

## Лекція 13.

# Моделі, що перебудовуються структурно

У ряді випадків об'єкт, що ми моделюємо або яким ми управляємо, може в процесі функціонування **якісно** мінятися. До цього ми розглядали випадки, коли змінювалися **кількісно** окремі параметри системи, значення її окремих змінних, але не мінялися самі рівняння, назви або кількість змінних, їхнього зв'язку. У структурно, що змінюються системах, наприклад, можуть зникати старі або з'являтися нові зв'язки, елементи в складі системи. Тобто в процесі моделювання може змінитися сама структура модельованої системи. Відповідно модель також повинна в процесі моделювання мати можливість змінити свої властивості й рівняння.

Задача 1. У бак наливаються дві різні рідини. Є отвір для зливу в нижній частині бака й отвір для аварійного зливу збоку (див. мал. 13.1). Ціль імітації - аналіз поведження системи. Для цього обговоримо рівняння, що моделюють динаміку поведження системи.

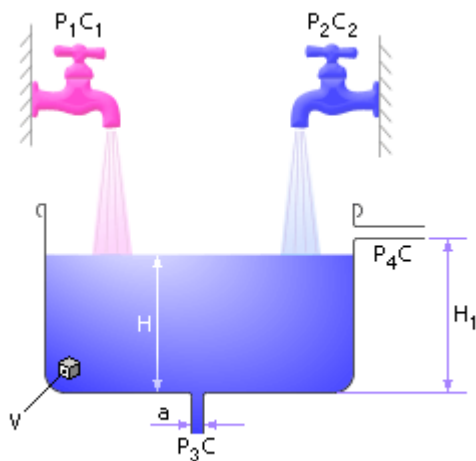


Рис. 13.1. Модельована система

Позначимо:  $P$  — витрата рідини [л/година],  $C$  — концентрація [кг/м<sup>3</sup>],  $S$  — площа [м<sup>2</sup>],  $V$  — об'єм рідини [м<sup>3</sup>]. Позначимо концентрації вхідних потоків як  $C_1$  й  $C_2$ . Обидва потоки змішуються в баці, у результаті чого утвориться рідина з деякою середньою концентрацією  $C$ . Природно, через вихідні отвори буде зливатися рідина саме з концентрацією  $C$ . Тоді:  $d/dt = (P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 - P_3 \cdot C - P_4 \cdot C)/V$ .

Зміна концентрації залежить від співвідношення витрати рідини (вступника й вила з бака) і концентрації відповідних потоків:  $d/dt = P_1 + P_2 - P_3 - P_4$ .

Зміна об'єму рідини в баці залежить від співвідношення витрати рідини (вступника й вила з бака) відповідних потоків:  $H = V/S$ .

Висота рідини в баці залежить від об'єму й площі бака:  $P_3 = a \cdot H$ .

Витрата рідини через зливальний отвір у дні бака залежить від стовпа рідини — чим більше стовп рідини, тим сильніше він давить на нижні її шари й тем швидше рідина виливається з бака (тут  $a$  — коефіцієнт пропорційності).

Щоб урахувати вплив на роботу системи аварійного клапана, помітимо, що якщо висота  $H$  рідини в баці перевищить рівень  $H_1$ , то рідина почне переливатися через отвір аварійного зливу збоку, інакше витрати рідини через даний отвір немає. Математично цей факт можна виразити наступною системою:

$$P_4 = \begin{cases} 0, & H \leq H_1 \\ P_1 + P_2 - P_3, & H > H_1 \end{cases}$$

Алгоритм реалізації такої моделі показаний на блок-схемі (див. мал. 13.2). Зверніть увагу: у порівнянні з колишніми реалізаціями з'явився блок умови **IF** — за допомогою його підключається один або інший варіант запису рівняння. **Зміна структури імітується умовним блоком.**

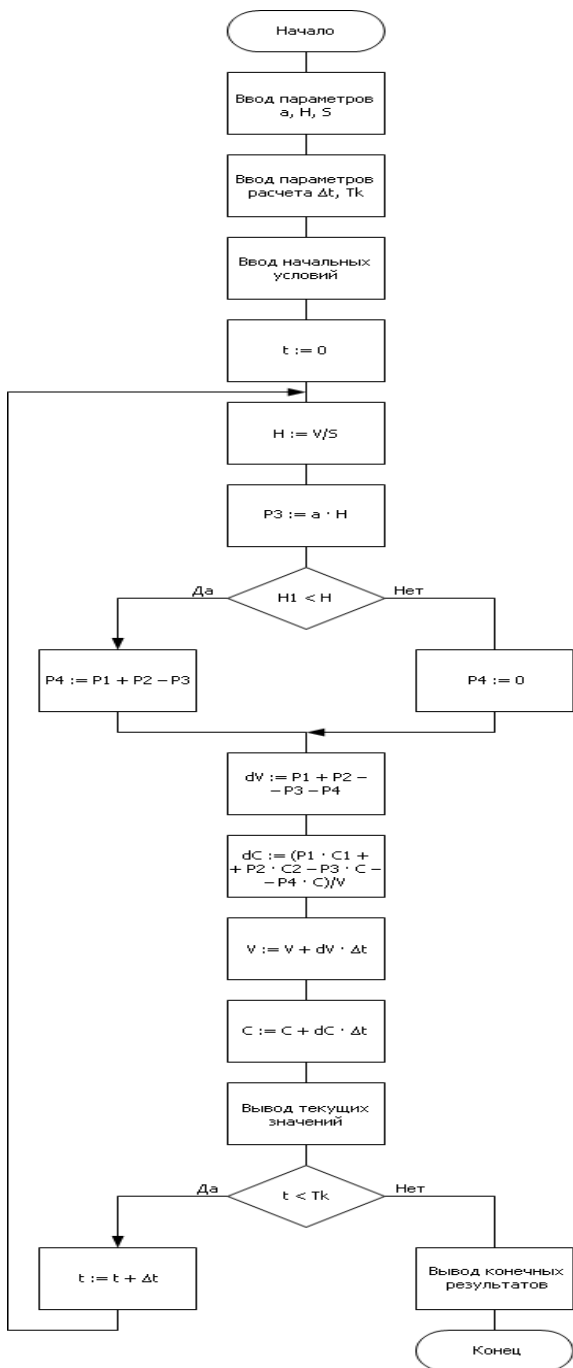


Рис. 13.2. Блок-схема алгоритмічної реалізації моделі, що структурно перебудовується

## Формально-математичний спосіб

Якщо реалізувати модель формальною мовою, то запис буде виглядати так, як показано нижче.

Нагадаємо, що дана нотація використовує мову рівнянь.

$$d/dt = (P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 - a \cdot H \cdot C - C \cdot (P_1 + P_2 - a \cdot H) \cdot \text{ed}(H - H_1))/V$$

$$dV/dt = P_1 + P_2 - a \cdot H - (P_1 + P_2 - a \cdot H) \cdot \text{ed}(H - H_1)$$

$$H = V/S$$

$dt/dt = 1$   
 $\text{stop}(\sim t \geq T_k)$