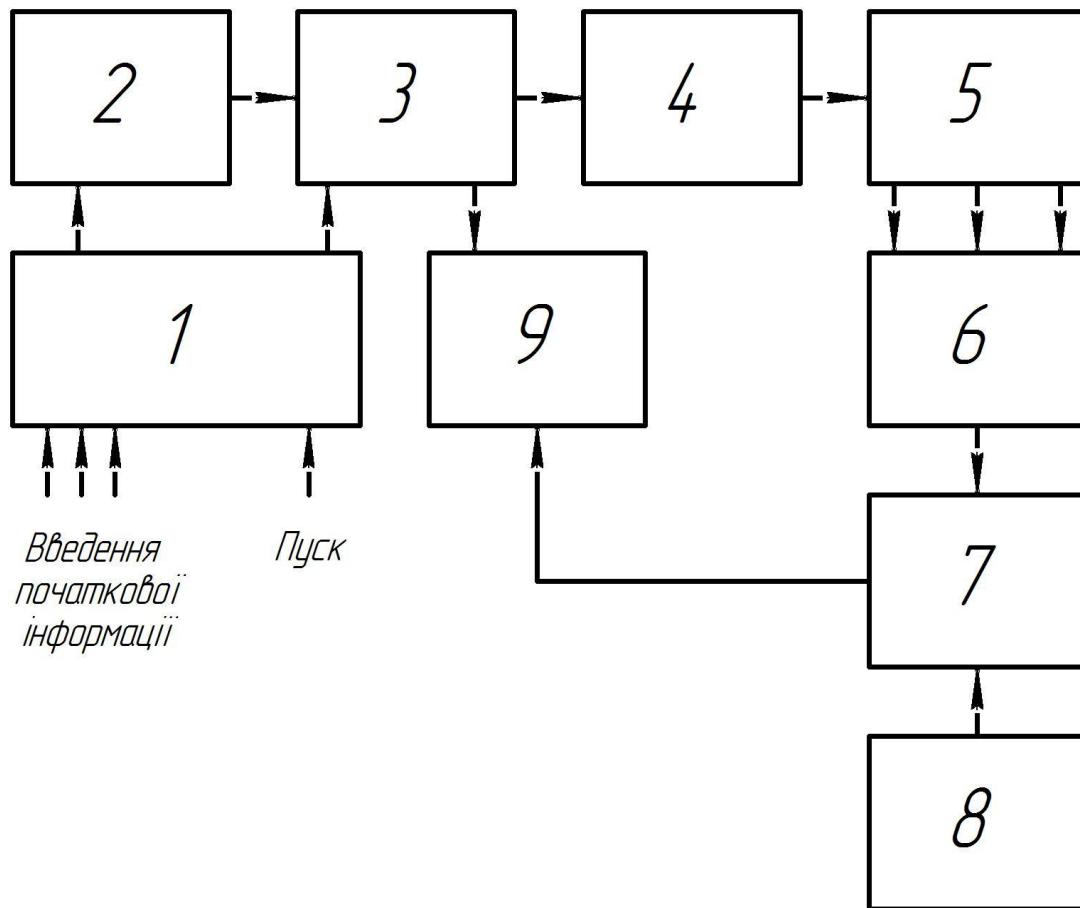


Рис. 3 – Пристрій для пошуку раціональної траси обігріву агроєкосистеми:

1 – блок завдання вхідної інформації; 2 – блок завдання джерела тепла; 3 – блок перебору комбінацій, розміщень і перестановок; 4 – комутатор; 5 – теплова модель агроєкосистеми; 6 – блок виділення мінімального значення; 7 – блок порівняння; 8 – блок припустимих значень температурного поля; 9 – блок реєстрації

У якості блоку перебору комбінацій, розміщень і перестановок використаний відомий пристрій [13]. Теплова модель агроєкосистеми базується на пристрої [11]. Інші блоки є стандартними.

Підготовка пристрою до роботи полягає в наступному. Початкова інформація вводиться до блоку 1 завдання вихідної інформації. Задається інтенсивність джерела тепла, яка потім надходить до блоку 2 завдання джерела тепла. Вводиться інформація про координати проходження усіх можливих складових частин трас. У блоці 8 допустимих значень температурного поля задається значення критичної температури у контрольованих точках агроєкосистеми. На цьому підготовка пристрою до роботи закінчується.

