

## LOTNICTWO I ASTRONAUTYKA

Янголь В.В., Пасльон В.В.

Донецький національний технічний університет, Україна

### МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ОРНІТОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Засоби та заходи, що використовуються для забезпечення орнітологічної безпеки польотів в сукупності утворюють систему орнітологічного забезпечення. Спираючись на послідовність використання методів, їх ефективність можна побудувати структурну схему системи в цілому. А враховуючи особливості роботи кожного з блоків, змодельовати роботу всієї системи. Факт появи птахів в зоні зльоту/посадки чи взагалі на льотному полі носить випадковий характер. Найбільш дієвим методом, що спирається на псевдовипадкові числа, є статистичне моделювання. Основним завданням є отримання ймовірнісних характеристик надійності спрацювання системи.

Система орнітологічного забезпечення представляє собою чітко визначену послідовність дій:

1. Використання фар автомобіля сирен та рупорів.
2. Застосування біоакустичних засобів, що є в наявності.
3. Використання лазерних засобів (ручний лазерний пристрій).
4. Застосування піротехнічних зарядів та/або бойових патронів.

Механізм роботи системи наступний: кожна наступна діє використовується, якщо результат застосування попереднього методу негативний.

Сформуємо початкові умови для моделювання. Підставою для кожного експерименту є факт наявності птахів на льотному полі. Кожен метод представляє собою блок, що має власну характеристику  $Q$  – ймовірність позитивного спрацювання системи. На вхід блоку поступає випадкова величина  $a$ , що знаходиться в діапазоні від нуля до одиниці включно:  $a \in [0;1]$ . Якщо змінна на вході не більша за характеристику блоку, вважається, що метод успішно спрацював, на виході блоку буде одиниця. Якщо ж вхідна змінна більше характеристики блоку, то метод не спрацював, птахи проігнорували переслідування, чи швидко повернулися на свої місця. Такі обставини формують нуль на виході блоку.

Функція стану для будь-якого блоку системи має вид:

$$z(a) = \begin{cases} 1, \text{при } a \leq Q \\ 0, \text{при } a > Q \end{cases}$$

де  $a$  – випадкова величина,  $a \in [0;1]$ ;  $Q$  – характеристика блоку,  $Q \in [0;1]$ ;  $z$  – функція стану системи.

Однак, біоакустичні засоби мають тенденцію втрачати свою ефективність в залежності від частоти їх використання. Тому, характеристика блоку лінійно спадає в залежності від кількості використання методу. Коли вона досягає нижньої границі, метод або не діє на птахів, або його перестають використовувати на деякий час, це відповідає нульовій характеристиці блоку. Після перерви використання (незначний час), метод діє знову максимально ефективно та його ефективність лінійно спадає в залежності від частоти використання.

Виходячи з послідовності використання методів, опису їх реалізації, та взаємодії між собою, можна побудувати алгоритм роботи системи. Алгоритм роботи вже існуючої системи відображено на рис. 1.

В подальшому будемо позначати стандартну систему як блок  $std$ , і розглядати його як функцію, що приймає параметр  $a$  – випадкова величина, а повертає значення  $z$  – функція стану системи. Тоді має місце вираз:  $z=std(a)$ .

Тепер опишемо експеримент, що проводиться. Представлений алгоритм на рис. 1 показує як діє система. Однак він проводиться лише один раз. Задамось кількістю експериментів  $N$  і змодельовано роботу системи  $N$  разів. Кожного разу на вході буде випадкова величина, тому результат роботи кожного блоку і всієї системи в цілому достеменно не відомий, це вносить статистичну незалежність в моделювання. Просумуємо всі вихідні значення (результатом кожного експерименту є один чи нуль) і розділимо на загальну кількість експериментів  $N$ . Отримана величина буде ймовірнісною характеристикою надійності спрацювання системи. Якщо  $N$  буде невеликим, порядку  $10^2 \dots 10^3$ , то кожного разу отриманий результат буде коливатися в відносно широкому діапазоні.

Однак, якщо кількість експериментів буде збільшена та  $N$  прийматиме значення порядку  $10^6 \dots 10^7$ , то кожного разу результат буде більш точним. Алгоритм проведення  $N$  експериментів показано на рис. 2.

