

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМИ РЕЖИМАМИ МІКРОКЛІМАТУ В ТЕХНОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ЗОНАХ ВИРОБНИЧИХ СПОРУД

На основі ефективних математичних моделей обчислення й прогнозування розподілу енергопотоків у багаторівневій електротеплоаккумулятивній системі обігріву (БЕТСО) обґрунтовується методологія розробки автоматизованих електротеплоаккумулятивних установок, що забезпечують дотримання стандартів теплового режиму мікроклімату виробничих споруд різного функціонального призначення. Пропонується структура системи автоматичного регулювання, у контур зворотного зв'язку якої входить блок моделювання БЕТСО. Формуються вимоги до математичної моделі БЕТСО.

1. Постановка проблеми

В індустрії цивільного і промислового будівництва існує концепція «енергоефективних будівель», яка передбачає автоматизацію енергоспоживання, діагностику, захист, диспетчеризацію процесів вентиляції і опалення. В цілому рівень сучасного розвитку систем автоматизованого життєзабезпечення будівель, які перебувають в умовах постійної зміни зовнішніх і внутрішніх збурюючих факторів, дозволяє вважати такі будівлі «інтелектуальними» [1,2]. Останнє передбачає необхідність програмувати керуючі системи так, щоб параметри внутрішнього середовища будівлі зберігалися в заздалегідь заданих межах. Цей досвід має певну цінність також і для виробничих споруд (ВС) АПК, де досягнення високої енергоефективності електротехнологій та технічних засобів забезпечення стандартів теплових режимів виробництва має актуальне значення в цілому для економіки України [3,4]. Найбільш перспективними в цьому плані є електротеплоаккумулятивні установки, які можуть застосовуватись як основні для повного опалення ВС, так і додаткові в складі інших основних систем опалення (водяних, парових, повітряних).

Метою роботи є обґрунтування доцільності використання системи автоматичного регулювання (САР) для керування електротеплоаккумулятивною системою мікроклімату виробничих споруд АПК, обґрунтування складу і структури САР, режимів та алгоритмів функціонування САР й формулювання вимог до її складових.

2. Концепція автоматичного керування БЕТСО

Для вирішення проблем прогнозування теплового стану, контролю та регулювання обігріву технологічно активних зон (ЗТА) приміщень АПК запропонована нагрівальна система (НС), що забезпечує більш високий якісний рівень дотримування стандартів теплового режиму у ВС завдяки застосуванню енергозберігаючих багатофункціональних систем БЕТСО як обігрівних приладів резисторного типу, розташованих нижче рівня підлоги, при живленні їх нагрівачів від традиційних і нетрадиційних поновлювальних джерел енергії [5-8]. Конструкція БЕТСО, яка являє собою паралелепіпед з N-шаровою структурою пасивних та активних (з підводом енергії) шарів, розглянута, наприклад, у роботах [5,6]. З урахуванням прийнятих припущень щодо характеру теплообміну на граничних поверхнях розроблена математична модель теплових процесів у такій структурі, яка зводиться до рішення задачі теплопровідності в системі плоских шарів із дискретним енергопідводом до спеціальних нагрівачів трубчастого типу (СЕТ) активного шару з різною потужністю. Усього в 3-х активних шарах (ярусах) обігрівної системи, що розглядається, по висоті паралелепіпеда (1.1 .. 1.5 м) розташовано від поверхні підлоги відповідно 9, 7 та 5 СЕТ (на смугі завширшки 5 м) з диференційованим підводом електроенергії. Таке конструктивне рішення системи обігріву ЗТА виправдане не тільки підвищенням технологічної надійності, але й з точки зору досягнення сукупності нових функціональних можливостей. Система дозволяє забезпечувати режими: а) максимального енергозбереження; б) термостабілізації поверхні підлоги; в) акумуляції тепла; г) працювати в режимі “споживач-регулятор”.

