

УДК 004.4:62.192

**С. В. Бевз, к. т. н., доц.; В. В. Войтко, к. т. н., доц.; С. М. Бурбело,  
А. М. Шоботенко**

## **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

*Розроблено автоматизовану систему дослідження надійності технічних систем, орієнтовану на використання структурних схем надійності. Система передбачає вибір методу оцінювання надійності, містить інструментальні засоби формування та дослідження структурних схем надійності. Розглянуто моделі та засоби програмної реалізації автоматизованої системи.*

**Ключові слова:** автоматизована система, надійність, технічна система, модель.

### **Вступ**

З розвитком комп'ютерної техніки процеси автоматизації охоплюють усі сфери діяльності людини. Процес оцінювання надійності технічних систем (ТС) є трудомісткою обчислювальною задачею [1 – 3], яка потребує засобів автоматизації процесу її розв'язку.

Так програма дослідження структурних схем надійності «ГАНС» [4] надає можливість розраховувати показник надійності між двома ключовими вузлами шляхом поступового згортання схеми. Програма «Розрахунок структурної надійності мереж зв'язку» [5] призначена для проектування нових комп'ютерних мереж, аналізу їхніх показників якості та модернізації мережевих середовищ зв'язку. Автоматизована система забезпечення надійності й якості апаратури «Асоніка» [6] дозволяє здійснити повний розрахунок показників надійності радіоелектронної апаратури.

Оскільки сучасні системи автоматизованого дослідження надійності ТС є вузькоспеціалізованими, то актуальним постає завдання розробки загальних методів оцінювання надійності та їх реалізації в середовищі автоматизованої системи.

Метою роботи є автоматизація процесу дослідження надійності технічних систем. Під об'єктом дослідження розуміємо процеси автоматизації оцінювання надійності технічних систем на основі використання структурних схем. Предметом дослідження постають методи та засоби оцінювання надійності технічних систем. Головними задачами роботи вбачаємо розробку моделей та засобів автоматизованої системи.

### **Математичний опис системи**

У загальному вигляді автоматизовану систему можна подати у вигляді кортежу (1):

$$M = \{A_0, \Theta_p, \Lambda, U, H, Y, \Psi\}, \quad (1)$$

де  $A_0$  – мета: розробка моделей та засобів автоматизації процесу оцінювання надійності ТС; система має складатись з блоку введення / виведення інформації, блоку оцінювання показників надійності за різними методами та блоку роботи з базою даних; до реалізованих у системі методів належать принцип вкладених матриць, метод булевих матриць та ВІМ-метод;  $\Theta_p$  – базові ресурси: результатом роботи є моделі та засоби автоматизованої системи дослідження надійності ТС та їх програмна реалізація; під ресурсною базою системи розуміємо комп'ютер; під параметрами ресурсів вбачаємо характеристики комп'ютера;  $\Lambda$  – множина факторів, які враховуються в моделі: технічна система подається у вигляді графа; під факторами моделі даних розуміємо структуру та склад системи, способи поєднання елементів схеми, кількість вершин, кількість ребер та вагові значення ребер, які відображають імовірнісні характеристики надійності, тому мають обмеження  $0 < p < 1$ ; ключовим фактором роботи системи є вибір стратегії оцінювання за одним з реалізованих

методів;  $U$  – множина стратегій управління: модель реалізує процес проведення дослідження за обраним методом, який характеризується своїм алгоритмом та специфікою роботи. Система має власну розгалужену функціональність. Управління може здійснюватись за допомогою кнопок панелі інструментів, вкладок панелі меню чи гарячих клавіш. Графи можна створювати чи завантажувати з бази інформаційних ресурсів системи;  $H$  – оператор моделювання, який встановлює відповідність між множиною факторів  $\Lambda$ , які враховуються в моделі, множиною  $U$  можливих стратегій управління та множиною  $Y$  значень вихідних характеристик системи (2):

$$H : \Lambda \times U \xrightarrow{A_0, O_m, R_s} Y, \quad (2)$$

де  $O_m$  – ресурси на етапі моделювання, які відповідають базовим ресурсам системи;  $R_s$  – властивості системи, яка моделюється: модель даних системи презентує структуру даних у вигляді графа, оперує об'єктами «ребро» та «вершина» з забезпеченням повної функціональності шляхом створення об'єкта «граф»; після завершення формування початкових даних проводиться вибір методу оцінювання надійності;  $Y$  – множина значень вихідних характеристик моделі системи: система розроблена для дослідження показників надійності ТС; вихідними даними постають значення ймовірностей безвідмовної роботи – матриця повних взаємозв'язків елементів системи для методу вкладених матриць та методу булевих матриць; для ВІМ-методу вихідними даними вважаємо значення оцінки показника надійності між двома ключовими вузлами схеми;  $W$  – показник ефективності системи, яка моделюється: особливість методів вкладених матриць та булевих матриць полягає в забезпеченні принципу універсальності за рахунок використання повної матриці взаємозв'язків системи.

