

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ ЕАіЕ

_____ Каплун В.В.

“ ____ ” _____ 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри автоматики

та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

Протокол № 37 від 19.06.2020 р.

Завідувач кафедри

_____ Лисенко В.П.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**„Методи сучасного керування технологічними
процесами і виробництвами в енергетиці”**

напрямок

підготовки _____

спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізація _____

ННІ Енергетики, автоматики та енергозбереження

Розробник: _____ доц., к.пед.н. Лукін В.Є.

Київ – 2020 р.

1. Опис навчальної дисципліни
Методи сучасного керування технологічними процесами і
виробництвами в енергетиці
(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	<u>14 – «електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	
Напря́м підготовки	<u> </u>	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – вивчення методів сучасного керування технологічними процесами і виробництвами в енергетиці. В результаті вивчення курсу студенти повинні вміти розробляти аналітичні та експериментальні моделі статичних і динамічних об'єктів, проводити їх дослідження з використанням сучасних комп'ютерних інструментів.

Завданнями є:

- вивчення методів та оцінка їх адекватності технологічному процесу, який необхідно автоматизувати;
- вивчення сучасних засобів автоматизації специфічних технологічних процесів в енергетиці;
- засвоєння методів і засобів сучасного автоматизованого управління технологічними процесами і виробництвами в енергетиці.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- переваги отримані при автоматизації технологічних процесів і виробництв в енергетиці;
- види автоматизації в енергетиці;
- основні технологічні процеси в енергетиці, які потребують автоматизації;
- регулюючі впливи на об'єкти управління;
- особливості автоматизації в енергетиці;
- загальні характеристики об'єкта управління з регулюючими органами;
- характеристики і поняття випадкових процесів;
- технологічні і електричні схеми управління технологічними процесами;
- способи аналізу характеристик системи управління при випадкових збуреннях;
- типові структурні схеми систем автоматичного регулювання;

вміти:

- застосовувати набуті знання для конкретного проектування автоматизованого управління у різних галузевих напрямках;
- вибирати адекватні методи автоматизації технологічних процесів в енергетиці;
- вибирати й застосовувати технологічні і електричні схеми у технологічних процесах різного застосування.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для: повного терміну денної (заочної) форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1.												
Тема 1. Аналіз систем сучасного керування технологічними процесами. Автоматизовані системи сучасного керування технологічними процесами і диспетчерське управління.	24	2		2		10	8	2		2		4
Тема 2. Комп’ютерно-інтегровані системи керування підприємств і їх класифікація. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Mes – система. Система якості Epr система.	24	2		2		10	8	2		2		4
Тема 3. Роботизація та автоматизація виробництва. Технологічні об’єкти і поточні лінії. Програмне управління технологічними процесами	24	2		2		10	8	2		2		4
Тема 4. Автоматизоване управління в енергетиці. Поняття про більші системи управління в енергетиці. Принципи декомпозиції більших систем. Ієрархія математичних моделей. Ієрархія цілей і прийняття рішень. Організаційна ієрархія.	24	2		2		10	4					4

Тема 5. Об'єкти управління і автоматизації. Дискретні та безперервні об'єкти автоматизації. П'ять рівнів автоматизації виробництва і їхніх завдань. Модель об'єкта і модель керування.	24	2		2		10	4					4
Разом за змістовим модулем 1	70	10		10		50	20					20
Змістовий модуль 2.												
Тема 1. Методи управління. Методи ідентифікації об'єктів керування. Промислові комп'ютери і їх конструктивні і функціональні відмінності від персональних комп'ютерів.	24	2		2		10	6					6
Тема 2. ТЕС як об'єкт автоматизації. Структура системи автоматизації ТЕС. Склад і структура верхнього і нижнього рівнів системи.	24	2		2		20	10	2	2			6
Тема 3. Автоматизація технологічних процесів. Поняття АСУ ТП, її структура і функції. Склад АСУ ТП енергоблоку. Структурні схеми АСУ ТП енергоблоку. Функції АСУ ТП енергоблоку.	24	2		2		10	4					4
Тема 4. Система керування та захисту реактора: вимоги до системи СУЗ. Склад і структура АСР потужності реактора.	24	2		2		10	6					6
Тема 5. Вимірювальні канали детекторів. Автоматичний регулятор потужності	24	2		2		10	6					6

реактора. Механізми управління ядерних реакторів.												
Разом за змістовим модулем 2	80	10		10		60	28					28
Усього годин	150	20		20		110	48					48
Курсовий проект (робота) з _____ (якщо є в робочому навчальному плані)	15	-	-	-		-		-	-	-		-
Усього годин	165	20		20		110	48					48

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Принципи побудови систем управління теплотехнічних об'єктів	4
2	Структурні схеми систем	4
3	Ієрархія цілей та прийняття рішень	4
4	Схеми систем автоматизованого регулювання котлів і допоміжного обладнання	4
5	Характеристики функцій комп'ютерно-інтегрованих систем управління енергоблоків	4

7. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

Модуль 1. Перелік контрольних питань

1. Основні етапи розвитку і стану автоматизації технологічних процесів в енергетиці.
2. Переваги отримані при автоматизації технологічних процесів в енергетиці.
3. Особливості автоматизації в енергетиці.
4. Проблеми автоматизації технологічних процесів в енергетиці.
5. Основні виробничі процеси і об'єкти в енергетиці, які потребують автоматизації.
6. Класифікація технологічних процесів і операцій в енергетиці як об'єктів автоматизації.
7. У чому полягає автоматизація виробничих процесів?
8. Що собою представляє автоматична лінія (АЛ)? Які ви знаєте основні параметри (нормативи) АЛ?
9. Що називається промисловим роботом? Де їх використовують?
10. Що являє собою роботизований технологічний комплекс (РТК)? З чого він складається?
11. Для чого призначені локальні системи з числовим програмним управлінням?
12. Поясніть для чого використовують супервізорне управління.
13. Які переваги має супервізорне управління?
14. Які ви знаєте системи управління?
15. Що собою представляє локальна система контролю, регулювання і управління?
16. Що собою представляє система з прямим числовим управлінням?
17. Чим відрізняється система з прямим числовим управлінням від системи з супервізорним управлінням?
18. При якому числовому управлінні комп'ютер безпосередньо керує виконавчим механізмом?
19. Регулюючі впливи на об'єкти управління.
20. Принципи побудови автоматичних потокових ліній.
21. Закони автоматичного управління.
22. Способи регулювання потоків електроенергії за допомогою електричних, магнітних і електронних регуляторів.
23. Способи регулювання режимів роботи і захист електричних установок і технологічних агрегатів від ненормальних і аварійних режимів.
24. Загальні характеристики об'єкта управління з регулюючими органами.

25. Програмне автоматичне управління технологічними процесами.
26. Способи формування програмних управляючих впливів для регулювання параметрів технологічного процесу.
27. Використання управляючих обчислювальних машин в системах програмного управління.
28. Типові структурні схеми систем автоматичного регулювання.
29. Динамічні характеристики систем автоматичного регулювання.
30. Вибір регулятора для реалізації потрібного закону управління.
31. Вплив динамічних характеристик об'єкта управління і елементів регулятора на динаміку позиційного регулювання.
32. Вимоги до функціональних і принципових електричних схем автоматизації.

Модуль 2. Перелік контрольних питань

1. Методи управління.
2. Пристрій і робота програмувального контролера.
3. Методи ідентифікації об'єктів керування.
4. Промислові комп'ютери і їх конструктивні і функціональні відмінності від персональних комп'ютерів.
5. Три типи технологічного середовища.
6. Зв'язок методів керування типами середовища.
7. Методи програмування керуючих пристроїв.
8. П'ять типів числового програмного керування.
9. ТЕС як об'єкт автоматизації..
10. Варіанти структури системи автоматизації ТЕС.
11. Структура системи автоматизації ТЕС.
12. Склад і структура верхнього і нижнього рівнів системи.
13. Способи створення системи автоматизації станції і етапи робіт.
14. Автоматизації технологічних процесів.
15. Поняття АСУ ТП, її структура і функції.
16. Склад АСУ ТП енергоблоку.
17. Структурні схеми АСУ ТП енергоблоку.
18. Функції АСУ ТП енергоблоку.
19. Сучасна інтегрована система управління
20. Способи регулювання подачі палива до пальників із проміжного бункера.
21. Технологічні комп'ютерні системи енергетичних об'єктів.
22. Регулювання рівня в барабані найпростішим пропорційним регулятором. Електронний регулятор живлення.
23. Система управління технологічними процесами.
24. Програмно-апаратні платформи.
25. Системи автоматичного управління технологічними процесами в котлах.
26. Основні задачі регулювання в котлах.
27. Властивості котла як об'єкта регулювання рівня води в барабані.

28. Система керування та захисту реактора: вимоги до системи СУЗ.
29. Склад і структура АСР потужності реактора.
30. Принципи виміру ядерного випромінювання.
31. Вимірювальні канали детекторів.
32. Автоматичний регулятор потужності реактора.
33. Механізми управління ядерних реакторів.

Варіант тестового завдання

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОТЕХНОЛОГІЙ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Кафедра Автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка
Дисципліна Методи сучасного керування технологічними процесами і виробництвами в енергетиці

Викладач доц. Лукін В.Є.

„Затверджую”: Завідувач кафедри _____ „____” _____ 2019 р.

ПАКЕТ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ Варіант № 1

Письмові питання:

1. Програмне автоматичне управління технологічними процесами.
2. Поняття АСУ ТП, її структура і функції.

Тести:

1. У класифікації функціональних моделей САУ ТП в залежності від способу їх побудови розрізняють:
1. Лінійні та нелінійні. 2. Теоретичні й експериментальні. 3. Аналогові й дискретні 4. Детерміновані й стохастичні
2. Критерій якості функціонування ще називають:
1. Параметром якості 2. Залежною змінною 3. Функціоналом якості 4. Системною якістю
3. Векторний критерій ефективності формулюється тоді, коли:
1. Застосовуються математичне моделювання. 2. Застосовуються графічні методи моделювання 3. Застосовуються аналітичні методи моделювання 4. Ставиться задача одержання декількох найкращих характеристик об'єкту проектування.

4. Вкажіть державний стандарт на програмну документацію, що стосується АСУ ТП

1. ТУ 23501.4- 79
2. ГОСТ 23501.4- 99
3. ГОСТ 23501.4- 79
4. ТУ 23501.4- 99

5. Методи та алгоритми проектних операцій і процедур аналізу призначені для:

1. Методичного аналізу системи
2. Автономного аналізу об'єкта проектування
3. Визначення якостей та працездатності об'єктів проектування
4. Лінгвістичного аналізу об'єкта проектування

6. В залежності від виду цільової функції F та обмежень на керовані параметри розрізняють:

1. Задачу методично-організаційного забезпечення САПР
2. Задачу нелінійного програмування
3. Задачу умовної оптимізації
4. Неправильний варіант 1 відповіді

7. Задача структурного синтезу полягає у:

1. Виборі принципу дії технічного об'єкту і у визначенні оптимальної структури об'єкту для реалізації заданої функції
2. Вивченні традиційних систем проектування
3. Математичному описі об'єкту проектування
4. Графічному зображенні підсистем

8. Програмне забезпечення в АСУ це:

1. Сукупність програм на машинних носіях
2. Сукупність програм на машинних носіях з необхідною програмною документацією, яка призначена для виконання АП
2. Сукупність програм на машинних носіях з вибірковою програмною документацією, яка призначена для виконання АП
4. Детальна програмна документація

3. Що означає аббревіатура ОПР?

1. Об'єкт підтримки рішень
2. Особа, що приймає рішення
3. Особа, що пропонує рішення
4. Особа, що передає рішення для подальшого їх ухвалення

10. Реактивність - вимога до програмного забезпечення САУ, яка означає:
1. Здатність функціонування на різноманітних технічних засобах
2. Забезпечення швидкого розв'язку задачі при орієнтації на конкретного користувача
3. Здатність легко видавати зміни, доповнення та виправлення в ПЗ при збереженні всієї системи в цілому
4. Пристосованість ПЗ САУ до функціонування в різноманітних умовах

8. Методи навчання

Методика навчання складається із трьох груп методів, а саме:

- 1) вербальні
- 2) наочні
- 3) практичні.

До першої групи відносяться лекційні години й семінарські (практичні) заняття, на яких студенти під керівництвом викладача ведуть цілеспрямовану дискусію стосовно наперед визначеної теми.

До другої й третьої груп відносяться виконання лабораторних робіт згідно конкретно заданої тематики й направленості, а також практичні роботи, пов'язані з конкретними обчислювальними процедурами курсової роботи (за індивідуальними чи загальними планами).

9. Форми контролю

Студенти магістратури денної форми навчання виконують в третьому семестрі модульні контрольні роботи після вивчення відповідних розділів дисциплін. Ці контрольні роботи виконуються за рахунок годин, що відведені на лекційні заняття. Тривалість контрольних робіт – 1 академічна година.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 20.02.2015 р. протокол № 6 з табл. 1.

Оцінка національна	Оцінка ЄКТС	Визначення оцінки ЄКТС	Рейтинг студента, бали
Відмінно	A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100
Добре	B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89
	C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81
Задовільно	D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 – 73
	E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63
Незадовільно	FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку)	35 – 59
	F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	01 – 34

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$.

11. Методичне забезпечення

1) Комп'ютерний клас (від 12 АРМ)

2) Програмне забезпечення:

- Додаток MathCad
- Додаток MathLab
- Додаток Excel
- Додаток SPSS

12. Рекомендована література

основна

1. Лисенко В.П., Головінський Б.Л., Голуб Б.Л., Руденський А.А. Методи і засоби сучасного автоматизованого управління. Навчальний посібник, - Київ, НАУ, 2007. – 76 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.:”Наука”, 1988. – 208 с.
3. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: Учебник. — М.: Наука. — 1988. — 380 с.
4. Мартыненко И.И., Головинский Б.Л., Лысенко В.Ф., Решетюк В.М. Источники экономической эффективности применения АСУТП на птицефабриках. – Журнал “Техника в сельском хозяйстве”, №1, 1989.
5. Осипенко В.В. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “Методи і засоби сучасного автоматизованого управління технологічними процесами” для студентів спеціальностей: “Автоматизоване управління технологічними процесами”; “Електрифікація і автоматизація сільського господарства”; “Енергетика сільськогосподарського виробництва”. Методичні вказівки / В.В. Осипенко, В.Л. Щербатюк. - К.: Вид. центр НУБіП України, 2014. – 32с.
6. Лисенко В.П., Головінський Б.Л., Руденський А.А., Шевченко М.М. Теорія автоматичного управління. Навчальний посібник. Київ, НАУ, 2003. – 109 с.
7. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике. 1 часть. — 4-е изд. / Д.Т. Письменный. — М.: Айрис-пресс, — 2004. — 288 с.
8. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике. 2 часть. — 2-е изд. / Д.Т. Письменный. — М.: Айрис-пресс, — 2005. — 256 с.
9. Згуровський М.З. Основи системного аналізу // М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. — К.: Видавнича група ВНУ, 2007. — 544 с.
10. Анфилов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
11. Мартиненко И. И., Тищенко Л. П. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. М., „Колос”, 1978.

Допоміжна

1. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. Посібник / В.В. Вітлінський. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
2. ГОСТ 34.003—90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 23 с.
3. Попов Э. В. и др. Статистические и динамические экспертные системы. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 336 с.
4. Сытник В. Ф., Еремина Н. В. Многоуровневые интегрированные автоматизированные системы управления в народном хозяйстве. — К.: Знание, 1987. — 16 с.

5. Федотов Н. Н., Венчковский Л. Б. Средства информационного обеспечения автоматизированных систем управления. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 192 с.
6. Ладанюк А. П. , Трегуб В. Г. , Ельперін І.В. , Цюцюра В. Д. Автоматизація технологічних процесів і виробництва харчової промисловості. — К: Аграрна освіта. — 2001. — 244 с.

13. Інформаційні ресурси

1. www.meta.ua - Пошуковий сайт.
2. <http://nubip.edu.ua/> - Головна сторінка НУБіП України.
3. <http://nubip.edu.ua/node/1376> - Кафедра АРС.
4. <http://elibrary.nubip.edu.ua> – електронна наукова бібліотека НУБіП України.
5. <http://energ.nauu.kiev.ua/> - Навчально-інформаційний портал ННІ енергетики
6. і автоматики
7. <http://www.nbuv.gov.ua/> - Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ.
- 8.

Методичні матеріали

КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ**

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ І АВТОМАТИКИ

**Кафедра автоматики та робототехнічних систем
ім. акад. І. І. Мартиненка**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи з дисципліни

МЕТОДИ І ЗАСОБИ СУЧАСНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

для студентів спеціальностей:

8.05020201 – “Автоматизоване управління технологічними процесами”

8.10010103 – “Електрифікація і автоматизація сільського господарства”

8.10010101 – “Енергетика сільськогосподарського виробництва”

Навчально-методичний посібник

Київ 2014

У навчально-методичному посібнику подано інформацію щодо виконання курсової роботи з навчальної дисципліни “Методи і засоби сучасного автоматизованого управління технологічними процесами”. Викладено необхідні теоретичні положення стосовно предмету, порядок виконання досліджень у рамках курсової роботи, вимоги до їх виконання та аналізу результатів. Посібник містить також приклад виконання курсової роботи.

Навчально-методичний посібник призначений для використання при підготовці фахівців спеціальностей:

8.05020201 – “Автоматизоване управління технологічними процесами”

8.10010103 – “Електрифікація і автоматизація сільського господарства”

8.10010101 – “Енергетика сільськогосподарського виробництва”

Рекомендовано до видання вченою радою Навчально-наукового інституту енергетики і автоматики Національного університету біоресурсів і природокористування України. Протокол № ____ від «__» _____ 2014 р.

Розглянуто на засіданні кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка. Протокол № 9 від 22 січня 2014 р.

Укладачі: В. В. Осипенко, кандидат технічних наук, доцент

В. Л. Щербатюк, кандидат технічних наук, старший викладач

Рецензенти:

Степашко В. С. – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій і систем Національної академії наук та Міністерства освіти і науки України;

Мірошник В. О. – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка НУБіП України.

Навчально-методичне видання

МЕТОДИ І ЗАСОБИ СУЧАСНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсової роботи студентами спеціальностей:

8.05020201 – “Автоматизоване управління технологічними процесами”

8.10010103 – “Електрифікація і автоматизація сільського господарства”

8.10010101 – “Енергетика сільськогосподарського виробництва”

Укладачі: Осипенко Володимир Васильович, Щербатюк Вадим Леонідович

Підписано до друку хх.хх.2014 Ум. друк. арк. 2,3 Наклад 25 прим.	Формат 60×84 1/16 Обл. вид. арк. 2,4 Зам. №
Видавничий центр НУБіП України, 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15	Зав. видавничим центром НУБіП А. П. Колесніков За редакцією укладачів

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Цілі та завдання курсової роботи	4
2. Структура і зміст курсової роботи	5
3. Вказівки щодо виконання курсової роботи	6
4. Рекомендації з виконання курсової роботи. Приклад	7
5. Організація виконання і захист курсової роботи	27
6. Список літератури	30
ДОДАТОК А	31
ДОДАТОК Б	32

ВСТУП

Управління технологічними процесами в сільському господарстві зводиться до управління параметрами, що забезпечують найбільш ефективну життєдіяльність біологічних об'єктів в кінцевому результаті з економічної точки зору. Метою такого управління є оптимізація показників ефективності життєдіяльності біологічних об'єктів (біооб'єктів).

При підготовці до вирощування біооб'єктів та в процесі їхнього утримання, який для різних об'єктів може тривати від місяця до кількох років, часткових показників ефективності є дуже багато. Але основними вважаються такі [1]:

1. Показники умов існування, які б не дали можливості біооб'єкту загинути незалежно від зміни зовнішніх збурень, або забезпечити найменший відсоток втрат окремих, найменш витривалих, його представників.

2. Продуктивність біооб'єкта за час його утримання.

3. Витрати матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів на утримання біооб'єкта.

4. Показники якості отриманої продукції.

1. ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Метою курсової роботи (КР) є закріплення і поглиблення знань з дисципліни «Методи і засоби сучасного автоматизованого управління технологічними об'єктами» і практичне опанування методів аналізу і моделювання технологічних процесів у автоматизованих системах управління в промисловому сільськогосподарському виробництві.

Основними завданнями виконання КР є:

- засвоєння та практичне застосування теоретичного матеріалу курсу згідно з [1], а також бібліографічних джерел, наведених в кінці цього посібника;
- опанування математичного апарату та апарату математичної статистики з позицій практичного моделювання процесів в аграрному секторі економіки;
- розвиток творчого мислення і самостійності при вирішенні завдань моделювання в автоматизованих системах управління;
- набуття навичок роботи з довідковою і технічною літературою;
- придбання і поглиблення навичок роботи з математичними пакетами прикладних програм класу MathCad, MathLab тощо.

2. СТРУКТУРА І ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Зміст основних розділів КР визначається завданням (Додаток В). Завдання видається кожному студентові на першому консультаційному занятті. Оформлення студентом бланка завдання на КР є для викладача інформацією про те, що студент приступив до виконання КР.

Структура і зміст КР є наступними:

Титульний аркуш (див. додаток А).

Завдання на курсову роботу (див. додаток Б).

Реферат

Зміст

Вступ

Розділ 1

...

Розділ N

Висновки

Список використаних джерел

Додатки (при необхідності)

Залежно від конкретного варіанту завдання, у пояснювальній записці (ПЗ) можуть бути введені додаткові розділи або деякі можуть бути виключені з даного переліку. Структура і зміст ПЗ визначається викладачем.

Об'єм пояснювальної записки повинен становити 25-35 аркушів формату А4.

При необхідності всі креслення можна виконати окремо на аркушах формату А3. Усі схеми та графіки необхідно навести у ПЗ.

3. ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

При виконанні КР необхідно послідовно розробляти основні розділи ПЗ, використовуючи літературу, що рекомендується, а також ці методичні вказівки.

У вступі слід відобразити суть предмету «Методи і засоби сучасного автоматизованого управління технологічними об'єктами» і його застосування в різних галузях сільськогосподарського виробництва; вказати мету і основні завдання КР. Наповнення розділів 1–N наведено у вигляді прикладу в наступному параграфі цього посібника.

Висновок повинен містити стислу оцінку отриманих результатів в цілому, з точки зору відповідності їх завданню, порівняння результатів розрахунків, проведених у різних розділах ПЗ.

У додатках поміщають тексти програм для ЕОМ (якщо це необхідно), які були створені та використані при виконанні КР, а також роздрукунок з результатами реального виконання цих програм; блок-схеми (якщо вони не були поміщені в тексті записки пояснення) тощо.

Літературні джерела, використані при виконанні КР, заносяться у список. Джерела в списку слід розташовувати у порядку черговості посилань на них.

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ. ПРИКЛАД

У цьому параграфі навчально-методичного посібника наведено теоретичні основи для виконання певного варіанту КР, а також рекомендоване наповнення основних її розділів, спираючись на навчальний посібник [1].

4.1. Задачі управління процесами виробництва продукції сільського господарства

Згідно з [1], кількісно показники ефективності найчастіше подаються у вигляді певних функціоналів:

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, u) dt, \quad (1)$$

де $f(x, u)$ – функція, яка залежить від стану об’єкта (x) і прийнятого рішення щодо управління процесом (u) за весь час його утримання від початку (t_n) до закінчення технологічного процесу (t_k).

Дискретні аналоги показників ефективності мають вигляд суми:

$$I = \sum_{k=1}^n f_k(x, y), \quad (2)$$

де k – дискретний параметр часу.

Такими показниками якості виробництва сільськогосподарської продукції можуть бути схарактеризовані досягнення максимуму продуктивності біоб’єктів з урахуванням їх якості, зведення до мінімуму того чи іншого виду витрат на утримання тощо.

Деякі показники ефективності можна подати у вигляді обмежень на стан біоб’єкта. Так, неможливість загибелі біоб’єкта подається заданою, дуже малою ймовірністю перебування його в пограничних зонах, якщо відомо, що при досягненні границі біоб’єкт уже гине.

Прийняття рішень для управління умовами утримання біологічних об'єктів за допомогою розглянутих показників ефективності в сільському господарстві є складною задачею. Стан біоб'єкта є результатом не лише детермінованих дій, а залежить від випадкових збурень, обумовлених, наприклад, метеоумовами, які не можуть бути передбаченими зі значним упередженням і точно визначеними. Таким чином, слід приймати рішення для управління в умовах невизначеності. Тому такий показник ефективності залежить ще й від випадкових чинників:

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, y, u) dt, \quad (3)$$

де u – невизначені умови або чинники.

