

12. Березуцкий, В. В. Универсальный показатель экологической безопасности изделий, производств, районов, городов и областей [Текст] / В. В. Березуцкий, А. Н. Древаль, Н. Е. Мовмыга, О. А. Музыкина // Вестник ХГПУ. — 1998. — Вып. 9. — С. 29–30.
13. Березуцкий, В. В. Производственный риск и человеческий фактор [Текст] / В. В. Березуцкий, И. В. Березуцкий // Матеріали ІV науково практичної конференції «Безпека життя і діяльності людини-освіта, наука, практика». — К.: НАУ, 2005. — 288 с.
14. ДСТУ OHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці [Електронний ресурс] // ДНАОП. Законодавча база. — Режим доступу: \www/URL: http://www.dnaop.com/html/34112/doc-ДСТУ_OHSAS_18001_2010
15. BS EN 31010:2010. Risk management. Risk assessment techniques [Electronic resource]. — The British Standards Institution, 30.06.2010. — Available at: \www/URL: http://dx.doi.org/10.3403/30183975
16. Березуцкий, В. В. Индикаторы опасности [Текст] / В. В. Березуцкий // Матеріали Міжнародної научної конференції «Complex systems security management», 24–28 февраля 2014. — Липтовський Микулаш: Академія озброєних сил Словаччини імені генерала М. Р. Стефаніка, 2014.

АУДИТ РИСКОВ БЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Рассмотрены теоретические основы вопроса управления рисками. На основе выполненного анализа существующих моделей менеджмента безопасностью на производстве и рисками предложена модель риска, которая состоит из трех определенных уровней опасности, полученных путем субъективной, объективной и внешней оценки ситуации на рабочем месте. Обще интегрированная оценка риска свидетельствует о более высокой достоверности уровня опасности.

Ключевые слова: риски, система, управление, безопасность, стандарты, аудит, контроль.

Глива Валентин Анатолійович, доктор технічних наук, професор, кафедра безпеки життєдіяльності, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

Березуцький Вячеслав Володимирович, доктор технічних наук, професор, кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: qwer@kpi.kharkov.ua.

Березуцька Наталія Львівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра охорони праці, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Халіль Вікторія Вячеславівна, старший лаборант, кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, Україна.

Глива Валентин Анатольевич, доктор технических наук, профессор, кафедра безопасности жизнедеятельности, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.

Березуцкий Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, профессор, кафедра охраны труда и окружающей среды, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина

Березуцкая Наталья Львовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра охраны труда, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Халиль Виктория Вячеславовна, старший лаборант, кафедра охраны труда и безопасность жизнедеятельности, Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Украина.

Glyva Valentyn, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Berezutskyi Viacheslav, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: qwer@kpi.kharkov.ua.

Berezutskaya Natalia, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine.

Khalil Viktoriya, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

УДК 519.216+504.064

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.66754

**Вавулін П. А.,
Бойко Т. В.**

АНАЛІЗ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ РОЗПОДІЛУ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ

Представлено алгоритм визначення функції розподілу випадкової величини для прогнозування ймовірності відмови технічних систем у режимі експлуатації. Запропонований алгоритм заснований на комплексному використанні методу індексних оцінок та методу Монте-Карло у поєднанні з методами стохастичної оптимізації, що дозволяє отримати закон розподілу випадкової величини, яка буде якісно характеризувати величини техногенного ризику та дозволить прогнозувати його рівень у часі.

Ключові слова: прогнозування техногенного ризику, генетичні алгоритми, імітаційне моделювання, кількісна оцінка ризику.

1. Вступ

Кожний технологічний процес повинен орієнтуватися на технології, які дозволяють максимально знизити ймовірність аварії і зменшити надходження небезпечних речовин у навколишнє середовище. З іншого боку, як доводить світовий досвід, забезпечити повністю безаварійну роботу технічних систем, на даному етапі роз-

витку технологій, не представляється можливим. Саме тому, аналіз техногенного ризику та отримання його прогнозного значення являється надзвичайно важливим, адже дає можливість передбачити виникнення аварійної ситуації та мінімізувати її наслідки.

У відповідності з аксіомами теорії техногенного ризику будь-який технічний прилад або складова технічної системи є джерелом техногенної небезпеки. Враховуючи це,

побудова стратегії управління промисловим об'єктом засобами автоматизації буде обґрунтованим саме при відомому прогнозованому значенні техногенного ризику. Автоматизація розрахунків, пов'язаних з визначенням прогнозних значень надійності технічних систем, в контексті практичного використання ідеології зменшення технічного ризику, є надзвичайно важливим [1]. Актуальність роботи у даному напрямі підтверджується відсутністю систем прогнозування та управління техногенним ризиком складних технічних систем, таких як — двигуни, парогенератори, апарати, елементи хіміко-технологічних виробництв та інші.