### Розробка моделі прецедентів автоматизованої системи

Прецеденти – це форми подання типових способів взаємодії користувача з системою. Аналіз прецедентів набуває першорядного значення у процесі визначення функціональних вимог до системи.

Верхній рівень абстракції моделей поведінки системи посідає модель бізнес-прецедентів (рис. 1), яка ідентифікує масив можливостей системи.

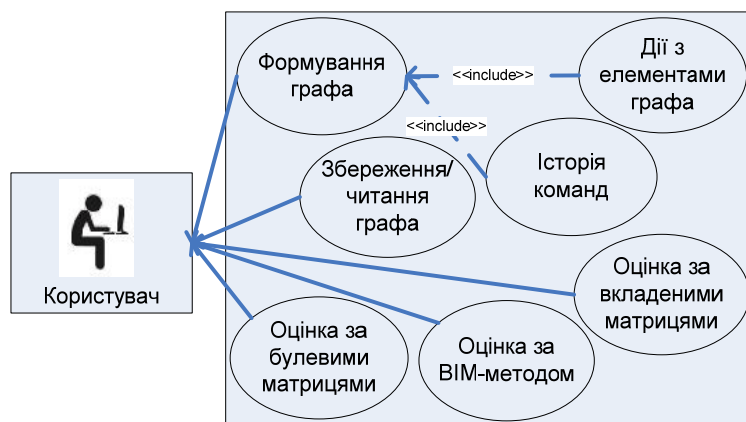


Рис. 1. Діаграма бізнес-прецедентів автоматизованої системи дослідження надійності складних ТС

Діаграма бізнес-прецедентів ґрунтується на архітектурі бізнес-процесів [7]. Вона забезпечує можливість загального аналізу ймовірної поведінки системи. Для опису бізнес-прецедентів характерною є стислість висловлювань, орієнтованих на визначення функціональних можливостей системи, та концентрування на основних потоках прецедентів.

Діаграма формується шляхом встановлення взаємодії між користувачем та системою. Асоціація «include» (рис. 1) визначає обрані прецеденти як складові частини базового прецеденту, встановлюючи архітектурні зв'язки між прецедентами.

Отже, користувач розпочинає роботу в системі з формування граф-схеми ТС засобами програмного інтерфейсу (Дії з елементами) та забезпечує можливість формування, аналізу та використання історії команд (Дії з історією команд). Крім того, Користувач має можливість завантажити граф з вхідного файлу та записати робочий граф в обраний файл (Збереження / читання графа). Після завершення етапу підготовки вхідних даних Користувач обирає метод оцінювання надійності ТС: за методом вкладених матриць, за методом булевих матриць чи за ВІМ-методом.

Наступним кроком розробки автоматизованої системи є формування діаграми прецедентів з більшим ступенем деталізації (рис. 2).

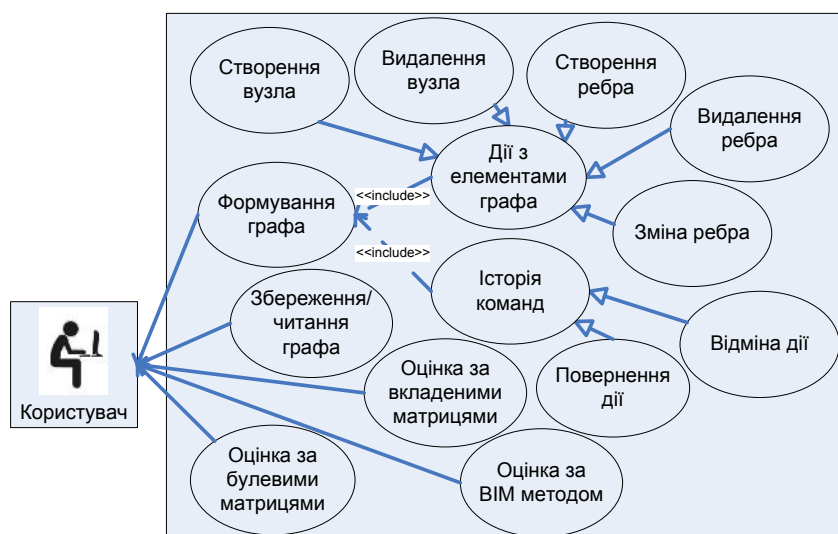


Рис. 2. Діаграма прецедентів автоматизованої системи

### Розробка узагальненої моделі автоматизованої системи дослідження надійності складних технічних систем

Дослідження надійності складних ТС в автоматизованій системі передбачає формування модулів узагальненої моделі системи (рис. 3), їх програмну реалізацію та забезпечення синхронізації.