У цьому випадку задача знаходження оптимального рішення для управління умовами утримання біологічних об'єктів формулюється так.

При заданому стані x з врахуванням невідомих факторів u знайти таке управління u , яке б за можливості звело до максимуму показник ефективності процесу I . Очевидно, що застереження “за можливості” зараховує наше завдання уже в клас стохастичних задач, в яких вибір рішення здійснюється в умовах невизначеності та зашумленості.

У зв'язку з тим, що невизначеності в сільському господарстві є до певної міри зрештою статистично окреслені, тривіальний розв'язок таких задач може бути зведений до знаходження елементарного математичного сподівання показника якості.

Якщо врахувати всі перелічені вище показники якості при управлінні процесом утримання біологічних об'єктів, то задачу управління слід розглядати як багатокритеріальну оптимізаційну задачу, що значно ускладнює її розв'язок.

Тому найбільш прийнятним буде єдиний критерій, який максимізує прибуток, що складається з різниці вартості отриманої продукції і вартості основних витрат на її виготовлення, враховуючи невизначеність стану об'єкта.

Сучасні технології виробництва продукції сільськогосподарства здійснюються або в природних умовах, або в спеціальних приміщеннях, оснащених технічним обладнанням та відповідними системами управління.

Промислове виробництво передбачає утримання біологічних об'єктів у приміщеннях з обладнанням, яке здатне здебільшого компенсувати вплив зовнішніх природних збурень на технічний об'єкт. Враховуючи, що найвища продуктивність біологічних об'єктів має місце при певних *комфортних умовах*, задачі управління за умов промислового виробництва сільськогосподарської продукції зводились до стабілізації окремих технологічних параметрів. Такому алгоритму функціонування сприяла також досить низька вартість енергоресурсів ще в недалекому минулому. Конструкції виконавчих механізмів та їх потужності в сучасних технічних об'єктах, що застосовуються за умов промислового виробництва сільськогосподарської продукції, не спроможні компенсувати всі річні збурення. Тому ймовірність загибелі об'єктів і в цьому випадку існує, але її значення становить приблизно 0,002-0,004, що на два порядки нижче, ніж при виробництві в природних умовах.

Для створення системи управління, яка здатна була б реалізувати алгоритм функціонування об'єкта за критерієм величини прибутку від отриманої продукції, прийняття рішень слід виконувати залежно від фізичного стану біологічного об'єкта.

Визначене управління можна здійснювати на основі розв'язку таких задач:

- на базі фізіологічних основ виробництва продукції рослинного або тваринного походження створити фізичну і/або математичну модель зміни станів біологічного об'єкта залежно від впливу збурень і управлінь;
- розробити алгоритм ухвалення раціональних рішень для управління процесом утримання біооб'єкта;
- створити базу даних для розпізнавання зовнішніх збурень та можливих варіантів управління при дії таких збурень;

- розробити програмне забезпечення для роботи з базою даних і прийняття раціональних управляючих дій;

- провести вибір технічних засобів для реалізації прийнятих рішень.

4.2. Приклад виконання курсової роботи

Завдання на проектування:

Табл. 1. Значення температури в м. Києві за січень 2005 р.

Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C
01.01.05	0:00	0°C	04.01.05	18:00	0°C	08.01.05	12:00	+7°C
01.01.05	3:00	0°C	04.01.05	21:00	-1°C	08.01.05	15:00	+7°C
01.01.05	6:00	0°C	05.01.05	0:00	-1°C	08.01.05	18:00	+6°C
01.01.05	9:00	+1°C	05.01.05	3:00	-2°C	08.01.05	21:00	+7°C
01.01.05	12:00	+1°C	05.01.05	6:00	-2°C	09.01.05	0:00	+7°C
01.01.05	15:00	+1°C	05.01.05	9:00	-2°C	09.01.05	3:00	+6°C
01.01.05	18:00	+1°C	05.01.05	12:00	-1°C	09.01.05	6:00	+7°C
01.01.05	21:00	0°C	05.01.05	15:00	+2°C	09.01.05	9:00	+8°C
02.01.05	0:00	0°C	05.01.05	18:00	+2°C	09.01.05	12:00	+8°C
02.01.05	3:00	0°C	05.01.05	21:00	+2°C	09.01.05	15:00	+6°C
02.01.05	6:00	+1°C	06.01.05	0:00	+2°C	09.01.05	18:00	+5°C
02.01.05	9:00	+1°C	06.01.05	3:00	0°C	09.01.05	21:00	+4°C
02.01.05	12:00	+1°C	06.01.05	6:00	+1°C	10.01.05	0:00	+5°C
02.01.05	15:00	+2°C	06.01.05	9:00	+2°C	10.01.05	3:00	+5°C

Дата	Час доби	Темпер а-тура, °С	Дата	Час доби	Темпер а-тура, °С	Дата	Час доби	Темпера -тура, °С
5	0		5			5		
02.01.05	18:00	+1°C	06.01.05	12:00	+3°C	10.01.05	6:00	+5°C
02.01.05	21:00	+2°C	06.01.05	15:00	+2°C	10.01.05	9:00	+6°C
03.01.05	0:00	+2°C	06.01.05	18:00	+2°C	10.01.05	12:00	+7°C
03.01.05	3:00	+2°C	06.01.05	21:00	+2°C	10.01.05	15:00	+6°C
03.01.05	6:00	+1°C	07.01.05	0:00	+1°C	10.01.05	18:00	+6°C
03.01.05	9:00	+2°C	07.01.05	3:00	+2°C	10.01.05	21:00	+6°C
03.01.05	12:00	+3°C	07.01.05	6:00	+2°C	11.01.05	0:00	+7°C
03.01.05	15:00	+2°C	07.01.05	9:00	+3°C	11.01.05	3:00	+7°C
03.01.05	18:00	+1°C	07.01.05	12:00	+4°C	11.01.05	6:00	+6°C
03.01.05	21:00	+1°C	07.01.05	15:00	+3°C	11.01.05	9:00	+8°C
04.01.05	0:00	0°C	07.01.05	18:00	+3°C	11.01.05	12:00	+10°C
04.01.05	3:00	+1°C	07.01.05	21:00	+3°C	11.01.05	15:00	+9°C
04.01.05	6:00	0°C	08.01.05	0:00	+4°C	11.01.05	18:00	+8°C
04.01.05	9:00	+2°C	08.01.05	3:00	+4°C	11.01.05	21:00	+7°C
04.01.05	12:00	+2°C	08.01.05	6:00	+5°C	12.01.05	0:00	+6°C
04.01.05	15:00	0°C	08.01.05	9:00	+6°C	12.01.05	3:00	+4°C
12.01.05	6:00	+3°C	18.01.05	12:00	+1°C	24.01.05	18:00	-5°C
12.01.05	9:00	+6°C	18.01.05	15:00	-1°C	24.01.05	21:00	-4°C
12.01.05	12:00	+8°C	18.01.05	18:00	-3°C	25.01.05	0:00	-4°C
12.01.05	15:00	+7°C	18.01.05	21:00	-4°C	25.01.05	3:00	-4°C
12.01.05	18:00	+6°C	19.01.05	0:00	-4°C	25.01.05	6:00	-5°C

Дата	Час доби	Темпер а-тура, °С	Дата	Час доби	Темпер а-тура, °С	Дата	Час доби	Темпера -тура, °С
5	0		5			5		
12.01.05	21:00	+6°C	19.01.05	3:00	-3°C	25.01.05	9:00	-5°C
13.01.05	0:00	+6°C	19.01.05	6:00	-2°C	25.01.05	12:00	-5°C
13.01.05	3:00	+3°C	19.01.05	9:00	-1°C	25.01.05	15:00	-4°C
13.01.05	6:00	+3°C	19.01.05	12:00	0°C	25.01.05	18:00	-4°C
13.01.05	9:00	+4°C	19.01.05	15:00	0°C	25.01.05	21:00	-3°C
13.01.05	12:00	+5°C	19.01.05	18:00	0°C	26.01.05	0:00	-5°C
13.01.05	15:00	+5°C	19.01.05	21:00	0°C	26.01.05	3:00	-6°C
13.01.05	18:00	+5°C	20.01.05	0:00	0°C	26.01.05	6:00	-6°C
13.01.05	21:00	+4°C	20.01.05	3:00	+1°C	26.01.05	9:00	-5°C
14.01.05	0:00	+3°C	20.01.05	6:00	-1°C	26.01.05	12:00	-4°C
14.01.05	3:00	+3°C	20.01.05	9:00	-2°C	26.01.05	15:00	-4°C
14.01.05	6:00	+3°C	20.01.05	12:00	0°C	26.01.05	18:00	-4°C
14.01.05	9:00	+3°C	20.01.05	15:00	0°C	26.01.05	21:00	-5°C
14.01.05	12:00	+2°C	20.01.05	18:00	-2°C	27.01.05	0:00	-7°C
14.01.05	15:00	+1°C	20.01.05	21:00	-1°C	27.01.05	3:00	-8°C
14.01.05	18:00	+2°C	21.01.05	0:00	0°C	27.01.05	6:00	-5°C
14.01.05	21:00	+1°C	21.01.05	3:00	-1°C	27.01.05	9:00	-3°C
15.01.05	0:00	+1°C	21.01.05	6:00	-1°C	27.01.05	12:00	-1°C
15.01.05	3:00	0°C	21.01.05	9:00	0°C	27.01.05	15:00	+2°C
15.01.05	6:00	0°C	21.01.05	12:00	0°C	27.01.05	18:00	-6°C
15.01.05	9:00	+1°C	21.01.05	15:00	+2°C	27.01.05	21:00	-9°C

Дата	Час доби	Темпер а-тура, °C	Дата	Час доби	Темпер а-тура, °C	Дата	Час доби	Темпера -тура, °C
5			5	0		5	0	
15.01.05	12:00	+2°C	21.01.05	18:00	0°C	28.01.05	0:00	-9°C
15.01.05	15:00	+1°C	21.01.05	21:00	0°C	28.01.05	3:00	-10°C
15.01.05	18:00	+1°C	22.01.05	0:00	0°C	28.01.05	6:00	-12°C
15.01.05	21:00	+1°C	22.01.05	3:00	-2°C	28.01.05	9:00	-9°C
16.01.05	0:00	0°C	22.01.05	6:00	-2°C	28.01.05	12:00	-6°C
16.01.05	3:00	0°C	22.01.05	9:00	-2°C	28.01.05	15:00	-8°C
16.01.05	6:00	0°C	22.01.05	12:00	+2°C	28.01.05	18:00	-9°C
16.01.05	9:00	0°C	22.01.05	15:00	0°C	28.01.05	21:00	-10°C
16.01.05	12:00	0°C	22.01.05	18:00	-1°C	29.01.05	0:00	-10°C
16.01.05	15:00	-1°C	22.01.05	21:00	0°C	29.01.05	3:00	-12°C
16.01.05	18:00	-2°C	23.01.05	0:00	-2°C	29.01.05	6:00	-10°C
16.01.05	21:00	-3°C	23.01.05	3:00	-4°C	29.01.05	9:00	-8°C
17.01.05	0:00	-4°C	23.01.05	6:00	-5°C	29.01.05	12:00	-7°C
17.01.05	3:00	-5°C	23.01.05	9:00	-2°C	29.01.05	15:00	-8°C
17.01.05	6:00	-5°C	23.01.05	12:00	0°C	29.01.05	18:00	-8°C
17.01.05	9:00	-2°C	23.01.05	15:00	-1°C	29.01.05	21:00	-8°C
17.01.05	12:00	0°C	23.01.05	18:00	-1°C	30.01.05	0:00	-9°C
17.01.05	15:00	-2°C	23.01.05	21:00	-1°C	30.01.05	3:00	-9°C
17.01.05	18:00	-3°C	24.01.05	0:00	-2°C	30.01.05	6:00	-10°C
17.01.05	21:00	-4°C	24.01.05	3:00	-3°C	30.01.05	9:00	-9°C
18.01.05	0:00	-5°C	24.01.05	6:00	-4°C	30.01.05	12:00	-8°C

Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C
5			5			5	0	
18.01.05	3:00	-6°C	24.01.05	9:00	-3°C	30.01.05	15:00	-8°C
18.01.05	6:00	-6°C	24.01.05	12:00	0°C	30.01.05	18:00	-10°C
18.01.05	9:00	-2°C	24.01.05	15:00	-5°C	30.01.05	21:00	-11°C
31.01.05	0:00	-11	31.01.05	9:00	-11	31.01.05	18:00	-11
31.01.05	3:00	-12	31.01.05	12:00	-8	31.01.05	21:00	-10
31.01.05	6:00	-12	31.01.05	15:00	-9	01.02.05	0:00	-11

Розділ 1. Фізіологічні основи виробництва продукції тваринництва та управлінські дії при утриманні тварин

Для виробництва продукції сільського господарства тваринного походження, такої як м'ясо, молоко, яйця тощо використовуються здебільшого гомойотермні організми. Основною ознакою гомойотермії є наявність у гіпоталамічній області спеціального центра, діяльність якого спрямована на підтримання температури тіла на більш менш постійному рівні. Терморегуляційний ефект побудовано за кібернетичним принципом регулювання із зворотнім зв'язком; він включає діяльність багатьох систем організму, які спрямовані як на підвищення продукції тепла і обмеження тепловіддачі при охолодженні тіла, так і на обмеження теплопродукції і підвищення тепловіддачі при його нагріванні. Гомойотермні організми здатні зберігати температуру тіла постійною за допомогою хутра, пір'я, підшкірного жиру, а також вазомоторних реакцій при охолодженні, а при перегріванні – віддавати тепло в навколишнє середовище шляхом конвекції випаровування вологи. Результатом сумісних хімічних і фізичних реакцій на температурне подразнення є підтримання постійної внутрішньої температури тіла, не дивлячись на змінний температурний градієнт між тілом і середовищем.

Життєдіяльність гомойотермних біологічних об'єктів у природних умовах показує, що вони здатні зберігати свої фізіологічні властивості і не гинути при досить значних коливаннях параметрів зовнішнього середовища, таких як температура, відносна вологість, газовий склад повітря, тиск тощо. При цьому залежно від значення параметрів зовнішнього середовища змінюється загальний обмін речовин в організмі. Мінімальний рівень обміну речовин спостерігається лише при певних нейтральних температурах (НТ) середовища, які є різними для різних організмів і станів, у яких вони знаходяться. Наприклад, для оголеної людини в лежачому положенні нейтральна температура становить 24 °С. Коли ж ця людина рухається, НТ становить 20 °С. НТ для свиней вагою 40-80кг – 20-23 °С, а вагою 90-110кг – 15-16 °С, НТ для білого ведмеда – 50 °С. Відхилення параметрів зовнішнього

середовища від НТ в той чи інший бік викликає стрес на організм [1] і відповідні витрати енергії на його подолання. Організм адаптується до нових умов. Адаптація – це сукупність фізіологічних змін, які лежать в основі зрівноважування організму з умовами середовища. Критерієм адаптації є здатність біосистеми зберігати сталість енергетичного потенціалу, а метою – відновлення сталості внутрішнього стану (активних життєвих параметрів і продуктивності).

Розділ 2. Аналіз реалізації зміни температури за заданий період, визначення квазістаціонарних ділянок та їх статистичних характеристик

За даними Гідрометцентру України температурні збурення подаються у вигляді таблиці, в якій зафіксовані значення температури в заданому районі через кожні три години. (Для прикладу в завданні наведено зміну температури в районі м. Київ за січень 2005 року – табл. 1).

Згідно з виданим завданням, за допомогою математичного процесора MathCad будуємо графік реалізації зміни температури за заданий період (рис.1), визначаємо стаціонарні та квазістаціонарні ділянки (табл. 2) та їх статистичні характеристики (табл. 3).

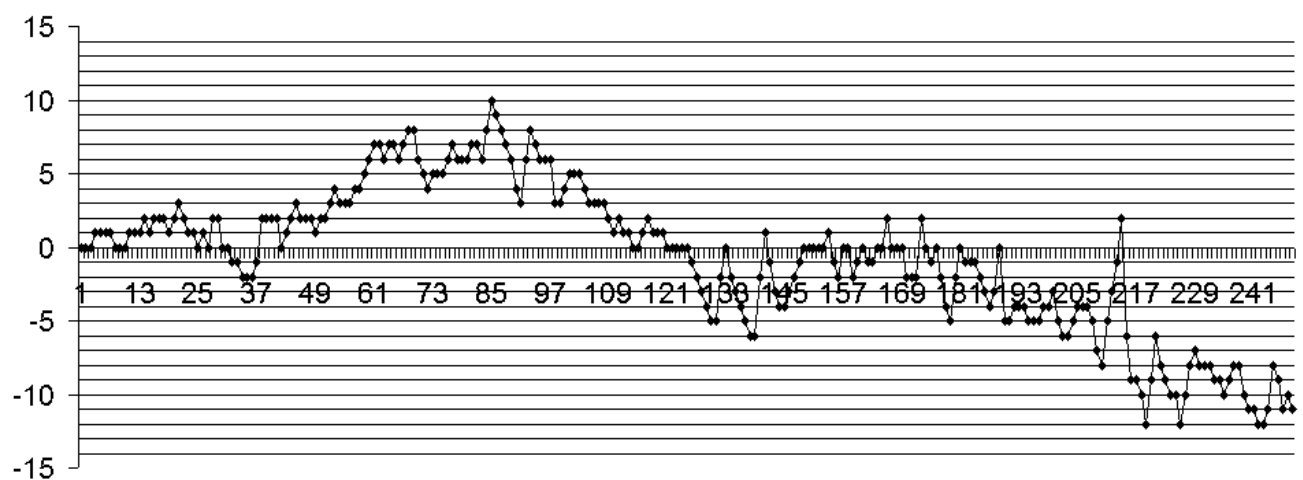


Рис. 1. Візуалізація зміни температури за січень 2005 року

Визначення математичної моделі цих збурень здійснюється таким чином.

- Будується графік зміни температури повітря у часі упродовж усього періоду (рис.1). Такий графік є реалізацією нестационарного випадкового процесу, але окремі його ділянки можна вважати реалізаціями стаціонарного випадкового процесу. На реалізації рис. 1 виділено 7 ділянок, які можна вважати стаціонарними (квазістаціонарними).

- Зміни температур для кожної стаціонарної ділянки заносяться до окремих таблиць.

- Проводиться послідовно статистична обробка даних таблиць і визначаються статистичні характеристики стаціонарних ділянок температури.

Результати обробки температурних даних за січень 2005 року показали, що кореляційною функцією всіх ділянок є вираз виду:

$$R_{\theta}(t) = D_{\theta} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos \beta t. \quad (4)$$

Значення математичного сподівання M_{θ} , дисперсії D_{θ} , коефіцієнтів α і β , наведено в табл. 3.

Табл. 3. Значення статистичних даних

№ ділянки	$M_{\theta}, ^\circ\text{C}$	$D_{\theta}, (^\circ\text{C})^2$	α	β
1	1,125	1,78	0,07	0,17
2	5,74	2,81	0,44	0,31
3	0,76	0,53	0,16	0,52
4	-2,91	3,30	0,06	0,78
5	-0,36	1,09	1,11	1,21
6	-3,60	4,13	0,64	0,49
7	-9,37	2,52	0,17	0,77

Розділ 3. Побудова формуючого фільтра та можливих реалізацій

Статистичним характеристикам, які визначають вид випадкового процесу, відповідає нескінченна кількість різних реалізацій. Управляючі дії автоматичної системи, які здійснюють раціональне управління для однієї з реалізацій, можуть виявитись неефективними при їхньому застосуванні для

іншої реалізації. Поява тієї чи іншої реалізації виникає з певною ймовірністю. Очевидно, що для вибору найбільш раціонального управління, як це робиться в задачах для прийняття рішень в умовах статистично відомої невизначеності, необхідно знайти управління, яке дає максимум середньозваженого прибутку Q_i серед усіх можливих управлінь.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n P_j \cdot q_{ij} \rightarrow \max, \quad (5)$$

де P_j – ймовірність появи j -ої реалізації зміни температури; q_{ij} – прибуток при i -ому управлінні для j -ої реалізації; Q_i – середньозважений прибуток при i -ому управлінні для всіх можливих реалізацій.

Методика визначення можливих реалізацій зміни температури («стратегії природи») на стаціонарних ділянках.

На основі теорії формуючих фільтрів для стаціонарних випадкових процесів по статистичних характеристиках (табл. 3) визначається спектральна густина стаціонарної ділянки, яка є відношенням поліномів від частоти ω :

$$S_x(\omega) = \frac{P(\omega)}{Q(\omega)}. \quad (6)$$

Кожний з поліномів може бути поданий у вигляді:

$$P(\omega) = H(j \cdot \omega) \cdot H(-j \cdot \omega) = |H(j \cdot \omega)|^2, \quad (7)$$

та

$$Q(\omega) = F(j \cdot \omega) \cdot F(-j \cdot \omega) = |F(j \cdot \omega)|^2. \quad (8)$$

Тоді передаточна функція формуючого фільтра є

$$\Phi(s) = \frac{H(s)}{F(s)}. \quad (9)$$

Як відомо, скалярний випадковий процес має постійну дисперсію. Тому, для забезпечення стаціонарності процесу $x(t)$ на виході формуючого фільтра слід взяти випадкове початкове значення $x(t_0)$ в момент t_0 з дисперсією, що визначається формулою:

$$D_x(0) = \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega, \quad (10)$$

де $S_x(\omega)$ – спектральна густина стаціонарного випадкового процесу.

Стаціонарний випадковий процес з раціональною спектральною густиною можна розглядати як результат проходження білого шуму через стійку стаціонарну лінійну систему з передаточною функцією $\Phi(s)$, що визначається формулою (9).

Для відтворення реалізацій необхідно створити схему в середовищі MathLab, Simulink (рис. 2).

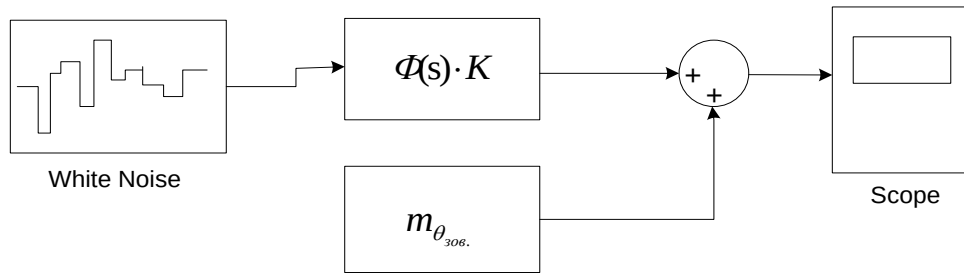


Рис. 2. Схема для відтворення реалізацій випадкового процесу:

K – інтенсивність білого шуму, яку необхідно уточнювати у зв'язку із дискретизацією даних випадкового процесу, $m_{\theta_{306.}}$ – математичне сподівання для статистичних даних стаціонарної ділянки.

Розглянемо приклад відтворення реалізацій випадкового процесу заведеною методикою для однієї із стаціонарних ділянок зміни температури протягом 100 годин у січні 2005 року (рис. 3).

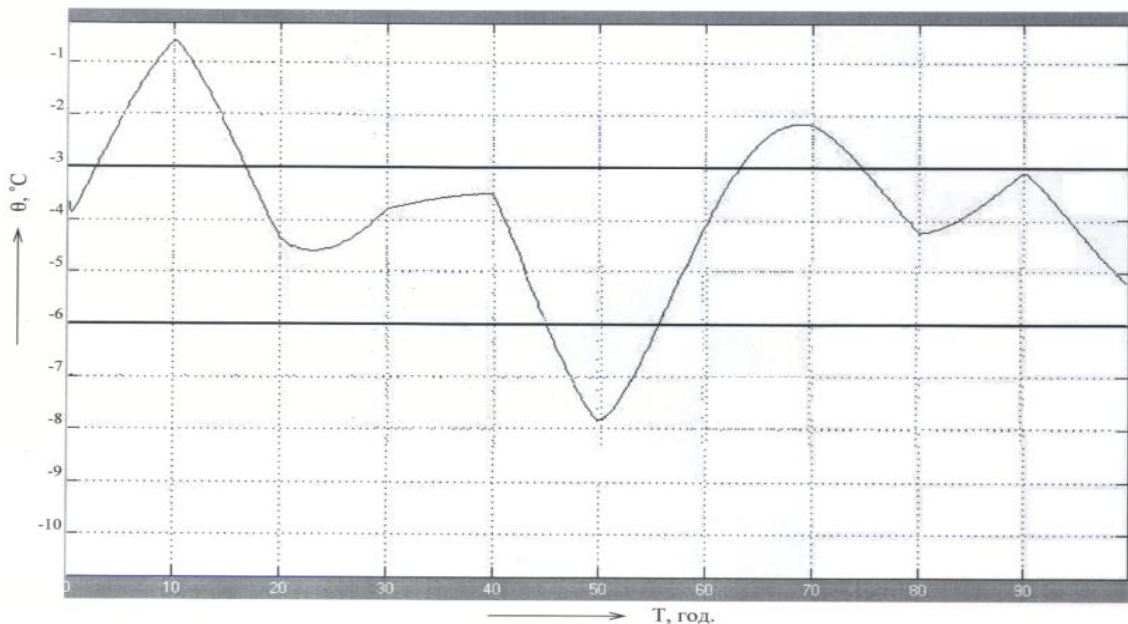


Рис. 3. Зміна температури за 100 годин в січні 2005 року

Статистичні характеристики такої ділянки: математичне сподівання $m_\theta = -4^\circ\text{C}$; кореляційна функція:

$$R_\theta(\tau) = 3,755 \cdot e^{-0,04\tau} \cdot \cos 0,157 \cdot \tau, \quad (11)$$

спектральна густина:

$$S_\theta(\omega) = \frac{3,755 \cdot 0,04}{2\pi} - \left(\frac{1}{0,04^2 + (\omega + 0,157)^2} + \frac{1}{0,04^2 + (\omega - 0,157)^2} \right), \quad (12)$$

передаточна функція формуючого фільтра:

$$\Phi_\theta(s) = \frac{0,302(6,33s + 1)}{40,26s^2 + 3,21s + 1}, \quad (13)$$

де значення постійної часу формуючого фільтра становить $\approx 6,345$ годин.

