

УДК 681.332.656

## ДО ПИТАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

*С.М. Осінов, кандидат технічних наук*

*Розглянуті питання, які створюють проблемну ситуацію при застосуванні теорії автоматичного регулювання до складних організаційно-технічних систем, призначених для утримання об'єктів біологічного походження.*

*Теорія автоматичного керування, біотехнічні системи, інтелектуальні системи керування.*

Дослідження [1 – 3] процесів у біотехнічних системах стосувались керування збуреннями в системи, що опосередковано мають вплив на біологічні об'єкти, зокрема температурою. Потрібно відзначити що, врахування впливу температури навколишнього середовища за межами технічного об'єкта особливо має значення, якщо тепловий опір технічного об'єкта низький. Сучасні будівельні технології можуть суттєво зменшити цей вплив, окрім цього, сучасною тенденцією є перетворення будівель з енергозберігаючих на енергогенеруючі.

Визначення особливості впливу сукупності абіотичних факторів безпосередньо на біологічні об'єкти в технічному об'єкті є актуальним питанням. Утримання біологічних об'єктів потребує враховувати гомеостаз біологічних об'єктів та особливості самоорганізації кінетики біофізичних процесів, а промислове виробництво потребує враховувати економічні чинники і також актуальним є досягнення максимального продуктивного стану

біологічних об'єктів за умови мінімізації ресурсних витрат на рівні практичного застосування.

Зазначені питання в сукупності породжують проблемну ситуацію визначення оптимального керування яка стимулює пошук технічних рішень в напрямку вдосконалення теоретичних положень інтелектуальних систем керування при застосуванні їх у біотехнічних системах та моніторингу наслідків впливу абіотичних факторів.

Зокрема, розробка ефективних систем керування пов'язана з наступними задачами:

1. Отримання первинних даних про стан біологічного об'єкта з врахуванням властивості адаптаційної поведінки біологічного об'єкта та відповідного синтезу технічних засобів електрофізичного контролю та керування сільськогосподарськими технологіями.

2. Покращення ступеня адекватності математичного опису біотехнічної системи, яке може бути досягнуто за рахунок врахування просторо-часового розподілення параметрів моделі. Ідентифікацію системи з розподіленими параметрами відносять до класу зворотних задач для яких важливо отримання якісних первинних даних, що забезпечує стійкість рішення відносно погрішності первинних даних.

3. Встановлення впливу ідентифікованих параметрів на керування продукційним процесом біологічних об'єктів із врахуванням самоорганізації і встановлення рівня ефективності сільськогосподарських технологій.

**Мета досліджень** – встановлення методів вирішення зазначених задач які сприяють синтезу високоефективних систем керування.

**Біологічний об'єкт як інформаційна ланка та властивості адаптаційної поведінки.** Біологічний об'єкт (БО) – є відкритою системою в якій відбуваються процеси самоорганізації та саморегуляції та має місце взаємодія цих систем. У свою чергу сукупність БО, як об'єкт моделювання та

керування, породжує стохастичну систему з розподіленими параметрами та граничними умовами які визначаються станом технічного об'єкта.

Життєдіяльність кожної системи у БО ні є однаковою на протязі її існування. У БО постійно експлуатується інстинктивно адаптивна поведінка, як реакція на вплив абіотичних факторів. Діапазон існування систем БО обмежений, але вимагати повного детермінізму і передбачення поведінки БО не можливо. Час для БО є незворотною одиницею, а тому модель поведінки БО повинна будуватись на історичних фактах. Які факти потрібно враховувати? Відповідь на цей запит полягає у встановленні різниці визначень «адаптація БО» та «успішне ( продуктивне) функціонування БО». Різниця полягає в тому, що визначення „функціонування“ можливо використовувати за відсутністю будь-яких умов, але відносно адаптації таку посилку потрібно давати. Люба адаптація – явище складне, що складається з системи частих адаптацій і не є простою суперпозицією, іншими словами адаптивність не є аддитивною функцією.

Встановлення продуктивного стану технологічного процесу вимагає щоб адаптація підходила до умов існування БО, тобто була зведена до функціонування, що дає можливість впливати, контролювати та встановлювати критерій стійкості стратегії керування.