В роботі БЕТСО доцільно розрізняти 5 варіантів підведення енергії до ярусів НС, які будемо називати режимами БЕТСО: режим I – підвід енергії у ВЕРХНІЙ (від поверхні підлоги) ярус; режим II – підвід енергії одночасно у ВЕРХНІЙ і СЕРЕДНІЙ яруси; режим III – підвід енергії тільки в СЕРЕДНІЙ ярус; режим IV – підвід енергії одночасно у СЕРЕДНІЙ і НИЖНІЙ яруси; режим V – підвід енергії тільки в НИЖНІЙ ярус. На рис. 1 схематично показано розташування шарів НС та відповідні позначення.

Режими →	I	II	III	IV	V	
Співвідношення енергоресурсу P і граничних потужностей P_{i0}	$P=P_{10}$	$P_{10}<P<P_{20}$	$P=P_{10}$	$P_{20}<P<P_{30}$	$P=P_{30}$	
Поверхня підлоги	$t_n=t_n^H$	$t_n=t_n^H$	$t_n=t_n^H$	$t_n=t_n^H$	$t_n=t_n^H$	
Бетон						11
Бетон						10
Бетон						9
Ярус 1: пісок, СЕТ						8
Пісок						7
Ярус 2: пісок, СЕТ						6
пісок						5
Ярус 3: пісок, СЕТ						4
Керамзитобетон						3
Пісок						2
Гідроізоляція						1
Масив ґрунту						

Рис. 1. Схематичне зображення багатошарової НС і варіанти розподілу енергії по активних ярусах (Режими); зафарбованими шарами позначено подачу енергії в яруси НС; ліворуч показано заповнення шарів, праворуч – нумерація шарів НС, починаючи від дна траншеї

Указані режими можуть бути реалізовані за допомогою САР, яка в реальному часі, використовує оперативну інформацію з датчиків, визначає кількість електроенергії, яку необхідно підвести до електронагрівників того чи іншого ярусу БЕТСО. Умови перерозподілу наявного енергоресурсу P представлені у верхньому рядку рис. 1, де P_{10} – потужність джерел енергії (питома потужність, Вт/м²), що підводиться до нагрівальних елементів 1-го ярусу і забезпечує на поверхні підлоги задану нормативну температуру $t_n=t_n^H$ (режим 1). В

режимах 2 і 3 потужності джерел енергії, що підводяться до елементів 2-го або 3-го ярусів, також можуть забезпечувати на поверхні підлоги заданий рівень температур $t_n = t_n^H$, позначаються відповідно P_{20} (Вт/м²) і P_{30} (Вт/м²). При цьому має місце очевидне співвідношення $P_{10} < P_{20} < P_{30}$. При комбінованому живленні НС (живлення суміжних ярусів, режими II та IV) наявний енергоресурс P розщеплюється на дві складові з певними коефіцієнтами:

$$P^{(II)} = k_1^{(2)}P_1 + k_2^{(2)}P_2, \quad P^{(IV)} = k_2^{(4)}P_2 + k_3^{(4)}P_3. \quad (1)$$

Рівні споживання ярусів P_{j0} та величини коефіцієнтів $k_j^{(2, 4)}$ ($j=1, 2, 3$) визначаються геометричними параметрами БЕТСО і теплофізичними характеристиками її складових і можуть бути точно визначені з рішення відповідної задачі теплопровідності [5].

В теперішній час на ринку енергоресурсів між енергопостачальником та споживачем-виробником в галузі АПК складаються нові умови, які вимагають побудови гнучких енергоефективних систем забезпечення теплових стандартів мікроклімату ВС. Це досягається шляхом урахування таких підходів до енергоспоживання і енергозабезпечення систем створення мікроклімату:

децентралізація систем опалення – передбачає застосування автономних автоматизованих засобів опалення;

універсалізація систем опалення – передбачає можливість одночасного використання декількох видів енергоносіїв і джерел енергії, у тому числі НВДЕ;

функціональна адаптація до тарифної політики постачальників енергоресурсів, яка передбачає удосконалення організаційних і впровадження енергоефективних засобів гнучкого використання переваг пільгових тарифів з метою економії ресурсів виробників тієї або іншої продукції;

електрифікація й автоматизація (комп'ютеризація) виробничих процесів – передбачає істотне вдосконалення автоматизованих електротехнологій і технічних засобів, що базуються на прогресивних методах застосування електроенергії для забезпечення технологічних процесів виробництва сільськогосподарської продукції.

