

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

РУСИНЯК МИХАЙЛО ОМЕЛЯНОВИЧ

УДК 636.5252/58:62 503.51

**Автоматизована енергозберігаюча система керування
виробництвом у промисловому пташнику**

05.13.07 – автоматизація процесів керування

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України

Науковий керівник – кандидат технічних наук, професор
ЛИСЕНКО Віталій Пилипович,
Національний університет біоресурсів і природокористування,
м. Київ,
професор кафедри автоматики та робототехнічних систем
ім. акад. І.І.Мартиненка

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
ТРЕГУБ Віктор Григорович,
Національний університет харчових технологій, м. Київ,
професор кафедри інтегрованих автоматизованих систем
управління

кандидат технічних наук, доцент
ГОЛУБ Белла Львівна,
Національний університет біоресурсів і природокористування
України, м. Київ,
доцент кафедри технологій програмування

Захист відбудеться 18 квітня 2012 р. о 14-й годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.058.05 у Національному університеті харчових технологій за адресою: 01033, Київ-33, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ-33, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий « » березня 2012 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради
К 26.058.05,
к. т. н., доцент



В.М. Філоненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми. Птахівництво – одна з пріоритетних галузей сільського господарства. В умовах переходу до ринкової економіки визначальними умовами функціонування сільськогосподарського підприємства є його рентабельність та конкурентоздатність. Однією з складових частин цього є дотримання оптимальних параметрів технологічного процесу у виробництві та вибір рішень, що дозволяють отримувати підприємству максимальний прибуток. У даній роботі вирішується одне з завдань, що дозволяє промислому пташнику (ПП) одержувати більше прибутку за рахунок вибору оптимальних значень мікроклімату. Визначення оптимальних значень мікроклімату, викладене у дослідженні, здійснюється з врахуванням зміни зовнішніх факторів (температура та відносна вологість повітря зовнішнього середовища). Використання оптимальних параметрів мікроклімату ПП забезпечує збереження енергоресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Проведені у роботі дослідження виконані у відповідності з планами науково-дослідної роботи Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою “Розробка енергоощадних систем автоматичного управління технологічними процесами та виробництвами на сільськогосподарських підприємствах промислового типу” (номер державної реєстрації № 0103U006013) та Бережанського агротехнічного інституту за темою “Розробка теоретичних основ та інформаційного забезпечення, проектування і використання ресурсощадних екологічно безпечних аграрних технологічних систем (ТхС) в умовах західного регіону України” (номер державної реєстрації № 0103V004815).

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у створенні автоматизованої системи керування виробництвом ПП з підтримкою оптимальних значень мікроклімату, яка забезпечить підвищення прибутковості промислового пташника яєчного напрямку, зменшення енерговитрат при виробництві курячих яєць.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати існуючі системи керування мікрокліматом пташників, врахування ними впливу параметрів мікроклімату у (температури, відносної вологості, концентрації шкідливих газів) на енергоефективність та прибутковість підприємства.
2. Проаналізувати вплив параметрів мікроклімату у промислому пташнику (температури, відносної вологості, концентрації шкідливих газів) на продуктивність птиці.
3. Сформулювати функцію мети для задачі визначення оптимальних параметрів мікроклімату з урахуванням вартості енергетичних ресурсів, вартості продукції, договірних зобов'язань підприємства. Обґрунтувати метод визначення оптимальних параметрів мікроклімату у ПП.
4. Розробити адаптивну математичну модель процесу виробництва яєць з урахуванням впливу віку птиці, температури, відносної вологості, концентрації шкідливих газів у приміщенні пташника.

5. Здійснити перевірку математичної моделі на адекватність об'єкту досліджень.

6. Розробити і провести виробничі випробування автоматизованої системи керування виробництвом у ПП та визначити показники її економічної ефективності.

Об'єктом дослідження є технологічний процес промислового виробництва курячих яєць, що керується автоматизованою системою формування оптимальних параметрів мікроклімату у промисловому пташнику.

Предметом дослідження є автоматизована система керування виробництвом промислового пташника яєчного напрямку, що забезпечує отримання максимального прибутку за рахунок енергозбереження та оптимізації параметрів мікроклімату в приміщенні пташника.

Методи досліджень. Дослідження автоматизованої системи керування проведено з використанням методів математичної статистики та планування експерименту, використання методів багатофакторної регресії – крокового регресійного методу побудови багатофакторної регресійної моделі, методу найменших квадратів, перевірки моделі на адекватність за F-критерієм Фішера, методів нелінійного програмування, методу Лагранжа для визначення оптимальних факторів функції мети, методів матричного числення.

Теоретичні та експериментальні дослідження системи ПП проводилися із використанням сучасних програмних ліцензованих продуктів – системи управління базами даних (СУБД) VISUAL FOXPRO 6.0, математичного процесора MATHCAD.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше одержано значення оптимальних параметрів мікроклімату у залі утримання птиці, при яких досягається максимальний прибуток підприємства промислового виробництва курячих яєць.

2. Вперше одержано залежності продуктивності птиці від значень мікроклімату ПП на основі використання розробленої адаптивної математичної моделі, що враховує технологію виробництва, зміну внутрішніх параметрів ПП як біологічного об'єкта та комплексний вплив параметрів мікроклімату ПП (температури, відносної вологості, концентрації шкідливих газів).

3. Дістав подальший розвиток спосіб визначення максимального прибутку процесу виробництва яєць у ПП на основі розв'язку розробленої оптимізаційної задачі, що враховує динаміку змін біологічних властивостей птиці, зовнішніх факторів ПП – температури та відносної вологості зовнішнього середовища, вартості продукції підприємства, вартості енергетичних ресурсів.

4. Вперше одержано залежності максимального прибутку процесу виробництва яєць від доцільних значень температури, відносної вологості, концентрації шкідливих газів повітря у ПП при врахуванні кон'юнктури ринку продукції, продуктивності птиці, вартості енергетичних ресурсів, значень температури та відносної вологості повітря зовнішнього середовища.

5. Удосконалено структуру бази даних, що використовується у системі автоматизованого керування параметрами мікроклімату промислового пташника,

що дозволило підвищити якість моніторингу та корегування керівних дій щодо управління пташником.