Якою повинна бути ідеальна модель системи керування при утриманні БО при подібних вимогах?

Традиційно – це біотехнічна система в якій є БО для якого створено певні умови гомеостазу і є намагання оптимальним шляхом їх утримати. Модель біотехнічної системи розглядається як лінійне поєднання технічного об'єкта, забезпечуючого утримання умов, апріорі вважаючи, що це є ті самі умови до яких адаптовані певний вид БО.

Але адаптація не є параметром який визначені назавжди та є залежним від зовнішніх і не лише абіотичних факторів, а тому логічно враховувати стан БО, у

якому відбуваються певні процеси самоорганізації і розглядатися його як ланку зворотнього зв'язку, що має вплив на технічний об'єкт.

**Біотехнічна система як середовище утримання БО.** Біотехнічна система (БТС) є складовою частиною організаційно-технічної системи, що передбачає отримання певного прогнозу поведінки системи, визначення сценарію керування за допомогою відповідної інтелектуальної системи підтримки рішення [4].

Побудова системи керування БТС за оптимальним сценарієм потребує урахування процесів, що відбуваються як на макрорівні так і мікрорівні. Спроби спрощення керування, наприклад за рахунок використовувати комплексного показника [5], є дискусійним. Встановлення кількісної характеристики комплексного показника потребує в свою чергу кількісної характеристики окремих факторів, перелік яких для БО, з точки зору кінетики біофізичних процесів майже необмежений. Наявність цього протиріччя, по-перше, обмежує застосування такого рішення, оскільки невідомо яким чином вимірювати ті чи інші фактори впливу на фізичному рівні, та, по-друге, потрібно встановлювати кластери факторів, що можуть відтворити ситуаційну поведінку об'єкта на рівні моделі в повному обсязі. Таким чином, має місце параметрична невизначеність, що потребує дотримання певних принципів.

*Принцип 1. Телекомунікаційні обмеження.*

Для систем керування з інтелектуальною підтримкою прийняття рішень в умовах параметричної невизначеності важливо створення комунікативних можливостей в системі, що є наслідком того, що технічний об'єкт завжди є об'єктом з розподіленими у 3D просторі параметрами. Відповідно на апаратному рівні для отримання первинної інформації потрібна реалізація концептуального рішення пов'язаного з активно-адаптивним перетворенням сигналів для взаємодії між інформаційним полем первинною інформації та комунікативними шлюзами системи керування.

Розрахунок, наприклад, для сучасної теплиці з геометрією у 3D плані 100x100x6м (крок – 10м, три яруси) дає 300 вузлів виміру тільки по одному абіотичному фактору, відповідно по чотирьох факторах маємо 1200 вузлів, витрачаючи 10с на запит даних з інформаційного поля отримаємо частоту цього процесу 120 Гц – тобто процес низькочастотний. Проблемним є питання – яку технологію передачі даних застосовувати? Привабливим є використання бездротового формату передачу даних в поєднанні з активно-адаптивним перетворенням корисного сигналу безпосередньо в первинному перетворювачі. Для вирішення цієї задачі може бути застосовані економічна низькошвидкісна бездротова мережа стандартна ZigBee та сформована розподілена обчислювально-комунікаційна мережа. В рамках цієї технології напрацьовані інженерні рішення побудови бездротової мережі різної топології для ідентифікації параметрів технологічних процесів і даних стандарт підтримується рядом виробників апаратних засобів [6]. Це дає можливість зосередити увагу на перетворювачах інформації на основі отриманих первинних даних та подальшим використанням інфраструктури «хмарних» обчислень та утворення Smart Grid мережі.

Певні можливості також надає для ідентифікації первинних даних використання мультифункціональних первинних вимірювачів [7], що дозволяє скорочувати апаратні витрати.