2. Аналіз досліджень і публікацій та постановка проблеми

В умовах стаціонарної експлуатації технологічних об'єктів величина ризику зазвичай оцінюється з використанням загальної теорії надійності технічних систем [1]. Також доволі поширеним є побудова дерев подій та відмов для тієї чи іншої технічної системи [2]. Слід зауважити, що велика кількість досліджень пов'язана з визначенням величини ймовірності появи негативної події, що в свою чергу характеризує техногенний ризик, як добуток ймовірності виникнення негативної події та величини збитків, до яких вона може призвести.

Незважаючи на велику кількість проведених досліджень [3, 4], задача прогнозування техногенного ризику для складних технічних систем залишається вкрай важливою. Існуючі методи, такі як: сценарний аналіз (включає в себе побудову дерев подій та відмов), індексні методи, дослідження небезпечності та працездатності (HAZard and OPerability study), моделювання роботи системи методом Монте Карло та інші методи — не дають можливості керувати технологічним процесом, з використанням отриманих результатів оцінювання надійності складних технічних систем [5].

Також на сьогоднішній день не існує стандартизованого і достатньо точного методу для прогнозування величини техногенного ризику складної технічної системи в часі. Для прогнозування можуть бути застосовані деякі спеціальні методи, такі як: інтервальні оцінки, регресійний аналіз та інші. Слід відмітити, що практичне використання даних методів досить складне і потребує високої кваліфікації фахівців.

Тому створення, верифікація та практичне застосування алгоритму, який поєднав би у собі переваги існуючих методів оцінки технічних ризиків з перспективними підходами до його прогнозування (technical risk forecast), являється надзвичайно важливою задачею.

На рис. 1 представлено концепцію побудови стратегії керування технологічними процесами, з використанням засобів та систем автоматизації.

Представлена концепція включає в себе систему оцінювання та використання прогнозних значень ймовірності відмови технічних систем (входить до блоку «Система обробки та відображення інформації» [6]. Результати обчислень даного блоку використовуються системою автоматичного регулювання (САР) для формування керуючих впливів на об'єкт управління.

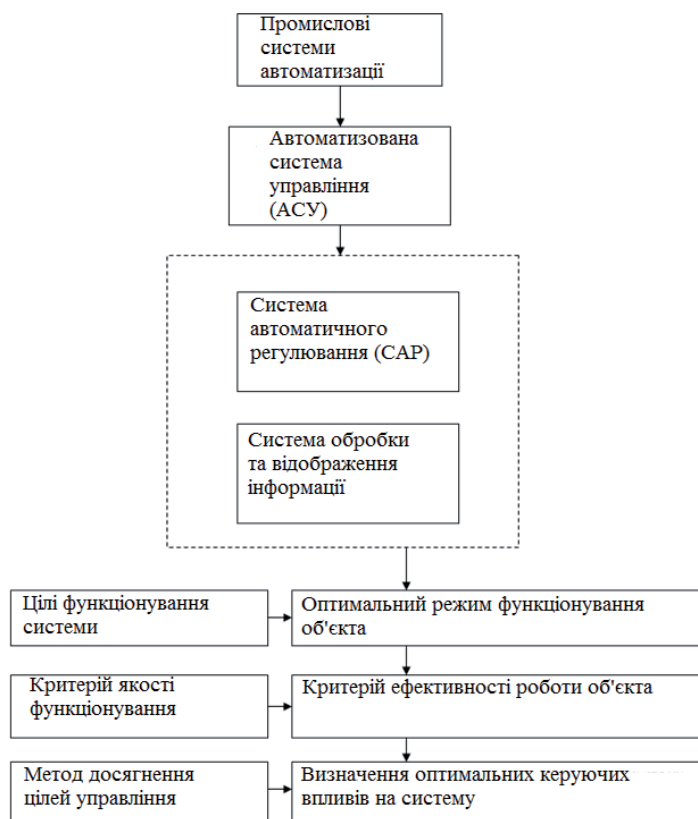


Рис. 1. Концепція побудови стратегії керування технологічними процесами на базі прогнозованого значення техногенного ризику у відповідності до сучасних понять теорії автоматизації

Головним практичним результатом створення та верифікації алгоритму визначення функції розподілу випадкової величини є можливість його застосування при створенні оптимальної стратегії управління технологічним процесом з урахуванням прогнозних значень техногенного ризику. Використання генетичних алгоритмів на етапі ідентифікації функції розподілу випадкової величини дозволяє спростити процедуру ідентифікації та зменшити вимоги до обчислювальних систем [7]. Запропонована схема побудови стратегії управління складними хіміко-технологічними системами (СХТС) включає в себе аналіз параметрів об'єкта, оцінювання техногенного ризику на базі цих параметрів, оптимізацію ризику та стратегії керування і створення алгоритму управління процесами. Системний підхід до оцінювання безпеки складного технологічного процесу дозволяє запобігти виникненню позаштатних ситуацій, які в свою чергу можуть призвести до небажаних наслідків [8].