Висунуті вище принципи ефективного споживання енергії у сільському господарстві дозволяють цілеспрямовано підійти до розробки структури керованої системи мікроклімату виробничих приміщень. Надалі, враховуючи особливості певних видів приміщень, під такими будемо розуміти приміщення з виділеними технологічно активними зонами, наприклад, для утримання тварин. Необхідно враховувати, що розглянутий об'єкт керування й контролю – мікроклімат ВС, можна віднести до класу складних систем, який характеризується досить складною динамікою в умовах постійної зміни температурно-вологісних параметрів зовнішнього й внутрішнього середовища. Це спричиняє необхідність використовувати в системі регулювання математичну модель об'єкта для ідентифікації важливих функціональних взаємозв'язків її елементів [9, 10].

Отже, до структури запропонованої САР, яка будується з урахуванням багатфункціональності БЕТСО, необхідно включити такі підсистеми: інформаційно-вимірювальну, обробки даних і моделювання та виконавчу, причому саме математична модель БЕТСО є ключовою складовою САР. Функціонування такої САР дозволить відтворювати необхідний (оптимальний) перерозподіл всіх наявних енергоресурсів у системі, забезпечуючи в різних режимах або максимальну ефективність енергоспоживання, або оптимальне акумулювання надлишку енергоресурсів, або енергоефективну стабілізацію температурного розподілу в області ЗТА. Спеціалізований мікропроцесорний комплекс призначений виконувати діагностування і контроль стану об'єкта регулювання, розрахунок рівнів оптимальних витрат енергії та розподіл енергопотоків в БЕТСО, а також виконувати формування сигналів керування, відображення поточного стану системи в процесі виробничого циклу та формування сигналів щодо нештатного режиму роботи системи нагрівальних елементів.

На рис. 2 у графічному вигляді представлена концепція структури системи автоматичного регулювання мікроклімату при застосуванні БЕТСО. Система функціонує в такий спосіб. Періодично від системи датчиків, розташованих у контрольних точках БЕТСО, інформація в цифровому або аналоговому вигляді через лінії зв'язку й концентратор надходить у запам'ятовувальний пристрій керуючої обчислювальної машини (наприклад, ПК), де проводиться її обробка відповідно до закладеного в комп'ютер пакета спеціальних програм,

основною з яких є комп'ютерна модель функціонування БЕТСО, для підтримки заданого режиму. У випадку відхилення поточних параметрів у ЗТА, насамперед розподілу температури на поверхні підлоги або зміни умов теплообміну БЕТСО з навколишнім середовищем ВС, формуються сигнали керування, які через блок розподілу БРП регулюють розподіл енергопотоків у системі СЕТ у кожному з ярусів БЕТСО.

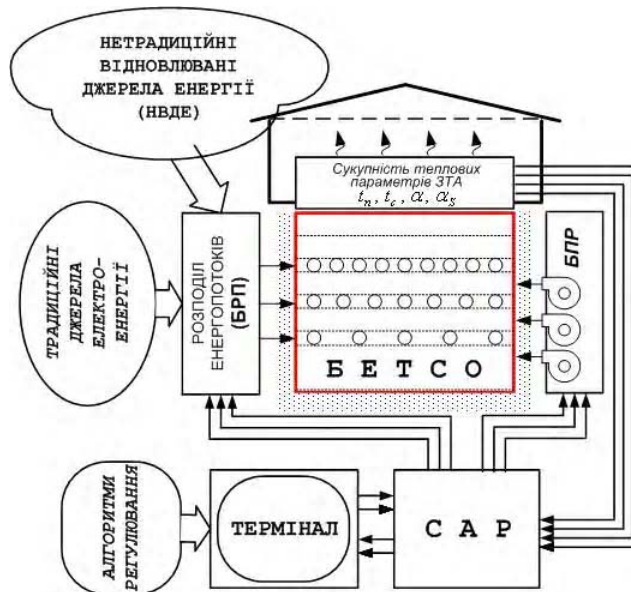


Рис. 2. Функціональна схема регулювання мікроклімату: БРП – блок розподілу енергопотоків; БПР – блок примусової регенерації тепла; термінал – пристрій відображення інформації щодо зовнішніх метеорологічних умов, поточного стану мікроклімату в ЗТА, енергопотоків у БЕТСО, вибору алгоритмів регулювання і корекції керування в ручному режимі