*Принцип 2. Використання електрофізичних методів для отримання біоінформації.*

Електрофізичні методи є найбільш вивченими та поширені у дослідженні властивостей БО [8]. Отримання даних від активних БО та реалізація біоінформаційних технологій є привабливим але обмежується відсутністю первинних перетворювачів реєструючих параметри життєдіяльності БО. Це підтверджується, зокрема, результатом дослідження, що виконано в роботі [9]. Отриманий науковий результат по встановленню механізму наноелектротехнології біологічної клітини не використається напряму, а

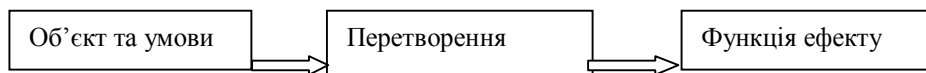
застосовуються методи на макрорівні які є віддзеркаленням інтеграційних процесів самоорганізації БО і за походження є електрофізичними.

Сприйняття цього факту дає можливість отримувати оригінальні результати, наприклад, як у способі реєстрації виходу плодів картоплі із стану спокою [10].

Врахування ефектів, що відбуваються на клітинному рівні для синтезу апаратних засобів оптимального керування потребує нового технологічного рівня і є пріоритетним напрямком сучасної науки [11].

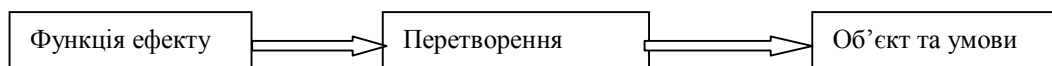
На цьому шляху корисним є застосування метода створення бази знань про біосередовище для визначення функцій об'єктів які є живими (активними) системами [12]. У звичайних технічних системах задача розв'язується за допомогою відомих фізичних або хімічних ефектів, пошук яких може бути значно спрощений у випадку їх організації у структуровану базу даних на основі адекватного електрофізичного моделювання.

Загально прийнята модель електрофізичного ефекту має структуру, рис.1.



**Рис. 1. Структура прямого електрофізичного ефекту**

В разі біоінформаційної системи потрібний зворотній показник ефектів, побудований за принципом – від потрібних властивостей до ефектів з потрібною функцією, який би дозволив здійснити відповідне перетворення з заданим результатом. Створення такого показника вимагає застосування зворотної моделі електрофізичного ефекту з структурою, наведеною на рис.2.



**Рис.2. Структура зворотнього електрофізичного ефекту**

При такому підході класифікаційними ознаками бази даних стають функції ефекту і об'єкт цього перетворення, що відповідає задачі синтезу на здійснення певної дії по відношенню до певного об'єкта, що є характерним для організації показників біофізичних ефектів в інтелектуальних системах

Джерелом реалізації зворотної функції можуть бути як суто фізичні ефекти, так і фізіологічні та психосоматичні процеси, а оригінальні наслідки цього утворюють сукупність ефектів у біосередовищі у широкому розумінні – біофізичний (біологічний) ефект.

### **Ідентифікація стану динаміки БТС та ефективність агротехнологій.**

Встановлення продуктивного стану БТС та визначення рівня ефективності виробництва потребує встановлення парадигми для виробничої технології яка базується на теоретичних припущеннях:

- адаптаційна поведінка БО в технічному об'єкті визнається самоорганізаційним інерційним процесом, що знаходиться під впливом абіотичних факторів та встановлюється функціональний вплив у межах гомеостазу для кожного з абіотичних факторів, окремо та незалежно;

- біосередовище, є біологічним регулятором в координатах технічної системи;

- БТС є динамічним об'єктом з розподіленими параметрами, а також відповідає практичним вимогам:

- спрощення технічної системи та забезпечення контролю, діагностики і надійності функціонування елементів та засобів системи керування;

- реалізація оперативної системи оцінювання ефективності ведення виробничої практики.

Аналіз стану БТС потребує математичної моделі процесу, апріорні дані про початкові та граничні умови, а також дані про дійсний стан процесу, що характеризується вектором просторо-часового стану [13]. Але справу все-таки маємо з моделлю, а будь-яка модель за визначенням має обмеження. У разі коли параметри вектору станів невідомі використовується адаптивний метод – на