Розділ 4. Вибір можливих стратегій природи

Вид 10 реалізацій, отриманих при проходженні білого шуму через узагальнену спрощену автоматичну систему, реалізовану в програмному середовищі MathLab, Simulink, зображено на рис. 4. Як видно з рисунку, при збуреннях у вигляді такого випадкового процесу птиця може знаходитись в трьох станах, які відповідають комфортній зоні ($12...15^\circ\text{C}$) і двом наближеним до комфортної ($15...18^\circ\text{C}$) та ($9...12^\circ\text{C}$). Дані про усереднені відхилення температури від заданого значення (13°C) та тривалості цих відхилень ($\tau, \text{год}$) для кожної відтвореної реалізації і реальної реалізації наведено в табл. 5. У таблиці перший стовпчик відповідає даним дійсного збурення на технічний об'єкт у січні 2005 року.

З усіх реалізацій за «стратегії природи» ми вибираємо тільки три стратегії 1, 8 і 9. Перша реалізація близька до середніх значень відхилень від математичного сподівання температури та середніх значень їхньої тривалості. Восьма реалізація відповідає найбільшій тривалості в зоні ($15...18^\circ\text{C}$), а дев'ята – значним відхиленням і найбільшою їх тривалістю в зоні ($9...12^\circ\text{C}$). Очевидно, що показники якості управління при інших реалізаціях не будуть виходити за межі показників вибраних нами граничних стратегій.

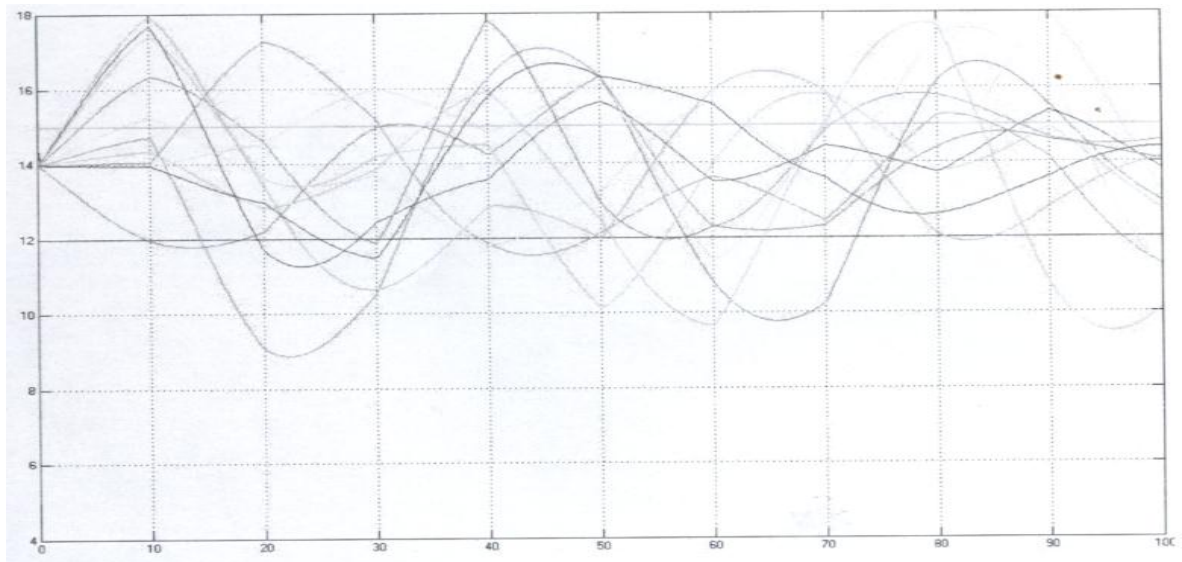


Рис. 4. Відтворені можливі реалізації зміни температури у пташнику при мінімальному повітрообміні з урахуванням тепловиділення птиці

Табл. 5. Значення відхилень $\Delta\Theta$, °C від заданого та їхні тривалості

Зони	$\Delta\Theta$	Реалізації										
	τ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\Theta > \Theta_{\text{БК}}$ (15...18°C)	°C	+2. 8	+2. 7	+2. 5	+3	+2. 5	+3. 2	+2. 7	+2. 6	+2. 7	+2. 5	+2. 6
	год.	26	30	33	29	26	30	27	45	21	24	25
Ком- фортна зона (12...15°C)	°C	+1.2 -1	+1 -0.8	+1.3 -0.5	+1 -0.5	+1.1 -0.5	+1 -0.5	+1.3 -0.6	+1 -0.8	+1.1 -0.8	+1.1 -0.5	+0.9 -0.4
	год.	47 17	33 15	31 18	46 18	56 9	33 18	39 32	41 9	19 35	45 17	49 19
	Разом, год.	64	48	49	64	65	51	71	50	54	62	68
$\Theta < \Theta_{\text{НК}}$	°C	-2	-2.1	-2.5	-1.3	-1.5	-1.3	-1.1	-1.2	-2.5	-1.3	-1.3
	год.	10	22	18	7	9	19	2	5	25	14	7

Розділ 5. Вибір стратегій управління. Визначення статичних та динамічних характеристик пташника як об'єкта управління

Технічне оснащення пташника дозволяє створювати різні умови утримання курей-несучок залежно від зовнішніх погодних умов. Усі можливі стратегії управління наведено в табл. 6.

Табл. 6. Приклади стратегій управління прямого контуру автоматичної системи

Характер збурень	Стратегії ВМ1	Стратегії ВМ2
Температура > -6 °С	Мінімальний повітрообмін	Нагрівачі вимкнено
	Стабілізація на різних заданих рівнях $\theta_{зад}$	
	Релейна система із заданими значеннями зони неоднозначності	
	Максимальний повітрообмін	
	Змінні стратегії при наявності значних флуктуацій стаціонарної ділянки	
	Постійний повітрообмін при заданій кратності	
Низькі температури < -6 °С	Мінімальний повітрообмін	Стабілізація на різних заданих рівнях $\theta_{зад}$
		Релейна система із заданими значеннями зони неоднозначності
		Заданий постійний потік тепла в пташник
		Максимальний потік тепла в пташнику

ЗАУВАЖЕННЯ. При виборі стратегій управління необхідно дотримуватись таких основних положень:

- завжди застосовувати традиційну стратегію стабілізації температури на значенні, коли біооб'єкт досягає максимальної продуктивності;
- у випадках, коли флуктуації температури навколо середнього значення незначні (не перевищують $\pm 2...3$ °С), слід застосовувати розімкнене управління із постійним значенням кратності повітрообміну, що забезпечує задане значення математичного сподівання;
- при більш значних флуктуаціях слід застосувати або релейну систему із заданим значенням зони неоднозначності, або змінювати завдання на управління протягом доби;
- у випадках, коли потужностей виконавчих механізмів недостатньо, щоб компенсувати значні збурення, слід здійснювати або максимальний

повітрообмін при високих температурах, або подавати максимальний потік тепла при дуже низьких температурах.

Для вибору можливих стратегій управління при розглянутих збуреннях слід вибирати такі стратегії.

У першу чергу – це традиційна стратегія стабілізації температури на заданому значенні (13 °C) (стратегія A_1).

Друга стратегія (A_2), така, що компенсує відхилення, які виходять за межі комфортної зони (релейна система із заданими значеннями зони невизначеності 12..15 °C).

Третя стратегія (A_3) – можна взагалі не реагувати на флуктуації температури, а підтримувати постійний мінімальний (12-кратний) повітрообмін.

Розділ 6. Аналіз функціонування системи за основними показниками

Для кожної стаціонарної ділянки температурних збурень необхідно визначити основні технологічні показники ефективності при утриманні курей. У даному випадку такими показниками є несучість курей, витрати кормів та енергетичні витрати на утримання. Визначаємо питомі показники несучості та витрати кормів для трьох станів, в яких при даному збуренні може знаходитись птиця згідно з рис. 5 і рис. 6, та заносимо їх до табл. 7.

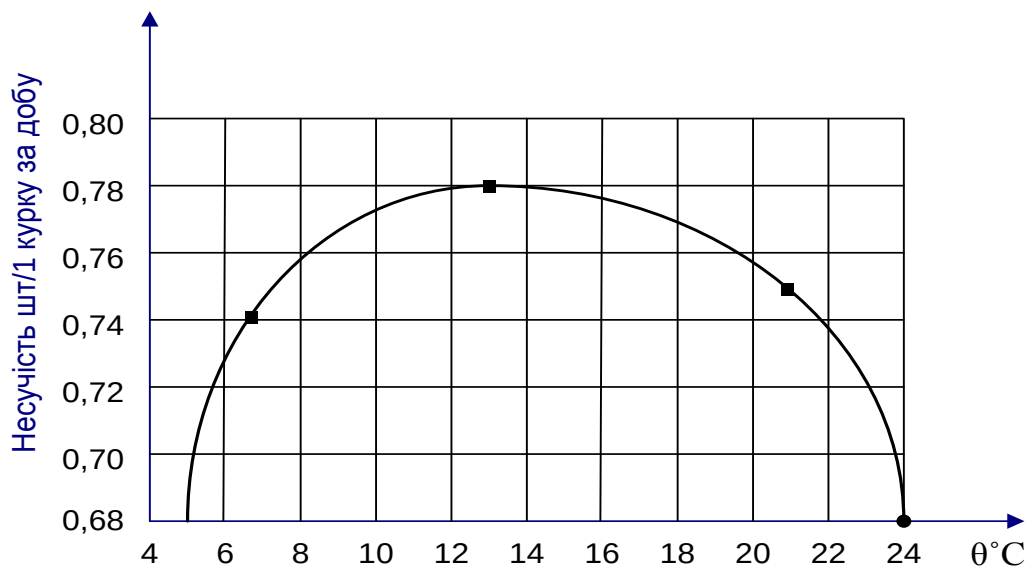


Рис. 5. Залежність несучості птиці від температури у пташнику

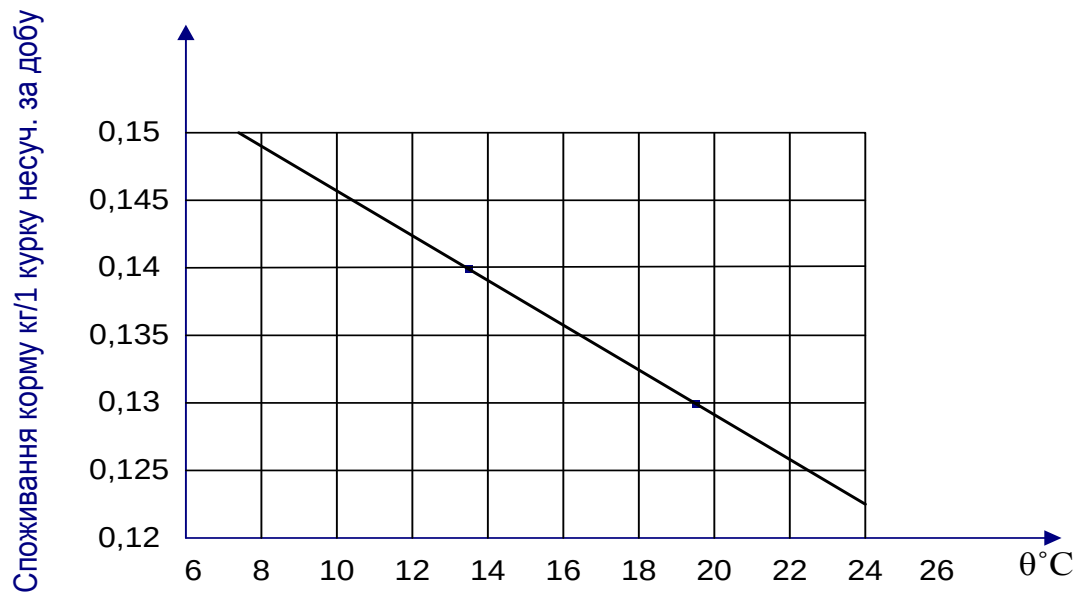


Рис. 6. Залежність споживання корму птицею від температури

Таблиця 7. Питомі значення несучості та витрат кормів у різних температурних зонах

Стан біооб'єкта	Несучість, шт. яєць/на 1 кур. за добу	Витрати кормів, кг/на 1 кур. за добу
9...12 °C	0,775	0,145
12...15 °C	0,78	0,140
15...18 °C	0,768	0,135

Загальна кількість яєць Q і витрати кормів P визначаються за формулами:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \tau_i, \quad (14)$$

$$P = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \tau_i, \quad (15)$$

де τ_i – тривалість i -ого стану; q_i – питоме значення несучості в i -ому стані;

p_i – питоме значення витрат кормів в i -ому стані.

Енергетичні витрати складаються з витрат на вентиляцію та витрат на нагрівання припливного повітря. Витрати на вентиляцію E_v дорівнюють:

$$E_v = \sum_{i=1}^n P_i \cdot m \cdot \tau_i, \quad (16)$$

де P_i – потужність привода вентилятора залежно від кратності повітрообміну, що визначається за графіком (рис. 7) [1]; m – кількість вентиляторів; τ_i – тривалість i -ого стану.

Витрати на підігрів E_n визначаються за формулою:

$$E_n = \sum_{i=1}^m C \cdot \gamma \cdot V \cdot \Delta\theta_i \cdot \tau_i, \quad (17)$$

де C – теплоємність повітря; γ – питома вага повітря; V – об'єм повітря, який проходить через пташник при мінімальному повітрообміні; $\Delta\theta_i$ – різниця температур на i -ому стані і заданим значенням; τ_i – тривалість стану з $\Delta\theta_i$.

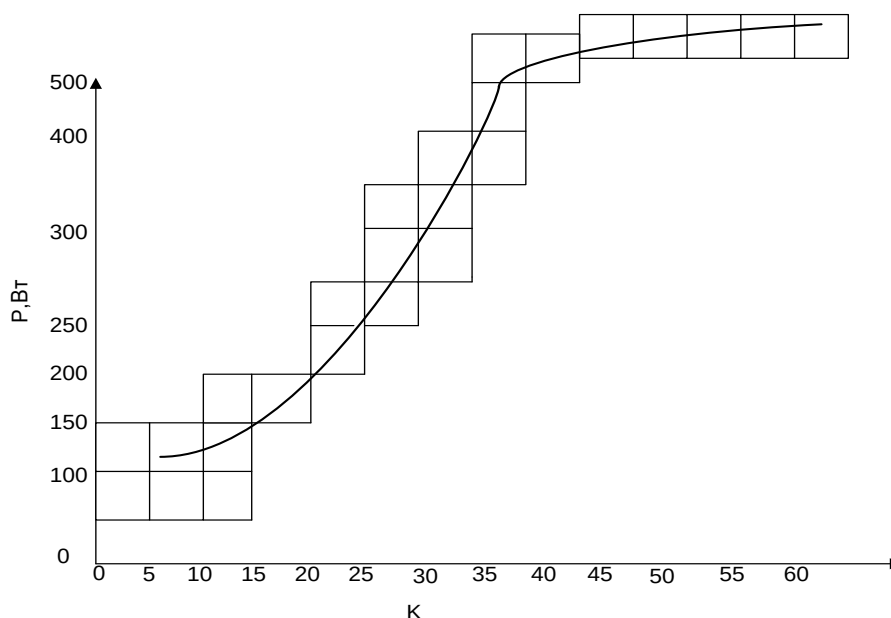


Рис. 7. Залежність потужності привода витяжних вентиляторів від кратності повітрообміну K у пташнику

Результати розрахунків основних показників якості утримання курей-несучок при різних управліннях (A_i) і різних стратегіях природи (P_j) за приведеною вище методикою для випадкового стаціонарного збурення температури тривалістю 100 годин ($\approx 4,17$ доби), наведено в табл. 8.

Табл. 8. Результати розрахунків для пташника на 30000
курей-несучок і однієї стаціонарної ділянки тривалістю 100 годин

П _j	П1			П2			П3		
	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати (кВт·год)	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати (кВт·год)	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати (кВт·год)
A1	9750 0	17500	969	8750 0	1750 0	523	97500	17500	1877
A2	9750 0	17500	345.7	9750 0	1750 0	373	97500	17500	1384. 7
A3	9720 0	17418	286	9679 4	1723 0	286	97029	17524	286

ПРИМІТКА. Приймавши певні спрощення, а саме відхилення різниць температур від їхнього середнього значення й, відповідно, врахування лише одної загальної ділянки (тобто кількість станів буде зведена до $n=1$) із заданими значеннями для 12 °С, 15 °С та 18 °С, формули (14-17) спростяться, а саме:

$$Q = q \cdot \tau, \quad (18)$$

$$P = p \cdot \tau, \quad (19)$$

де τ – тривалість заданого стану (кількість періодів у квазістаціонарній ділянці); Q – питоме значення несучості у цьому стані; P – питоме значення витрат кормів у заданому стані.

Енергетичні витрати складаються з витрат на вентиляцію та витрат на нагрівання припливного повітря. Витрати на вентиляцію E_v дорівнюють:

$$E_v = P \cdot m \cdot \tau, \quad (20)$$

де P – потужність привода вентилятора залежно від кратності повітрообміну, що визначається за графіком (рис. 7) [4]; m – кількість вентиляторів; τ – тривалість заданого стану.

Витрати на підігрів E_n визначаються за формулою:

$$E_n = C \cdot \gamma \cdot V \cdot \Delta\theta \cdot \tau, \quad (21)$$

де C – теплоємність повітря; γ – питома вага повітря; V – об'єм повітря, який проходить через пташник при мінімальному повітрообміні; $\Delta\theta$ – максимальна різниця температур у заданому стані і заданим значенням; τ – тривалість стану з $\Delta\theta$.

Розділ 7. Побудова платіжної матриці та вибір оптимальної стратегії управління

Рациональна управляюча дія повинна забезпечити найбільший прибуток, причому цей прибуток повинен мати місце за час дії певної стаціонарної ділянки температурних збурень на технічний об'єкт [5]. Найчастіше зустрічаються ділянки, тривалість яких становить 100-120 годин. Тому розрахунки ефективності ми будемо вести для ділянок 100 годин.

Для вибору раціональної управляючої дії слід, у першу чергу, за допомогою даних чергової стаціонарної ділянки і цінових характеристик основних складових собівартості продукції обчислити платіжну матрицю (матрицю можливих прибутків). Значення можливого прибутку при кожній стратегії природи і кожній управляючій дії C_{ij} визначається так:

$$C_{ij} = C_{\text{я}}n - (C_k m + C_E E), \quad (22)$$

де $C_{\text{я}}$, C_k і C_E – вартість відповідно яйця, кормів та енергетичних витрат; n – кількість яєць за період утримання від всіх курей-несучок (за 100 годин); m – кількість корму на утримання всіх курей за цей же період; E – кількість енергетичних витрат на утримання.

Нехай вартості складників будуть такими: вартість одного яйця – 0,3 грн.; вартість 1кг корму – 1,4 грн. і вартість 1 кВт·год. електричної енергії – 0,28 грн. Очевидно, що

$$C_{ij} = 0,3 \cdot 97500 - (1,4 \cdot 17500 + 0,28 \cdot 969) = 4479 \text{ грн.}$$

Уся платіжна матриця буде мати вигляд, як наведено в табл. 9.

Табл. 9. Платіжна матриця (П1)

P_j	П1	П2	П3
A_i			
A1	4479	4604	4224
A2	4653	4646	4363
A3	4695	4836	4495

Аналіз даних цієї матриці свідчить, що домінуючим управлінням є A_3 – мінімальний повітрообмін, бо для всіх можливих стратегій природи у такого управління прибутки найвищі.

Якщо домінуюча стратегія відсутня, і прийняття рішення не очевидно, раціональне управління приймається шляхом аналізу платіжної матриці та матриці ризиків за критеріями Вальда, Севіджа або Гурвіца.

Якщо вартість яєць 0,5 грн./шт, а вартість кормів і електроенергії залишились відповідно 1,4 грн/кг, 0,28 грн/кВт, то платіжна матриця набуде такого вигляду:

Табл. 10. Платіжна матриця (П2)

P_j	П1	П2	П3	$\alpha_{i\min}$	$\alpha_{i\max}$
A_i					
A1	23979	24104	23724	23724	24104
A2	24153	24149	23863	23863	24153
A3	24135	24195	23900	23900	24195
β_j	24153	24195	23900		

Дані цієї матриці, по-перше, показують, що перший рядок, який відповідає стратегії стабілізації, слід відкинути (як не вигідна стратегія), по-друге, у зв'язку з невизначеністю, ймовірність появи стратегій вважаємо однаковою. Тоді вибір раціональної стратегії здійснюємо за такою схемою. Записуємо поряд з платіжною матрицею β_j – максимальні значення прибутків

для кожної стратегії природи та значення $\alpha_{i\min}$ і $\alpha_{i\max}$, що є відповідно мінімальним і максимальним прибутками при різних стратегіях управління.

Згідно з найбільш песимістичним критерієм Вальда, слід приймати стратегію A_3 , яка дає максимальний гарантований виграш:

$$\max_i \{\min_j \alpha_{ij}\} = 23900 \text{ грн.}$$

Перевіряємо, яка із стратегій управління дає найменший ризик. Будуємо матрицю ризиків, яка має такі ж розміри, як платіжна, але записуємо значення ризиків r_{ij} (табл. 11):

$$r_{ij} = \beta_j - \alpha_{ij}. \quad (23)$$

Табл. 11. Матриця ризиків

Π_j	Π_1	Π_2	Π_3	γ_i
A_i				
A1	174	91	176	176
A2	0	46	37	46
A3	18	0	0	18

Записуємо поряд з платіжною матрицею значення максимального ризику для кожної стратегії управління γ_i , які показують, що за критерієм Севіджа теж слід вважати переважним управління A_3 з найменшим ризиком $\min_i \{\max_j \gamma_i\} = 18$.

Нарешті, згідно з критерієм Гурвіца визначаємо $h_i = \chi \alpha_{i\min} + (1 - \chi) \alpha_{i\max}$, де χ найчастіше має значення 0,6...0,7. При $\chi = 0,6$ маємо:

$$h_1=238756; h_2=23979; h_3=24078.$$

Очевидно, варто застосовувати третю стратегію управління (A_3), якій за всіма критеріями слід віддати перевагу.

Висновки

Курсова робота націлена на дослідження ефективності застосування різних стратегій управління температурним режимом у пташнику для курей-несучок.

Проведено аналіз доцільності використання стратегії, яка ґрунтується на максимізації прибутку від продажу яєць, порівняно із традиційною стратегією, заснованій на максимізації продуктивності яйценосності птиці.

Згідно заданих характеристик біоб'єкта та цін на яйця, корми та електроенергію виявилось, що оптимальною стратегією управління є стратегія, що компенсує відхилення, які виходять за межі комфортної зони.

5. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ І ЗАХИСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсове проектування (робота над курсовою роботою) починається із отримання студентом від керівника індивідуального завдання, яке оформлюється на спеціальному бланку у вигляді завдання на проектування, що містить назву теми, вихідні дані, об'єм роботи, термін представлення проекту до захисту і так далі. Індивідуальне завдання видається на першому консультативному занятті. У тижневий термін студент повинен розробити і затвердити у керівника календарний графік виконання проекту.