Програмне забезпечення САР дозволяє операторові в будь-який момент часу одержати на терміналі (екран монітора, друкувальний пристрій, пристрій введення) дані про тепловий стан в будь-якій з контрольних точок об'єкта і, при необхідності, вносити корективи в хід процесу. При виникненні нештатних ситуацій в БЕТСО система САР, виконуючи діагностування в режимі реального часу, виробляє сигнали, що свідчать про пошкодження або аварію в системі.

Накопичувач інформації ПК дозволяє зберігати дані вимірів і обчислень, які в будь-який момент часу можуть бути отримані на термінальному пристрої. З їх допомогою можна проаналізувати поточний стан функціонування системи, поточну наявність всіх доступних видів енергії, ефективність їх використання та ін. Особливий інтерес представляють дані про кількість заощадженої енергії, витрати електричної і теплової енергії, оптимальний час запуску й останову системи нагрівання БЕТСО, параметри мікроклімату в ЗТА, метеорологічні дані.

3. Вимоги щодо спеціалізованої математичної моделі БЕТСО

Запропонована система керування мікрокліматом дозволить підтримувати заданий тепловий режим у ЗТА з високою точністю, тому що вона виконана за замкненою схемою з використанням головного зворотного зв'язку щодо основних параметрів – температури підлоги й повітря та характеристик тепловіддачі на граничних поверхнях БЕТСО.

Математична модель, призначена для використання в системі керування БЕТСО, відрізняється від моделей, призначених для дослідження або проектування аналогічних систем. При цьому пріоритетними можуть бути дві основні вимоги до такої спеціалізованої моделі: 1) для якісного регулювання необхідний досить високий ступінь наближення моделі до реального об'єкта й точність виконання числових розрахунків (висока точність моделі); 2) використання моделі в САР БЕТСО в режимі реального часу вимагає виконання необхідних прорахунків досить великого обсягу інформації за відносно короткий час (висока швидкість моделі).

Необхідність одночасного виконання цих вимог примушує використовувати не універсальну математичну модель [5,6], а спеціалізовану модель, яка б дозволяла при скороченні обсягу обчислень не тільки не втратити точність моделювання теплового режиму, але й використовувати в обчисленнях експериментальні поточні дані в режимі реального часу, і в результаті підвищити її адекватність у порівнянні з універсальною моделлю. Передумовою розробки спеціалізованої моделі слугує універсальна математична модель багат шарової активної нагрівальної структури БЕТСО з розподіленими параметрами [7]. Пропонуються такі напрямки, за якими можна здійснити її «звуження» без втрати точності.

1. Удосконалення алгоритму обчислень шляхом скорочення часу обчислень і підвищення точності результатів, виходячи з конкретизації постановки задачі. У певній мірі це дозволяє скористатися більш ефективним обчислювальним алгоритмом. Зокрема, перехід від універсальної моделі до спеціалізованої дозволяє замінити процедуру розрахунку температурного поля у вигляді системи лінійних неоднорідних рівнянь досить високого порядку (порядок системи дорівнює подвоєному числу шарів БЕТСО) розрахунком температурного розподілу на поверхні підлоги за допомогою кінцевих формул у вигляді спеціально підібраних сукупностей поліномів й експонент. Приклад такого рішення представлено в [8].

2. Скорочення кількості незалежних змінних (при проектуванні це вихідні дані, при керуванні – вхідні параметри) шляхом фіксації їх у вигляді параметрів розрахункової моделі. Зокрема, у моделі для керування БЕТСО необхідно зафіксувати групу параметрів, що відносяться до геометрії системи, групи даних, що характеризують теплофізичні властивості шарів й теплоізолюючих елементів, та ін.