Апроксимація функції розподілу випадкової величини [9], дозволить прогнозувати значення техногенного ризику від експлуатації промислових об'єктів.

Узагальнена динамічна модель техногенного ризику складної технологічної системи при експлуатації, може бути виражена наступним чином, [1]:

Розглянемо множину: $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, $q_i \in Q$, $i = \overline{1, n}$ — множина можливих ймовірностей подій (відмов, катастроф, аварій), $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, $c_i \in C$, $i = \overline{1, n}$ — множина наслідків (збитків) від виконання i -их вихідних подій, $t_i \in T$ — множина моментів часу, $r_i \in R$ — множина мож-

ливих ризиків, $\sum_{i=1}^n R_i = R$.

На рис. 2 наведено графічне відображення множини R , яка характеризує техногенний ризик і включає в себе множину ймовірностей відмов, множину величин збитків та час експлуатації системи.

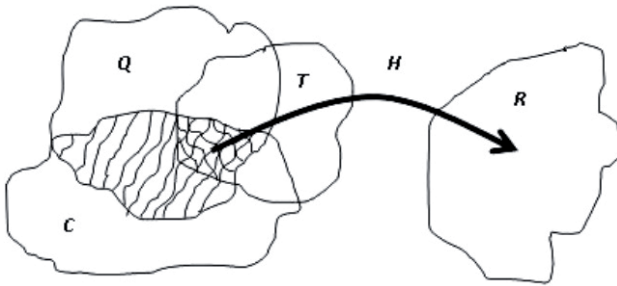


Рис. 2. Графічна інтерпретація відношення множин H , ймовірностей вихідних подій Q , величини збитків C за період часу експлуатації системи T

Очевидно, що:

$$R = H\{Q \times C \times T\}. \quad (1)$$

Або в скалярній формі:

$$R(q, c, t) = \sum_{i=1}^n q_i(t) c_i(t), \quad (2)$$

де H — оператор, який реалізує відображення:

$$Q \times C \times T \rightarrow R. \quad (3)$$

Ключовим для оцінювання рівня ризику від експлуатації складної технологічної системи є саме визначення функції, яка характеризує ймовірність відмови цієї системи у часі.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження даної роботи являється комп'ютерно-інтегроване прогнозування та управління безпекою технічних систем.

Метою даної роботи являється дослідження можливості комплексного застосування методів індексного [10], імітаційного моделювання (Монте-Карло) та генетичних алгоритмів для визначення функції розподілу випадкової величини, яка визначатиме рівень техногенного ризику складної технічної системи у часі.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- провести верифікацію запропонованого алгоритму, і відповідно підтвердити можливість його використання для прогнозування рівня техногенного ризику технічних систем у режимі їх експлуатації, шляхом визначення функції розподілу випадкової величини;
- оцінити складність реалізації цього алгоритму, у відповідності до обчислювальних можливостей сучасної техніки;
- визначити, які функції найкраще описують техногенний ризик складних технічних систем.

4. Алгоритм визначення функції розподілу випадкової величини для прогнозування надійності технічних систем

Методика комплексного застосування методу індексних оцінок та методу Монте-Карло дає змогу алгоритмізувати та автоматизувати оцінку величини техногенного ризику для складних технічних систем у режимі їх експлуатації.

В якості вихідних даних можуть бути використані результати оцінювання величини техногенного ризику технічних систем, одержані з використанням спеціалізованого програмного забезпечення на базі індексних методів та методів імітаційного моделювання (наприклад, Монте-Карло) [11–15], або номінальні відомі значення техногенного ризику (наприклад, одержані з літературних джерел або від виробника обладнання).

Відомо, що найбільш точним і прийнятним для прогнозування рівня техногенного ризику буде використання функцій розподілу випадкової величини. Визначення загального вигляду закону розподілу випадкової величини не має під собою ніяких складнощів (вони загальновідомі: нормальний розподіл, розподіл Вейбула, експоненційний, логарифмічний розподіл та інші), головною проблемою їх практичного застосування у випадку складних технічних систем є саме встановлення невідомих коефіцієнтів [11].