Практичне значення отриманих результатів:

Розроблений алгоритм адаптації параметрів математичної моделі виробництва яєць у ПП відповідно до змін внутрішніх параметрів біологічного об'єкту дослідження та розроблене програмне забезпечення на ПЕОМ можуть бути застосовані для визначення оптимальних значень мікроклімату у ПП .

Обґрунтований метод отримання максимальної економічної ефективності виробництва курячих яєць на основі використання розробленої методики визначення параметрів мікроклімату ПП може бути використаний у плануванні роботи птахофабрики яєчного напрямку .

Розроблена система підтримання оптимальних параметрів мікроклімату ПП забезпечує збільшення прибутку сільськогосподарського підприємства яєчного напрямку, що підтверджено актом виробничого випробування на підприємстві «Птахофабрика Тернопільська» .

Особистий внесок здобувача.

Дисертація є підсумком досліджень автора. Ним обґрунтовано актуальність теми, проаналізована наукова література з даної проблеми, сформульовані завдання дослідження. Автором запропоновано новий підхід до автоматизованого керування роботи пташника. Для цього самостійно розроблена адаптивна математична модель продуктивності птиці, сформульована оптимізаційна задача, розроблений алгоритм її вирішення. На основі цього розроблена автоматизована система керування виробництвом у ПП.

Всі результати дисертаційної роботи отримані особисто. У роботах, які виконані у співавторстві з науковим керівником, автору належать основні ідеї, пов'язані з аналізом закономірностей енергоспоживання та оптимізацією режимів мікроклімату промислового пташника.

Апробація результатів дисертації.

Апробація здійснювалась на підприємстві “Птахофабрика Тернопільська”. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались у доповідях на Міжнародній науково-практичній конференції “Енергозбереження в електроприводі АПК” (24-25 квітня 2008 р. м. Харків, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка), Дванадцятій науковій конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, (14-15 травня 2008 р. м. Тернопіль), Шостій міжнародній науково-практичній конференції “ Наукові дослідження та експеримент 2010” (17-19 травня 2010 р. м. Полтава).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 7 друкованих працях. Серед них 5 – статті у фахових наукових виданнях України, 2 – доповіді на науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 159 сторінок, у тому числі 20

таблиць, 29 ілюстрацій по тексту, 9 додатків на 28 сторінках, список використаних літературних джерел з 131 найменувань на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі проаналізована наукова література та проведений аналіз промислового пташника як об'єкта управління.

Об'єкт управління розглядається як біотехнічна система з – сукупністю взаємозв'язаних біологічного (птиці) та технічного об'єктів. Технічним об'єктом є зала утримання птиці з сукупністю встановленого у ньому технологічного обладнання. Біологічним об'єктом є птиця. Мікроклімат у пташнику формується як результат взаємодії управляючих дій, чинників зовнішнього середовища і впливу життєдіяльності самої птиці.

Встановлені фактори, що діють на технічний об'єкт:

- Управляючі дії **U**;
- Фактори зовнішнього середовища **F**;
- Потоки деяких продуктів життєдіяльності птиці **Y1** (теплота, газ, вологість, послід і т.д.).

На біологічний об'єкт діють наступні фактори:

- Параметри мікроклімату **X** (температура, вологість, кількість шкідливих газів);
- Кількість та склад кормів **H**;
- Фізіологічні фактори **G**.

Оскільки у дослідженні важливою є не продуктивність окремих особин, а продуктивність сукупності птиці, що знаходяться приблизно в однакових умовах, то в якості елементарного біологічного об'єкта можна приймати усю групу птиці, що знаходяться у пташнику. Тому в дослідженнях до уваги беруться усереднені параметри мікроклімату приміщення пташника.

Проведений аналіз зовнішніх факторів та їх вплив на об'єкт управління. Реакція організму курей на зовнішній вплив залежить від конкретних біологічних властивостей організму, що визначаються спадковістю та умовами, в яких організм розвивався. Вплив певного фактора на кожну птицю, навіть вирощених одночасно, є різним. Однак, прослідковуються закономірності впливу зовнішніх факторів на організм птиці, що викликає необхідність застосування для дослідження статистичних методів.

Серед параметрів мікроклімату у пташнику найбільший вплив на несучість птиці має: температура повітря; відносна вологість повітря; концентрація шкідливих газів у повітрі (аміаку, вуглекислого газу).

Залежність несучості від віку характеризується чотирма параметрами:

початком промислової несучості; максимальним рівнем несучості; тривалістю несучості; стійкістю несучості.

Проведено огляд математичних моделей виробництва яєць.

Найбільш широко використовується статична математична модель несучості птиці Y як багатомірна унімодална функція з екстремумом у вигляді максимуму, що дрейфує з віком птиці. В рівнянні такої моделі факторами впливу є параметри мікроклімату пташника, кількість корму та вік птиці.

$$Y = a_0 + a_1 t + a_2 T + a_3 V + a_4 K + a_5 t^2 + a_6 T^2 + a_7 V^2 + a_8 K^2 + a_9 tT + a_{10} tV + a_{11} tK + a_{12} TV + a_{13} TK + a_{14} VK + a_{15} F + a_{16} F^2 + a_{17} FT + a_{18} FV + a_{19} FK, \quad (1)$$

де t - вік птиці; T - температура у пташнику; V - відносна вологість повітря у пташнику; K - концентрація аміаку повітря у пташнику; F - кількість корму, що споживається птицею; $a_0 - a_{19}$ - параметри моделі.

На практиці частіше використовують спрощені моделі, що описуються рівняннями як частковими випадками рівняння (1). Основним недоліком таких математичних моделей - статичність їхніх параметрів, що не відповідає властивостям біологічного об'єкту.

Науковцями Національного університету біоресурсів і природокористування України вченими (Лисенком В.П., Решетюком В.М., Ботвіном В.Л., Болботом І.М., Голуб Б.Л.) побудовано адаптивні моделі (2, 3), як функції віку птиці та температури повітря у ПП. Рівняння таких моделей мають вигляд:

$$Y = a1 \cdot e^{-a2T} + a3 \cdot e^{-a4T} + a5 \cdot e^{-a6T} + a7 \cdot e^{-a8T}$$

$$Y = c1 \cdot e^{-c2t} + c3 \cdot e^{-c4t} + c5 \cdot e^{-c6t} + c7 \cdot e^{-c8t} \quad (2)$$

де Y - продуктивність птиці; T - температура повітря у ПП; $a1, a2, a3, a4, c1, c2, \dots, c8$ - параметри моделі.

$$Y(T_x) = Y_0 \cdot (1 - a \cdot T_x^2 - b \cdot T_x^3 - c \cdot T_x^4) \quad (3)$$

де T_x - відхилення температури повітря в пташнику від температури t_0 , за якої досягається максимальна несучість Y_0 ;

a, b, c - параметри моделі.