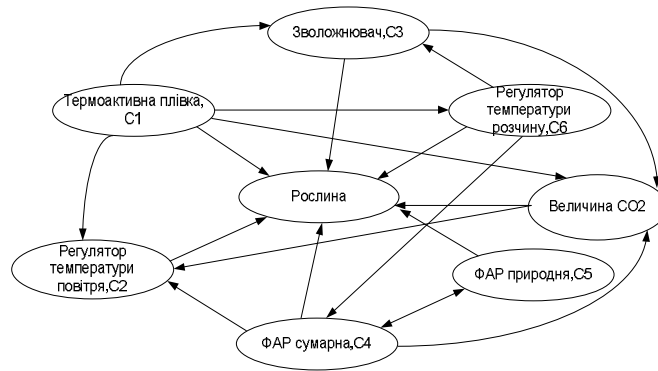
основі експериментальних даних оцінюються параметри об'єкту, а потім вважаючи параметри достовірними використовують цю оцінку для формування закону керування. Умовою успішного формування закону керування при цьому є своєчасність обробки і аналіз результатів ідентифікації розподілених параметрів на нижньому рівні системи.

Якщо усі збурення відомі, то стан об'єкту визначається однозначно для будь-якого моменту часу за відомих початкових і граничних умов. Таким чином, має місце завдання по виключенню інформаційних втрат про параметри БТС. Або ж, необхідно дійти висновку, що цей параметр є не більше ніж інформаційний шум. Вузли прикладення неконтрольованих збурень визначаються умовами утримання біологічних об'єктів. Зрозуміло, що чим більша кількість неконтрольованих збурень вимірюється і ставиться під контроль, тим менше буде дисперсія погрішності оцінки стану об'єкту. У разі однорідного розподілу джерел збурень можливий контроль параметра в одній точці за умови, що первинний перетворювач розташований в точці з максимальною погрішністю оцінки параметричного поля. При випадковому розподіленні джерел збурень бажаним є дискретний контроль параметричних полів, моделювання яких можливо за рахунок відтворення реалізацій випадкового процесу на основі методу формуючих фільтрів [3].

Таким чином, існують різні методи та підходи до контролю та діагностики динамічного стану системи керування. Нез'ясованість наявних параметрів та відсутність виміряних окремих даних стимулює застосування методів, що використовуються в умовах невизначеності, зокрема метода нечіткої логіки за допомогою якого може бути розглянутий інваріантний підхід покращення динамічної характеристики системи керування.

Попередній аналіз вказує на перспективність застосування для синтезу системи керування використанням метода нечітких когнітивних карт [14]. Визначення концептів та ідентифікацію параметрів абіотичних факторів пов'язують у вигляді карти взаємозв'язків, рис.3.





**Рис 3. Нечітка когнітивна карта вирощування розсади з використанням нагрівних плівок. (ФАР – фітоактивна радіація) [4]**

Для реалізації нечіткого регулятора потрібно встановлення лінгвістичної ваги між концептами. Теоретично це виглядає як складання матриці взаємозв'язків у кількісному вигляді за допомогою експертів та відповідної експертної оцінки. Суб'єктивна складова оцінки дуже впливова, а тому формалізація цього процесу є задачею, яку бажано вирішувати на основі бази даних про біосередовище. Потенціальна відкритість когнітивної карти надає можливість доповнювати карту новими концептами, наприклад, для встановлення впливу ідентифікованих параметрів на керування продукційним процесом біологічних об'єктів та встановлення рівня ефективності сільськогосподарських технологій. Перспективним є визначення сталого продуктивного стану шляхом експериментального визначення критерію ефективності агротехнології за допомогою метода ексергетичного аналізу [15]. В методі виконується аналіз біоперетворень енергії та встановлюється співвідношення природної енергії акумульованої в продукції в процесі фотосинтезу або біоконверсії і техногенної енергії витраченої на її виробництво, а ідентифікація параметрів БТС відбувається шляхом встановлення швидкості змін параметрів і отримання критерію впливу на продукційний процес. Це дає можливість зробити гіпотетичне припущення про можливість використання швидкості зміни параметрів в якості лінгвістичної ваги.

Розробка метода в напрямку отримання кількісних оцінок є предметом подальшого дослідження.