Курсову роботу має бути виконано не пізніше, ніж за тиждень до початку екзаменаційної сесії. Своєчасне отримання завдання, складання календарного графіка виконання КР і його дотримання, систематичні консультації і контроль виконання роботи є необхідними умовами своєчасного і якісного виконання КР.

Студентам, що не з'явилися для отримання завдання у встановлений термін, завдання видається керівником лише з дозволу деканату.

Керівник КР видає завдання, допомагає студентові скласти календарний графік виконання роботи і проводить систематичні консультації. На вступному занятті керівник роз'яснює вимоги, що пред'являються до КР, суть виданих завдань, вузлові питання найбільш типового завдання і дає загальні вказівки

по виконанню КР. Керівник рекомендує студентам основну літературу і довідкові матеріали за темою КР, призначає в календарному графіку терміни виконання окремих її розділів і періодичних звітів про хід виконання роботи. При значному відставанні студента від затвердженого календарного графіка керівник має право винести на засідання кафедри питання про доцільність продовження роботи над КР і допуску студента до її захисту.

Контроль керівника не звільняє студента від відповідальності за правильність прийнятих рішень і виконання КР. У виборі тих або інших технічних рішень ініціатива надається студентові. Лише коли студент розглянув декілька можливих варіантів, керівник може підказати й інші рішення. Студент повністю відповідає за прийняті науково-технічні рішення, правильність виконаних розрахунків, якість виконання і оформлення курсової роботи, а також за своєчасне завершення дослідження.

Готовий звіт з курсової роботи (ЗКР) студент передає керівникові для остаточної перевірки. Керівник перевіряє ЗКР і дає вказівки про виправлення і доповнення, які студентові слід розглянути і внести до звіту.

У результаті захисту курсова робота оцінюється диференційованою оцінкою за системою, прийнятою в НУБіП України. Позитивна оцінка заноситься до залікової книжки за підписом керівника КР.

Студент, що не виконав КР у визначені терміни, доопрацьовує роботу самостійно. Консультації у цьому випадку організовуються з урахуванням причин відставання. Рішення про організацію консультацій приймає кафедра на підставі письмової заяви студента. При цьому кафедра визначає кількість годин консультацій, графік проектування і термін його виконання. Відповідно до заяви студента, завідувач кафедри призначає день засідання комісії для захисту КР.

У разі отримання незадовільної оцінки на захисті студент отримує нове завдання на курсову роботу з даної дисципліни для повторного її виконання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисенко В. П., Головінський Б. Л., Голуб Б. Л., Руденський А. А. Методи і засоби сучасного автоматизованого управління. Навчальний посібник. – Київ: НАУ, 2007. – 76 с.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
3. Слоним А. Д. Физиология терморегуляции и термической адаптации у сельскохозяйственных животных. – М.: Наука, 1966. – 147 с.
4. Осипенко В. В. Системно-аналітичні засади проектування вітросонячних систем електроживлення / Каплун В. В., Осипенко В. В., Яцик С. С. // Вісник НУБіП, Серія “Техніка та енергетика АПК”. – Вип. № 174, ч.1. – 2012. – С. 130-136.
5. Щербатюк В. Л. Автоматизоване керування процесом виробництва курячих яєць з прогнозуванням збурень: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / В. Л. Щербатюк. – К., 2012. – 187 с.

ДОДАТОК А

Зразок виконання титульного аркуша курсового проекту

КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І. І. Мартиненка

Курсова робота

з дисципліни

«Методи сучасного керування технологічними процесами і виробництвами в
енергетиці»

Варіант № ____

Виконав
студент групи

І. Б. Прізвище

Керівник
(посада)

І. Б. Прізвище

Київ – 2018

ДОДАТОК Б

ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

з дисципліни «Методи сучасного керування технологічними процесами і виробництвами в енергетиці»

Студенту магістратури _____

Вихідні дані:

1. Об'єкт управління: промисловий пташник на 30000 курей-несучок
2. Тривалість утримання – 1 місяць – _____ 20__ року

Завдання

1. Побудувати графік випадкового процесу зміни температури за заданий період.
2. Визначити на ній квазістаціонарні ділянки та знайти їх статистичні характеристики.
3. Побудувати формуючий фільтр для вибраної стаціонарної ділянки та відтворити 10 можливих реалізацій.
4. Вибрати 3 реалізації, флуктуації яких мають найбільші відхилення одна від одної і вважати їх можливими стратегіями природи.
5. Вибрати сукупність можливих раціональних стратегій управління.
6. Проаналізувати роботу системи за основними показниками утримання курей-несучок для кожного варіанта управління і стратегії природи.
7. Використовуючи поточні вартості яєць, кормів та електроенергії, вибрати оптимальну стратегію управління за весь заданий період.
8. Проаналізувати результати.

Керівник роботи _____ (_____)

Студент _____ (_____)

ЛЕКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ

за матеріалами навчального видання:

Методи і засоби сучасного автоматизованого виробництва. Навчальний посібник для внутрівузівського використання / В.П.Лисенко, Б.Л.Головінський, Б.Л.Голуб, А.А.Руденський. Вид-во НУБіП України. – 2007. – 81с.

Вступ

Задачі управління процесами виробництва продукції сільського господарства

Управління технологічними процесами в сільському господарстві зводиться до управління параметрами, що забезпечують найбільш ефективну життєдіяльність біологічних об'єктів, які є складовою таких біологічних об'єктів. Метою такого управління є оптимізація показників ефективності життєдіяльності біооб'єктів.

При підготовці до утримання біооб'єктів та в процесі їхнього утримання, який для різних об'єктів може тривати від місяця до кількох років, локальних показників ефективності є дуже багато. Але основними слід вважати такі.

5. Умови існування, які б не дали можливості біооб'єкту загинути незалежно від зміни зовнішніх збурень або забезпечити найменший відсоток втрат окремих, найменш витривалих його представників.
6. Найвища продуктивність від біооб'єкта за час його утримання.
7. Мінімальні витрати матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів на утримання біооб'єкта.
8. Показники якості отриманої продукції.

Кількісно показники ефективності найчастіше подаються у вигляді функціоналів:

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, u) dt, \quad (1)$$

де $f(x, u)$ – функція, яка залежить від стану об'єкта (x) і прийнятого рішення щодо управління процесом (u) за весь час його утримання від початку (t_n) до закінчення технологічного процесу (t_k).

Дискретні аналоги показників ефективності мають вигляд суми:

$$I = \sum_{k=0}^n f_k(x, y), \quad (2)$$

де k – дискретний часовий параметр.

Такими показниками якості виробництва сільськогосподарської продукції можуть бути охарактеризовані досягнення максимуму продуктивності біооб'єктів з врахуванням їх якості, зведення до мінімуму того чи іншого виду витрат на утримання тощо.

Деякі показники ефективності можна подати у вигляді обмежень на стан біооб'єкта. Так, неможливість загибелі біооб'єкта подається заданою, дуже малою ймовірністю перебування його в приграничних зонах, якщо відомо, що при досягненні границі біооб'єкт гине.

Прийняття рішень для управління умовами утримання біологічних об'єктів за допомогою розглянутих показників ефективності в сільському господарстві є складною задачею. Стан біооб'єкта не є результатом лише детермінованих дій, а залежить від випадкових збурень, обумовлених метеоумовами, які не можуть бути передбаченими і точно визначеними. Таким чином, слід приймати рішення для управління в умовах невизначеності. Такий показник ефективності залежить ще й від випадкових факторів:

$$I = \int_{t_n}^{t_k} f(x, y, u) dt, \quad (3)$$

де y – невизначені умови або фактори.

У цьому випадку задача знаходження оптимального рішення для управління умовами утримання біологічних об'єктів формулюється таким чином.

При заданому стані x з врахуванням невідомих факторів y знайти таке управління u , яке б за можливості здело до максимуму показник ефективності процесу I .

Застереження “за можливості ” перетворює задачу в категорію задач, в яких вибір рішення здійснюється в умовах невизначеності.

У зв'язку з тим, що невизначеності в сільському господарстві є до деякої міри статистично визначені, розв'язок таких задач зводиться до знаходження математичного сподівання показника якості

$$\bar{I} = M[I]. \quad (4)$$

Якщо врахувати всі перелічені вище показники якості при управлінні процесом утримання біологічних об'єктів, то задачу управління слід розглядати як багатокритеріальну, що значно ускладнює її розв'язок.

За таких умов постановка задачі, яка формулюється як досягнення максимальної продуктивності з високою якістю при мінімальних затратах, повинна бути відкинута [1]. Тому найбільш прийнятним буде єдиний критерій, який максимізує прибуток, що складається з різниці вартості отриманої продукції і вартості основних витрат на її виготовлення, враховуючи невизначеність стану об'єкта. При цьому у задачі обов'язково повинні враховуватись обмеження на ймовірність загибелі біооб'єкта або певний відсоток втрат його представників.

Сучасні технології виробництва продукції сільського господарства здійснюються або в природних умовах, або в спеціальних приміщеннях, оснащених технічним обладнанням та системами управління.

Задачі управління при виробництві в природних умовах полягають у визначенні строків вирощування, а також строків різних видів обробки, внесення добрив, засобів захисту, зволоження ґрунту, тощо. Але відомо, що в зв'язку із значними непередбачуваними змінами природних умов продуктивність біологічних об'єктів в таких умовах значно нижча, ніж при промисловому виробництві, а ймовірність загибелі біоб'єкта становить приблизно 0,2-0,4. Іноді значні природні катаклізми призводять взагалі до знищення біоб'єктів при утриманні їх в природних умовах.

Промислове виробництво передбачає утримання біологічних об'єктів в приміщеннях з обладнанням, яке здатне в основному компенсувати вплив зовнішніх природних збурень на технічний об'єкт. Враховуючи, що найвища продуктивність біологічних об'єктів має місце при певних комфортних умовах, задачі управління за умов промислового виробництва с.г. продукції зводились до стабілізації окремих технологічних параметрів. Такому алгоритму функціонування сприяла також досить низька вартість енергоресурсів ще в недалекому минулому. Конструкції виконавчих

механізмів та їх потужності в сучасних технічних об'єктах, що застосовуються за умов промислового виробництва с.г. продукції, не спроможні компенсувати всі річні збурення. Тому ймовірність загибелі об'єктів і в цьому випадку існує, але її значення становить приблизно 0,002-0,004, що на два порядки нижче, ніж при виробництві в природних умовах.

Була запропонована методика побудови системи управління, яка мінімізувала середнє квадратичне відхилення температури [2].

Для створення системи управління, яка здатна реалізувати алгоритм функціонування об'єкта за критерієм (4), коли $\bar{I}$ є математичним очікуванням прибутку від отриманої продукції, управління процесу утримання слід вести залежно від фізичного стану біологічного об'єкта. Визначене управління можливо здійснювати на основі розв'язку таких задач:

- на базі фізіологічних основ виробництва продукції рослинного або тваринного походження створити фізичну і математичну модель зміни станів біологічного об'єкта залежно від дії збурень і управлінь;
- розробити алгоритм прийняття раціональних рішень для управління процесом утримання біооб'єкта;
- створити базу даних для розпізнавання образів зовнішніх збурень та можливих варіантів управління при дії таких збурень;
- розробити програмне забезпечення для роботи з базою даних і прийняття раціональних управляючих дій;
- провести вибір технічних засобів для реалізації прийнятих рішень.

I. Біологічний об'єкт як об'єкт управління

1.1. Фізіологічні основи виробництва продукції рослинництва та необхідні управлінські дії раціонального вирощування рослин

Під впливом сонячних променів в клітинах рослин проходить утворення хлорофілу. В процесі фотосинтезу (асиміляції) хлорофіл поглинає вуглець, який під дією світла вступає в біохімічну реакцію, за результатом якої утворюються такі органічні сполуки як крохмаль, цукор, білки, жири, органічні кислоти тощо. При цьому рослини виділяють кисень.

Рослинам властивий й інший процес – дихання (дисиміляція). Дисиміляція полягає в постійному поглинанні рослинами кисню і виділення вуглецю. При цьому органічні речовини, які знаходяться в клітинах, розкладаються на вуглець і воду, а енергія, що міститься в них, вивільняється. Дихання властиво всім живим клітинам рослин незалежно від наявності в них хлорофілу, а сам процес дихання проходить як при світлі, так і в темноті.

Протягом доби співвідношення між фотосинтезом і диханням змінюється. Вдень засвоєння вуглецю іде приблизно в 10 разів швидше ніж розпад органічних речовин при диханні.

На фотосинтез втрачається приблизно 2..5% сонячної енергії, що надходить. Остання іде в основному на випаровування вологи та теплообмін між повітрям і ґрунтом. Взагалі світове насичення різних рослин становить від 0,2 до 0,8 кал/см² хв.(залежно від світлолюбивості рослин).

Тривалість освітленості за добу для різних рослин залежить від географічного розташування родини рослин. Для південних рослин характерне

раціональне освітлення протягом 12..14 годин за добу, а для північних – 16..17 годин за добу.

Температура є підсумковим показником, який характеризує зміну зовнішніх факторів і стан самого рослинного організму, а також одним з основних показників, що визначають швидкість розвитку сільськогосподарських культур.

Тепловий режим рослин складається під впливом радіаційного балансу, теплообміну з навколишнім середовищем і випаровуванням вологи рослинами.

Температура, як і світло, здійснює вплив на біохімічні процеси в клітинах. Вплив температури на процеси фотосинтезу і дихання різні. Але при температурах нижчих 10°C припиняються обидва процеси.

Взагалі інтенсивність фотосинтезу від температури можна представити залежністю, яка показана на рис.1 [2,3].

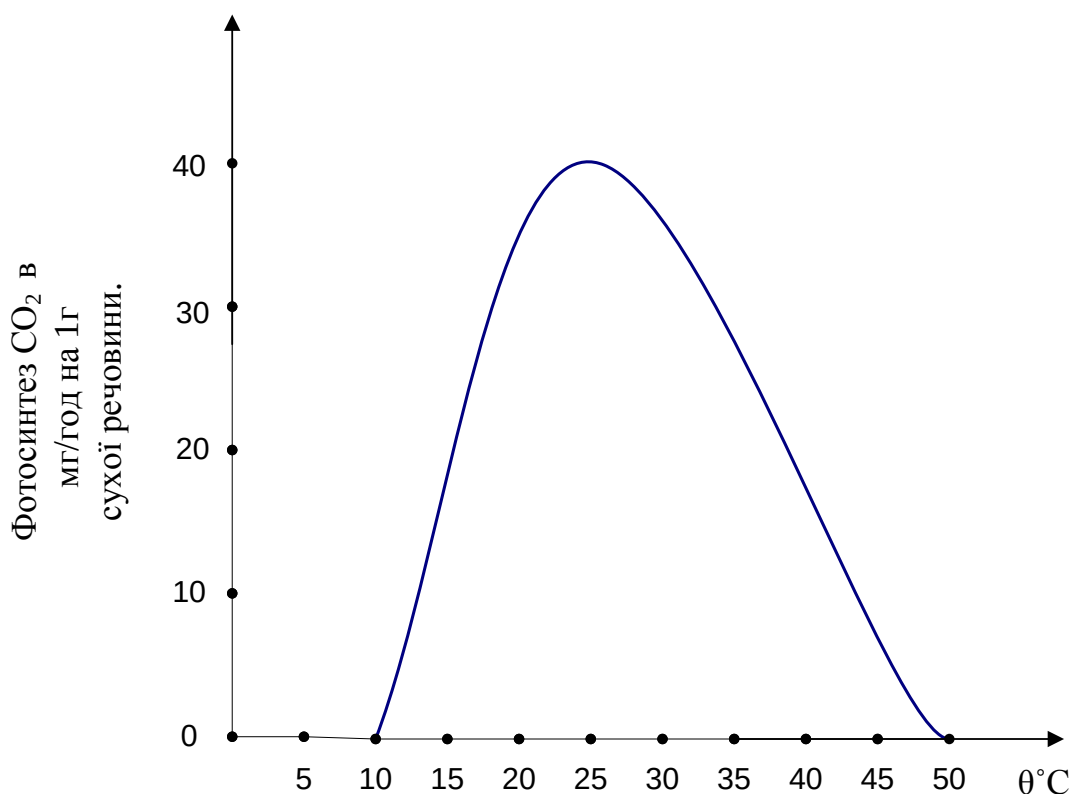


Рис.1.Залежність фотосинтезу рослин від їхньої температури при оптимальному постачанні CO_2 (1,22%)

Оптимальні значення денної температури для різних рослин і відповідно вершина кривої на рис.1 можуть змінюватись залежно від виду рослини. Так, для картоплі $\theta_{\text{опт}}=20^{\circ}\text{C}$, для томатів і тютюну - $26..30^{\circ}\text{C}$, для гороху – $20..23^{\circ}\text{C}$. Але майже для всіх рослин процес фотосинтезу припиняється при температурах нижче 10°C і вище 50°C .

Процеси дихання в рослинах теж залежать від температури. Точка максимуму для більшості рослин становить $36..40^{\circ}\text{C}$, а для деяких 50°C . Від взаємодії процесів фотосинтезу і дихання залежить приріст органічної маси. Так як обидва процеси залежать від зовнішніх факторів, то накопичення органічної речовини можна розглядати як різницю кількості речовини, утвореної від фотосинтезу і тої, що розпалася при диханні (рис.2).

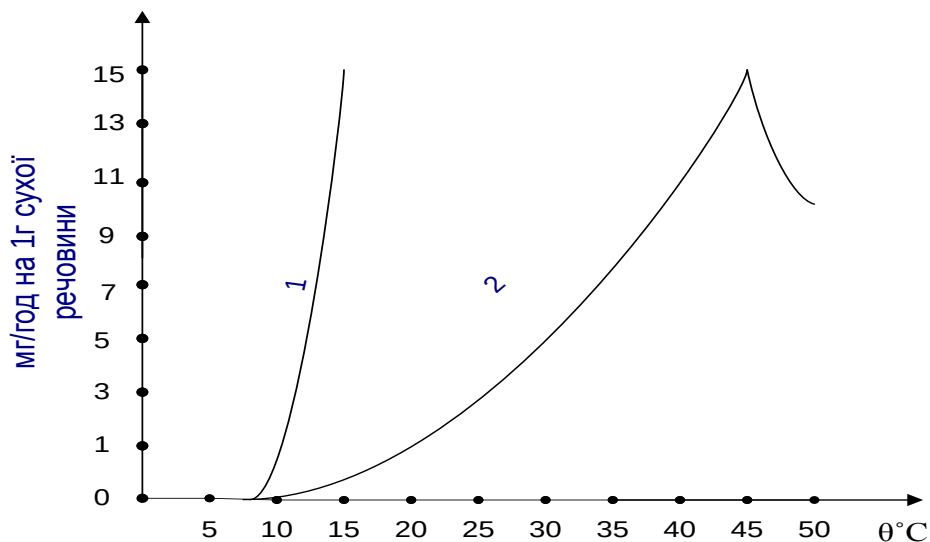


Рис.2. Залежність асиміляції (1) і дисиміляції (2) від температури

У зв'язку з тим, що приріст органічної маси є результатом дії фотосинтезу і дихання, значення оптимальних нічних температур повинні бути меншими в порівнянні з денними. Рекомендовано в нічні часи утримання здійснювати для таких температур для різних рослин: картопля, горох, тютюн – 14,5..15°C; томати – 15..20°C.

Рослини починають свої життєдіяльні процеси з температури, яка називається біологічним мінімумом. Для різних рослин цей мінімум різний: для вегетативного періоду пшениці, ячменю, вівса, гороха, коноплі – 3..5°C; гречки, соняшника – 7..8°C.

Репродуктивний період вимагає більш високих температур – від 10 до 20°C. Крім того, рослини за всі міжфазні періоди свого росту повинні накопичити повну кількість середньодобових температур.

Суми активних температур ($\sum \theta^{\circ}\text{C}$), необхідних для визрівання рослин, наведені в табл.1.

Таблиця 1. Суми активних температур для визрівання рослин

Рослина	$\sum \theta^{\circ}\text{C}$
льон	1100
овес	1300
томати	1150
огірки	1500
картопля	1200
ярова пшениця	1300
просо	1700
кукурудза: ранньоспіла	1500..2000
середньоспіла	2000..2500
пізньоспіла	2500..3000

Розраховуючи фізіологічні особливості розвитку рослин, для забезпечення максимальної продуктивності в рослинництві необхідно

здійснювати такі управлінські дії, які б давали можливість підтримувати параметри мікроклімату, зволоження та живильних властивостей ґрунту на рівнях, що максимізувала приріст органічної маси в кожний момент протягом всього періоду їх розвитку. Так, добова тривалість освітленості повинна відповідати їхньому фотоперіодизму і бути заданої інтенсивності.

Температура рослин в денний період повинна відповідати температурі максимального фотосинтезу, а в нічний – мінімальному розкладанню органічних речовин на вуглець і воду. Зволоження ґрунту повинно забезпечувати заданий коефіцієнт транспірації сільськогосподарської культури.

Забезпечення таких умов розвитку рослин вимагає значних капіталовкладень на побудову приміщень і технологічного обладнання, а також значних енергетичних витрат для підтримання заданих параметрів. На сьогодні здійснення такого технологічного процесу вирощування забезпечується лише у фітотронах.

Для рослин, які вирощуються в природних умовах, або в теплицях (у зв'язку із значними коливаннями зовнішніх збурень), підтримання технологічних параметрів, які б забезпечували максимальну продуктивність, протягом всього періоду їхнього розвитку неможливо.

У сучасних приміщеннях захищеного ґрунту для виробництва рослинної сільськогосподарської продукції управління процесом вирощування передбачає стабілізацію параметрів процесу на рівнях, що забезпечують максимальну продуктивність при помірних збуреннях і попередження загибелі рослин при збуреннях, потужності яких значно перевищують можливості технологічного обладнання. У таких системах управління не використовується показник ефективності, який би максимізував різницю між прибутками вирощеної продукції і витрати на її вирощування.

1.2. Фізіологічні основи виробництва продукції тваринництва та управлінські дії при утриманні тварин

Для виробництва продукції сільського господарства тваринного походження такої як м'ясо, молоко, яйця, тощо використовуються в основному гомойотермні організми. Основною ознакою гомойотермнії є наявність у гіпоталамічній області спеціального центра, діяльність якого направлена на підтримання температури тіла на більш або менш постійному рівні. Терморегуляційний ефект побудований за кібернетичним принципом регулювання із зворотнім зв'язком і включає діяльність багатьох систем організму, які направлені як на підвищення продукції тепла і обмеженню тепловіддачі при охолодженні тіла, так і на обмеження теплопродукції і підвищення тепловіддачі при його нагріванні. Гомойотермні організми здатні зберігати температуру тіла постійною за допомогою хутра, пір'я, підшкірного жиру, а також вазомоторних реакцій при охолодженні, а при перегріванні віддавати тепло в навколишнє середовище шляхом конвекції випаровування вологи. Результатом сумісних хімічних і фізичних реакцій на температурне подразнення є підтримання постійної внутрішньої температури тіла, не дивлячись на змінний температурний градієнт між тілом і середовищем.

Життєдіяльність гомойотермних біологічних об'єктів в природних умовах показує, що вони здатні зберігати свої фізіологічні властивості і не гинути при досить значних коливаннях параметрів зовнішнього середовища таких як температура, відносна вологість, газовий склад повітря, тиск тощо. При цьому залежно від значення параметрів зовнішнього середовища змінюється загальний обмін речовин в організмі. Мінімальний рівень обміну речовин спостерігається лише при певних нейтральних температурах (**НТ**) середовища, які є різними для різних організмів і станів, у яких вони знаходяться. Наприклад, для оголеної людини в лежачому положенні нейтральна температура становить 24°C. Коли ж ця людина рухається, **НТ** становить 20°C. **НТ** для свиней вагою 40..80кг – 20..23°C, а вагою 90..110кг – 15..16°C, **НТ** для білого ведмеда - 50°C. Відхилення параметрів зовнішнього середовища від **НТ** в той чи інший бік викликає стрес на організм [4] і відповідні витрати енергії на його подолання. Організм адаптується до нових умов. Адаптація – це сукупність фізіологічних змін, які лежать в основі зрівноважування організму з умовами середовища. Критерієм адаптації є здатність біосистеми зберігати сталість енергетичного потенціалу, а метою - відновлення сталості внутрішнього стану (активних життєвих параметрів і продуктивності).

Схема залежності обміну речовин від температури наведена на рис.3 [4].