Ці моделі потребують подальшого вдосконалення, оскільки для підвищення гнучкості і ефективності системи керування необхідно в процесі адаптації враховувати вплив більшої кількості факторів (відносної вологості, концентрації шкідливих газів у ПП).

Проведено огляд обладнання та систем формування мікроклімату в промислових пташниках. У промислових пташниках використовується як вітчизняні, так і зарубіжні системи підтримання мікроклімату. З вітчизняних систем найбільше поширення має система «Клімат-4М». Серед зарубіжних систем формування мікроклімату виділяється обладнання фірми Big Dutchman. Автоматизована система залежно від навколишньої температури, температури й відносної вологості повітря в приміщенні, регулює всю систему кондиціонування.

Існуючі системи управління виробництвом у ПП здатні підтримувати задані параметри мікроклімату у ПП, однак, визначення цих параметрів як оптимальних, залишається завданням для користувача.

В другому розділі відображено результати експериментальних досліджень промислового пташника. Проаналізовано інформаційні потоки птахофабрики. При аналізі потоків інформації враховувались наступні параметри: назва параметру (температура, вологість, концентрація CO₂, тиск та інші); періодичність генерування інформації; діапазон зміни параметрів; тип інформації (дискретна або аналогова); мета використання інформації (для індикації, управління, тощо).

При дослідженні об'єкта управління враховувалися енергетичні потоки, що впливають на продуктивність птиці. Відповідно до закону збереження енергії, кількість енергії, що надходить за певний період часу у пташник, повинна дорівнювати сумі енергії, що виходить з пташника, тобто існує баланс енергетичних потоків пташника. Баланс слід розглядати усередненим за добу.

Здійснено вибір та обґрунтування вимірювальних засобів для експериментального дослідження промислового пташника. Для вивчення ступеня впливу параметрів мікроклімату пташника та взаємозв'язків між цими параметрами, що впливають на продуктивність птиці, був використаний вимірювальний комплекс, у склад якого ввійшли вимірювальні засоби існуючого на птахофабриці технологічного обладнання німецької фірми Big Dutchman та додаткових вимірювальних приладів.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що діапазон значень мікроклімату утримання курей можна умовно поділити на зони:

- зона мінімального обміну речовин (комфортна зона);
- зони адаптації, коли птиця за рахунок підвищеного обміну речовин здатна адаптуватись до зовнішніх умов без шкідливих наслідків для організму;
- зони незворотних змін в організмі птиці, наслідком яких є падіж птиці.

Комфортною зоною відносної вологості повітря для птиці є діапазон значень 60-80%.

Температурні зони корелюються зі значеннями відносної вологості повітря.

Для аналізу ефективності підприємства та системи управління мікроклімату вибраний пташник, в якому утримувалось 30000 курок-несучок. Розміри пташника становлять 72 × 18 × 3,1 м. Пташник містить 22 витяжні вентилятори загальною потужністю повітрообміну 5300 – 228000 м³/год. Пташник також оснащений двома теплогенераторами з припливними вентиляторами тепловою потужністю 200 кВт.

Проведені дослідження енерговитрат на підігрів та вентиляцію, несучості по температурних зонах перебування птиці. Здійснений аналіз ефективності роботи підприємства. Зведені значення температури повітря у пташнику, енерговитрат на підігрів та вентиляцію, несучості, температури зовнішнього середовища в період утримання птиці в комфортній зоні (13 – 15°C) відображені в Табл.1.

З одержаних результатів встановлено, що прибуток підприємства при утриманні мікроклімату в комфортній зоні дуже сильно корелюється з витратами енергоносіїв, оскільки продуктивність птиці в діапазоні кліматичних параметрів комфортної зони змінюється незначно. Найбільші витрати енергоносіїв та найменші прибутки підприємства – на межах комфортної зони.

Таблиця 1

Діапазон температури у пташнику (°С)	Тривалість (год.)	Енергетичні затрати (тис. кВт-год)	Несучість птиці (шт./день)	Діапазон зовнішньої температури (°С)
12 - 13	245	12,37	0,764	-20 - -10
12 - 14	539	15,31	0,765	-10 - -6
13 - 14	1129	7,14	0,767	-6 - 0
13 - 15	1423	13,47	0,768	0 - +5
14 - 15	1569	24,76	0,769	+5 - +10

На основі проведених досліджень можна стверджувати, що існуюча система управління мікрокліматом пташника здатна утримувати параметри мікроклімату в межах безпечних для життєдіяльності птиці. Однак, за існуючої стратегії прагнення утримання птиці в межах комфортної зони, ця система управління не завжди є ефективною з точки зору витрат енергоносіїв та отримання підприємством максимального прибутку. Для вирішення цих питань необхідно розробити автоматизовану систему керування виробництвом, яка здатна приймати рішення щодо керування умовами утримання птиці залежно від характеру зовнішніх збурень та утримувати мікроклімат з параметрами, що відповідають певному критерію оптимізації.

В третьому розділі розглянуті питання побудови математичної моделі технологічного процесу виробництва яєць. Серед факторів впливу на об'єкт керування беруться до уваги температура, відносна вологість та концентрація шкідливих газів повітря у пташнику. У дослідженнях приймається, що усі інші керовані фактори (режим годівлі птиці, режим освітлення), що розроблені для відповідних кросів птиці у зоотронах, є складовими технологічного процесу виробництва яєць і витримуються. Крім параметрів мікроклімату на несучість птиці має сильний вплив вік птиці, отже, у дослідженнях враховано цей фактор.

Серед різноманітності вихідних параметрів об'єкта керування аналізується несучість птиці як основний показник технологічного процесу виробництва яєць. Тому завданням побудови математичної моделі промислового виробництва яєць є пошук функціональної залежності

$$Y = f(t, T, B, K) \quad (4)$$

де Y – несучість птиці; t – вік птиці; T – температура повітря у пташнику; B – відносна вологість повітря у пташнику; K – концентрація шкідливих газів у повітрі пташника.