Для апроксимації (визначення вигляду) функції розподілу випадкової величини заданого вигляду було розроблено алгоритм та створено програмне забезпечення для автоматизації розрахунків. Графічне зображення алгоритму представлено на рис. 1.

Дане програмне забезпечення використовує методи та інструменти, характерні для генетичних алгоритмів (кросовер, мутації, фітнес-функція), це являється головною особливістю даного продукту [10]. Для використання даного методу немає обмежень, пов'язаних з інтегрованістю, неперервністю чи виглядом функції. Також використання даних алгоритмів дає суттєве збільшення ефективності використовуваних обчислювальних ресурсів у порівнянні з класичними математичними методами.

Головною перевагою запропонованого алгоритму, з практичної точки зору, є те що він дозволяє одержувати функцію розподілу випадкової величини з урахуванням особливостей експлуатації технічної системи. Також, на відміну від сценарних методів (побудова дерев подій та відмов), даний алгоритм дозволяє прогнозувати величину техногенного ризику.

Перейдемо до алгоритму:

1. На першому етапі будуватиметься масив еталонних значень для вибору найбільш «пристосованої» частини популяції (з літературних джерел, від виробника, або отриманих в результаті використання індексного методу, імітаційного моделювання, побудови дерев відмов чи інших). В першому стовпчику вводимо значення — час експлуатації системи (роботи), в другому — відповідну даному часу ймовірність безвідмовної роботи. Процес введення початкових даних наведено на рис. 3.

2. На наступному кроці довільно, або з певних міркувань (наприклад, якщо відомо, що описана система найкраще характеризується експоненційною залежністю), задаємо загальний вигляд функції, параметри якої хочемо визначити. В програмному модулі вводимо свою

функцію, для визначення розподілу густини ймовірності відмови системи на множині часу T .

A	B
Час	P_i
0,5	1
200	0,9922
400	0,9886
600	0,9739
800	0,9667

Рис. 3. Введення початкових даних

На рис. 4 представлено вікно програмного модуля для виконання задачі визначення вигляду функції.

експериментальних даних [14], у випадку оцінювання надійності турбовентиляторного авіаційного двигуна НК-8-2У. В якості вихідних даних було використано час напрацювання до відмови певних екземплярів [14].

В результаті перевірки даного методу, стосовно його практичного застосування, було одержано дві функції розподілу: логарифмічну та експоненціальну:

$$f_1(x) = 1,0014 \cdot e^{-4 \cdot 10^{-5} \cdot x}, \quad (4)$$

$$f_2(x) = -0,003 \cdot \ln(x) + 1,0001. \quad (5)$$

Дані функції розподілу характеризують ймовірність безвідмовної роботи складної технічної системи. Для визначення ймовірності відмови (техногенного ризику) необхідно використати наступні залежності:

$$P_1(x) = 1 - f_1(x), \quad (6)$$

$$P_2(x) = 1 - f_2(x). \quad (7)$$

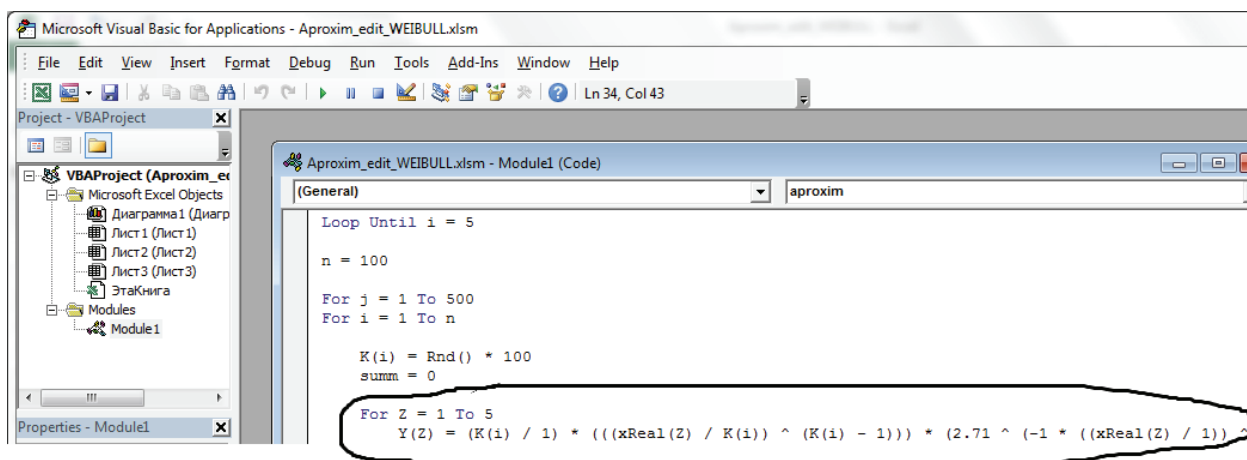


Рис. 4. Визначення вигляду функції

3. На наступному кроці, з використанням генетичних алгоритмів (кросовер та мутація) будується початкова популяція невідомих коефіцієнтів.