3. Використання теоретико-експериментального підходу, що передбачає підвищення точності моделювання теплового режиму БЕТСО за рахунок використання поточних значень експериментальних даних. Це може бути введення в розрахунок за моделлю експериментальних даних як параметрів, отриманих від датчиків у процесі експлуатації установки (як показано на рис. 2 – передача на блок обробки САР сукупності даних про реальні температури й теплові потоки від датчиків: t_n – температура поверхні підлоги в ЗТА, t_c – температура повітряного середовища над поверхнею підлоги, t_0 – температура ґрунту на рівні дна БЕТСО, α – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні підлоги, α_s – коефіцієнт тепловіддачі з бічної стінки БЕТСО у ґрунт). При цьому можливі уточнення в результаті проведення вимірів щодо деяких припущень у вихідній моделі (наприклад, в універсальній моделі приймається лінійний характер розподілу температури по висоті БЕТСО, а в результаті вимірів у конкретному приміщенні цей розподіл може бути уточнений).

Відзначимо, що введення в розрахункову модель уточнених даних, які стосуються коефіцієнтів теплообміну на граничних поверхнях БЕТСО, має велике практичне значення. Крім того, за результатами вимірів буде значною мірою підвищуватись точність обліку акумульованого тепла. Сформульовані підходи мають принципове значення для реалізації САР і їх необхідно враховувати при розробці варіантів спеціалізованих математичних моделей стосовно керування різних варіантів конструкцій нагрівної системи БЕТСО.

Крім розглянутих особливостей проектування САР електротеплоакумулювальною системою нагрівання БЕТСО тваринницьких ВС, необхідно підкреслити більш широкі функціонально-технологічні можливості запропонованої САР з убудованою математичною моделлю щодо реалізації інформаційних функцій. Перш за все мається на увазі можливість відображення в режимі реального часу на екрані монітора або інших пристроях інформації про найбільш важливі характеристики процесу, а саме: метеорологічні умови та стан енергопотенціалу НВДЕ; температурні розподіли на поверхні підлоги в ЗТА (реальні й прогнозовані щодо можливого розподілу за результатами моделювання); реальні й прогнозовані за результатами моделювання розподіли енергопотоків по нагрівальних елементах в ярусах БЕТСО; карти-поверхні очікуваної сумарної витрати енергії залежно від характеристик поточного стану тепловіддачі від поверхні підлоги й стінок траншеї; рівень запасу акумульованої енергії в блоці БЕТСО й інші параметри.

Як приклад на рис. 3 наводимо залежності сумарної потужності енергопотоків БЕТСО (погонна потужність обігрівної смуги, Вт/м) в режимах I та V від двох впливових параметрів – інтенсивності теплообміну на поверхні підлоги ($7.5 \leq \alpha \leq 15$, Вт/(м·К)) і через бічні стінки

($0 \leq \alpha_s \leq 2.25$, Вт/(м·К)), які забезпечують термостабілізацію поверхні підлоги на рівнях $t_{n1}=18^\circ\text{C}$ (нижня поверхня) та $t_{n2}=38^\circ\text{C}$ (верхня поверхня).