Кнопкою «пуск» у блоці 1 (рис. 3) пристрій вмикається. Блок 3 перебору сполучень, розміщень та перестановок з усіх можливих складових частин трас формує першу трасу переміщення джерела тепла. Комутатор 4 згідно з координатами проходження першої траси подає до теплової моделі агроєкосистеми 5 відповідне значення інтенсивності джерела тепла. На тепловій моделі агроєкосистеми 5 для кожного положення джерела тепла на трасі формується відповідне температурне поле. З контрольованих точок теплової моделі агроєкосистеми 5 знімаються відповідні значення температурного поля та подаються до блоку 6 виділення мінімального значення температури. Це значення надходить до блока 7 порівняння, на другий вхід якого подається раніше задане допустиме значення температури. Якщо для усіх положень джерела тепла на першій трасі температурне поле агроєкосистеми нижче заданого рівня, то ця траса пересування джерела тепла не є допустимою. Далі блоком 3 перебору сполучень, розміщень та перестановок генеруються інші траси та аналогічно здійснюється їх аналіз. Якщо станеться така ситуація, коли пересування джерела тепла по одній з трас забезпечує перевищення заданої температури у контрольованих точках агроєкосистеми, то така траса є раціональною (допустимою). При цьому блок 7 порівняння подає імпульс до блоку 9 реєстрації, яким здійснюється команда на реєстрацію з блоку 3 відповідної допустимої траси. Розв'язок задачі закінчується тоді, коли розглянуті усі траси та зареєстровані допустимі.

Відзначимо, що користувач пристроєм (експерт) має можливість вибору найкращої траси з множини зареєстрованих допустимих трас, задавшись додатковим критерієм. Наприклад, у якості додаткового критерію може бути обраний критерій енергетичних витрат (витрат палива на мобільний агрегат) при русі по тій або іншій припустимій трасі. Іншим критерієм, наприклад, може бути критерій впливу на агроєкосистему при реалізації технологічного процесу її обігріву.

Проведемо оцінку переваг запропонованого пристрою пошуку раціональної траси за критерієм енергетичних витрат, а саме витрат палива на мобільний агрегат. Чисельне розв'язання серії задач пошуку трас на базі пакета прикладних програм, розроблених на основі методу оптимізації, викладених в роботі [14], показав таке: якщо розглядаючи в кожній із задач усі припустимі по тепловому режиму траси безліч припустимих розв'язків для кожної із задач, знаходити найгіршу із цієї безлічі потім зрівняти її по довжині із знайденою найкращою, то довжина останньої, як правило, менше попередньої на 15-20%. Тобто, ухвалюючи сталість швидкості і витрату палива на одиницю шляху, при русі по знайденій оптимальній трасі, сумарна витрата енергетичних ресурсів (палива на рух мобільного агрегату по трасі) скорочується на 15-20%. Відзначимо, що цей процентний діапазон величини скорочення витрати палива суттєво залежить від геометричних характеристик агроєкосистеми (саду) і геометрії проходження складових частин трас.

Висновки

1. Запропонований мобільний пристрій [7], сполучений із трактором, і пристрої [9, 11, 12], дозволяють: підвищити ефективність обігріву агроєкосистеми, за рахунок рівномірності повітряного потоку обігріву агроєкосистеми, підвищити точність контролю і керування агроєкосистемою, скоротити на 15-20% витрати палива для мобільного агрегату при його русі по знайденій оптимальній трасі.

2. Комплекс запропонованих пристроїв дозволяє інтегрувати його в мобільний сільськогосподарський агрегат для здійснення механізації і автоматизації виконання операцій технологічного процесу по забезпеченню теплового режиму агроєкосистеми.

3. Отримані результати можуть бути використані при розробці серійних мобільних сільськогосподарських агрегатів, оснащених бортовими спеціалізованими пристроями для механізації і автоматизації прийняття рішень по забезпеченню теплового режиму сільськогосподарських культур, що перебувають у відкритому ґрунті, при заморозках і сильних зимових морозах. Крім того, такі технічні засоби можуть бути інтегровані в системи точного землеробства.

