

УДК 502.3+504.064

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДМОВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Бойко Т.В., Вавулін П.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бойко Т.В., Вавулин П.А.

COMPUTER SIMULATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FAILURES

Boyko T., Vavulin P.

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

kxtp@list.ru

В даній статті ми представляємо алгоритм розрахунку техногенного ризику промислових об'єктів в режимі експлуатації. Запропонований алгоритм заснований на комплексному використанні методу індексних оцінок та методу Монте-Карло, що дозволяє отримати якісну оцінку ризику та суттєво зменшити негативний вплив проблеми неоднорідності вихідних даних у порівнянні з існуючими методами.

Ключові слова: техногенний ризик, метод Монте-Карло, імітаційне моделювання, індексний метод, кількісна оцінка, прийнятний ризик.

В данной статье мы представляем алгоритм расчета техногенного риска промышленных объектов. Предложенный алгоритм основан на совместном применении индексных оценок и метода Монте-Карло, что позволяет получить качественную оценку риска и существенно уменьшить влияние проблемы неопределенности исходных данных по сравнению с существующими методами.

Ключевые слова: техногенный риск, метод Монте-Карло, имитационное моделирование, индексный метод, количественная оценка, приемлемый риск.

In this article we described algorithm of risk calculation for technological equipment. This algorithm uses two different methods: methods of index and probability risk assessment. Using of both methods allows to avoid issues connected with data uncertainty in comparing with existing methods.

Keywords: Risk assessment, probability, Monte-Carlo simulation, index risk assessment.

1. Вступ

Внаслідок тяжких техногенних катастроф останніх 30-40 років, питання оцінки і прогнозування виникнення аварій і катастроф, а також їх економічної складової носить надзвичайно важливий характер [1]. В контексті актуальності питань аварійної безпеки, виявляється необхідним розвиток теорії техногенних ризиків.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Розглянемо техногенні ризики – ризики для населення, техногенних і природних об'єктів від негативних подій техногенного характеру і можливих збитків від них. Прикладами ситуацій техногенного характеру, які можуть завдавати економічних збитків підприємствам, можна назвати – пожежі, аварії транспортного характеру, аварії в системі життєзабезпечення, аварії в електроенергетичних системах та мережах, несподівана руйнація будівель та споруд. Основними причинами техногенних ризиків являються відмови того чи іншого технологічного обладнання.

2. Постановка задачі та аналіз досліджень

Проблеми застосування математичних методів до оцінки техногенних та економічних ризиків постійно перебувають у полі зору науковців. Істотний внесок у розроблення теоретичних і практичних аспектів оцінювання ризику з використанням елементів теорії імовірності внесли А. Єгоров, Т. Савицька, В. Острейковський, А. Можаяєв, В. Громов, В. Алимов, Н. Тарасова, В. Акімов, Н. Радаєв, Г. Рева, П. Борисов.

В якості поширених підходів до кількісної оцінки ризику R найбільш простий за Ф.Фармером [2]:

$$R = Q \cdot C, \quad (1)$$

де Q – імовірність події, C – наслідки від події (величина збитків).

Для алгоритмізації оцінки техногенних ризиків промислових об'єктів в процесі нормальної експлуатації було використано наступні математичні залежності відмови системи з декількох елементів:

$$Q_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^k P_i(t), \text{ або } Q_c(t) = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - Q_i(t)] \quad (2)$$

де $Q_i(t)$ – ймовірність відмови i -го елемента системи, а $P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента системи.

Визначення ймовірності відмови за результатами моделювання здійснювалось за виразом:

$$P_i = \frac{N_i}{N} \quad (3)$$

де N – кількість ітерацій, N_i – кількість відмов i -го елемента.

Подальші розрахунки проводяться з використанням методів імітаційного моделювання, а саме методу Монте-Карло. Методи імітаційного моделювання були використані для уточнення ймовірності відмови елементів складної системи та для розрахунку техногенного ризику системи в цілому. Також метод Монте-Карло дає змогу фіксувати відмову того чи іншого елемента схеми під час імітаційного моделювання роботи системи.

Основні етапи алгоритму, реалізовані у програмному модулі «Оценка рисков 1.0», головне вікно якого наведено на рис.1, наступні:

1. Введення початкових даних (кількість елементів системи, можливих сценаріїв відмови, час моделювання).

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2. Розрахунок ймовірностей відмов для кожного елемента, одночасної відмови декількох елементів, а також відмови системи в цілому.

3. Вибір сценарію для якого необхідно методами імітаційного моделювання уточнити ймовірності відмови.

4. Для кожного елемента змоделювати його стан – якщо значення стану не знаходиться в допустимому діапазоні (вище або нижче допустимого рівня) то елемент перестає функціонувати. Якщо значення допустиме, то елемент продовжує нормально функціонувати.

5. Повторити пункт 4 необхідну кількість ітерацій.

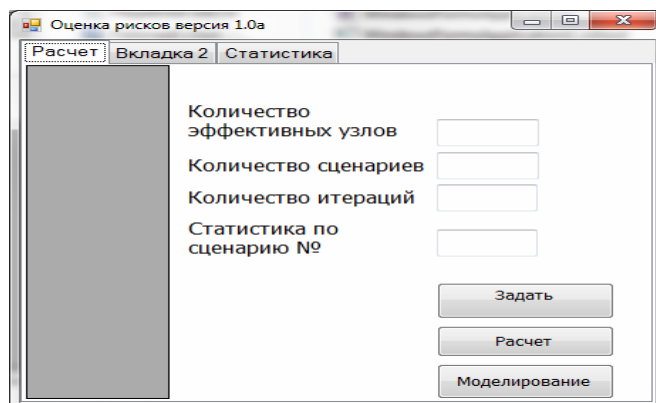


Рис. 1. Головне вікно програми «Оценка рисков 1.0»

Введення вихідних даних здійснюється в окремому вікні(рис. 2.2).