Для аналізу об'єкта слід використовувати статистичний підхід. Тому рівняння математичної моделі повинно бути регресійним або таким, що можна привести до регресії. Класичним рівнянням багатофакторної регресії є рівняння

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n + e \quad (5)$$

Використання полінома 2-го степеня дозволяє мати екстремуми для кожного фактору, що робить його придатним для використання в оптимізаційних задачах. За допомогою заміни квадратів факторів на додаткові незалежні фактори можна здійснити перехід від полінома 2 степеня в поліном 1 степеня. Таким чином, для опису об'єкта ідентифікації можна використати вираз

$$Y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 T + b_4 T^2 + b_5 V + b_6 V^2 + b_7 K + b_8 K^2 + b_9 TV + b_{10} TK, \quad (6)$$

де Y – несучість птиці; t – вік птиці; T – температура повітря у ПП; V – відносна вологість повітря ПП; K – концентрація шкідливих газів у повітрі ПП.

Вираз (6) можна представити

$$Y = A_0 + A_1(t-t_0)^2 + A_2(T-T_0)^2 + A_3(V-V_0)^2 + A_4(K-K_0)^2 + A_5TV + A_6TK \quad (7)$$

Для побудови базової математичної моделі найбільш зручною формою її відображення є вираз (7), оскільки його параметри мають фізичний зміст.

Визначено коефіцієнти базової моделі, рівняння якої має вигляд при $t_0=225$:

$$Y = 0,81_0 + A_1(t-225)^2 + A_2(T-18)^2 + A_3(V-70)^2 + A_4K^2 \quad (8)$$

Для забезпечення адекватності моделі об'єкту управління, враховано, що параметри моделі мають функціональну залежність від віку птиці. Тому для аналітичного опису процесу виробництва яєць використовується адаптивна математична модель, що описується виразом:

$$Y(t) = A_0(t) + A_1(t) \cdot (t-t_0(t))^2 + A_2(t) \cdot (T-T_0(t))^2 + A_3(t) \cdot (V-V_0(t))^2 + A_4(t) \cdot (K-K_0(t))^2 + A_5(t) \cdot TV + A_6(t) \cdot T \cdot K, \quad (9)$$

Зробивши у виразі (9) заміну квадратів факторів та добутків між ними на лінійно-незалежні змінні $t^2=t^2$; $T^2=T^2$; $V^2=V^2$; $K^2=K^2$; $Tb=T \cdot V$; $Tk=T \cdot K$, одержимо лінійну багатофакторну регресію з 10-ма факторами:

$t, T, V, K, t^2, T^2, V^2, K^2, Tb, Tk$:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot T + a_3 \cdot V + a_4 \cdot K + a_5 \cdot t^2 + a_6 \cdot T^2 + a_7 \cdot V^2 + a_8 \cdot K^2 + a_9 \cdot Tb + a_{10} \cdot Tk + \varepsilon, \quad (10)$$

де $a_0 - a_{10}$ – параметри багатофакторної регресії; ε - випадкова похибка регресії.

Для обчислення чи корегування параметрів математичної моделі (10) використовується метод найменших квадратів. Для цього використовується вибірка з n спостережень за об'єктом і на основі цих даних обчислюються параметри математичної моделі, як параметри багатофакторної лінійної регресії. На основі результатів вибірки отримуємо n рівнянь:

$$\begin{aligned} y_1 &= a_0 + a_1 \cdot t_1 + a_2 \cdot T_1 + a_3 \cdot V_1 + a_4 \cdot K_1 + a_5 \cdot t_1^2 + a_6 \cdot T_1^2 + a_7 \cdot V_1^2 + a_8 \cdot K_1^2 + a_9 \cdot Tb_1 + \\ &\quad a_{10} \cdot Tk_1 + \varepsilon_1 \\ y_2 &= a_0 + a_1 \cdot t_2 + a_2 \cdot T_2 + a_3 \cdot V_2 + a_4 \cdot K_2 + a_5 \cdot t_2^2 + a_6 \cdot T_2^2 + a_7 \cdot V_2^2 + a_8 \cdot K_2^2 + a_9 \cdot Tb_2 + a_{10} \cdot Tk_2 \\ &\quad + \varepsilon_2 \\ &\dots \\ y_n &= a_0 + a_1 \cdot t_n + a_2 \cdot T_n + a_3 \cdot V_n + a_4 \cdot K_n + a_5 \cdot t_n^2 + a_6 \cdot T_n^2 + a_7 \cdot V_n^2 + a_8 \cdot K_n^2 + a_9 \cdot Tb_n + \\ &\quad a_{10} \cdot Tk_n + \varepsilon_n \end{aligned} \quad (11)$$

де t_i ; T_i ; ... T_{k_i} – значення факторів i -го спостереження вибірки;

y_i – несучіть i -го спостереження вибірки; ε_i – випадкова похибка i -го спостереження вибірки.

Аналіз багатофакторної регресії проводився при представленні даних у матричному вигляді. Для цього визначалися наступні вектори та матриці:

- Вектор спостережень Y за несучістю, де y_i – значення несучості i -го спостереження вибірки;
- Вектор невідомих параметрів регресії A , де a – невідомий p -й параметр багатофакторної регресії.
- Матриця спостережень за факторами регресії X , де x_{np} – значення p фактора в n -ій вибірці.
- Вектор випадкових похибок E , де ε_n – випадкова похибка n -го спостереження.

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_p \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}$$

Враховуючи введені вектори та матрицю, система рівнянь (11) у матричному вигляді запишеться наступним виразом:

$$Y = X \cdot A + E \quad (12)$$

Невідомі параметри багатофакторної регресії обчислені методом найменших квадратів, відображаються наступним виразом, представленим у матричній формі:

$$A = (X'X)^{-1} \cdot Y, \quad (13)$$

де X' - транспонована матриця до матриці X ; $(X'X)^{-1}$ – зворотня матриця до матриці $X'X$.

Спостереження в запропонованій системі адаптації здійснювалися один раз на добу.

В системі адаптації приймається $n = 2 \cdot p$, де n – кількість спостережень у вибірці; p – кількість факторів регресії.