4. Далі відбувається перевірка «пристосованості» цієї популяції з використанням фітнес-функції (функція пристосованості).

5. Умова завершення задається користувачем: у першому випадку це кількість популяцій (ітерацій), яка буде використана, чи значення суми квадратів різниць між реальним та розрахованим значеннями у відомих точках. У другому випадку система буде проводити моделювання до тих пір, коли не буде досягнуто прийнятний рівень точності функції розподілу.

Графічне відображення розробленого алгоритму наведено на рис. 5.

Верифікація програмного забезпечення проводилась для визначених

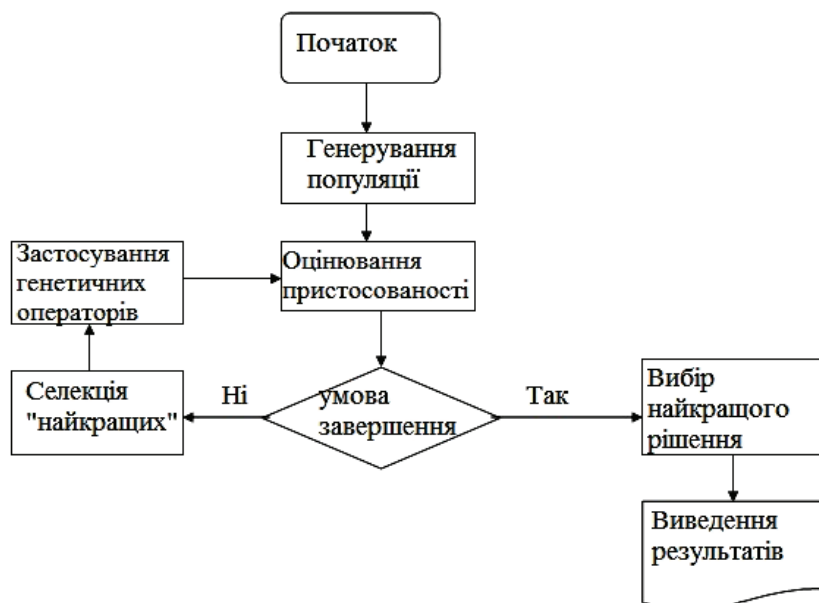


Рис. 5. Алгоритм визначення коефіцієнтів функції розподілу випадкової величини бажаного вигляду

З точки зору практичного застосування використання як ймовірності безвідмовної роботи, так і ймовірності відмови, — рівноцінні. Але при аналізі одержаних результатів чи створенні стратегії керування слід завжди пам'ятати, яку величину ви використовуєте, адже в залежності від цього формуються абсолютно протилежні оцінки. Аналіз одержаних результатів приведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння та аналіз результатів визначення функції розподілу випадкової величини

Час роботи	Ймовірність безвідмовної роботи (реальна) [11]	Ймовірність безвідмовної роботи (експоненціальна залежність) (1)	Ймовірність безвідмовної роботи (логарифмічна) (2)	Похибка (1), %	Похибка (2), %
200	0,9922	0,9934	0,9851	0,12	0,72
400	0,9886	0,9855	0,983	0,31	0,57
600	0,9739	0,9776	0,9818	0,38	0,81
800	0,9667	0,9698	0,9809	0,32	1,46

Геометрична інтерпретація одержаних результатів наведена на рис. 6.

Система знаходиться на межі неприйнятної та умовно-прийнятної рівнів ризику, слід відмітити, що з часом надійність системи зменшується. Аналіз даної системи яскраво ілюструє, що з часом система потребує модернізації для збільшення рівня її надійності (використання резервних систем, своєчасної заміни найменш надійних елементів та впровадження систем автоматизації оцінки та керування рівнями ризику).

5. Результати дослідження алгоритму для прогнозування рівня техногенного ризику

Проаналізувавши результати досліджень можна зробити наступні висновки:

- застосування експоненційних функцій розподілу є більш перспективним та ефективним, ніж застосування логарифмічних чи показникових функцій (величина похибки яскраво це ілюструє);

- запропонований алгоритм точно та з прийнятним рівнем точності (похибка при оцінці становить менше 5 %) описує величину ризику складних технічних систем. Оскільки турбовентиляторний авіаційний двигун являє собою складну технічну систему, можна зробити висновок, що даний алгоритм може бути застосований до інших технічних систем. Але при цьому слід пам'ятати, про попередню обробку початкових даних [15].