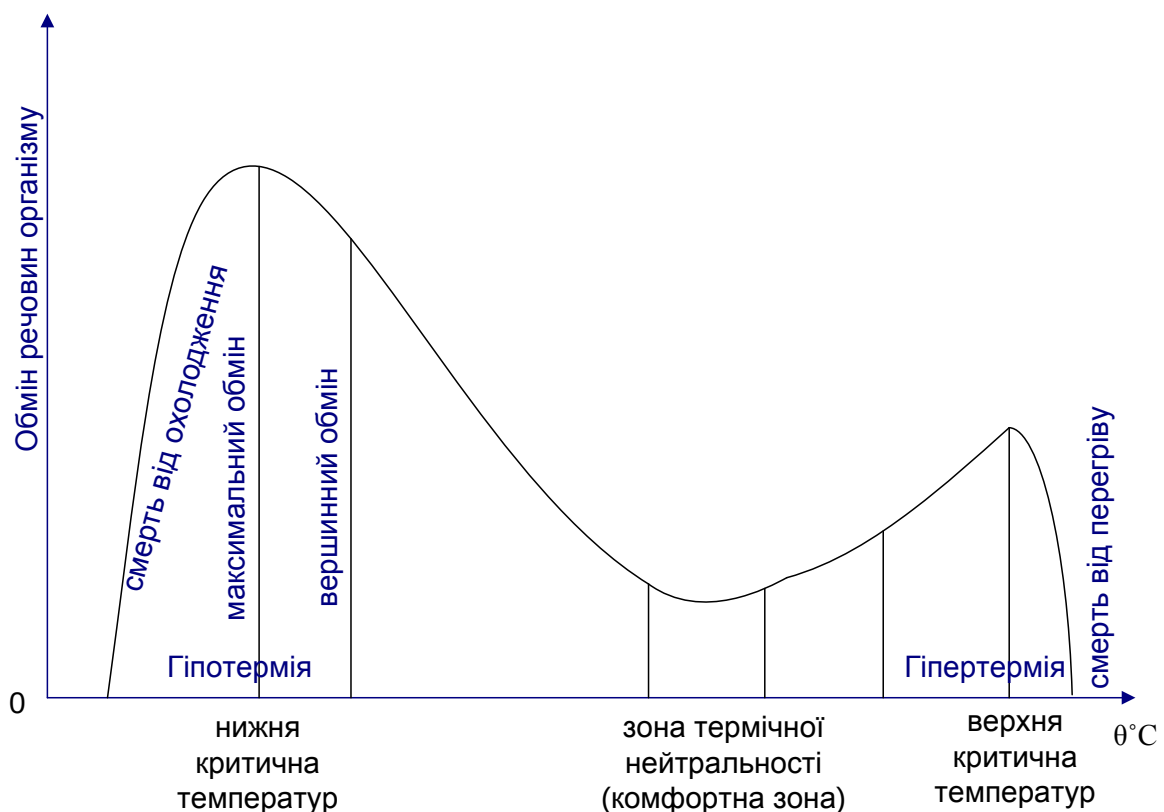


Рис.3.Схема терморегуляції гомойотермних організмів

При температурах нижчих за температуру комфортної зони організм здатний адаптуватись до досягнення нижньої температури. Для більшості сільськогосподарських тварин ця температура становить ~ 0°C – у цьому

випадку спостерігається сталість температури тулуба і зниження температури кінцівок, вух, шкіри тощо. Подальше зниження температури веде до зниження температури тулуба і призводить до смертельного наслідку. Підвищення температури навколишнього середовища за межі верхньої критичної температури приводить до підвищення температури тіла, порушення кровообігу та нервової системи і, в остаточному підсумку, призводить до смерті організму. Смертельний наслідок має місце майже у всіх сільськогосподарських тварин при температурі 43°C [4].

У літературних джерелах [4,5,6,7] наводяться кількісні характеристики різних зон для деяких сільськогосподарських тварин. Так, для великої рогатої худоби “комфортна зона” знаходиться в межах 15..18°C, нижня критична температура 4°C, а верхня критична точка 32°C. При температурі 32..35°C настає порушення терморегуляції, температура тіла підвищується на 1,5 – 2°C. Температури вищі за 35°C приводять до смертельного наслідку.

Для свиней вагою 40..80кг “комфортна зона” коливається в межах 20..23°C, а вагою 80 і вище – 15..16°C, нижня критична точка – 0°C, верхня – 30°C. Уже при 35°C температура тіла свиней підвищується до 42°C, настає коматозний стан і смерть.

“Комфортна зона” для овець становить 15..20°C. Нижня критична точка 0°C, верхня критична точка 38°C. При більш високих температурах смертельний наслідок неминучий.

Для курей зона **ТН** становить 15..18°C. Нижня критична точка – 5°C, верхня критична точка – 39°C. Смертельні наслідки настають при температурі 43°C і вище.

Стани біологічних об’єктів тваринного походження залежно від знаходження в тій чи іншій температурній зоні відрізняється один від одного і характеризуються різними показниками росту, продуктивності, споживання кормів, тощо. Розглянемо зміни показників ефективності утримання залежно від температури середовища, у якому знаходяться кури–несучки. Залежність продуктивності птиці від температури наведена на рис.4 [8].

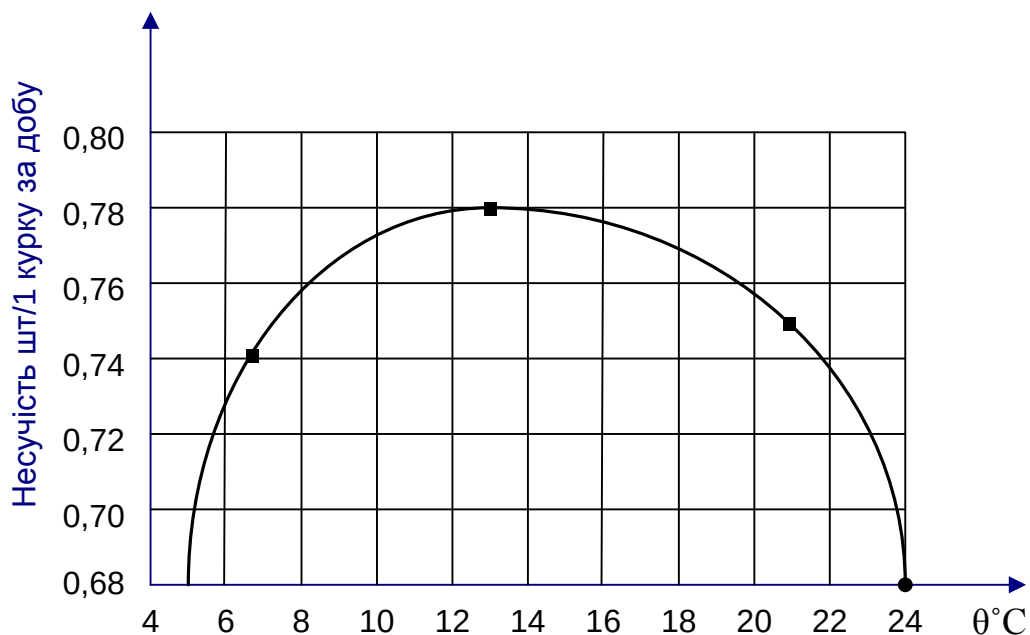


Рис.4. Залежність несучості птиці від температури у пташнику

Залежність споживання корму птицею від температури показано на рис.5[8].

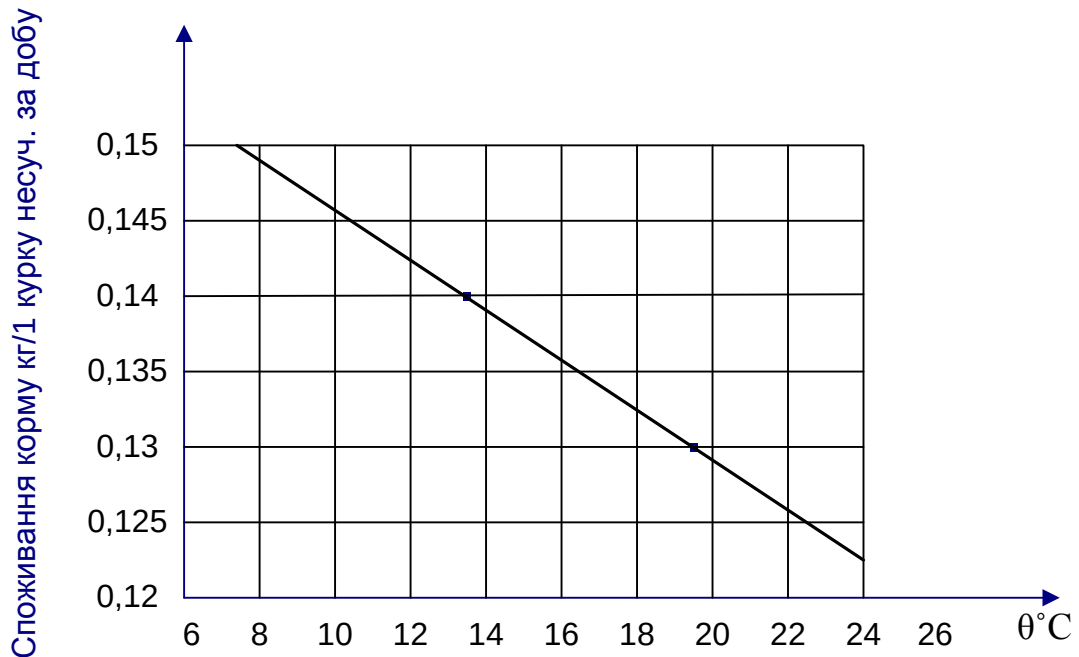


Рис.5.Залежність споживання корму птицею від температури

При вирощуванні бройлерів вплив температури на продуктивність птиці, споживання кормів, втрати від загибелі частини бройлерів досить значний. Залежність приросту маси бройлерів, споживання ними корму і відсоток падіжу від температури показані на рис.6.

Фізіологічні механізми вирощування тварин і птиці сільськогосподарського призначення, а також технологія отримання різних видів продукції тваринного походження показують, що забезпечення максимальної продуктивності можливо, коли управління забезпечує параметри мікроклімату в межах “комфортної зони”.

Величина “комфортної зони” для основних видів тварин та птиці знаходиться в межах 3..4°C. Відхилення температурних параметрів за межі “комфортної зони” змінює стан біологічного об’єкта і приводить до зниження продуктивності та змін у кількості корму, що споживається. При управлінні процесом утримання біооб’єкта такі стани допустимі, якщо не вистачає потужностей виконавчих механізмів для повернення біологічного об’єкта в “комфортну зону”, або якщо втрати від спожитої електроенергії для повернення в цю зону настільки значні, що роблять виробництво продукції не доцільним. Важливою функцією системи управління і потужностей виконавчих елементів є забезпечення життєдіяльності біологічного об’єкта при будь-яких збуреннях на технічний об’єкт. Тому ймовірність загибелі біооб’єкта не повинна перевищувати значення 3-ого – 4-ого знаку після коми.

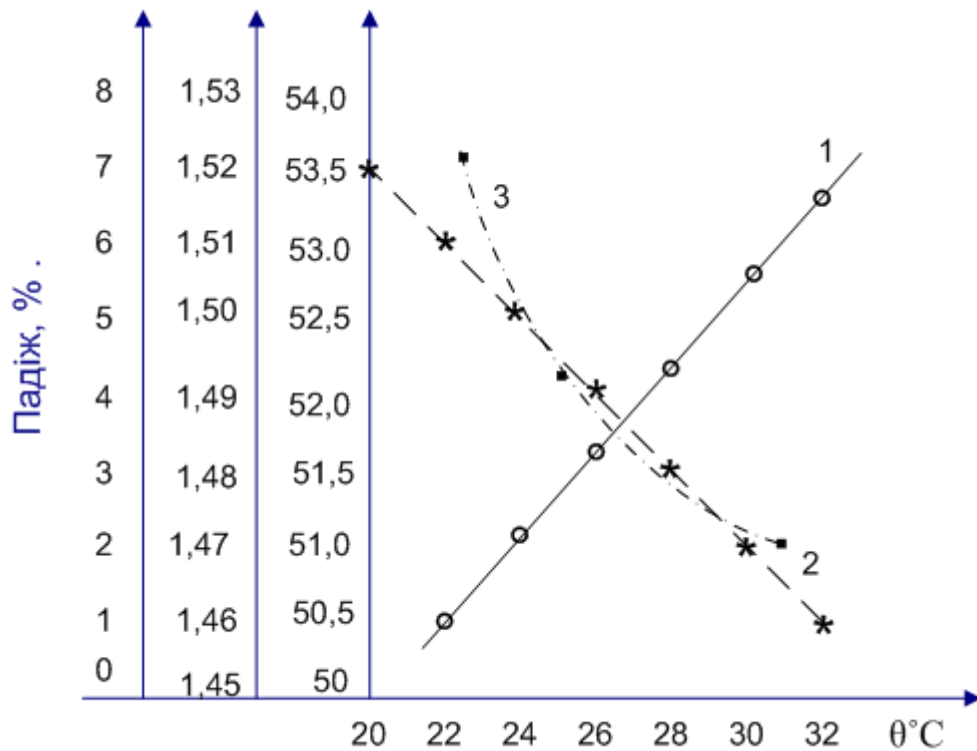


Рис.6.Залежність приросту маси (1), конверсії кормів (2) та відсотка падіжу (3) від температури для бройлерів

Сучасні системи управління передбачають стабілізацію параметрів мікроклімату на заданому рівні в межах “комфортної зони” за умов, що виконавчі механізми здатні компенсувати зовнішні збурення.

Енергетичні витрати на утримання біооб’єктів залежать від конструкції технічних об’єктів, їх оснащення технічними засобами, які здатні компенсувати зовнішні збурення та величі збурень, що діють на технічний об’єкт.

1.3. Моделювання біологічних об’єктів

Задача моделювання процесу утримання біологічного об’єкта полягає у знаходженні математичних залежностей, які б дали можливість завчасно до реалізації системи управління проаналізувати стани біологічного об’єкта та їхню тривалість протягом усього періоду його утримання, а також дали б можливість визначити такі управляючі дії технічних засобів для утримання біооб’єкта, які б забезпечили утримання біологічного об’єкта ефективним.

Для цього, у першу чергу, необхідно визначити, що є станом біологічного об’єкта і встановити їхню кількість. Очевидно, станом біооб’єкта слід вважати такі умови утримання, які визначаються одними і тими ж показниками його продуктивності, витратами кормів для об’єктів тваринного походження та витратами на полив і підживлення для об’єктів рослинного походження. Як показують різні дослідження, при утриманні курей–несучок [8], бройлерів, біооб’єктів рослинного походження [3] чітка відмінність у продуктивності спостерігається при різницях температур у 3..4°C. Таким чином, все температурне поле, у межах якого може утримуватись біооб’єкт до

загибелі, можливо поділити на стільки станів, скільки разів вкладаються стрічки шириною в $3..4^{\circ}\text{C}$. Фізичну модель утримання біооб'єктів можна подати у вигляді кривої, що блукає по станах протягом всього періоду їхнього утримання (рис.7).

Таке фізичне моделювання біологічного процесу можливе в тому випадку, коли цей об'єкт є стаціонарним протягом усього періоду утримання. Існує значна кількість біологічних об'єктів, у яких залежно від фази розвитку змінюються параметри мікрокліматичних зон. Так, при вирощуванні бройлерів зміна раціональних станів об'єкта здійснюється майже щотижня (рис.8). Зміна значень комфортної зони показана заштрихованими прямокутниками. Як видно з рисунку, значення комфортної зони кожен тиждень утримання знижується приблизно на $2..3^{\circ}\text{C}$. При цьому сам біологічний об'єкт поступово змінює свої параметри. Маса бройлерів за добу в пташнику на 15 000 збільшується в середньому на 700–800 кг. Залежність зміни маси бройлерів в часі та відповідна зміна повітрообміну в пташнику наведені на рис.9.

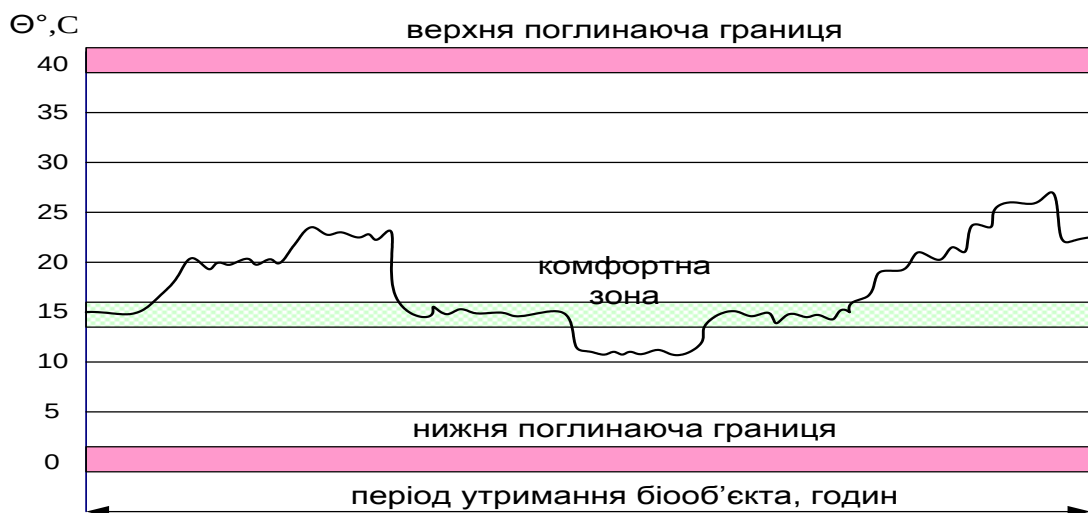


Рис.7.Схема зміни станів біооб'єкта за весь період утримання

Для біологічних об'єктів рослинного походження, враховуючи процеси фотосинтезу і дихання, комфортна зона повинна змінюватись протягом доби. Наприклад, для томатів в світлий час доби комфортними є температури $26..30^{\circ}\text{C}$, а нічні – $15..20^{\circ}\text{C}$. Тому найбільш раціональними блуканнями по станах будуть такі, які забезпечують найбільший добовий приріст продукції. Це блукання по комфортних зонах зображено на рис.10. При цьому період світлої частини доби повинен становити 14..15 годин, а неосвітленої ~ 9..10 годин.

Ефективність роботи технічного об'єкта і системи управління його умовами утримання буде залежати від того, в яких станах перебуватиме біооб'єкт за весь період його утримання. З точки зору продуктивності найефективнішими є утримання біооб'єкта в комфортних зонах протягом всього періоду утримання. Але сучасні технічні об'єкти для промислового виробництва сільськогосподарської продукції (теплиці, пташники, корівники, свинарники тощо) не можуть забезпечити комфортні умови протягом усього періоду утримання у зв'язку із значними зовнішніми збуреннями, а також

малою потужністю існуючих виконавчих механізмів, які б компенсували ці збурення.

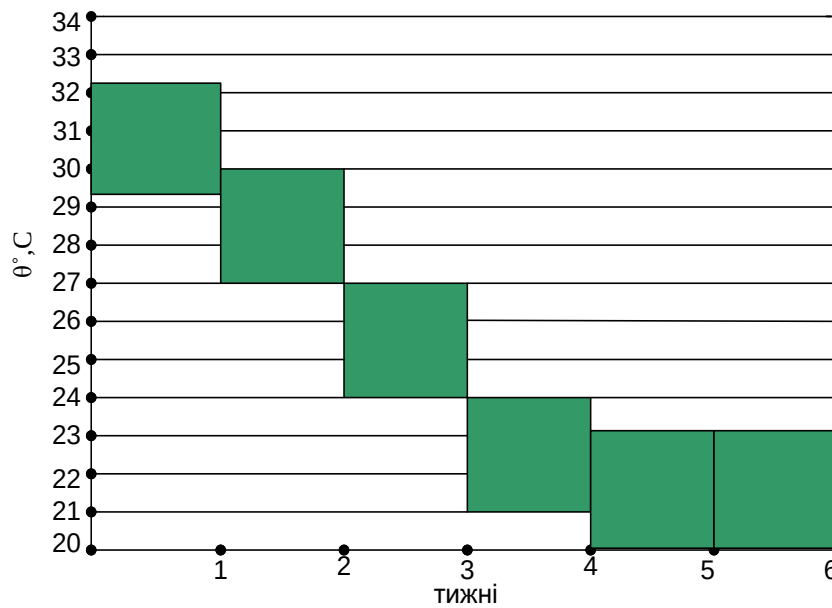


Рис.8. Зміна температурних станів при вирощуванні бройлерів

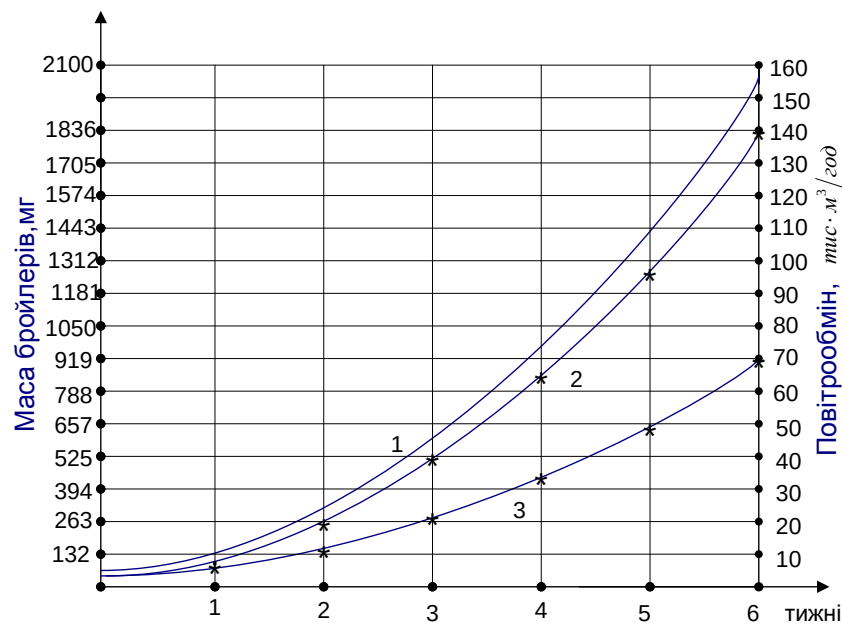


Рис.9. Зміна маси бройлерів протягом певного періоду вирощування (крива 1) та межі зміни повітрообміну при середній температурі 20°C і значеннях відносної вологості повітря 50% (крива 3) і 90% (крива 2)

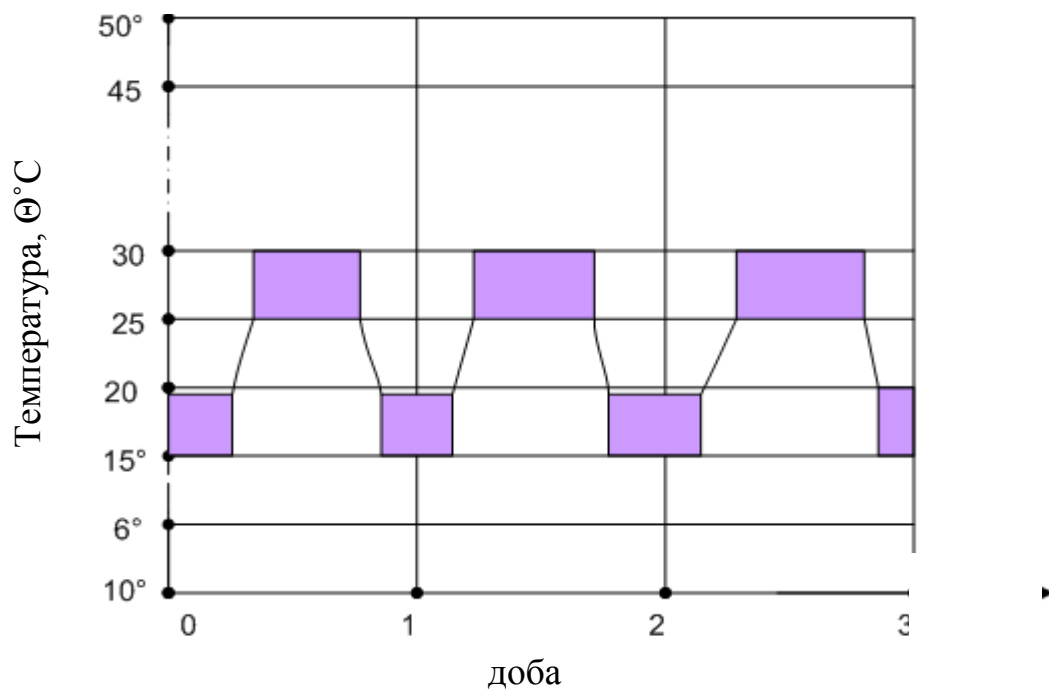


Рис. 10. Фрагмент розташування комфортних зон при вирощуванні томатів

Характер зміни станів біооб'єкта залежить від конструктивних особливостей технічного об'єкта, в якому утримується біологічний, потужностей виконавчих елементів системи управління, характеру збурень на технічний об'єкт і алгоритму управління виконавчими механізмами технічного об'єкта.

