

2. ISO/IEC 17025:2017 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

3. IATF 16949:2016 Система менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части.

4. РРАР. Процесс согласования производства части. Ссылочное руководство. - Н.Новгород: ООО СМЦ "Приоритет", 2012. - 125 с.

*Тематика: Інші професійні науки*

## **МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ ЗВАЖЕНИХ ГРАФІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ**

**Гусева Л.В.**

викладач, НУЦЗУ

**Паніна О.О.**

викладач, НУЦЗУ

Моделювання складних систем дозволяє досліджувати особливості їх функціонування в різних умовах, наділяти їх необхідними характеристиками і знижувати ризик виникнення надзвичайних ситуацій (НС). Дуже важливу роль у формальному уявленні складних систем грає структура - порядок між елементних зв'язків системи. У роботах наукової школи професора В.В. Кульби [1] для моделювання систем із складною структурою використовуються методи теорії зважених графів. Такий підхід вже дозволив виявити ряд синергетичних ефектів в поведінці систем із складною структурою. Важливо також прогнозувати які зміни в структурі приведуть до поліпшення або погіршення функціонування даного об'єкту.

Розглянемо проблему з точки зору теорії самоорганізації - сінергетики [2], і теорії управління ризиками [3]. У математичній моделі досліджуваної

системи мають бути представлені основні елементи, по поведінці, за якістю, по ефективності функціонування яких можна достовірно судити про усю систему. В термінах сінергетики це параметри порядку модельованого об'єкту.

Система, що розглядається в роботі, схильна до дії природного і техногенного характеру. Нині у багатьох випадках при створенні складних технічних систем доводиться брати до уваги і можливість терористичних актів. У рамках моделі, пропонованої в цій роботі, складна технічна система вважається підданою впливу зовнішніх дій. Це відповідає попаданню системи в зону "форс-мажорних обставин". У основі моделі лежить формально представлена структура системи, що дозволяє детально відтворити усі можливі варіанти поширення зовнішніх дій по елементах системи. Модель при заданих навантаженнях на деяку безліч елементів системи, що створюються різними зовнішніми діями, визначає темп і терміни досягнення системою граничного стану.

Розглянемо математичну модель поширення обурень по системі. Для всякого кінцевого графа використовуватимемо позначення:

$$G = (V, E), \quad (1)$$

де  $V = \{v_i\}$ ,  $i = 1, n$  – множина вершин, а  $E = \{e = (v, u)\}$  – множина його ребер.

Поширення дії від одного елемента системи до іншого, на графі системи задаватимемо орієнтованим ребром тобто ребром з визначеними початком і кінцем.

Надійністю елемента системи вважатимемо вірогідність  $P(t < T)$  того, що елемент буде працездатний впродовж часу з моменту початку експлуатації.

Таким чином, на оргграфі  $G = (V, E)$  системи для вершини  $v_i \in V$ ,  $i \in \{1, 2, \dots, n\}$  вагою  $w_i(t) = P_{v_i}(t < T)$  - являється величина надійності елемента системи, що відповідає вершині  $v_i$ .

Вагою

$$w(v_i, v_j) = \varepsilon_{ij}, \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad i \neq j, \quad (2)$$

- дуги  $(v_i, v_j) \in E$ , причому зі знаком “+”,  $\epsilon$  число  $0 < \epsilon_{ij} < 1$ , рівне долі дії яка передається, що збереглася, при переході від вершини  $v_i$  до вершини  $v_j$ .

Процес зміни ваги вершин графа системи можна відбити наступним правилом, що називається імпульсною дією. Імпульсна дія визначається імпульсом  $imp_j(t)$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, n\}$  в дискретному часі  $t=0, 1, 2, 3, \dots$ , який задається відношенням:

$$imp_j(t) = w_j(t) / w_j(t-1), \text{ при } t > 0. \quad (3)$$

Тоді дія  $i$ -ої вершини графа  $G$  при  $t \geq 0$ . Визначимо імпульсну дію:

$$w_i(t+1) = w_i(t) \prod_{k=1}^{\deg v_i} \epsilon_{ji} imp_j(t), \quad (4)$$

Або

$$imp_j(t+1) = \prod_{k=1}^{\deg v_i} \epsilon_{ji} imp_j(t), \quad (5)$$

вважаючи при цьому, що  $\deg v_i$  – число, яке входить у вершину  $v_i$  дуг.

Формули (3), (4) и (5) задають зміни ваги вершин графа  $G=(V,E)$ , тим самим, визначаючи динаміку поширення зовнішніх дій по системі.

Автономну імпульсну дію на зваженому оргграфі  $G$  визначимо за правилом (3) з вектором початкових значень:

$$W(0) = (w_1(0), w_2(0), \dots, w_n(0)) \quad (6)$$

и вектором імпульсів:

$$Imp(0) = (imp_1(0), imp_2(0), \dots, imp_n(0)) \quad (7)$$

Автономна імпульсна дія в парі з вектором початкових значень описує стан системи в початковий момент часу, коли під вплив зовнішніх вражаючих дій попадають усі або частина елементів системи.

Автономна імпульсна дія, в якій вектор  $Imp(0) = (1, 1, imp_i(0), \dots, 1)$ ,  $imp_i(0) > 0$ , має тільки  $i$ -ую відмінну від одиниці компоненту, назовемо простою дією з початковою вершиною. Проста імпульсна дія описує стан системи в початковий момент часу, коли зовнішня дія вражає один з елементів системи. А саме, той, який відповідає  $i$ -ій вершині графа системи.

Відповідно до описаної імпульсної дії на орграфі, можна ввести різні критерії (ознаки) досягнення системою граничного стану. Приміром, можна вважати, що система знаходиться в граничному стані, якщо надійність одного або декількох найбільш значимих елементів системи нижча деякого допустимого рівня. Цей рівень називатимемо критичним рівнем надійності елементу. Якщо надійність елементу нижча критичного рівня, то елемент не в змозі виконувати покладених на нього функцій, або функціонувати необхідний час.

Представлення досліджуваної системи у вигляді зваженого за правилом (2) графа  $G=(V, E)$  і формалізація зовнішнього впливу на систему як автономної імпульсної дії (3) - (7) визначає модель поширення вражаючих дій по системі. Дослідження побудованої моделі потрібне для вирішення важливого завдання - з'ясувати, як зовнішня дія поширюється по структурі системи і впливає на якісний стан її елементів.

Запропонована у роботі математична модель поширення зовнішніх дій по системі дозволяє пояснити ряд явищ, які спостерігаються в складних технічних системах при попаданні їх в умови зовнішніх дій. Істотною особливістю побудованої моделі є можливість виходу з ладу, при поширенні імпульсних дій за системою, найбільш надійних елементів. Цей факт красномовно підкреслює пряму залежність надійності елементу від його положення в структурі, а також залежність стійкості усієї системи від вибраної при проектуванні структури.

### **Список літератури:**

1. Управление риском /[Владимиров В.А., Кульба В.В., Малинецкий Г.Г, Махутов Н.А. и др.] – М.: Наука, 2000. – 230 с.
2. Новое в синергетике: взгляд в третье тысячелетие /Под ред. Малинецкого Г.Г., Курдюмова С.П. - М.: Наука, 2002. -480 с.
3. Нестационарные структуры и диффузионный хаос /Ахромеева Т.С., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г., Самарский А.А. - М.: Наука, 1992. – 320 с.