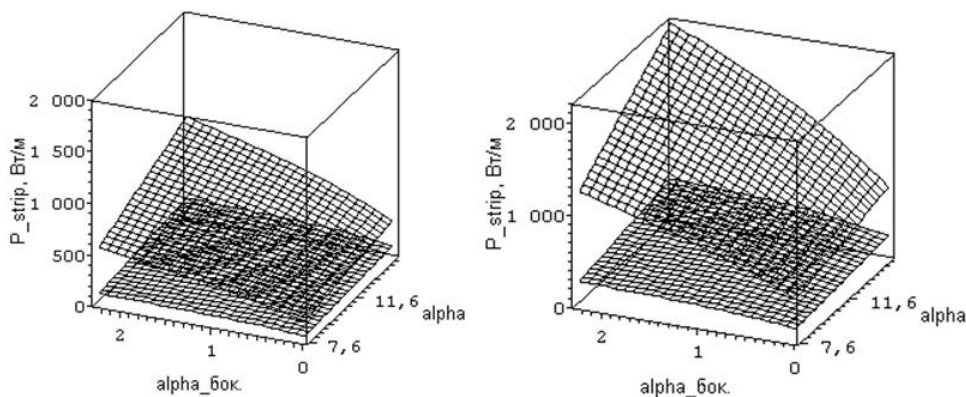


Рис. 3. Карти-поверхні прогнозованої погонної потужності БЕТСО для режимів I (ліворуч) та V (праворуч) при термостабілізації температури поверхні підлоги на рівнях нагріву $t_{n1}=18^\circ\text{C}$ та $t_{n2}=38^\circ\text{C}$ при варіаціях параметрів теплообміну α та α_s

В таблиці наведені відповідні інтерполяційні поліноми 3-го ступеня як функції параметрів α та α_s (в таблиці α_0) щодо відповідних погонних потужностей для режимів I і V. Одержані аналітичні вирази дозволяють з допомогою мікропроцесорних засобів обчислення САР оперативного прогнозувати величину необхідної потужності, яку треба залучити для забезпечення заданого рівня температури поверхні підлоги при зміні умов теплообміну. Набір таких даних стосовно конкретної системи обігріву ВС певного функціонального призначення для певного набору температур підлоги являє собою базу даних, яка може бути покладена в основу спеціалізованої енергоощадної (з залученням як традиційних джерел енергії, так і НВДЕ) системи управління мікрокліматом для забезпечення заданих стандартів при певних внутрішніх і зовнішніх параметрах навколишнього середовища, що змінюються.

Таким чином, пропонуються заходи щодо “інтелектуалізації” ВС, що відрізняється від автоматизованого керування можливістю програмувати керуючу систему таким чином, щоб реакція на збурення умов теплообміну відбувалася по заздалегідь заданому сценарію.

а	б
$P_{18}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 18,99 + 5,198a_0 - 0,9509a_0^2 + 0,1149a_0^3 +$ $+ 6,381a + 7,313aa_0 - 3,121aa_0^2 + 0,5419aa_0^3 -$ $- 0,002a^2 - 0,0044a^2a_0 + 0,0002a^2a_0^2 + 0,0001a^2a_0^3$	$P_{38}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 46,62 - 0,8825a_0 + 13,67a_0^2 - 4,239a_0^3 +$ $+ 14,481a + 19,46aa_0 - 11,39aa_0^2 + 2,483aa_0^3 -$ $- 0,1212a^2 - 0,3613a^2a_0 + 0,4402a^2a_0^2 - 0,1221a^2a_0^3$
$P_{18}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 28,86 + 10,14a_0 + 0,4086a_0^2 - 0,1023a_0^3 +$ $+ 9,792a + 12,45aa_0 - 4,261aa_0^2 + 0,7168aa_0^3 -$ $- 0,0001a^2 + 0,0006a^2a_0 - 0,0038a^2a_0^2 + 0,0011a^2a_0^3$	$P_{38}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 79,01 + 25,86a_0 - 1,390a_0^2 + 0,3609a_0^3 +$ $+ 20,03a + 26,24aa_0 - 8,591aa_0^2 + 1,388aa_0^3 +$ $+ 0,0124a^2 + 0,0427a^2a_0 - 0,061a^2a_0^2 + 0,0165a^2a_0^3$
$P_{18}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 58,91 + 24,68a_0 + 3,831a_0^2 - 0,6705a_0^3 +$ $+ 19,94a + 27,40aa_0 - 7,231aa_0^2 + 1,231aa_0^3 -$ $- 0,0013a^2 - 0,0041a^2a_0 - 0,0047a^2a_0^2 + 0,0005a^2a_0^3$	$P_{38}(\alpha, \alpha_0) =$ $= 160,5 + 57,69a_0 + 9,567a_0^2 - 1,502a_0^3 +$ $+ 40,94a + 59,26aa_0 - 15,731aa_0^2 + 2,581aa_0^3 +$ $+ 0,0119a^2 - 0,0609a^2a_0 - 0,0147a^2a_0^2 + 0,014a^2a_0^3$