1.4. Алгоритми управління умовами утримання біологічних об'єктів при промисловому виробництві сільськогосподарської продукції

Для оцінки впливу алгоритму управління на ефективність функціонування біооб'єкта варто порівняти показники ефективності на одному і тому ж технічному об'єкті при реалізації різних алгоритмів управління умовами утримання біологічних об'єктів.

За технічний об'єкт візьмемо пташник для утримання 30000 курей–несучок розмірами 72 x 18 x 3,1 м, оснащений 22 витяжними вентиляційними установками загальною потужністю щодо повітрообміну від 5300 до 228000 $\text{м}^3/\text{год}$, двома теплогенераторами з припливними вентиляторами продуктивністю щодо тепла до 754200 $\text{кДж}/\text{год}$, а щодо повітрообміну – 14000 $\text{м}^3/\text{год}$ кожен. Показниками ефективності утримання біооб'єкта є середня несучість за рік на одну курку–несучку, річне споживання кормів однією куркою, витрати енергії на утримання в $\text{кВт}\cdot\text{год}$ на одну курку за рік, а також ймовірність загибелі біооб'єкта від температурних коливань. Традиційним алгоритмом функціонування технічного об'єкта є стабілізація температури на певному заданому рівні в комфортній зоні, яка для курей–несучок становить 12°..15°C. Автоматичні системи управління, які забезпечують такий алгоритм, застосовуються майже на всіх промислових пташниках як в Україні так і за кордоном. При збуреннях, які неможливо компенсувати потужностями

виконавчих пристроїв автоматичної системи управління, така система лишає виконавчі пристрої на максимальних потужностях, а біологічний об'єкт виходить із стану "комфортної зони" і починає «блукати» по інших станах. Для прикладу на рис.11 показано таке «блукання» в пташнику в липні 2004 року при роботі системи стабілізації із заданою температурою 13°C. Зовнішні температури протягом всього місяця були настільки великі, що при максимальній потужності витяжних вентиляторів біооб'єкт знаходився в комфортній зоні лише близько 4-х годин.

Основними станами перебування біооб'єкта були 5 станів між температурами 18..33°C. Максимальне значення температури в пташнику не перевищувало 36°C. Таким чином, біооб'єкт не входив у верхню приграничну зону і тому ймовірність його загибелі не перевищує 0,004.

Були проаналізовані тривалості перебування в різних станах курей–несучок при їх утриманні протягом всього 2004 року у тому ж пташнику з тим же обладнанням і системою управління, яка реалізувала режим стабілізації температури на рівні 13°C. Як видно з рис.12, за рік час перебування біооб'єкта в комфортній зоні становив 56% всього періоду утримання. Біооб'єкт не досягав значень температури приграничної зони і всього 0,36% часу за рік перебував в стані з температурою 33..36°C. На рисунку приведені питомі показники якості роботи біооб'єкта за рік. Річна несучість однієї курки в середньому становила 270,6 штук. Кожна курка споживала ~ 48,5 кг кормів. На підтримання умов перебування птиці в наведених у діаграмі станах було витрачено ~ 4,132 кВт/год на одну курку–несучку.

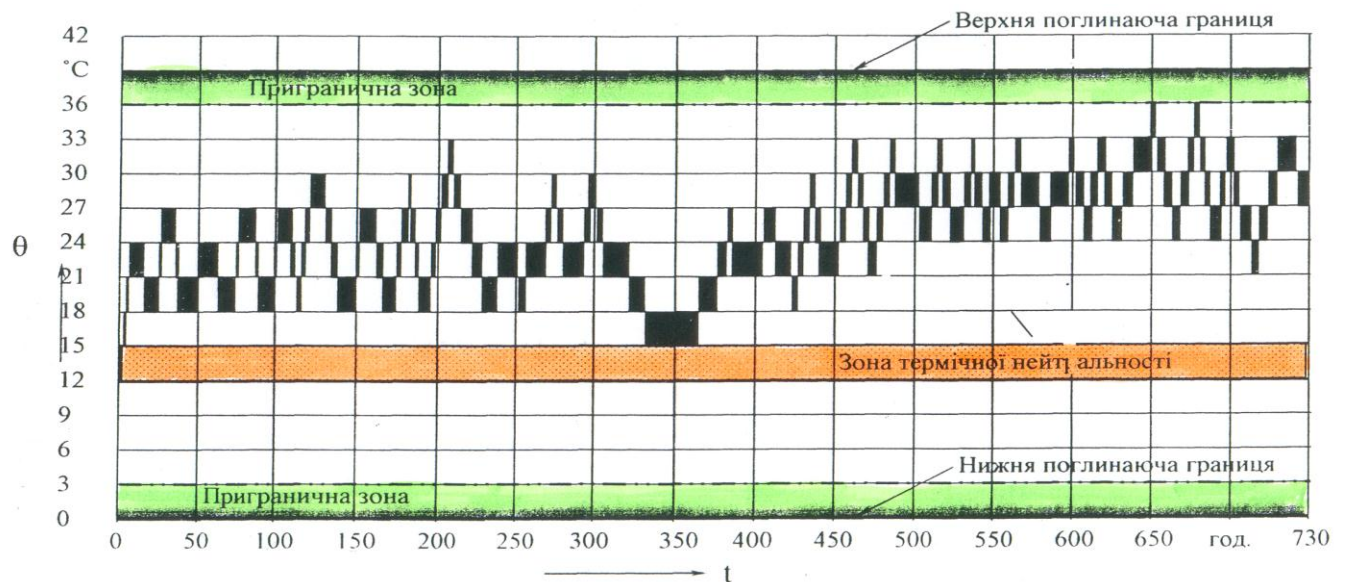


Рис.11. Зміна станів у курей-несучок при автоматичній стабілізації температури в пташнику в липні 2004 року

У зв'язку з тим, що у 2004 році не спостерігалось зовнішніх температур нижчих за -28°C , потужностей калориферів було достатньо, щоб біооб'єкт не перебував в станах, нижчих комфортної зони.

Протягом всього 2004 року біооб'єкт не досягав значень приграничної зони, тому ймовірність його загибелі (як і в липні) становила 0,0036.

Крім алгоритму стабілізації температури в технічному об'єкті розглядався алгоритм управління, який реалізував критерій оптимізації процесу утримання у вигляді максимуму прибутку (I)

$$I = A C_1 - G C_2 - E C_3, \quad (5)$$

де A – несучість курей, шт. яєць за певний час;

G – витрати кормів на годівлю курей за той же час, кг;

E – енергетичні витрати на утримання курей за той же час, кВт·год;

C_1, C_2, C_3 – поточна вартість відповідно яєць, корму та енергії.

Для реалізації такого критерію оптимізації створювалась адаптивна система автоматичного управління, яка приймала рішення щодо управління умовами утримання птиці залежно від характеру температурних збурень на технічний об'єкт, а також поточних даних про вартості яєць, корму та електричної енергії.

Функціональна схема такої системи зображена на рис.13.

Адаптивна система управління складається з двох основних блоків: локальної системи управління (ЛСУ), яка є обов'язковою в будь-якій системі управління параметрами мікроклімату, і адаптивного блоку управління (АБУ). ЛСУ складається з пташника (технічного об'єкта управління), виконавчих елементів: вентиляційних та нагрівних пристроїв, а також локального автоматичного пристрою (ЛАУП), який на відміну від управляючих пристроїв традиційних систем стабілізації може перебудовуватись і функціонувати, крім режиму стабілізації, у режимах програмного управління (з різними програмами) без головного зворотного зв'язку в системі, а також як релейний три позиційний регулятор із змінними зонами нечутливості.

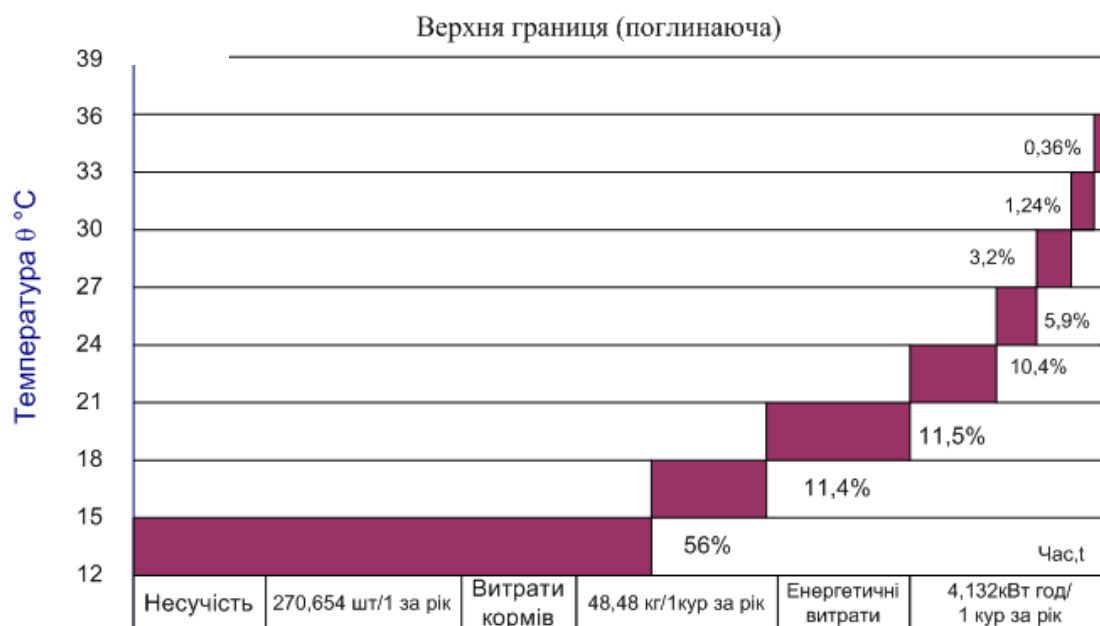


Рис.12.Приклад терміну перебування курей–несучок у різних станах при управлінні системою стабілізації температури на рівні 13% протягом 2004 року і питомі показники якості роботи системи управління

Адаптивний блок управління (АБУ) призначений для розрахунку управляючих дій, які визначають режим роботи (ЛСУ) і алгоритм управління її (ЛАУП). АБУ складається з блоку розпізнавання образів (БРО), блоку прийняття рішень (БПР) та блоку управління (БУ). БРО визначає і аналізує характер та кількісні показники стаціонарних і квазістаціонарних ділянок температурних збурень на технічний об'єкт управління.

На основі чотирирічних спостережень за змінами температурних збурень встановлено, що будь-які температурні збурення можна поділити на ділянки стаціонарного випадкового процесу з середньою тривалістю 120..150 годин (від 40 годин до 500 годин). Загальна кількість таких різних ділянок становить приблизно 620. Характеристики цих збурень як образи записуються в базу даних БРО по стрілці θ_6 . Під час роботи блоку при зміні характеру температурних збурень дані Гідрометцентру вводяться (як це показано стрілкою $\theta_{гм}$) у блок і за цими даними визначається образ температурних збурень, які мають діяти на об'єкт управління.

У подальшому шляхом замірів $\theta_{зов}$ і обробки даних за 20..40 годин спостережень відбувається уточнення образу збурень, які по лінії зв'язку R_0 передаються у блок прийняття рішень (БПР).

У базі даних БПР для кожного з 620 образів вже розміщені дані щодо показників управління, несучості, витрат кормів та енергетичних витрат для різних варіантів управління і можливих флуктуацій температурних збурень. Ці дані вводяться в пам'ять блоку попередньо по стрілці B_6 .

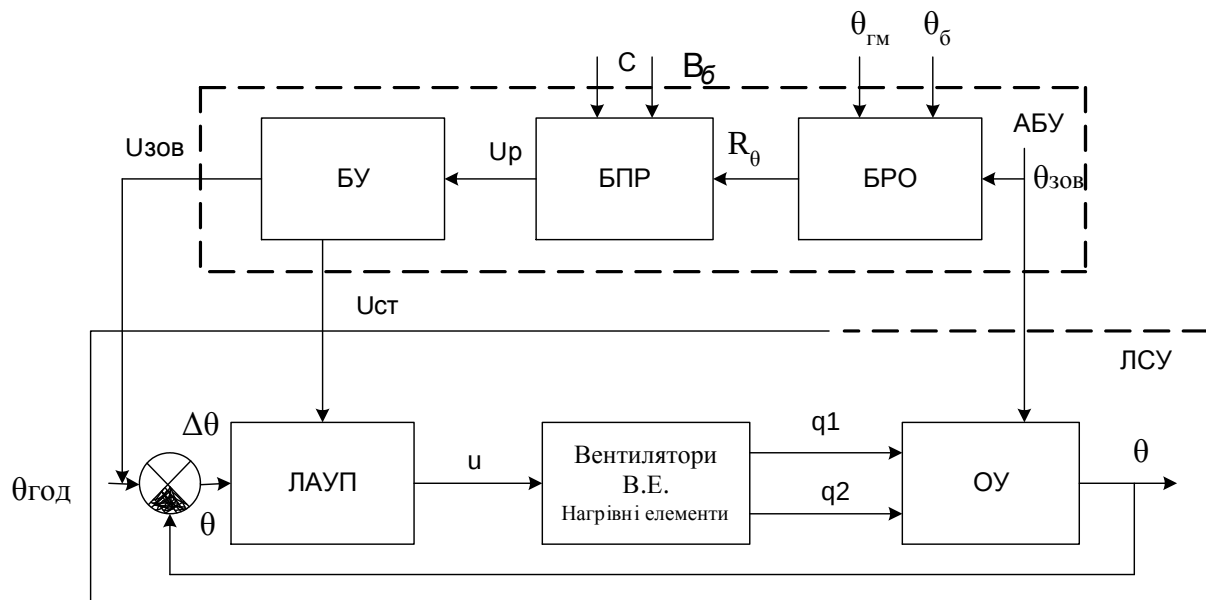


Рис.13. Функціональна схема адаптивної системи управління температурою в пташнику

Для прийняття рішення щодо управління системою U_p в блоці БПР вводяться поточні дані вартості складових якості утримання біологічного об'єкта (сигнал C). Прийняття рішення проводиться шляхом вибору управління на основі методів теорії ігор і статистичних рішень. Для цього в блоці створюються платіжна матриця, матриця ризиків, які аналізуються за допомогою критеріїв Вальда, Севіджа та Гурвіца. Оптимальне рішення щодо управління передається у блок управління (БУ).

Блок управління – це технічний засіб здатний змінювати або задане значення в системі стабілізації (сигнал $U_{зов}$), або структуру ЛАУП локальної системи управління.

Оцінка ефективності роботи адаптивної системи управління проводилась для тих же температурних збурені, які спостерігались у 2004 році. Результати аналізу показали, що змінились терміни перебування біооб'єкта в комфортній зоні і в зонах прилеглих до комфортної зони (комфортна зона – 19,8%, зона 15..18°C – 15,5%, зона 9..12°C – 2,1%). Тривалість перебула в інших станах залишилась незмінною. При цьому, середня несучість знизилась на 0,14 кг на 1 курку за рік, витрати в середньому зменшились на 0,37 кг на 1 курку за рік, енергетичні витрати знизилися в середньому на 1,15кВт год на 1 курку за рік.

Таким чином, система, яка функціонує за алгоритмом, що максимізує прибуток при утриманні біооб'єкта, рішення якої щодо управління побудоване на більш глибокому аналізі збурень на технічний об'єкт, дозволяє знизити енергетичні витрати на утримання курей–несучок на 20..25%. При цьому продуктивність птиці зменшується менше ніж на 0,1%, а економія кормів становить ~0,8%.

Метою цієї методичної розробки є надання допомоги студентам магістратури при розв'язанні таких задач.

1. Визначати статистичні характеристики збурень на технічний об'єкт за реальними реалізаціями зміни температури, наданими Гідрометцентром

України, та задавати можливі варіанти змін температури, що характеризують невизначеність збурень.

2. Створювати базу даних для адаптивного контуру системи автоматичного управління.
3. Розробляти алгоритм прийняття рішень щодо оптимального управління умовами утримання біологічних об'єктів.
4. Створювати програмне забезпечення для введення в базу даних системи управління та роботою з базою даних для прийняття рішень щодо оптимального управління процесом утримання.
5. Розробляти фрагменти технічного забезпечення адаптивних енергоощадних систем управління утримання біологічних об'єктів.

II. Визначення статистичних характеристик температурних збурень на об'єкт та вибір можливих стратегій природи

1.1. Подання температурних збурень та визначення їх статистичних характеристик

За даними Гідрометцентру України температурні збурення подаються у вигляді таблиць, в яких зафіксовані значення температури в заданому районі через кожні три години. Для прикладу в таблиці 2 наведено зміна температур в районі м. Києва за січень місяць 2005 року.

Таблиця 2. Значення температури в м.Києві за січень 2005 р.

Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C
01.01.05	0:00	0°C	04.01.05	18:00	0°C	08.01.05	12:00	+7°C
01.01.05	3:00	0°C	04.01.05	21:00	-1°C	08.01.05	15:00	+7°C
01.01.05	6:00	0°C	05.01.05	0:00	-1°C	08.01.05	18:00	+6°C
01.01.05	9:00	+1°C	05.01.05	3:00	-2°C	08.01.05	21:00	+7°C
01.01.05	12:00	+1°C	05.01.05	6:00	-2°C	09.01.05	0:00	+7°C
01.01.05	15:00	+1°C	05.01.05	9:00	-2°C	09.01.05	3:00	+6°C
01.01.05	18:00	+1°C	05.01.05	12:00	-1°C	09.01.05	6:00	+7°C
01.01.05	21:00	0°C	05.01.05	15:00	+2°C	09.01.05	9:00	+8°C
02.01.05	0:00	0°C	05.01.05	18:00	+2°C	09.01.05	12:00	+8°C
02.01.05	3:00	0°C	05.01.05	21:00	+2°C	09.01.05	15:00	+6°C
02.01.05	6:00	+1°C	06.01.05	0:00	+2°C	09.01.05	18:00	+5°C
02.01.05	9:00	+1°C	06.01.05	3:00	0°C	09.01.05	21:00	+4°C
02.01.05	12:00	+1°C	06.01.05	6:00	+1°C	10.01.05	0:00	+5°C
02.01.05	15:00	+2°C	06.01.05	9:00	+2°C	10.01.05	3:00	+5°C
02.01.05	18:00	+1°C	06.01.05	12:00	+3°C	10.01.05	6:00	+5°C
02.01.05	21:00	+2°C	06.01.05	15:00	+2°C	10.01.05	9:00	+6°C
03.01.05	0:00	+2°C	06.01.05	18:00	+2°C	10.01.05	12:00	+7°C
03.01.05	3:00	+2°C	06.01.05	21:00	+2°C	10.01.05	15:00	+6°C
03.01.05	6:00	+1°C	07.01.05	0:00	+1°C	10.01.05	18:00	+6°C
03.01.05	9:00	+2°C	07.01.05	3:00	+2°C	10.01.05	21:00	+6°C
03.01.05	12:00	+3°C	07.01.05	6:00	+2°C	11.01.05	0:00	+7°C
03.01.05	15:00	+2°C	07.01.05	9:00	+3°C	11.01.05	3:00	+7°C
03.01.05	18:00	+1°C	07.01.05	12:00	+4°C	11.01.05	6:00	+6°C
03.01.05	21:00	+1°C	07.01.05	15:00	+3°C	11.01.05	9:00	+8°C
04.01.05	0:00	0°C	07.01.05	18:00	+3°C	11.01.05	12:00	+10°C
04.01.05	3:00	+1°C	07.01.05	21:00	+3°C	11.01.05	15:00	+9°C

Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C	Дата	Час доби	Температура, °C
04.01.05	6:00	0°C	08.01.05	0:00	+4°C	11.01.05	18:00	+8°C
04.01.05	9:00	+2°C	08.01.05	3:00	+4°C	11.01.05	21:00	+7°C
04.01.05	12:00	+2°C	08.01.05	6:00	+5°C	12.01.05	0:00	+6°C
04.01.05	15:00	0°C	08.01.05	9:00	+6°C	12.01.05	3:00	+4°C
12.01.05	6:00	+3°C	18.01.05	12:00	+1°C	24.01.05	18:00	-5°C
12.01.05	9:00	+6°C	18.01.05	15:00	-1°C	24.01.05	21:00	-4°C
12.01.05	12:00	+8°C	18.01.05	18:00	-3°C	25.01.05	0:00	-4°C
12.01.05	15:00	+7°C	18.01.05	21:00	-4°C	25.01.05	3:00	-4°C
12.01.05	18:00	+6°C	19.01.05	0:00	-4°C	25.01.05	6:00	-5°C
12.01.05	21:00	+6°C	19.01.05	3:00	-3°C	25.01.05	9:00	-5°C
13.01.05	0:00	+6°C	19.01.05	6:00	-2°C	25.01.05	12:00	-5°C
13.01.05	3:00	+3°C	19.01.05	9:00	-1°C	25.01.05	15:00	-4°C
13.01.05	6:00	+3°C	19.01.05	12:00	0°C	25.01.05	18:00	-4°C
13.01.05	9:00	+4°C	19.01.05	15:00	0°C	25.01.05	21:00	-3°C
13.01.05	12:00	+5°C	19.01.05	18:00	0°C	26.01.05	0:00	-5°C
13.01.05	15:00	+5°C	19.01.05	21:00	0°C	26.01.05	3:00	-6°C
13.01.05	18:00	+5°C	20.01.05	0:00	0°C	26.01.05	6:00	-6°C
13.01.05	21:00	+4°C	20.01.05	3:00	+1°C	26.01.05	9:00	-5°C
14.01.05	0:00	+3°C	20.01.05	6:00	-1°C	26.01.05	12:00	-4°C
14.01.05	3:00	+3°C	20.01.05	9:00	-2°C	26.01.05	15:00	-4°C
14.01.05	6:00	+3°C	20.01.05	12:00	0°C	26.01.05	18:00	-4°C
14.01.05	9:00	+3°C	20.01.05	15:00	0°C	26.01.05	21:00	-5°C
14.01.05	12:00	+2°C	20.01.05	18:00	-2°C	27.01.05	0:00	-7°C
14.01.05	15:00	+1°C	20.01.05	21:00	-1°C	27.01.05	3:00	-8°C
14.01.05	18:00	+2°C	21.01.05	0:00	0°C	27.01.05	6:00	-5°C
14.01.05	21:00	+1°C	21.01.05	3:00	-1°C	27.01.05	9:00	-3°C
15.01.05	0:00	+1°C	21.01.05	6:00	-1°C	27.01.05	12:00	-1°C
15.01.05	3:00	0°C	21.01.05	9:00	0°C	27.01.05	15:00	+2°C
15.01.05	6:00	0°C	21.01.05	12:00	0°C	27.01.05	18:00	-6°C
15.01.05	9:00	+1°C	21.01.05	15:00	+2°C	27.01.05	21:00	-9°C
15.01.05	12:00	+2°C	21.01.05	18:00	0°C	28.01.05	0:00	-9°C
15.01.05	15:00	+1°C	21.01.05	21:00	0°C	28.01.05	3:00	-10°C
15.01.05	18:00	+1°C	22.01.05	0:00	0°C	28.01.05	6:00	-12°C
15.01.05	21:00	+1°C	22.01.05	3:00	-2°C	28.01.05	9:00	-9°C
16.01.05	0:00	0°C	22.01.05	6:00	-2°C	28.01.05	12:00	-6°C
16.01.05	3:00	0°C	22.01.05	9:00	-2°C	28.01.05	15:00	-8°C
16.01.05	6:00	0°C	22.01.05	12:00	+2°C	28.01.05	18:00	-9°C
16.01.05	9:00	0°C	22.01.05	15:00	0°C	28.01.05	21:00	-10°C
16.01.05	12:00	0°C	22.01.05	18:00	-1°C	29.01.05	0:00	-10°C
16.01.05	15:00	-1°C	22.01.05	21:00	0°C	29.01.05	3:00	-12°C
16.01.05	18:00	-2°C	23.01.05	0:00	-2°C	29.01.05	6:00	-10°C
16.01.05	21:00	-3°C	23.01.05	3:00	-4°C	29.01.05	9:00	-8°C
17.01.05	0:00	-4°C	23.01.05	6:00	-5°C	29.01.05	12:00	-7°C
17.01.05	3:00	-5°C	23.01.05	9:00	-2°C	29.01.05	15:00	-8°C
17.01.05	6:00	-5°C	23.01.05	12:00	0°C	29.01.05	18:00	-8°C
17.01.05	9:00	-2°C	23.01.05	15:00	-1°C	29.01.05	21:00	-8°C
17.01.05	12:00	0°C	23.01.05	18:00	-1°C	30.01.05	0:00	-9°C
17.01.05	15:00	-2°C	23.01.05	21:00	-1°C	30.01.05	3:00	-9°C
17.01.05	18:00	-3°C	24.01.05	0:00	-2°C	30.01.05	6:00	-10°C
17.01.05	21:00	-4°C	24.01.05	3:00	-3°C	30.01.05	9:00	-9°C

Дата	Час доби	Температура, °С	Дата	Час доби	Температура, °С	Дата	Час доби	Температура, °С
18.01.05	0:00	-5°C	24.01.05	6:00	-4°C	30.01.05	12:00	-8°C
18.01.05	3:00	-6°C	24.01.05	9:00	-3°C	30.01.05	15:00	-8°C
18.01.05	6:00	-6°C	24.01.05	12:00	0°C	30.01.05	18:00	-10°C
18.01.05	9:00	-2°C	24.01.05	15:00	-5°C	30.01.05	21:00	-11°C
31.01.05	0:00	-11	31.01.05	9:00	-11	31.01.05	18:00	-11
31.01.05	3:00	-12	31.01.05	12:00	-8	31.01.05	21:00	-10
31.01.05	6:00	-12	31.01.05	15:00	-9	01.02.05	0:00	-11

Визначення математичної моделі цих збурень здійснюється таким чином.