Список використаних джерел

1. Ушкаренко, В. О. Система точного землеробства як об'єкт управління / В. О. Ушкаренко, Є. К. Міхеєв // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 4. – С. 11-16.
2. Кравчук, В. Г. Концептуальні основи побудови систем точного землеробства України / В. Г. Кравчук, Г. А. Баранов // Техніка АПК. – 2000. – № 9. – С. 4-8.
3. Крыжачковский, Н. Анализ разрабатываемых систем «точного земледелия» / Н. Крыжачковский, В. Трагов // Труды Таврической гос. акад. – 1999. – Вып. 1. – Том 10. – С. 63-69.
4. Ромащенко, М. І. Концептуальні засади організації інформаційного забезпечення точного землеробства на меліорованих землях / М. І. Ромащенко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 4. – С. 60-64.
5. Шаповалов, В. Д. Автоматика топоориентированных технологий растениеводства / В.Д. Шаповалов // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – №1. – С. 3-5.
6. Берлянд, М. Е. Предсказание заморозков и борьба с ними / М.Е. Берлянд, П.Н. Красилов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1960. – 148 с.
7. Мобільний пристрій для захисту рослин від заморозків: пат. № 32163 Україна. / С. Г. Фришев, Г. В. Рудницька, І.О. Колосок; замовник та патентовласник Національний аграрний університет. – № и 2007 13756; заявл. 10.12.2007; опубл. 12.05.2008. Бюл. № 1.
8. Agtec Frost control. Frost Dragon [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.agtecsprayers.com/frostcontrol.html> – загал. з екрану.
9. Пристрій для моніторингу теплового режиму агроєкосистеми: пат. № 43162 Україна. / В. І. Пастухов, В. П. Путятін, Г. В. Рудницька;

- замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № у 2009 00695; заявл. 30.01.2009; опубл. 10.08.2009. Бюл. № 15.
10. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, И.С. Нагорский, В.Г. Озеров, Е.А. Абелев, Т.В. Литвиновский / под ред. А.Б. Лурье. – Л.: Колос, 1979. – 312 с.
 11. Пристрій для керування джерелом обігріву агроєкосистеми: пат. № 42497 Україна. / В. І. Пастухов, В. П. Путятін, Г. В. Рудницька; замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № у 2009 00678; заявл. 30.01.2009; опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13.
 12. Пристрій для пошуку раціональної траси обігріву агроєкосистеми: пат. № 47954 Україна. / В. П. Путятін, Г. В. Рудницька, Б. С. Елькін, О. Б. Елькін; замовник та патентовласник Харків. нац. техн. ун-т сільск. госп. ім. П. Василенка. – № у 2009 10571; заявл. 19.10.2009; опубл. 25.02.2010. Бюл. № 4.
 13. А.с. 643883 СССР. МКИ G 06 F 15/20. Устройство для перебора сочетаний, размещений и перестановок / Левин Г. И. (СССР) – № 2439332/18-24; заявл. 10.01.1977; опубл. 25.01.1979. Бюл. № 3. – 4 с.
 14. Смеляков, С. В. Численная реализация математической модели дискретной задачи оптимизации сети трасс / С.В. Смеляков, А.Б. Элькин // Вісник Харк. нац. ун-ту. № 806. Сер. «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи керування» – Х.: Харк. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна, 2008. – Вип. 9. – С. 178 – 191.

Аннотация

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ЗАМОРОЗКОВ

Пастухов В.И., Рудницкая А.В., Рудницкий Е.Н.

Предложены подходы к разработке технических средств для механизации и автоматизации процесса обеспечения заданного теплового режима открытой агроэко системы. Разработка этих вопросов дает возможность расширения арсенала методов и технических средств для систем точного земледелия.

Abstract

METHODOLOGY OF GROUND OF REGIME PARAMETERS OF MOBILE MEANS OF DEFENCE OF PLANTS FROM GROUND FROSTS

V. Pastukhov, A. Rudnytskaya, Y. Rudnytskiy

This article represents approaches to working out of means for mechanization and automation of process of maintenance of the process of ensuring a given thermal regime of open agroecosystem. Working out of these questions gives the chance expansions of an arsenal of methods and means for systems of exact agriculture.