Зауважимо, що будь-яка підсистема такого об'єкта має функціонувати автономно, фіксуючи свої дії, або оперативного взаємодіяти з оператором для підтвердження дій ручного керування. На рис. 4 представлено можливий алгоритм моделювання перерозподілу сукупності вхідних енергопотоків у БЕТСО для забезпечення заданого постійного рівня нагріву підлоги за умовами, які показані на рис. 1. Розглянутий підхід до автоматизації засобів забезпечення теплових параметрів мікроклімату з використанням математичної моделі об'єкта припускає впровадження більш складних і ефективних алгоритмів керування нагріву на основі результатів досліджень [11].

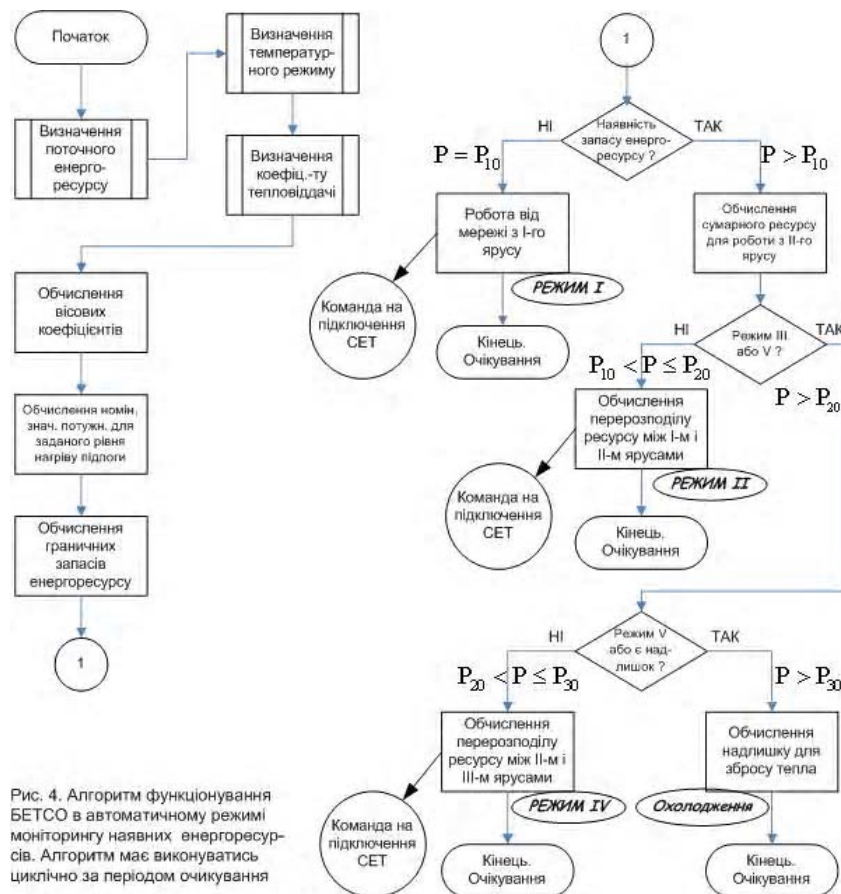


Рис. 4. Алгоритм функціонування БЕТСО в автоматичному режимі моніторингу наявних енергоресурсів. Алгоритм має виконуватись циклічно за періодом очікування

Висновки

1. Вперше розроблено структуру САР багаторівневої електротеплоакумуляційної системи обігріву виробничої сільськогосподарської споруди і обґрунтовано вимоги до спеціалізованої математичної моделі БЕТСО, убудованої в контур зворотного зв'язку САР, що дозволяють реалізувати високоефективний теоретико-експериментальний підхід при керуванні розглянутою складною багатопараметричною системою обігріву приміщення.

2. Запропонована побудова САР дозволяє почати її використання при малому ступені автоматизації й спрощеному математичному забезпеченні з наступним ускладненням функцій шляхом більш повного обліку в математичній моделі теплових параметрів виробничого приміщення та більш ефективних алгоритмів керування.