### **Висновки**

В результаті виконаного дослідження встановлено наступне:

- існуючі методи аналізу та синтезу функціональних елементів БТС не в змозі повною мірою забезпечити створення енергозберігаючих технологій, що є наслідком відсутності наукових розробок спрямованих на підвищення використання біоенергетичних можливостей БТС ;

- відсутність відомостей впливу ідентифікованих параметрів продукційного процесу біологічних об'єктів на встановлення рівня енергоефективності технології потребує синтезу інваріантного нечіткого регулятора та методики заснованої на загальних властивостях функціональних систем для яких враховується ексергетичні показники;

- врахування швидкості зміни ідентифікованих розподілених параметрів БТС можуть бути покладені в основу технічного рішення інваріантного нечіткого регулятора з метою оптимізації енерготехнологічних процесів БТС.

### **Список літератури**

1. Голуб Б.Л. Автоматизоване управління параметрами ефективності роботи промислового пташника з підсистемою моніторингу та підтримки прийняття рішення. - Автореф. дис.... к.т.н., 05.13.07, НУХТ, Київ, 2011. – 20с.

2. Щербатюк В.Л. Автоматизоване керування процесом виробництва курячих яєць з прогнозуванням збурень. – Автореф.дис....к.т.н., 05.13.07, НУХТ, Київ, 2013. – 24 с.

3. Лисенко В.П., Головинський Б.Л., Решетюк В.М. та ін. Природні збурення біотехнічних об'єктів, їх моделювання та прогнозування – НУБІП України, Київ, 2014. – 112 с.

4. SMART GRID технології в системах енергоживлення та виробництва з біотехнічними об'єктами. – Звіт про НДР (проміжний), УкрНІПТІ, № держ. реєстрації 0112 U 003 006, 2012. – 261 с.

5. Болбот І.М. Математична модель теплозабезпечення рослин в системі рослина-грунт-повітря. – Праці ТДАТУ, Вип.13, т.5. – С.21-27.

6. Еркін А. Особенности проектирования беспроводных ZigBee – сетей на базе микроконтроллеров фирмы Jennic. – CHIP NEWS Украина. Инженерная микроэлектроника, №1, 2011. – С. 22 – 27.

7. Козирський В.В., Решетюк В.М., Осінов С.М. та ін. Спосіб виготовлення матриці терморезистивних перетворювачів. Патент України № 76885 від 25.01.2013.

8. Іноземцев Г.Б., Червинський Л.С., Берека О.М. Електрофізичні та технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. – НУБІП України, Київ, 2006. – 124 с.

9. Загинайлов В.И. Электрофизические методы и средства контроля и управления сельскохозяйственными технологиями – Автореф.дис.... д.т.н., 05.20.02, ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П.Горячкина, Москва, 2007. – 35 с.

10. Чапний В.М., Осінов С.М., Заворотний В.Ф та ін. Спосіб визначення виходу плодів картоплі із стану спокою. – Патент України № 55417 від 10.12.2010.

11. Про затвердження Основних наукових напрямків та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук на 2009-2013р. – Наказ МОН України та НАН України №1066\609 від 26.11.2013.

12. Гліненко Л. Теоретичні основи моделювання фізичних ефектів у біосередовищах.-Український журнал медичної техніки і технології, №1-2, 1998р. – С.15-21.

13. Осинев С.Н. Идентификация распределенных параметров динамической системы жизнеобеспечения биологических объектов. – Электроника и связь, №3, 2011. – С.167 – 169.

14. Осинев С.Н., Козирский В.В., Решетюк В.М. Управление биотехническими объектами с использованием нечетких когнитивных карт. Автоматизация: проблеми, ідеї, рішення. Міжнародна науково-технічна конференція (Севастопіль, 4-7 вересня 2012р.). 15. Касумов Н.Е., Свентицкий И.И. эксергедический анализ биопреобразований энергии-естественнонаучная основа оптимизации агротехнологий и энергообеспечения АПК. Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве. Международная конференция (Минск 10-11 октября 2012г.).

*В статье рассмотрены вопросы создающие проблемную ситуацию при применении теории автоматического регулирования для организационно-технических систем, предназначенных для содержания объектов биологического происхождения.*

***Теория автоматического управления, биотехнические системы, интеллектуальные системы управления.***

*In the article the questions which create a problem situation at application of theory of automatic control for the complex organizationally-technical systems intended for maintenance the objects of biological origin are considered.*

***Theory of automatic control, biotechnical system, smart control system.***