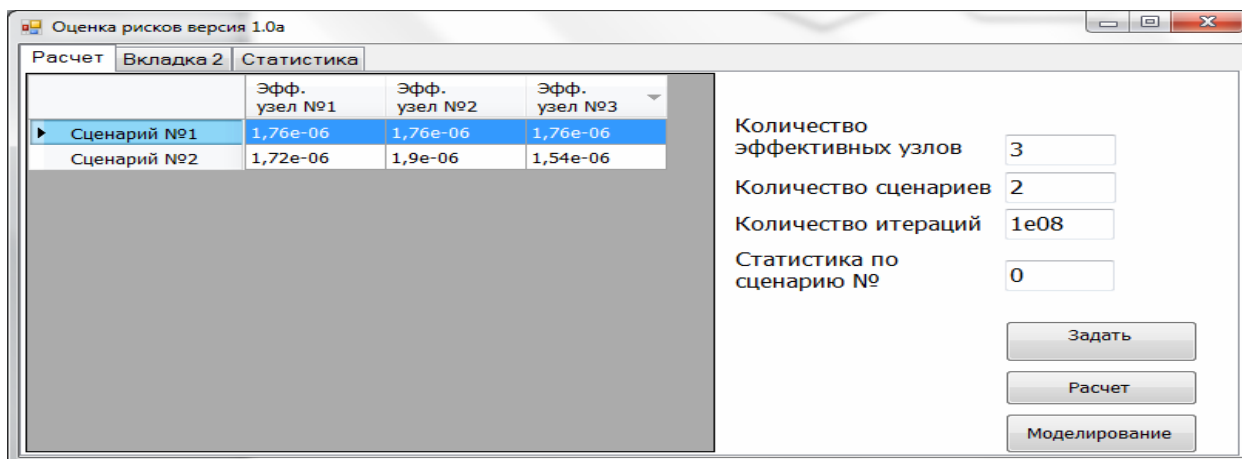


Рис. 2. Вікно введення вихідних даних

Для уточнення значень ймовірності відмови систем елементів використовується метод Монте-Карло. Варіанти представлення результатів на рисунках 3 і 4.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

	Р отказа Эфф. узел №1-	Р отказа Эфф. узел №1-2-	Р отказа Эфф. узел №1-2-3-	Р отказа СИСТЕМЫ
► Сценарий №1	1,76E-06	3,0976E-12	5,451776E-18	5,27999070709662E-06
Сценарий №2	1,72E-06	3,268E-12	5,03272E-18	5,15999115713317E-06

Рис. 3. Результати розрахунків

	Количество итераций	Количество отказов	Количество простоев
► Эфф. узел №1	100000000	172	0
Эфф. узел №2	100000000	190	172
Эфф. узел №3	100000000	154	362

Рис. 4. Результати моделювання методом Монте-Карло

Даний комплекс дозволяє розраховувати надійність системи довільної складності.

3. Результати досліджень і висновки

Проводилось дослідження системи, яка складається з трьох насосів для перекачування мазуту в технологічній системі ТЕЦ [3]. Перший сценарій у якості вихідних даних використовує ймовірності відмови розраховані індексним методом [4], другий сценарій використовує ймовірності одержані для кожного окремого насоса методом Монте-Карло.

Таблица 1

Ймовірності відмови елементів системи

№ сценарію	Відмова вузла №1	Відмова вузла №2	Відмова вузла №3
1	$1,76 \cdot 10^{-6}$	$1,76 \cdot 10^{-6}$	$1,76 \cdot 10^{-6}$
2	$1,73 \cdot 10^{-6}$	$1,84 \cdot 10^{-6}$	$1,79 \cdot 10^{-6}$

Початкові ймовірності відмови для вузлів 1-3 мають однакові значення через те, що в технологічній схемі використовуються ідентичні насоси.

Результати розрахунків ймовірностей відмови з використанням методів імітаційного моделювання приведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Розраховані показники небезпечності

Ймовірність відмови	Індексний метод	Метод Монте-Карло
Одного насосу	$1,76 \cdot 10^{-6}$	$1,73 \cdot 10^{-6}$
Двох насосів	$3,10 \cdot 10^{-12}$	$3,18 \cdot 10^{-12}$
Трьох насосів	$5,45 \cdot 10^{-18}$	$5,7 \cdot 10^{-18}$
Системи в цілому	$5,28 \cdot 10^{-6}$	$5,36 \cdot 10^{-6}$

Як бачимо розрахована за методом Монте-Карло кількість відмов дає нам змогу говорити про прийнятний рівень техногенного ризику.

Похибка складає менше 2%, що дає змогу зробити висновок, про можливість використання методу Монте-Карло при розрахунку ймовірності відмов технологічного обладнання промислових підприємств у режимі стаціонарної роботи.

Література

1. *Биченок, М.М.* Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі [Текст] / М.М. Биченок, С.П. Іванюта, Є.О. Яковлев; Ін-т проблем нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України. – К., 2008. – 160 с.
2. *Острейковский, В.А.* Математическое моделирование техногенного риска: Учеб. пособие / В.А. Острейковский, А.О. Генюш, Е.Н. Шевченко ИЦ СурГУМ. – Сургут, 2010. – 83 с.
3. *Вороновський, Г.К.* Сучасна теплова електрична станція [Текст]/ Г.К. Вороновський . – Харків: Курсор, 2000. – 151с.
4. *Назаренко, М. В.* Особливості визначення техногенного ризику хіміко – техногенних об'єктів на стадії проектування [Текст] / М. В. Назаренко, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №3/11(51). – С. 13 – 17.