3. Застосування БЕТСО в системах мікроклімату виробничих споруд різного функціонального призначення, в тому числі в АПК, дозволить більш ефективно використовувати енергетичні ресурси традиційних джерел енергії і НВДЕ; знижувати негативний вплив виробничих процесів на довкілля; формувати біоконверсні комплекси в галузі АПК.

Список літератури: 1. Табуницьков Ю.А. Энергоэффективные здания: мировой и отечественный опыт // Энергия. 2004, № 10. С. 20-28; № 11. С. 26-29. 2. Табуницьков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В.

Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 193 с. **3.** Мартыненко И.И., Гирнык Н.Л., Полищук В.М. Автоматизация управления температурно-влажностными режимами сельскохозяйственных объектов. М.: Колос, 1984. 151 с. **4.** *Электротеплоаккумуляционное отопление греющим полом* / Под ред. Д.И. Розинского. К.: ИТТ НАНУ, НПП «ЭЛЕТЕР», 2001. 156 с. **5.** *Вісн. ХДТУСГ ім. П. Василенка «Пробл. енергозабезпеч. та енергозбереж. в АПК України»*. Харків, 2004. Вип. 27. Т. 1. С. 245-250. **6.** Романченко Н.А., Слесаренко А.П., Сорока А.С. Математическая модель стационарного режима многослойного обогреваемого пола. *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка «Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва»*. Харків, 2005. Вип. 42. С. 247-252. **7.** Романченко М.А., Слесаренко А.П., Сорока О.С., Румянцев О.О. Багаторівневі електротеплоаккумулятивні установки в системах мікроклімату виробничих споруд АПК. **8.** Романченко М.А., Мазоренко Д.І., Слесаренко А.П., Сорока О.С. Енергозберігаючі електротехнології забезпечення стандартів теплового режиму виробничих споруд АПК з електрообігрівними підлогами // *Електрифік. та автоматиз. сільськ. госп.* 2006. №2. С. 82-92. **9.** *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпеч. та енергозбереж. в АПК України»*. Харків, 2007. Вип. 57. Т. 1. С. 187-194. **10.** Романченко М.А., Слесаренко А.П., Сорока О.С. Параметризація теплових джерел в комп'ютерній моделі функціонування багаторівневої електротеплоаккумулятивної системи опалення. **11.** Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232 с. **11.** Советов Б.Я. Моделирование систем. М.: Высш. шк., 2005. 343 с. **12.** Слесаренко А.П. Моделирование и управление нестационарными температурными режимами при ограничениях на скорость нагрева // *Доповіді НАНУ*. 2009. №2. С. 83-88.

Надійшла до редколегії 16.06.2009

Слесаренко Анатолій Павлович, лауреат Держ. премії України, д-р фіз.-мат. наук, професор, пров. наук. співроб. Інст. проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України. Наукові інтереси: комплексне математичне моделювання, діагностика та ідентифікація теплових процесів; теплофізика; математична фізика та диференціальні рівняння; оптимальне керування тепловими режимами в енергетиці, радіоелектроніці, в елементах енергетичного, електронного та космічного обладнання. Захоплення та хобі: пошук невирішених проблем. Адреса: Україна, 61046, Харків, вул. Пожарського, 2/10, тел.: 95-95-64 (роб.), 65-51-89 (дом.).

Романченко Микола Анастасійович, канд. техн. наук, доцент кафедри електротехнологій сільськогосподарського виробництва, завідувач кафедри Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Наукові інтереси: електротехнології та електроенергетика, проблеми ефективного використання нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. Захоплення та хобі: бджільництво. Адреса: Україна, 61125, Харків, вул. Енгельса, 19, тел. 712-28-33 (роб.), 733-15-89 (дом.).

Сорока Олександр Степанович, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв ХНУРЕ. Наукові інтереси: радіофізика та електроніка, прикладна електродинаміка пристроїв НВЧ та КВЧ, математичне моделювання теплових та електромагнітних процесів в технологічних установках НВЧ. Захоплення та хобі: історія Росії. Адреса: Україна, 61166, Харків, пр. Леніна, 14, тел. 702-13-62 (роб.), 336-82-24 (дом.).