Також можна відмітити те, що використання методів апроксимації на основі реальних параметрів системи дає змогу отримувати функції з прив'язкою до об'єкта оцінювання, на відміну від ідеалізованих стандартних функцій розподілу.

Також слід зазначити, що отримана функція розподілу випадкової величини дає змогу передбачити, яким буде значення техногенного ризику у майбутньому, що в свою чергу дає змогу попередити, або зменшити ймовірність настання негативних подій в результаті експлуатації складної технічної системи.

Його головними перевагами є: відносна простота використання, невисокі технічні вимоги до програмного та апаратного забезпечення для проведення обчислень, можливість прогнозувати значення техногенного ризику складних технічних систем. Функції розподілу, одержані з застосуванням даного алгоритму, можуть бути використані для автоматизації технологічних процесів, з метою зменшення техногенного ризику.

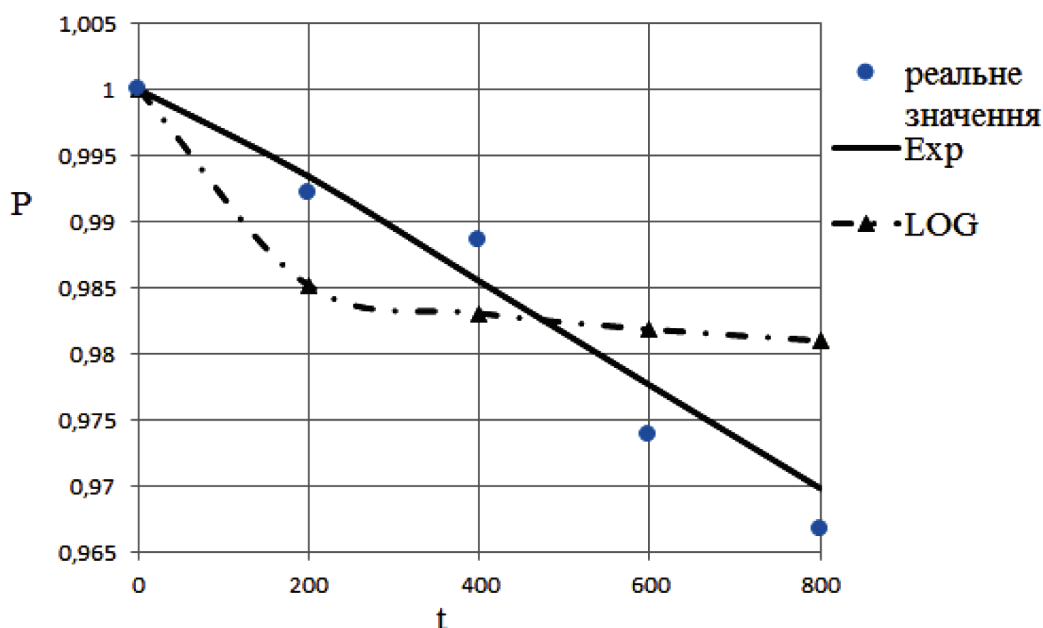


Рис. 6. Результати застосування алгоритму одержання функцій розподілу випадкової величини

6. Обговорення результатів дослідження алгоритму для прогнозування рівня техногенного ризику

Описаний алгоритм дозволяє отримувати досить надійні результати в умовах великої невизначеності вихідних даних (автори статті використали лише 5 точок для точного знаходження невідомого коефіцієнту). Для турбовентиляторного двигуна було визначено вигляд функцій, які характеризують ймовірність відмови системи у часі.

Завдяки використанню генетичних методів реалізація цього алгоритму не несе надзвичайної складності і не потребує використання значних обчислювальних ресурсів. Актуальність і перспективність його застосування до реальних технічних систем не підлягає сумніву, оскільки задача прогнозування рівня техногенного ризику має велике практичне значення.

Експериментальним шляхом доведено, що застосування функцій експоненціального вигляду дає меншу похибку, ніж логарифмічна.

Даний алгоритм дозволяє прогнозувати рівень техногенного ризику, який виникає при експлуатації складних технічних систем. Тобто дозволяє розробити стратегію керування технологічним об'єктом чи системою з використанням даних відносно рівня техногенного ризику.