Алгоритм процесу адаптації відображений на рис 1. Алгоритм адаптації реалізований на ПЕОМ. Основна програма розроблена в середовищі програмування Visual Fox Pro 6.0. Обчислюваний блок реалізований в математичному процесорі Math Cad. Виклик обчислювального блоку здійснюється з основної програми автоматично.

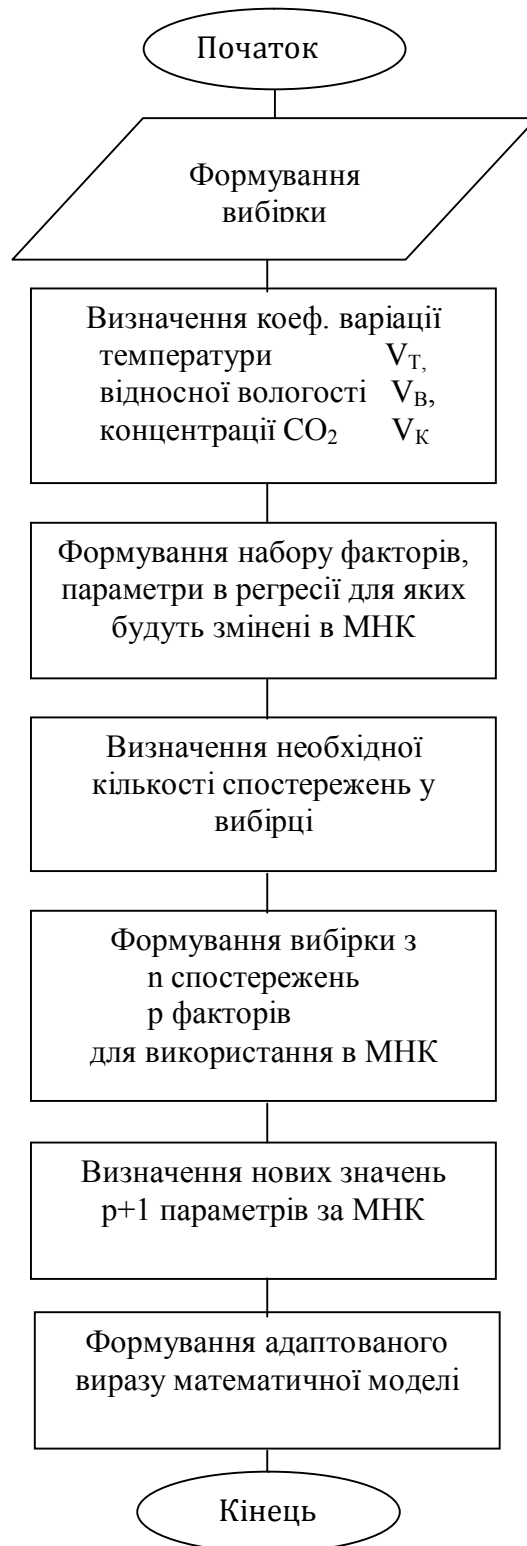


Рис. 1 Алгоритм адаптації математичної моделі процесу виробництва яєць.

Після одержання нових значень параметрів регресії здійснювалась перевірка математичної моделі на адекватність за F-критерієм Фішера (з 5% рівнем помилки). Якщо обчислене значення F перевищує критичне (з таблиці F-розподілу) $F > F_{кр}$, то модель приймається адекватною об'єкту дослідження.

В четвертому розділі розглянуті питання оптимізації параметрів мікроклімату у промисловому пташнику. Для оцінки функціонування

промислового пташника враховувалися продуктивність птиці, вартість енерговитрат, прибуток підприємства. Усі ці величини, взаємопов'язані між собою. Виходячи з того, що об'єкт управління - промисловий пташник функціонує у ринкових умовах, основним економічним показником ефективності роботи є його прибуток P . Його вибираємо як функцію мети в задачі оптимізації. Серед факторів, що визначають прибуток ПП, у відповідності до напрямку досліджень, ми враховуємо наступні параметри мікроклімату: температуру, відносну вологість та концентрацію CO_2 у повітрі. Усі інші фактори, що впливають на продуктивність у даному дослідженні не враховуються (раціони годівлі, освітлення, рівень промислових шумів). Продуктивність птиці визначається виразом (9).

Прибуток промислового пташника обчислюється як різниця між доходами та витратами:

$$P = N \cdot Y \cdot Pr - E - C, \quad (14)$$

де Y – несучість птиці, шт./гол.; N – кількість птиці у пташнику, гол.; Pr – оптова ціна яйця, грн.; E – енерговитрати на забезпечення заданого мікроклімату у пташнику, грн.; C – коефіцієнт, що враховує інші витрати, що не корелюють з параметрами мікроклімату (витрати на зарплату, корми, транспортні витрати та ін.).

При пошуку максимуму функції мети враховувалось ряд обмежень:

- продуктивність птиці Y не можна понижувати нижче певного рівня Y_{\min} , що визначається мінімальними поставками, передбаченими договірними зобов'язаннями: $Y > Y_{\min}$.
- величина вентиляції L_v не повинна перевищувати критичного рівня L_{\max} , за яким може виникнути застуда птиці: $L_v < L_{\max}$
- концентрація CO_2 не повинна перевищувати критично-допустиме значення $K < K_{\text{кр}}$.

Задача оптимізації мікроклімату у ПП зводиться до пошуку параметрів мікроклімату, при яких буде максимальним прибуток. Функція мети разом з обмеженнями утворює оптимізаційну модель.

При виборі методу оптимізації враховуються наступні фактори:

- оптимізація проводиться з використанням ЕОМ;
- оптимізаційна модель є багатофакторною;
- функція мети оптимізаційної моделі є нелінійною функцією своїх аргументів – параметрів мікроклімату ПП;
- параметри оптимізаційної моделі не є постійними в часі.

Виходячи з того, що функція мети (14) є багатофакторною та в оптимізаційну модель входять нерівності-обмеження, серед методів нелінійного програмування доцільно вибрати метод невизначених множників Лагранжа.

При пошуку оптимальних параметрів мікроклімату ПП слід врахувати усі фактори $f_1 \dots f_n$, що діють на оптимізаційну модель та знайти аналітичну залежність функції мети $P(f_1 \dots f_n)$ від цих факторів. Необхідно також аналітично виразити вплив факторів $f_1 \dots f_n$ на вирази-обмеження .