Використовуючи додаткові або інші блок із своїми характеристиками, комбінуючи різноманітні варіанти підсилення системи, можливо підрахувати надійність модернізованої системи аналогічним методом. З поміж відпрацьованих варіантів обрати варіант з більшою надійністю – це буде оптимальний вибір.

Описаним методом було побудовано модель системи орнітологічного забезпечення безпеки польотів комунального підприємства «Міжнародний аеропорт Донецьк». Для системи заходів та засобів, що застосовується для розганяння птахів, надійність спрацювання становить 0,85. Отже птахи будуть гарантовано розігнані з території льотного поля в 85% випадків.

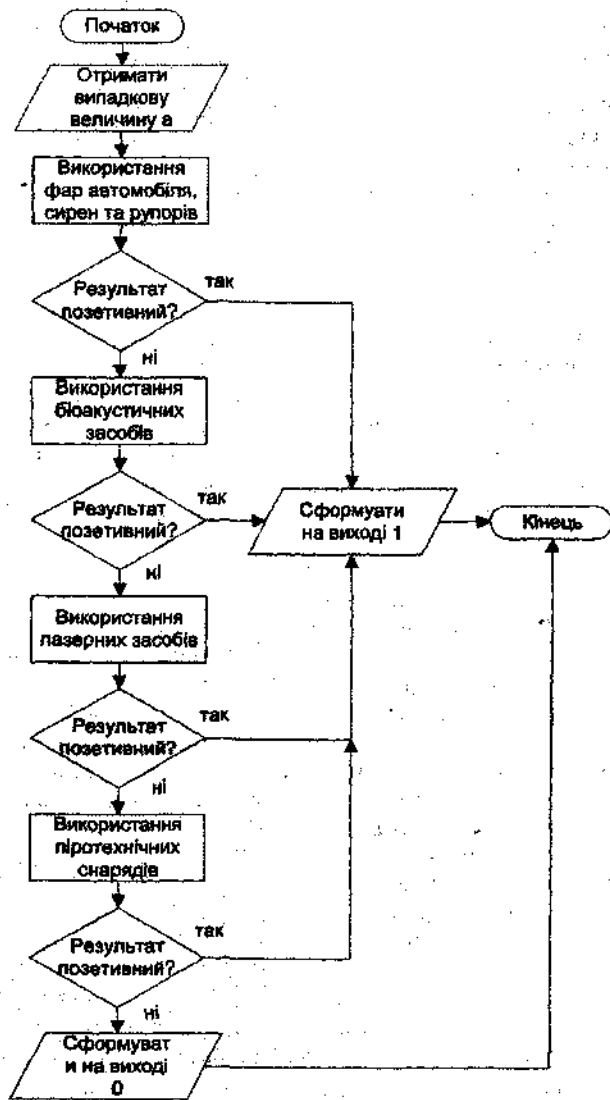


Рисунок 1 – Алгоритм роботи системи

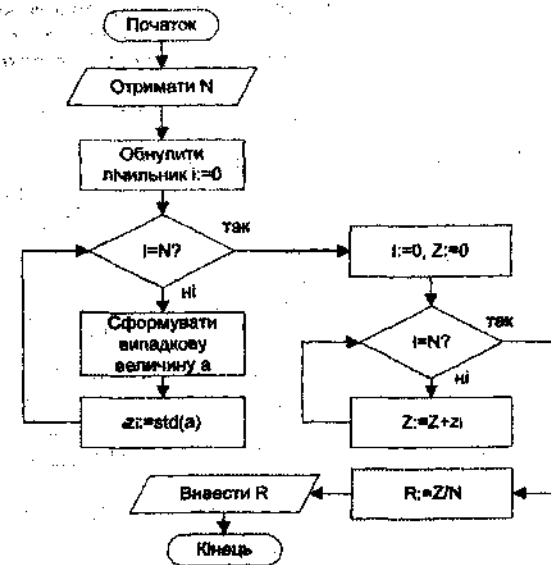


Рисунок 5.2 – Алгоритм проведення N експериментів