Подальшим етапом розвитку даного алгоритму та в рамках його практичної реалізації планується — розробка та формування стратегії керування (управління) технічним об'єктом. Планується інтеграція розробленого програмного забезпечення з системою керування та автоматизації технологічних процесів Experion PKS від компанії Honeywell.

Слід зауважити, що реалізація систем автоматизації з урахуванням прогнозних значень техногенного ризику є наступним вагомим кроком у контексті реалізації концепції «сталого виробництва» (Sustainable manufacturing). Також слід зауважити, що розроблений алгоритм, дозволяє зменшити ризик виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з використанням технічних приладів та систем у режимі їх нормальної експлуатації.

7. Висновки

У результаті проведених досліджень:

— Проведено верифікацію розробленого алгоритму для прогнозування рівня техногенного ризику. За наведеними реальними даними стосовно експлуатаційних параметрів турбовентиляторного двигуна, було одержано дві функції розподілу. Прогнозні значення рівня техногенного ризику, одержані теоретично (з використанням визначених функцій), при верифікації порівнювались з реальними експериментальними даними. Похибка склала менше 5 % (результати наведені у табл. 1 та на рис. 6), що свідчить про можливість використання запропонованого алгоритму для прогнозування рівня техногенного ризику у часі.

— На всіх етапах роботи алгоритму було використано звичайний персональний комп'ютер (об'єм оперативної пам'яті 6 Гб, двоядерний процесор з тактовою частотою AMD 1.93 GHz), тобто, з технічної точки зору реалізація даного алгоритму не

несе ніяких складнощів. Найскладнішим елементом використання даного алгоритму є високі вимоги до кваліфікації персоналу, та його обізнаності у технічних та експлуатаційних складових системи, для якої визначаються функції розподілу.

— Виходячи з одержаних результатів, найбільш точно описують техногенний ризик складних технічних систем експоненційні функції розподілу та близька до неї функція Вейбула (результати для експоненційної залежності наведені у табл. 1 та на рис. 6).

Література

1. Острейковский, В. А. Математическое моделирование техногенного риска [Текст]: учеб. пос. / В. А. Острейковский, А. О. Генюш, Е. Н. Шевченко. — Сургут: ИЦ СурГУ, 2010. — 83 с.
2. William, R. D. Practical Design of Safety-Critical Computer Systems [Text] / R. D. William. — Reliability Press, 2002. — 360 p.
3. Sinnamon, R. M. Quantitative Fault Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams [Text] / R. M. Sinnamon, J. D. Andrews // European Journal of Automation. — 1996. — Vol. 30, № 8. — P. 1051–1071.
4. Boudali, H. A discrete-time Bayesian network reliability modeling and analysis framework [Text] / H. Boudali, J. B. Dugan // Reliability Engineering and System Safety. — 2005. — Vol. 87, № 3. — P. 337–349. doi:10.1016/j.ress.2004.06.004
5. Galante, E. Risk Assessment Methodology: Quantitative HazOp [Text] / E. Galante, D. Bordalo, M. Nobrega // Journal of Safety Engineering. — 2014. — Vol. 3, № 2. — P. 31–36. doi:10.5923/j.safety.20140302.01
6. Тюрин, В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами [Текст]: учеб. пос. / В. А. Тюрин. — СПб: Санкт-Петербургская Государственная лесотехническая академия, 2006. — 153 с.
7. Li, Y. A new dynamical evolutionary algorithm based on statistical mechanics [Text] / Y. Li, X. Zou, L. Kang, M. Zbigniew // Journal of Computer Science and Technology. — 2003. — Vol. 18, № 3. — P. 361–368. doi:10.1007/bf02948906
8. Pankratova, N. D. System Coordination of Survivability and Safety of Complex Engineering Objects Operation [Text] / N. D. Pankratova // Computer Science Journal of Moldova. — 2014. — Vol. 22, № 3 (66). — P. 303–317.
9. Porshnev, S. V. Using rozenblatt-parzen approximation for recovering a cumulative distribution function of continuous random variable with a bounded single-mode distribution rule [Text] / S. V. Porshnev // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. — 2014. — № 92. — P. 1127–1140.
10. Бойко, Т. В. Техногенна безпека як невід'ємна частина сталого розвитку регіонів України [Текст] / Т. В. Бойко, В. І. Бендюг, Б. М. Комариста // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2010. — № 2/10(44). — С. 52–54. — Режим доступу: \www/URL: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2781/2587>
11. Бендюг, В. І. Система оцінки техногенної безпеки промислових підприємств: методологія та алгоритм розрахунку [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / В. І. Бендюг. — К., 2005. — 193 с.
12. Бойко, Т. В. Особливості використання метода «індекс-ризик» для оцінки техногенної безпеки об'єктів [Текст] / Т. В. Бойко // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2009. — № 6/5(42). — С. 44–47.
13. Смолич, С. В. Решение горно-геологических задач методом «Монте-Карло» [Текст]: учеб. пос. / С. В. Смолич, К. С. Смолич. — Чита: ЧитГУ, 2004. — 103 с.
14. Кочуров, В. А. Примеры расчета характеристик надежности авиационной техники [Текст] / В. А. Кочуров, Г. А. Новиков. — Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2002. — 48 с.
15. Вавулин, П. А. Расчет прогнозного техногенного риска промышленных объектов при эксплуатации [Текст] / П. А. Вавулин, Т. В. Бойко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — № 5/10(71). — С. 42–46. doi:10.15587/1729-4061.2014.27981

АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА

Представлен алгоритм определения функции распределения случайной величины для прогнозирования вероятности отказа технических систем в режиме эксплуатации. Предложенный алгоритм основан на совместном применении индексных оценок, метода Монте-Карло и методов стохастической оптимизации, что позволяет получить закон распределения случайной величины, которая будет качественно характеризовать величину техногенного риска и позволит прогнозировать его уровень во времени.

Ключевые слова: прогнозирование техногенного риска, генетические алгоритмы, имитационное моделирование, количественная оценка риска.

Вавулін Петро Андрійович, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: lestatxa81@gmail.com.

Бойко Тетяна Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

Вавулін Пётр Андреевич, аспирант, кафедра кибернетики химико-технологических процессов, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Бойко Татьяна Владиславовна, кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой кибернетики химико-технологических процессов, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Vavulin Petro, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: lestatxa81@gmail.com.

Boiko Tatyana, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine

УДК 681.516.3

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.66778

Денисенко О. Ю.,
Козаневич З. Я.

РЕАЛІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ КОМПЕНСАТОРІВ В БАГАТОКОНТУРНИХ СИСТЕМАХ РЕГУЛЮВАННЯ

Розглянуто деякі способи реалізації динамічних компенсаторів у багатоконтурних (в т. ч. комбінованих і автономних) системах автоматизованих систем керування технологічними процесами, які забезпечують інваріантність регулювання параметрів відносно контрольованих і неконтрольованих збурень. Проведений аналіз складності використання цих способів реалізації динамічних компенсаторів для розробки алгоритмів, на основі яких можуть бути створені окремі елементи програмного забезпечення автоматизованих чи комп'ютерно-інтегрованих систем.

Ключові слова: динамічні компенсатори, багатоконтурні системи, автоматизовані системи.

1. Вступ

Одним із методів покращення якості перехідних процесів в автоматичних системах регулювання параметрів є введення додаткових динамічних елементів як в існуючі контури регулювання, так і в додатково синтезовані канали впливу.

Інваріантність (незалежність) регулювання параметрів відносно контрольованих чи неконтрольованих збурень досягається шляхом введення додаткових динамічних зв'язків між елементами контурів регулювання [1, 2]. Ці динамічні зв'язки, призначені для динамічної компенсації впливу збурень в контурах керування, встановлюються за допомогою динамічних компенсаторів [2], які реалізуються як стандартні елементи аналогової техніки. Можливості цифрової обчислювальної техніки в автоматизованих системах керування технологічними процесами (АСКТП) дають змогу програмної реалізації функцій динамічних компенсаторів (ДК), що спрощує та полегшує їх експлуатацію.

Актуальність роботи полягає в тому, що: по-перше, програмна реалізація функцій динамічних компенсаторів дозволяє їх включити безпосередньо в програмне забезпечення у виді підпрограм, зв'язаних інформаційними

потоками з підпрограмами реалізації відповідних регуляторів, що утворить єдину конфігурацію для конкретного виробництва; а по-друге, використання обчислювальної техніки, яка присутня в АСКТП чи комп'ютерно-інтегрованих системах (КІС), дозволяє більш точно відтворити потрібні динамічні характеристики ідеальних ДК.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Звичайно розглядається технічна реалізація динамічних компенсаторів за допомогою аналогових елементів [2, 3]. Технічна реалізація динамічних компенсаторів за допомогою аналогових елементів може дати тільки приблизну інваріантність системи по відношенню до конкретного збурення в найбільш небезпечній області частот [2], оскільки методика апроксимації динамічних характеристик ідеальних ДК найбільш відомими і відносно легкими до реалізації динамічними ланками не передбачає іншого результату внаслідок різних структур ідеального і реального ДК.

Структурні схеми систем регулювання часто ціленаправлено ускладнюються введенням додаткових дина-