- Будується графік зміни температури в часі на протязі всього періоду (рис.14.). Такий графік є реалізацією нестационарного випадкового процесу, але окремі його ділянки можна вважати реалізаціями стаціонарного випадкового процесу. На реалізації рис.14 виділено сім ділянок, які можна вважати стаціонарними.
- Зміни температур для кожної стаціонарної ділянки заносяться в окремі таблиці 3.
- За допомогою програми “Proces” з лабораторної роботи №5 [10] проводиться послідовно статистична обробка даних таблиць і визначаються статистичні характеристики стаціонарних ділянок температури.

Результати обробки температурних даних за січень 2005 року показали, що кореляційною функцією всіх ділянок є функція виду

$$R_{\theta}(t) = D_{\theta} \cdot e^{-\alpha t} \cdot \cos \beta t.$$

Значення математичного сподівання M_{θ} , дисперсії D_{θ} та коефіцієнтів α і β наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Значення статистичних даних

№ ділянки	$M_{\theta}, ^\circ\text{C}$	$D_{\theta}, (^\circ\text{C})^2$	α	β	Похибка ϵ
1	1,125	1,78	0,07	0,17	0,31
2	5,74	2,81	0,44	0,31	0,48
3	0,76	0,53	0,16	0,52	0,67
4	-2,91	3,30	0,06	0,78	0,66
5	-0,36	1,09	1,11	1,21	0,16
6	-3,60	4,13	0,64	0,49	0,63
7	-9,37	2,52	0,17	0,77	0,45

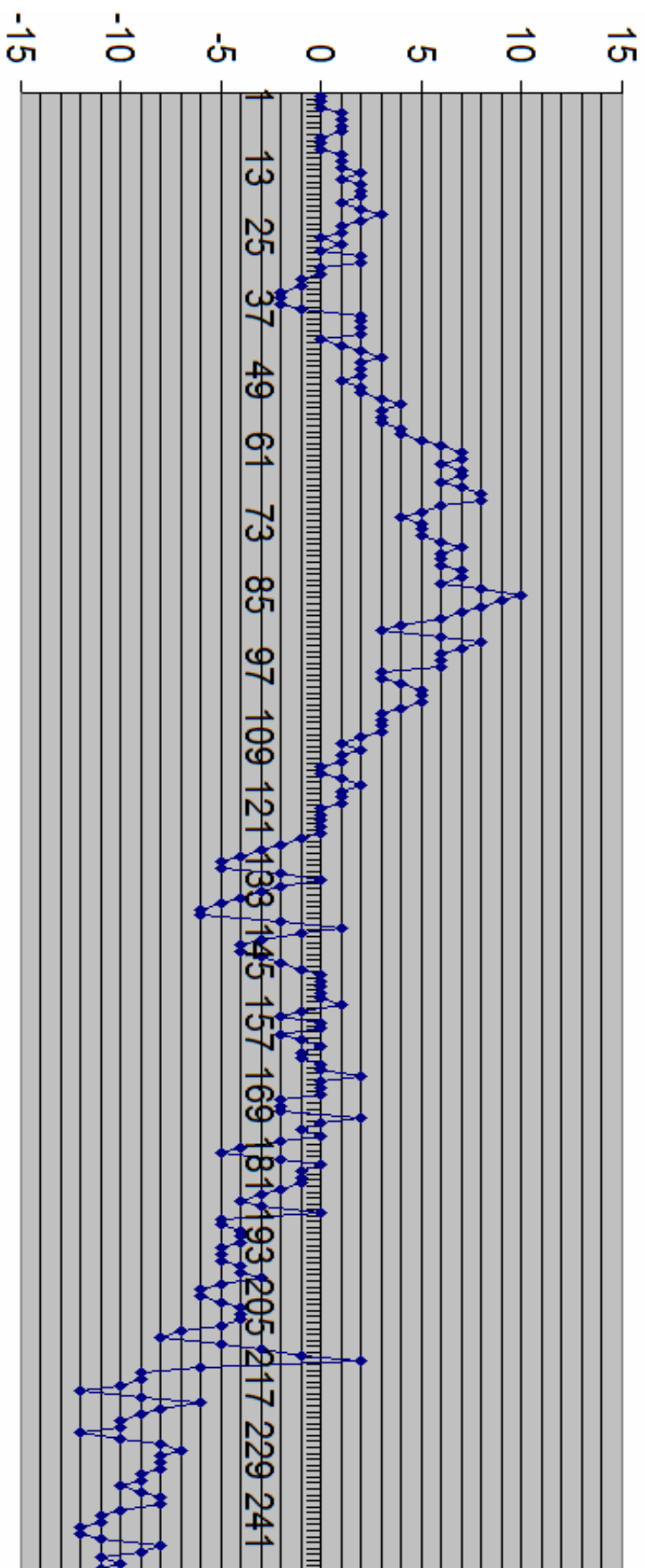


Рис. 14. Реалізація зміни температури за січень місяць 2005 року

Таблиці 3. Стаціонарні ділянки зміни температури за січень місяць 2005 року

1		2		3		5		6		7	
1	0	57	4	109	2	149	0	177	-2	215	-6
2	0	58	4	110	1	150	0	178	-4	216	-9
3	0	59	5	111	2	151	0	179	-5	217	-9
4	1	60	6	112	1	152	0	180	-2	218	-10
5	1	61	7	113	1	153	0	181	0	219	-12
6	1	62	7	114	0	154	1	182	-1	220	-9
7	1	63	6	115	0	155	-1	183	-1	221	-6
8	0	64	7	116	1	156	-2	184	-1	222	-8
9	0	65	7	117	2	157	0	185	-2	223	-9
10	0	66	6	118	1	158	0	186	-3	224	-10
11	1	67	7	119	1	159	-2	187	-4	225	-10
12	1	68	8	120	1	160	-1	188	-3	226	-12
13	1	69	8	121	0	161	0	189	0	227	-10
14	2	70	6	122	0	162	-1	190	-5	228	-8
15	1	71	5	123	0	163	-1	191	-5	229	-7
16	2	72	4	124	0	164	0	192	-4	230	-8
17	2	73	5	125	0	165	0	193	-4	231	-8
18	2	74	5			166	2	194	-4	232	-8
19	1	75	5	4		167	0	195	-5	233	-9
20	2	76	6	126	-1	168	0	196	-5	234	-9
21	3	77	7	127	-2	169	0	197	-5	235	-10
22	2	78	6	128	-3	170	-2	198	-4	236	-9
23	1	79	6	129	-4	171	-2	199	-4	237	-8
24	1	80	6	130	-5	172	-2	200	-3	238	-8
25	0	81	7	131	-5	173	2	201	-5	239	-10
26	1	82	7	132	-2	174	0	202	-6	240	-11
27	0	83	6	133	0	175	-1	203	-6	241	-11
28	2	84	8	134	-2	176	0	204	-5	242	-12
29	2	85	10	135	-3			205	-4	243	-12
30	0	86	9	136	-4			206	-4	244	-11
31	0	87	8	137	-5			207	-4	245	-8
32	-1	88	7	138	-6			208	-5	246	-9
33	-1	89	6	139	-6			209	-7	247	-11
34	-2	90	4	140	-2			210	-8	248	-10
35	-2	91	3	141	1			211	-5	249	-11
36	-2	92	6	142	-1			212	-3		
37	-1	93	8	143	-3			213	-1		
38	2	94	7	144	-4			214	2		
39	2	95	6	145	-4						
40	2	96	6	146	-3						
41	2	97	6	147	-2						
42	0	98	6	148	-1						
43	1	99	3								
44	2	100	3								
45	3	101	4								
46	2	102	5								
47	2	103	5								
48	2	104	5								
49	1	105	4								
50	2	106	3								
51	2	107	3								
52	3	108	3								
53	4										
54	3										
55	3										
56	3										

2.2. Відтворення реалізацій флуктуацій температури та вибір можливих стратегій природи

Статистичним характеристикам, які визначають вид випадкового процесу, відповідає нескінченна кількість різних реалізацій. Управляючі дії

автоматичної системи, які здійснюють раціональне управління для однієї з реалізацій, можуть виявитись неефективними при їхньому застосуванні для іншої реалізації. Поява тої чи іншої реалізації виникає з певною ймовірністю. Очевидно, що для вибору найбільш раціонального управління, як це робиться в задачах для прийняття рішень в умовах статистично відомої невизначеності, необхідно знайти управління, яке дає максимум середньозваженого прибутку Q_i серед всіх можливих управлінь.

$$Q_i = \sum_{j=1}^n P_j \cdot q_{i,j} \rightarrow \max, \quad (6)$$

де P_j – ймовірність появи j -ої реалізації зміни температури;
 q_{ij} – прибуток при i -ому управлінні для j -ої реалізації;
 Q_i – середньозважений прибуток при i -ому управлінні для всіх можливих реалізацій.

Визначення можливих реалізацій та ймовірність їхньої появи є досить складною задачею, яка вимагає багаторічних спостережень. Так, для прийняття рішень по технічному та експлуатаційному забезпеченню збирання зернових Консультативною службою Міністерства с.г., рибальства та продовольства Великобританії використовуються зональні метеодані за десять років [11].

Наші спостереження на протязі чотирьох років дозволили побудувати наближену методику визначення можливих реалізацій зміни температури на стаціонарних ділянках та приймати їх за “стратегії природи”.

На основі теорії формуючих фільтрів для стаціонарних випадкових процесів [12] по статистичних характеристиках (табл.4) визначається спектральна густина стаціонарної ділянки, яка є відношенням поліномів від частоти ω :

$$S_x(\omega) = \frac{P(\omega)}{Q(\omega)}. \quad (7)$$

Кожен з поліномів може бути поданий у вигляді:

$$P(\omega) = H(j \cdot \omega) \cdot H(-j \cdot \omega) = |H(j \cdot \omega)|^2, \quad (8)$$

та

$$Q(\omega) = F(j \cdot \omega) \cdot F(-j \cdot \omega) = |F(j \cdot \omega)|^2. \quad (8')$$

Тоді передаточна функція формуючого фільтра є

$$\Phi(s) = \frac{H(s)}{F(s)}. \quad (9)$$

Як відомо, скалярний випадковий процес має постійну дисперсію. Тому, для забезпечення стаціонарності процесу $\mathbf{x}(\mathbf{t})$ на виході формуючого фільтра слід взяти випадкове початкове значення $\mathbf{x}(\mathbf{t}_0)$ в момент $\mathbf{t}_0$ з дисперсією, що визначається формулою

$$D_x(0) = \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega, \quad (10)$$

де $S_x(\omega)$ - спектральна густина стаціонарного випадкового процесу.

Стаціонарний випадковий процес з раціональною спектральною густиною можна розглядати як результат проходження білого шуму через стійку стаціонарну лінійну систему з передаточною функцією $\Phi(s)$, що визначається формулою (9).

Для відтворення реалізацій необхідно створити схему в середовищі MATLAB, Simulink (рис.15).

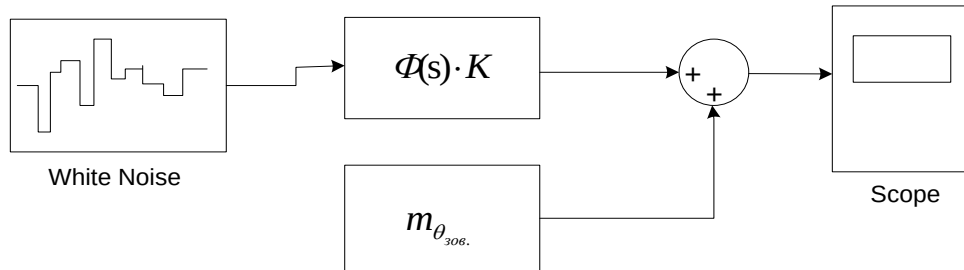


Рис.15.Схема для відтворення реалізацій випадкового процесу

На рис.15 K – інтенсивність білого шуму, яку необхідно уточнювати у зв’язку із дискретизацією даних випадкового процесу, $m_{\theta_{306.}}$ - математичне сподівання стаціонарної ділянки.

Розглянемо приклад відтворення реалізацій випадкового процесу за приведеною методикою для однієї із стаціонарних ділянок зміни температури на протязі 100 годин в лютому 2004р. (рис.16).

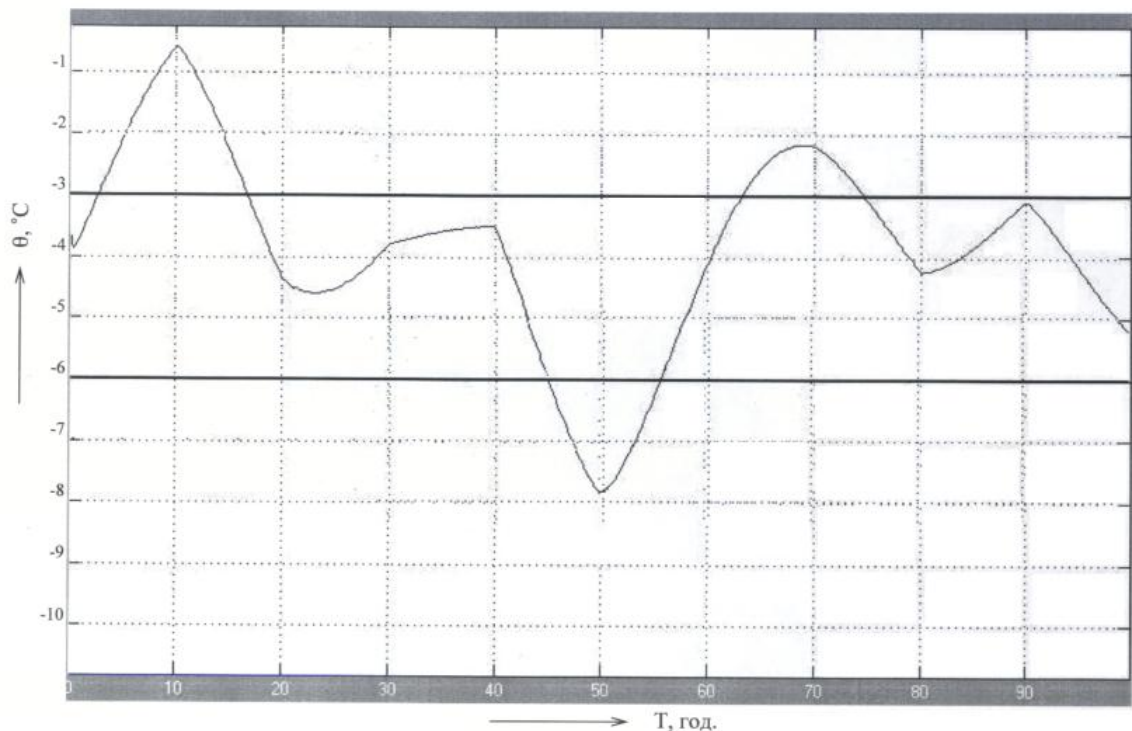


Рис.16. Зміна температури за 100 годин в лютому 2004 р.

За допомогою програми “Proces” [10] встановлені статистичні характеристики такої ділянки:

$$\text{математичне сподівання } m_{\theta} = -4^{\circ}\text{C}; \quad (11)$$

$$\text{кореляційна функція } R_{\theta}(\tau) = 3,755 \cdot e^{-0,04\tau} \cdot \cos 0,157 \cdot \tau; \quad (12)$$

спектральна густина

$$S_{\theta}(\omega) = \frac{3,755 \cdot 0,04}{2\pi} - \left(\frac{1}{0,04^2 + (\omega + 0,157)^2} + \frac{1}{0,04^2 + (\omega - 0,157)^2} \right); \quad (13)$$

передаточна функція формуючого фільтра:

$$\Phi_{\theta}(s) = \frac{0,302(6,33s + 1)}{40,26s^2 + 3,21s + 1}, \quad (14)$$

де значення постійної часу формуючого фільтра становить $\sim 6,345$ годин.

Для прийняття рішень по управлінню процесом утримання біологічного об'єкта необхідно знати реакцію технічного об'єкта управління на температурні зовнішні збурення. Тому реалізації випадкового процесу, що характеризують збурення, повинні бути проведені через технічний об'єкт без врахування управляючих дій. Така процедура можлива, якщо збурення пропустити через узагальнену схему системи управління температурою (рис.17) при умові, коли регулюючі дії відсутні.

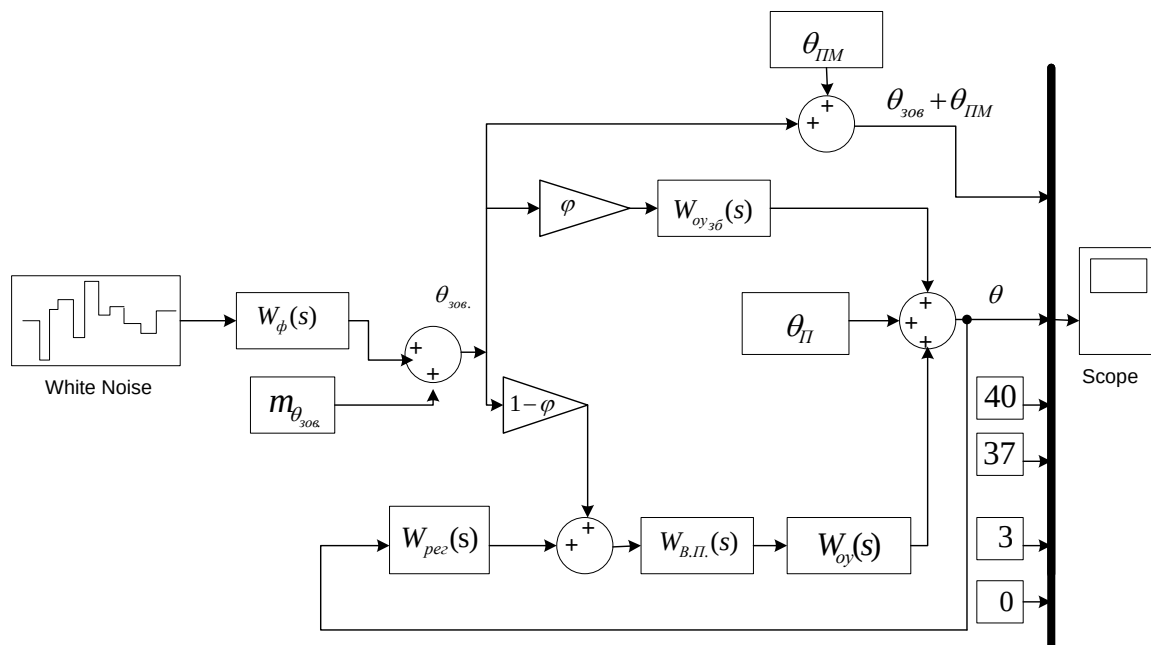


Рис.17. Узагальнена схема системи управління температурою при утриманні біологічних об'єктів:

$W_{\phi}(s)$ - передаточна функція формуючого фільтра;

$m_{\theta_{306}}$ - середнє значення зовнішньої температури;

$W_{рег}(s)$ - передаточна функція регулятора;

$W_{Б.П.}(s)$ - передаточна функція виконавчих пристроїв;

$W_{об\ зб}(s) + W_{об\ зб}(s)$ - передаточні функції об'єкта управління відповідно за управляючою дією та збуренням;

$\theta_{П}$ - температура в об'єкті, яка створюється внутрішніми джерелами;

φ - частина повітря, яка попадає в об'єкт з температурою θ_{306} ;

$1-\varphi$ - частина повітря, яка проходить через нагрівальні пристрої;

$\theta_{ПМ}$ - значення температури в об'єкті при мінімальному повітрообміні.

Для розглянутого нами випадку зміни температурних збурень, якщо технічним об'єктом є пташник на 3000 курей–несучок розмірами $72 \times 18 \times 3,1$ м,

оснащений 22 витяжними вентиляторами, які забезпечують повітрообмін від 5100 до 2280 $\text{м}^3/\text{год}$, і двома теплогенераторами потужністю 14000 $\text{м}^3/\text{год}$ по повітрообміну і 754000 $\text{кДж}/\text{год}$ по теплу кожен, схема на рис.17 буде значно спрощена. Статистичні характеристики технічного біооб'єкту (рис.18) показують, що при $m_{\theta_{\text{зов.}}} = -4^\circ\text{C}$ нагрівні елементи непотрібні і $\varphi = 1$.

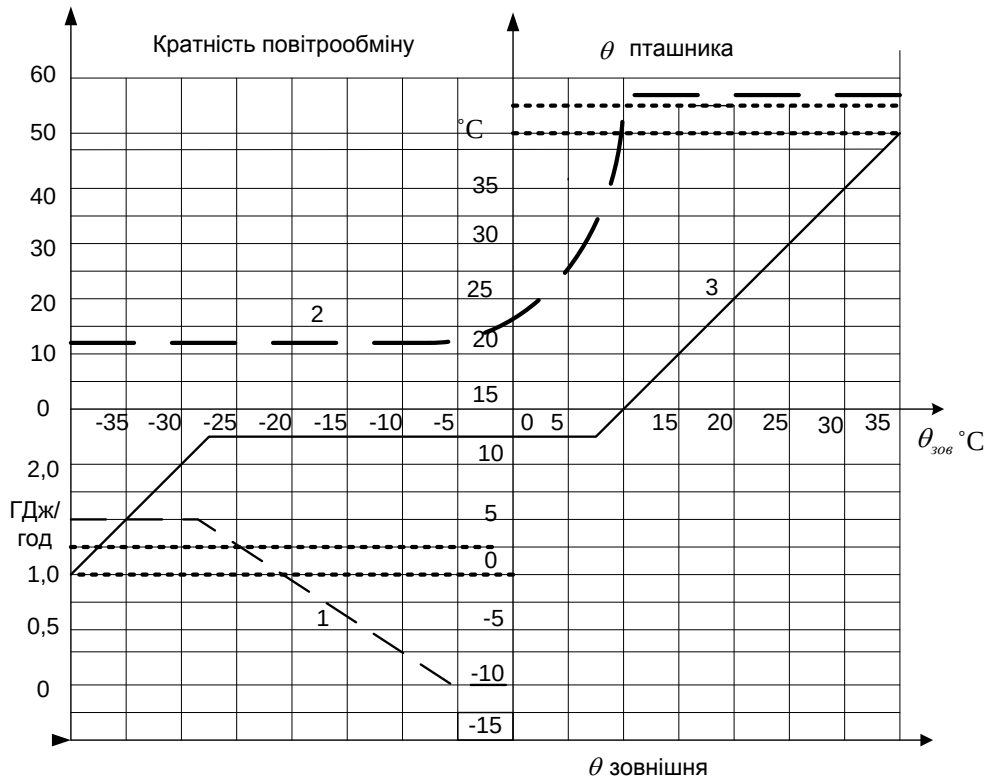


Рис.18. Статична характеристика пташника як об'єкта управління температурою:

- 1 – кількість тепла необхідного для підтримання температури в пташнику в комфортній зоні в залежності від $\theta_{\text{зов.}}$.
- 2 – кратність повітрообміну в залежності від значення $\theta_{\text{зов.}}$.
- 3 – температура в пташнику в залежності від $\theta_{\text{зов.}}$.