Оскільки для регулювання мікроклімату ПП використовуються система підігріву та система вентиляції, то енерговитрати E у виразі (14) мають 2 складові:

$$E = E_T + E_B,$$

де E_T – енерговитрати на забезпечення заданої температури у пташнику (системи підігріву);

E_B – енерговитрати на забезпечення заданої відносної вологості та концентрації шкідливих газів

Визначення енерговитрат системи обігріву базується на балансі теплових потоків пташника:

$$Q_p + Q_{ven_vx} + Q_{el_pr} + Q_{gas} = Q_{og} + Q_{ven_vyx} + Q_{posl}$$

де Q_p – теплота, що виділяється птицею, Дж/год;

Q_{ven_vx} – теплота, що вноситься у пташник вентиляльованим повітрям, Дж/год;

Q_{el_pr} – теплота електричних приладів ПП, Дж/год;

Q_{gas} – теплота системи підігріву, Дж/год;

Q_{og} – теплота, що виноситься з пташника через огорожувальні конструкції, Дж/год;

Q_{ven_vyx} – теплота, що виноситься з пташника вентиляльованим повітрям, Дж/год;

Q_{posl} – теплота, що виноситься з пташника з послідом, Дж/год.

Кількість теплоти, що виноситься з пташника, залежить від теплоізоляційних характеристик приміщення, площі стін та даху та різниці температур у пташнику та зовнішнього середовища:

$$Q_{og} = C_T (T - T_z), \quad (15)$$

де C_T – коефіцієнт теплоізоляції пташника, що враховує його теплопровідність та площу, через яку віддається тепло, Дж/°С · год; T – температура повітря у пташнику, °С; T_z – температура зовнішнього повітря, °С.

Кількість теплоти, що виноситься повітрям вентиляції з пташника у зовнішнє середовище, визначається виразом:

$$Q_{ven} = Q_{ven_vyx} - Q_{ven_vx} = 0,278 \cdot \rho \cdot L_B \cdot C_p \cdot (T - T_z), \quad (16)$$

де ρ – густина повітря, кг/м³; C_p – питома теплоємність повітря, кДж/кг · °С; L_B – кількість вентиляльованого повітря, м³/год; T – температура повітря у пташнику, °С; T_z – температура повітря зовнішнього середовища, °С.

Кількість теплоти Q_p , що виділяється птицею у пташнику визначається виразом :

$$Q_p = K \cdot M \cdot q \cdot N, \quad (17)$$

де K – температурний коефіцієнт; M – середня вага птиці, кг; q – питома кількість виділеної теплоти живої маси птиці, Вт/кг; N – кількість птиці у пташнику, гол.

Вартість енерговитрат на обігрів пташника E_T становить:

$$E_T = C_T \cdot P_{r1} \cdot Q_{ob}, \quad (18)$$

де P_{r1} – вартість 1 кДж теплоти, що утворюється паливом, що використовується котельнею птахофабрики; C_T – коефіцієнт пропорційності.

Таким чином, вартість тепла, що витрачається на обігрів пташника, відповідно з виразами (15)- (18) :

$$E_T = 24 \cdot P_{r1} \cdot (C_T (T - T_z) + 280,8 \cdot (1,205 - 0,004 (T - 20)) \cdot L_B \cdot (T - T_z) -$$

$$- 1,857 \cdot (0,76+0,015 T) \cdot 10^4 \cdot N) \text{ грн./год.} \quad (19)$$

Виведена формула кількості вентилязованого повітря L_B для досягнення заданої вологості B у пташнику:

$$L_B = \frac{65,8 \cdot (64 + T) \cdot N}{(0,17T^2 + 2,58T + 32,6) \cdot B - (0,17T_z^2 + 2,58T_z + 32,6) \cdot B_z} \text{ м}^3/\text{год} \quad (20)$$

де T – температура повітря у пташнику, °С; T_z – температура повітря зовнішнього середовища, °С; B – відносна вологість повітря, %. B_z – відносна вологість повітря зовнішнього середовища, %. m_i – кількість води, що виділяється птицею з 1 кг живої ваги, кг/год; N – кількість птиці у пташнику, гол.

Одержано аналітичний вираз необхідної кількості вентилязованого повітря L_{BK} (м³/год) для досягнення заданої концентрації вуглекислого газу у пташнику з клітковим утриманням птиці.

$$L_{BK} = \frac{(0,011T + 0,824) \cdot 0,17 \cdot N}{K - 0,035} \quad (21)$$

де T – температура повітря у пташнику, °С;

N – кількість птиці у пташнику, гол;

K – концентрація вуглекислого газу в повітрі пташника, %;

K_z – концентрація вуглекислого газу в повітрі навколишнього середовища, %.

З математичної точки зору, ми маємо лише 2 незалежних фактори керування. Очевидно, що система вентиляції одночасно визначає відносну вологість та концентрацію CO_2 у пташнику, тобто величини B та K є взаємозалежними і надалі незалежними змінними в оптимізаційній моделі слід вважати температуру T та відносну вологість B повітря пташника.

Врахувавши усі складові функції мети та нерівностей-обмежень, оптимізаційна модель визначається наступними складовими:

$$L_B = \frac{65,8 \cdot (64 + T) \cdot N}{(0,17T^2 + 2,58T + 32,6) \cdot B - (0,17T_z^2 + 2,58T_z + 32,6) \cdot B_z}$$

$$K = 0,035 + \frac{0,17 \cdot (0,011T + 0,824) \cdot N}{L_B}$$

$$E_T = 24 \cdot P_{r1} \cdot (C_T \cdot (T - T_z) + 280,8 \cdot (1,205 - 0,004 \cdot (T - 20)) \cdot L_B \cdot (T - T_z) - 1,857 \cdot (0,76 + 0,015 T) \cdot 10^4 \cdot N)$$

$$E_B = 24 \cdot \frac{P_{ven}}{S} \cdot Tar_{el} \cdot L_B$$

$$Y = A_0 + A_1 \cdot (t - t_0)^2 + A_2 \cdot (T - T_0)^2 + A_3 \cdot (B - B_0)^2 + A_4 \cdot (K - K_0)^2 + A_5 \cdot TB + A_6 \cdot T \cdot K$$