Визначення критичності повітрообміну слід здійснювати по залежності приросту температури в пташнику за рахунок тепловиділення птиці (рис.19), причому слід враховувати, щоб мінімальний повітрообмін (12) був забезпечений. При такому повітрообміні птиця здатна нагрівати повітря на $\sim 18^\circ\text{C}$, тому θ_{II} в схемі (рис.17) повинно мати таке значення і $\theta_{\text{II}} = \theta_{\text{IIМ}}$. В узагальненій схемі має місце також динамічна характеристика пташника як об'єкта управління температурою $W_{\text{оу}_{36}}(s)$. Як показують наші дослідження [13], при виключених нагрівачах динамічна характеристика пташника на 30000 курей–несучок як об'єкта управління температурою визначаються таким диференціальним рівнянням:

$$\frac{4890}{1,217\Delta V + 1858} \cdot \frac{\partial \theta(t)}{\partial t} + \theta(t) = \theta_{\text{зов.}}(t) - \frac{1858 \cdot \Delta \theta_{\text{зов.}} \cdot e^{-0,032t}}{1,217 \cdot \Delta V + 1858} + \frac{1160000}{1,217 \cdot \Delta V + 1858}, \quad (15)$$

де $\Delta\theta_{зов.}$ – різниця між попереднім і наступним значенням зміни зовнішньої температури;

ΔV – кількість повітря, яке проходить через витяжні вентилятори, $m^3/год$.

Так як ΔV змінюється в межах від 51000 до 288000 $m^3/год$, постійна часу пташника буде змінюватись від $\sim 284с$ до $\sim 50с$.

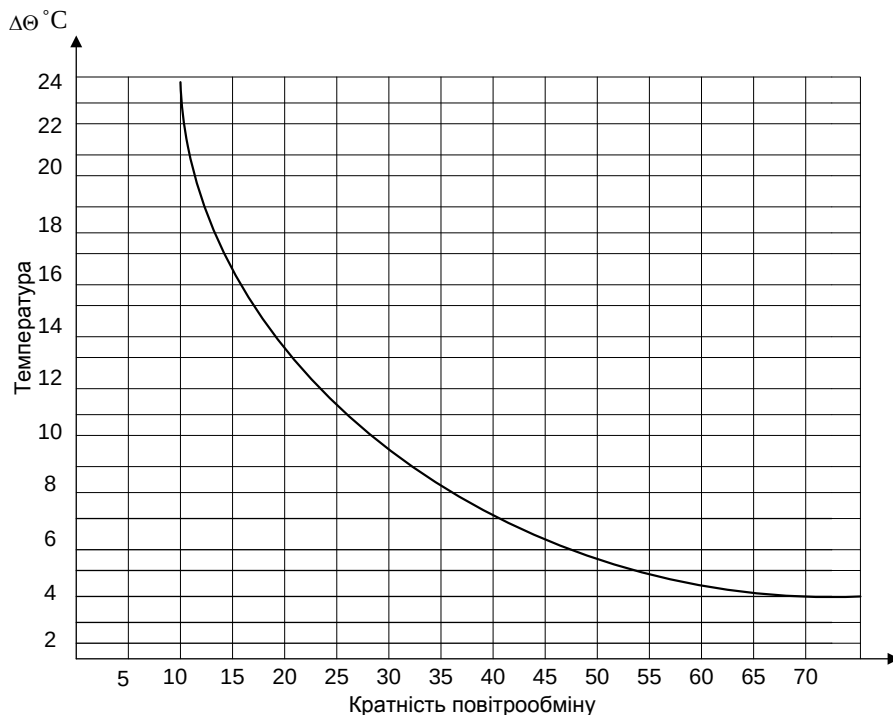


Рис.19. Залежність приросту температури в пташнику за рахунок тепловиділення птиці від кратності повітрообміну

Враховуючи, що передаточна функція формуючого фільтра має значення більше 6 годин, передаточну функцію технічного об'єкту можна вважати безінерційною ланкою з коефіцієнтом передачі рівним одиниці.

Вид 10 реалізацій, отриманих при проходженні білого шуму через узагальнену спрощену автоматичну систему, подану на рис.17, реалізовану в програмному середовищі MATLAB, Simulink, зображено на рис.20. Як видно з рисунку, при збуреннях у вигляді такого випадкового процесу птиця може знаходитись в трьох станах, які відповідають комфортній зоні (12...15°C) і двом наближеним до комфортної (15..18°C) та (9..12°C). Дані про усереднені відхилення температури від заданого значення (13°C) та тривалості цих відхилень ($\tau, год$) для кожної відтвореної реалізації і реальної реалізації на рис.16 наведені в таблиці 5. В таблиці перший стовпчик відповідає даним дійсного збурення на технічний об'єкт в лютому 2004 року.

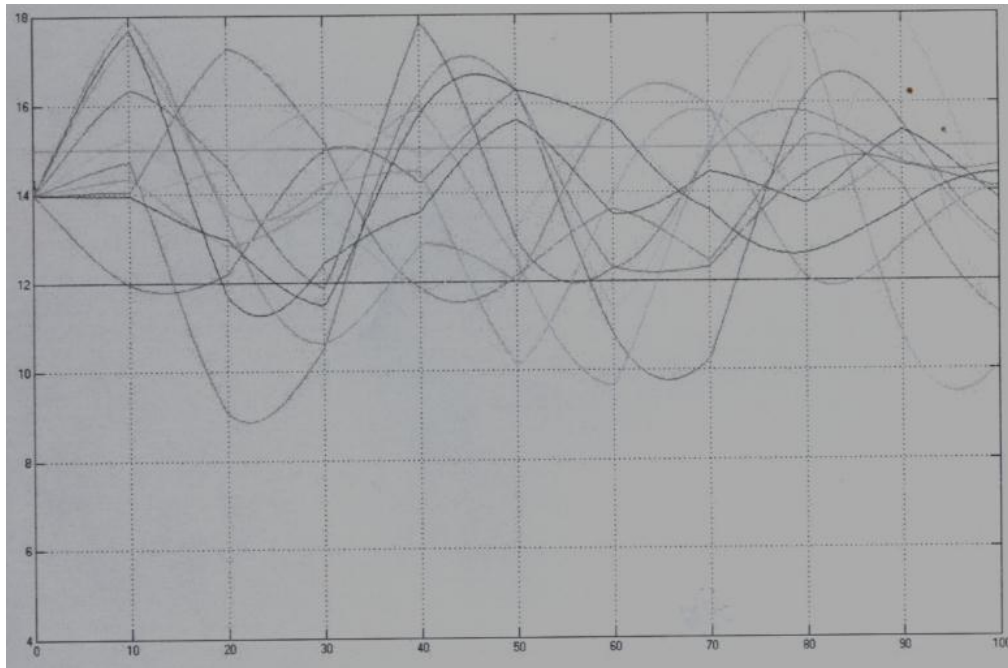


Рис.20. Відтворені можливі реалізації зміни температури в пташнику при мінімальному повітрообміну з врахуванням тепловиділення птиці

З одинадцяти реалізацій за “стратегії природи” ми вибираємо тільки три стратегії 1,8 і 9. Перша реалізація близька до середніх значень відхилень від математичного сподівання температури та середніх значень їхньої тривалості. Восьма реалізація відповідає найбільшій тривалості в зоні (15..18°C), а дев’ята – значним відхиленням і найбільшою їх тривалістю в зоні (9..12°C). Очевидно, що показники якості управління при інших реалізаціях не будуть виходити за межі показників вибраних нами граничних стратегій.

Таблиця 5. Значення відхилень $\Delta\Theta$, °C від заданого та їхні тривалості

Зони	$\Delta\Theta$	Реалізації										
	τ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\Theta > \Theta_{\text{БК}}$ (15..18°C)	°C	+2.8	+2.7	+2.5	+3	+2.5	+3.2	+2.7	+2.6	+2.7	+2.5	+2.6
	год	26	30	33	29	26	30	27	45	21	24	25
Комфорт на зона (12..15°C)	°C	+1.2 -1	+1 -0.8	+1.3 -0.5	+1 -0.5	+1.1 -0.5	+1 -0.5	+1.3 -0.6	+1 -0.8	+1.1 -0.8	+1.1 -0.5	+0.9 -0.4
	год	47 17	33 15	31 18	46 18	56 9	33 18	39 32	41 9	19 35	45 17	49 19
	Разом, год	64	48	49	64	65	51	71	50	54	62	68
$\Theta < \Theta_{\text{НК}}$	°C	-2	-2.1	-2.5	-1.3	-1.5	-1.3	-1.1	-1.2	-2.5	-1.3	-1.3
	год	10	22	18	7	9	19	2	5	25	14	7

III. Вибір стратегій управління та створення ключової інформації для стаціонарних ділянок температурних збурень

1.1. Вибір стратегій управління

Технічне оснащення пташника дозволяє створювати різні умови утримання курей–несучок в залежності від зовнішніх погодних умов. Всі можливі стратегії управління наведені в таблиці 6.

Таблиця 6. Стратегії управління прямого контуру автоматичної системи

Характер збурень	Стратегії ВМ1	Стратегії ВМ2
Температура $> -6^{\circ}\text{C}$	Мінімальний повітрообмін	Нагрівачі вимкнуті
	Стабілізація на різних заданих рівнях $\theta_{\text{зад}}$	
	Релейна система із заданими значеннями зони неоднозначності	
	Максимальний повітрообмін	
	Змінні стратегії при наявності значних флуктуацій стаціонарної ділянки	
	Постійний повітрообмін при заданій кратності	
Низькі температури $< -6^{\circ}\text{C}$	Мінімальний повітрообмін	Стабілізація на різних заданих рівнях $\theta_{\text{зад}}$
		Релейна система із заданими значеннями зони неоднозначності
		Заданий постійний потік тепла в пташник
		Максимальний потік тепла в пташнику

При виборі стратегій управління необхідно дотримуватись таких основних положень:

- завжди застосовувати традиційну стратегію стабілізації температури на значенні, коли біооб'єкт досягає максимальної продуктивності;
- можливо також застосування режимів стабілізації при завданнях на стабілізацію, розрахованих за методиками [14],[15];
- у випадках, коли флуктуації температури навколо середнього значення незначні (не перевищують $\pm(2...3^{\circ}\text{C})$), слід застосовувати розімкнуте управління із постійним значенням кратності повітрообміну, що забезпечує задане значення математичного сподівання;

- при більш значних флуктуаціях слід застосувати або релейну систему із заданим значенням зони неоднозначності, або змінювати завдання на управління на протязі доби;
- у випадках, коли потужностей виконавчих механізмів недостатньо, щоб компенсувати значні збурення, слід здійснювати або максимальний повітрообмін при високих температурах, або подавати максимальний потік тепла при дуже низьких температурах.

Для вибору можливих стратегій управління при збуренні як на рис.17 слід вибирати такі стратегії.

В першу чергу – це традиційна стратегія стабілізації температури на заданому значенні (13°C) (A_1). Друга стратегія (A_2), така, що компенсує відхилення, які виходять за межі комфортної зони (релейна система із заданими значеннями зони невизначеності [$12..15^{\circ}\text{C}$]). Нарешті, можливо взагалі не реагувати на флуктуації температури, а підтримувати постійний мінімальний (12 кратний) повітрообмін – третя стратегія (A_3).

3.2. Створення ключової інформації бази даних

Для кожної стаціонарної ділянки температурних збурень необхідно визначити основні технологічні показники ефективності при утриманні курей. В даному випадку такими показниками є несучість курей, витрати кормів та енергетичні витрати на утримання. Визначаємо питомі показники несучості та витрати кормів для трьох станів, в яких при даному збуренні може знаходитись птиця згідно з графіками на рис.4 і рис.5, та заносимо їх в таблицю 7.

Таблиця 7. Питомі значення несучості та витрат кормів в різних температурних зонах

Стан біооб'єкта	Несучість, <i>шт. яєць/на 1 кур.за добу</i>	Витрати кормів, <i>кг/на 1кур.за добу</i>
9..12 $^{\circ}\text{C}$	0,775	0,145
12..15 $^{\circ}\text{C}$	0,78	0,140
15..18 $^{\circ}\text{C}$	0,768	0,135

Загальна кількість яєць Q і витрати кормів P визначаються за формулами

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \tau_i, \quad (16)$$

$$P = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \tau_i, \quad (17)$$

де τ_i – тривалість i -ого стану;

q_i – питоме значення несучості в i -ому стані;

p_i – питоме значення витрат кормів в i -ому стані.

Енергетичні витрати складаються з витрат на вентиляцію та витрат на нагрівач припливного повітря. Витрати на вентиляцію E_v дорівнюють

$$E_v = \sum_{i=1}^n P_i \cdot m \cdot \tau_i, \quad (18)$$

де P_i – потужність привода вентилятора в залежності від кратності повітрообміну, що визначається за графіком (рис.21) [14];

m – кількість вентиляторів;

τ_i – тривалість i -ого стану.

Витрати на підігрів E_n визначається за формулою

$$E_n = \sum_{i=1}^m C \cdot \gamma \cdot V \cdot \Delta\theta_i \cdot \tau_i, \quad (19)$$

де C – теплоємність повітря;

γ – питома вага повітря;

V – об'єм повітря, який проходить через пташник при мінімальному повітрообміні;

$\Delta\theta_i$ – різниця температур на i -ому стані і заданим значенням;

τ_i – тривалість стану з $\Delta\theta_i$.

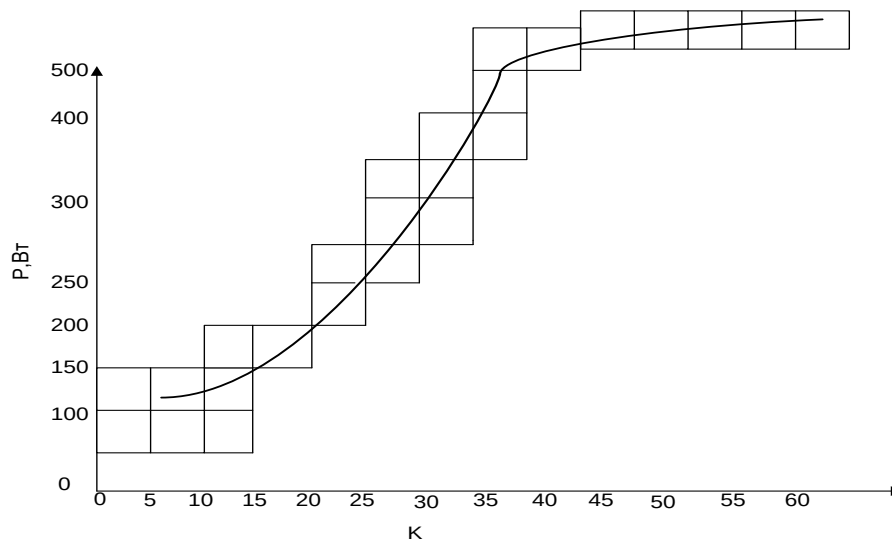


Рис.21. Залежність потужності приводу витяжних вентиляторів від кратності повітрообміну K в пташнику

Результати розрахунків основних показників якості утримання курей–несучок при різних управліннях (A_i) і різних стратегій природи (Π_j) по приведеній вище методиці для випадкового стаціонарного збурення температури тривалістю 100 годин (~4,17 доби), наведено в таблиці 8. Дані вводяться у блок прийняття рішень по стрілці B_6 (рис.13) і утримуються в базі даних. Загальна кількість таких різних ділянок приблизно дорівнює 620. Тому в базі даних повинна утримуватись подібна інформація для кожної можливої ділянки, не дивлячись на те (як показують наші дослідження), що на протязі року з'явиться всього 60..80 можливих різних ділянок.

Таблиця 8. Результати розрахунків для пташника на 30000 курей-несучок і однієї стаціонарної ділянки тривалістю 100 годин

П _j	П1			П2			П3		
	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати	Несучість (шт.)	Витрата кормів (кг)	Енергетичні витрати (кВт год)
A1	97500	17500	969	87500	17500	523	97500	17500	1877
A2	97500	17500	345.7	97500	17500	373	97500	17500	1384.7
A3	97200	17418	286	96794	17230	286	97029	17524	286

IV. Побудова платіжної матриці, матриці ризиків та вибір раціональних управляючих дій

Раціональна управляюча дія повинна забезпечити найбільший прибуток, причому цей прибуток повинен мати місце за час дії певної стаціонарної ділянки температурних збурень на технічний об'єкт. Як вже відмічалось, тривалість стаціонарних ділянок коливається у досить великих значеннях (від~40 до~500 годин), але найчастіше зустрічаються ділянки, тривалість яких становить 100..120 годин. Тому при виборі раціонального управління розрахунки ефективності ми будемо вести для ділянок 100 годин, хоча очевидно, що значення тривалості не вплине на ефективність управління.

Для вибору раціональної управляючої дії слід, в першу чергу, за допомогою даних чергової стаціонарної ділянки і цінових характеристик основних складових собівартості продукції обрахувати платіжну матрицю (матрицю можливих прибутків). Значення можливого прибутку при кожній стратегії природи і кожній управляючій дії C_{ij} визначається як:

$$C_{ij} = C_y n - (C_k m + C_E E), \quad (20)$$

де C_y , C_k і C_E – вартість відповідно яйця, кормів та енергетичних витрат;

n – кількість яєць за період утримання від всіх курей-несучок (за 100годин);

m – кількість корму на утримання всіх курей за цей же період;

E – кількість енергетичних витрат на утримання.

Нехай вартість складових згідно табл.7 будуть: вартість одного яйця – 0,3грн.; вартість 1кг корму – 1,4грн. і вартість 1кВт електричної енергії – 0,28грн. Такі значення вартості відповідають середнім значенням за 2004 рік. Очевидно, що

$$C_{ij} = 0,3 \cdot 97500 - (1,4 \cdot 17500 + 0,28 \cdot 969) = 4479 \text{ грн.}$$

Вся платіжна матриця буде мати вигляд як в табл.9.

Таблиця 9. Платіжна матриця

Π_j	$\Pi 1$	$\Pi 2$	$\Pi 3$
A_i			
A1	4479	4604	4224
A2	4653	4646	4363
A3	4695	4836	4495

Аналіз даних цієї матриці свідчить, що домінуючим управлінням є A_3 – мінімальний повітрообмін, бо для всіх можливих стратегій природи у такого управління прибутки найвищі.

Якщо домінуюча стратегія відсутня і прийняття рішення не очевидно, раціональне управління приймається шляхом аналізу платіжної матриці та матриці ризиків за критеріями Вальда, Севіджа та Гурвіца.

Нехай вартість яєць збільшилась до 0,5грн.за штуку, а вартість кормів і електроенергії залишились відповідно 1,42грн/кг, 0,282грн/кВт. Тоді платіжна матриця має вигляд як табл. 10.

Таблиця 10. Платіжна матриця

Π_j	$\Pi 1$	$\Pi 2$	$\Pi 3$	$\alpha_{i \min}$	$\alpha_{i \max}$
A_i					
A1	23979	24104	23724	23724	24104
A2	24153	24149	23863	23863	24153
A3	24135	24195	23900	23900	24195
β_j	24153	24195	23900		

Дані цієї матриці, по-перше, показують, що перший рядок, який відповідає стратегії стабілізації, слід відкинути як не вигідну, по – друге, в зв'язку з невизначеністю ймовірності появи стратегій вважаємо їх появу з однаковою ймовірністю. Тоді вибір раціональної стратегії здійснюємо за такою схемою. Записуємо поряд з платіжною матрицею β_j - максимальні значення прибутків для кожної стратегії природи та значення $\alpha_{i \min}$ і $\alpha_{i \max}$, що є відповідно мінімальним і максимальним прибутком при різних стратегіях управління.

Згідно з найбільш песимістичного критерію Вальда слід приймати стратегію A_3 , яка дає максимальний гарантований виграш

$$\max_i \{ \min_j \alpha_{ij} \} = 23900 \text{ грн.}$$

Перевіряємо, яка із стратегій управління дає найменший ризик. Будуємо матрицю ризиків, яка має такі ж розміри, як платіжна, але записуємо значення ризиків r_{ij} (таблиця 11):

$$r_{ij} = \beta_j - \alpha_{ij}. \quad (21)$$

Таблиця 11. Матриця ризиків

Π_j	$\Pi 1$	$\Pi 2$	$\Pi 3$	γ_i
A_i				
A1	174	91	176	176
A2	0	46	37	46
A3	18	0	0	18

Записуємо поряд з платіжною матрицею значення максимального ризику для кожної стратегії управління γ_i , які показують, що за критерієм Севіджа теж слід вважати перевагу управління A_3 з найменшим ризиком $\min_i \{ \max_j \gamma_i \} = 18$.

Нарешті, згідно критерію Гурвіца визначаємо $h_i = \chi \alpha_{i\min} + (1 - \chi) \alpha_{i\max}$, де χ найчастіше має значення 0,6..0,7. При $\chi = 0,6$ маємо:

$$h_1=238756; h_2=23979; h_3=24078.$$

Очевидно, варто застосовувати третю стратегію управління (A_3), якій за всіма критеріями слід віддати перевагу. Таким чином, блок БПР в адаптивній системі управління (рис.13) утримує в пам'яті базу даних про результати можливих управлінь при різних стратегіях природи, а також дані про вартість продукції і основних складових собівартості, які вводяться в пам'ять блоку оператором по стрілці С. Після прийняття рішення сигнал про стратегію управління U_p передається на БУ, який здійснює або перебудову ЛАУП, або змінює завдання для локальної автоматичної системи.

V. Розрахунок показників якості роботи адаптивної системи управління за заданий період роботи

Ефективність роботи запропонованої системи визначається шляхом порівняння основних показників утримання біологічного об'єкта при роботі нової системи і традиційної системи стабілізації технологічних параметрів у технічному об'єкті за весь період утримання.

Для пташника, в якому утримуються кури–несучки, такими показниками є несучість, витрати кормів, енергетичні витрати та загальний прибуток.

Згідно таблиці 12 основні усереднені показники якості у фізичних одиницях мають такі значення.

Таблиця 12. Показники ефективності

Стратегія управління	Несучість, шт./яєць	Витрати кормів, кг	Енергетичні витрати, кВт год
Режим стабілізації A_1	97500	17500	1123
Мінімальний повітрообмін A_3	97008	17391	286

Таким чином, в результаті застосування стратегії A_3 в порівнянні з стратегією A_1 несучість знизиться на $\sim 0,5\%$, витрати кормів зменшаться на $\sim 0,6\%$, а енергетичні витрати знизяться майже в 4 рази. Загальний економічний ефект згідно таблиці 12 в середньому складає ~ 240 гривень, або прибуток збільшиться на $5,4\%$.

Проведені нами розрахунки ефективності роботи системи для 71 стаціонарної ділянки, які мали місце на протязі всього 2004 року, показали значну економію енергетичних затрат ($\sim 25\%$).

Для порівняння наведемо значення несучості, витрат кормів та енергетичних витрат на одну курку – несучку 2004 року в пташнику на 30000 курей – несучок при застосуванні існуючої системи стабілізації і адаптивної системи (табл.13).

Таблиця 13. Питомі показники якості роботи системи

Вид системи	Несучість, шт./1кур. за рік	Витрати кормів, кг/1кур. за рік	Енергетичні витрати. кВтгод/1кур. за рік
Стабілізації	270,6	48,5	4,13
Адаптивна	268,9	48,05	3,10

Література

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: "Наука", 1988. – 208 с.
2. Мартыненко И.И., Головинский Б.Л., Лысенко В.Ф., Решетюк В.М. Источники экономической эффективности применения АСУТП на птицефабриках. – Журнал "Техника в сельском хозяйстве", №1, 1989.
3. Максимов Н.А. Краткий курс физиологии растений. – М.: "Госиздат с.х. литературы", 1958. – 562 с.
4. Серякова Л.П. Метеорологические условия и растения. – Л.: Ленингр. гидромет. институт, 1971. – 77 с.
5. Слоним А.Д. Физиология терморегуляции и термической адаптации у сельскохозяйственных животных. – М.: Наука, 1966. – 147 с.
6. Слоним А.Д. О физиологических механизмах природных адаптаций животных и человека. – М.-Л.: Наука, 1964. – 64 с.
7. Шилов И.А. Регуляция теплообмена у птиц. – Изд. "Московский университет", 1968. – 252 с.
8. Ермакова И.И. Математическое моделирование процессов терморегуляции у человека. – М.: Изд. "Всесоюзный институт НТИ", 1987, серия "Физиология человека и животных", Т-33. – 134 с.
9. Лисенко В.П., Головинський Б.Л., Руденський А.А., Шевченко М.М. Теорія автоматичного управління (навчальний посібник). Київ, НАУ, 2003. – 109 с.
10. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Стохастические дифференциальные системы. М.: Наука, 1985. – 560 с.
11. Коротков Е.Н. Оборудование "Климат" для животноводческих комплексов и ферм. – М.: Высшая школа, 1981. – 166 с.