$$P = N \cdot Pr \cdot Ya - E_T - E_B \rightarrow \max$$

(22)

$$Y > Y_{\min}$$

$$K < 0,18$$

$$E_T \geq 0$$

де Y – несучість птиці, шт./гол; t – вік птиці, дні; T – температура повітря у пташнику, °C; B – відносна вологість повітря у пташнику, %; K – концентрація вуглекислого газу у повітрі пташника, %; T_z – температура зовнішнього повітря, °C; B_z – відносна вологість зовнішнього повітря, %; N – кількість птиці у пташнику, гол; L_B – кількість вентилязованого повітря, м³/год.; E_T – вартість витрат на обігрів пташника, грн./добу; E_B – вартість витрат на вентиляцію пташника, грн./добу; P_{T1} – вартість 1 Дж теплоти, що утворюється паливом, що використовується для опалення; P_{ven} – потужність вентиляторів, кВт; S – продуктивність вентиляторів, м³/год; Tar_{el} – тариф за електроенергію, грн./кВт год.; P_r – відпускна ціна яйця, грн./шт.;

Розроблено алгоритм пошуку розв'язку (22) методом невизначених множників Лагранжа. Алгоритм реалізований на ПЕОМ з використанням програми Mathcad Professional 2000 .

Система управління мікрокліматом у промисловому пташнику реалізована як комплексна програма на ЕОМ. Основна програма, що запускається при ініціалізації програми, має меню, за допомогою якого вибирається конкретне завдання, яке повинно бути виконано. Для усіх установок програма зберігає “історію”, тобто фіксується дата та значення проведених змін. Це дозволяє одержувати чи аналізувати динаміку змін будь-якого параметра програми. Внесення значень установок здійснюється при встановленні програми. Програма визначає також адекватність моделі.

Результатом виконання програми є нові скореговані параметри математичної моделі ПП.

В п'ятому розділі проводилась економічна оцінка ефективності та виробничі випробування автоматизованої енергозберігаючої системи керування виробництвом у промисловому пташнику (АЕСК).

Метою проведення випробувань було:

- перевірка адекватності адаптивної математичної моделі;
- визначення зниження витрат енергоносіїв при використанні АЕСК;
- визначення економічної ефективності впровадження АЕСК;
- перевірка надійності роботи АЕСК.

Впровадження і виробничі випробування системи здійснювались на підприємстві “Птахофабрика Тернопільська” у 2006 р.

Середньомісячний ефект впровадження ОСУ становить 0,014 грн/шт. За 4 місяці економічний ефект впровадження ОСУ на одному пташнику становив 5245 грн. 75 коп. Враховуючи те, що щорічний обсяг продукції птахофабрики становить близько 120 млн. шт. яець, то економічний ефект впровадження ОСУ у всіх пташниках підприємства прогнозовано становить 250 тис. грн.

Основні висновки

1. За підсумками аналізу літературних джерел встановлено, найбільший вплив на несучість птиці мають температура, освітленість, відносна вологість і концентрація вуглекислого газу та аміаку повітря приміщення промислового пташника. Режими освітлення птиці для досягнення максимальної продуктивності птиці достатньо добре вивчені та реалізовані у більшості

технологічних процесів промислового виробництва яєць. Тому в розробленій системі підтримання мікроклімату вирішувались питання визначення та підтримки оптимальних величин температури, відносної вологості та концентрації шкідливих газів у зоні утримання птиці.

2. Одержано докази, що існуючі технологічні системи не відповідають вимогам отримання максимального прибутку підприємства, оскільки підтримують задані параметри мікроклімату без врахування ефективності процесу виробництва яєць в цілому. На опалення та вентиляцію пташника витрачається 70-80% енергоресурсів. Підтримання неоптимальних величин мікроклімату призводить до зменшення продуктивності птиці, збільшення енерговитрат та як результат – зниження прибутку підприємства.

3. Дослідження дозволили визначити закономірності і суттєвий вплив параметрів мікроклімату промислового пташника та змін зовнішніх факторів (температури та відносної вологості повітря) на продуктивність птиці та собівартість продукції.

4. Визначено динамічні значення параметрів адаптивної математичної моделі процесу промислового виробництва яєць. Обґрунтовано використання полінома 2 степеня для виразу несучості як функції віку птиці, температури, відносної вологості та концентрації CO_2 . Визначено стартові параметри математичної моделі.

5. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення адаптації параметрів математичної моделі. Математична модель враховує нелінійність залежності продуктивності птиці від параметрів мікроклімату та віку птиці. Для визначення параметрів математичної моделі використано метод найменших квадратів у матричній формі. Здійснена перевірка математичної моделі на адекватність за F-критерієм Фішера з рівнем довіри 95%.

6. Критерієм оптимальності мікроклімату пташника в розробленій системі вибрано максимальний прибуток підприємства на основі мінімально-допустимих витрат енергоносіїв. Для цього розроблена оптимізаційна задача роботи підприємства з використанням адаптивної математичної моделі. Обґрунтовано використання методу невизначених множників Лагранжа для розв'язку задачі оптимізації. Враховано як економічні, так і технологічні параметри процесу виробництва яєць, біологічні властивості об'єкта управління та кон'юнктуру ринку.

7. Встановлено взаємозалежність між факторами впливу відносної вологості та концентрації CO_2 . Це дозволило зменшити кількість факторів в оптимізаційній задачі.

8. Енергозберігаюча система сформована на основі розробленого алгоритму розв'язку задачі оптимізації та програмного забезпечення її реалізації з використанням програм: Microsoft Visual FoxPro 6.0; Microsoft Visual C++ 7.0; Mathcad 2000 Professional. Розроблена структура бази даних для зберігання величин факторів впливу та параметрів об'єкта управління. Розроблена система дозволяє здійснювати моніторинг та аналіз статистичних значень мікроклімату пташника, величин температури та відносної вологості зовнішнього середовища,

використання енергоносіїв, продуктивності птиці та прибуток підприємства. За результатами впровадження системи встановлено, що оптимальні величини мікроклімату відрізняються від величин, що передбачає існуючий технологічний процес: температура – на 1,5-2°С; відносна вологість на 3-10%.

9. Впровадження енергозберігаючої системи управління дозволяє збільшити прибуток підприємства та досягти зниження енергетичних витрат: на вентиляцію – на 10%; на газ – на 20%.

10. Економічна ефективність досягається тільки після упорядкування режимів роботи технологічних установок і агрегатів, та впровадження АСУВ з адаптивним алгоритмом. Це підтверджено виробничими випробувань системи на пташнику «птахофабрика Тернопільська». Річний економічний ефект впровадження системи на підприємстві становить 250 тис. грн. (у цінах 2006р.), з яких 80% за рахунок зниження енергетичних витрат. Термін окупності системи становить близько 2-х місяців.

Список опублікованих праць за темою дисертації, участь автора у співавторстві.

1. Лисенко В. П. Інтеграція засобів математичного процесора MathCad з програмами автоматизації виробничих процесів промислового пташника / В. П. Лисенко, М. О. Русиняк, І. А. Семенген // Аграрна наука і освіта. Том 3 – №3-4 – 2002 К. – С.100-103.

(автору належать основні ідеї інтеграції різних програмних продуктів).

2. Лисенко В. П. Адаптивна математична модель процесу виробництва яєць / В. П. Лисенко, М. О. Русиняк // Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип.60, – 2003. – С. 228-238.

(автор аргументував вибір математичного виразу моделі та алгоритм визначення її параметрів).

3. Лисенко В. П. Розробка алгоритму визначення оптимальних параметрів мікроклімату в промисловому пташнику / В. П. Лисенко, М. О. Русиняк // Аграрна наука і освіта. Том 4 №3-4 – 2003 – С. 92-97.

(автору належать основні ідеї при розробці алгоритму визначення оптимальних параметрів мікроклімату).

4. Лисенко В. П. Використання методу Лагранжа для визначення оптимальних параметрів мікроклімату в промисловому пташнику / В. П. Лисенко, М. О. Русиняк // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. №10 – 2004 – С. 75-83.

(автору належить ідея використання методу невизначених множників Лагранжа).

5. Лисенко В. П. Аналіз традиційних систем управління мікрокліматом пташників. Способи зниження енергетичних затрат та підвищення ефективності роботи птахофабрик яєчного напрямку / В. П. Лисенко, Б. Л. Головінський, М. О. Русиняк // Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип.118, – 2008. – С. 174-181.

(автором розроблено алгоритм оптимізації, результатом якого є енергозбереження).

6. Русиняк М.О. Енергозбереження при використанні адаптивних математичних моделей / М.О.Русиняк // Матеріали дванадцятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя (м.Тернопіль 14-15 травня 2008р.) Тернопіль ТДТУ, – 2008 – 370с. – с.15.

7. Русиняк М.О. Енергозбереження при використанні системи управління мікрокліматом у промисловому пташнику / М.О. Русиняк, О.В. Калатало // Наукові дослідження – теорія та експеримент 2010: Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції, м.Полтава, 17-19 травня 2010р.: – Полтава: Вид-во «ІнтерГрафіка», – 2010. – Т.5. – 108с.

(автору належать основні ідеї розробки та використання автоматизованої системи управління).

АНОТАЦІЯ

Русиняк М.О. Автоматизована енергозберігаюча система керування виробництвом у промисловому пташнику.-Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 - Автоматизація процесів керування. - Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2011.

Дисертація спрямована на вирішення актуальної наукової і технічної проблеми автоматизації управління виробництва яєць у промисловому пташнику. На підставі аналізу процесів енергоспоживання обґрунтовано напрями енергозбереження та підвищення ефективності у технологічних процесах виробництва яєць з використанням автоматизованої системи керування мікрокліматом промислового пташника. Розроблено адаптивну математичну модель процесу виробництва яєць. В дисертації розглянуті питання підвищення ефективності виробництва за рахунок встановлення оптимальних параметрів мікроклімату. Розроблено алгоритм управління та апаратний склад програмно-технічного комплексу, на основі об'єктно-орієнтованих інформаційних технологій. Проведені лабораторно - виробничі випробовування системи показали її працездатність, а розрахунковий термін окупності капітальних вкладень складає 4 місяці.

Ключові слова: енергозбереження, автоматизація, адаптація, управління, технологічні процеси, моделі, алгоритми, оптимізація.

АННОТАЦИЯ

Русиняк М.О. Автоматизированная энергосохраняющая система управления производством в промышленном птичнике.-Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - Автоматизация процессов управления.- Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины, Киев, 2011.

Диссертация направлена на решение актуальной научной и технической проблемы автоматизации управления производства яиц в промышленном птичнике. На основании анализа процессов энергопотребления обосновано направления энергосохранения и повышения эффективности в технологических

процессах производства яиц с использованием автоматизированной системы управления микроклиматом промышленного птичника. Разработано адаптивную математическую модель процесса производства яиц. В диссертации рассмотрены вопросы повышения эффективности производства за счет установки оптимальных параметров микроклимата. Разработано алгоритм управления и аппаратный состав программно-технического комплекса, на основе объектно-ориентированных информационных технологий. Проведенные лабораторные и производственные испытания системы показали ее работоспособность, а расчетный срок окупаемости капитальных вложений составил 4 месяца.

Ключевые слова: энергосохранение, автоматизация, адаптация, управление, технологические процессы, модели, алгоритмы, оптимизация.

SUMMARY

M.O. Rusynyak. Automation energy-saving system of production control at the poultry farm. – Manuscript.

Dissertation for the gaining of scientific degree of the candidate of technical sciences on specialty 05.13.07 – Automation of the controlling processes.- National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2011.

Dissertation is directed to solution of an actual scientific and engineering problem of automation of egg production control at the industrial poultry farm. On the basis of analyzing the energy using processes the ways of energy saving and efficiency increasing in the technological processes of egg production with the use of an automation microclimate control system of the industrial poultry farm are proved. An adaptive mathematical model of egg production process is elaborated. In this dissertation the problems of increasing of the production efficiency due to setting of optimum microclimate parameters are considered. An algorithm of controlling and hardware structure of program- engineering complex on the basis of object-oriented informative technologies are developed. The conducted lab-production tests of the system showed its capacity and the calculation term of recoupment of capital investments amounts to 4 months.

Key words: energy-saving, automation, adaptation, control, technological processes, models, algorithms, optimization.