Узагальнена модель складається з семи блоків, що об'єднуються ядром системи.

Модуль графічного введення та опрацювання даних відповідає за формування структури графа. До моделі входять інструменти для створення та видалення елементів графа, зміни вагових показників ребер графа.

Модуль графічного виведення даних відповідає за графічне відображення матриць повних взаємозв'язків, отриманих у процесі реалізації принципу вкладених матриць чи методу булевих матриць [9, 10]. ВІМ-метод забезпечує виведення ідентифікаційного значення між двома ключовими вершинами графа.

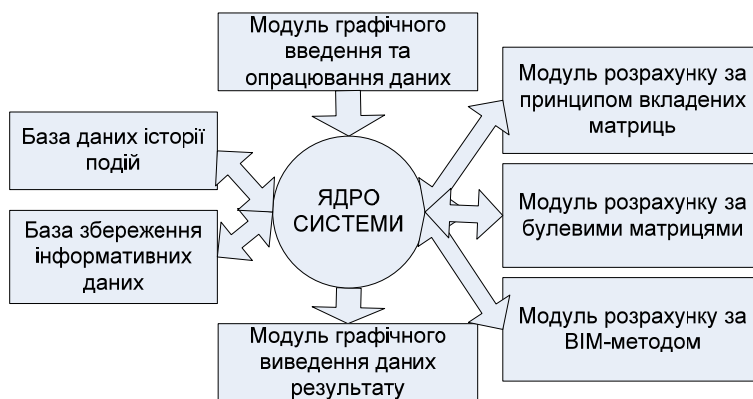


Рис. 3. Узагальнена модель автоматизованої системи

Формування бази даних історії подій здійснюється з метою забезпечення функціональної можливості відміни виконаних операцій. База збереження інформативних даних призначена для архівування графічних схем.

Розрахунковий блок структурно містить модулі розрахунку матриці повних взаємозв'язків ТС за обраним методом алгоритмізації: за принципом вкладених матриць, за булевими матрицями, за BIM-методом.

Ядро системи становить двоблочну структуру, яка зображена на рис. 4.

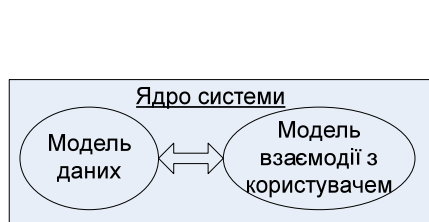


Рис. 4. Структура ядра системи

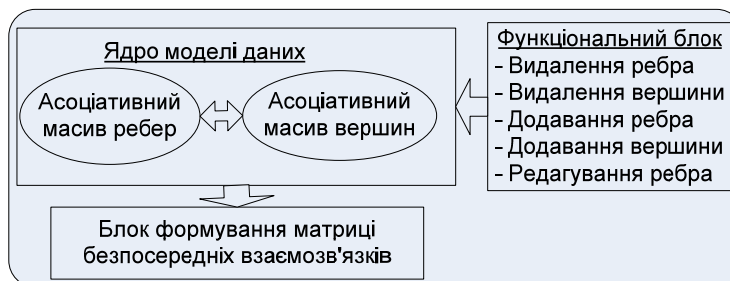


Рис. 5. Модель даних автоматизованої системи

Модель даних системи (рис. 5) ідентифікує засоби формування робочих даних та забезпечує їх формалізацію за допомогою засобів теорії графів.

Головною структурною одиницею даних постає граф, композитними елементами якого виступають вершини та ребра. Об'єкт «граф» може містити довільну кількість вузлів та ребер.

Модель даних має трьохелементну структуру. Ядро формується за рахунок двох асоціативних масивів. Функціональний блок забезпечує реалізацію можливих операцій над інформативними даними. Блок формування матриці безпосередніх взаємозв'язків обумовлює розрахункові процеси визначення показників надійності за принципом вкладених матриць та за методом булевих матриць.

Модель взаємодії з користувачем забезпечує реалізацію інтерфейсних елементів системи. Інтерфейс користувача – сукупність засобів для обробки та відображення інформації, які максимально орієнтовані на забезпечення ефективного людино-машинного взаємозв'язку.

Запропонована модель формує засоби керування та відображення проміжних результатів процесу дослідження надійності. До її структури входять модуль графічного введення та опрацювання даних і модуль графічного виведення результату (рис. 6).

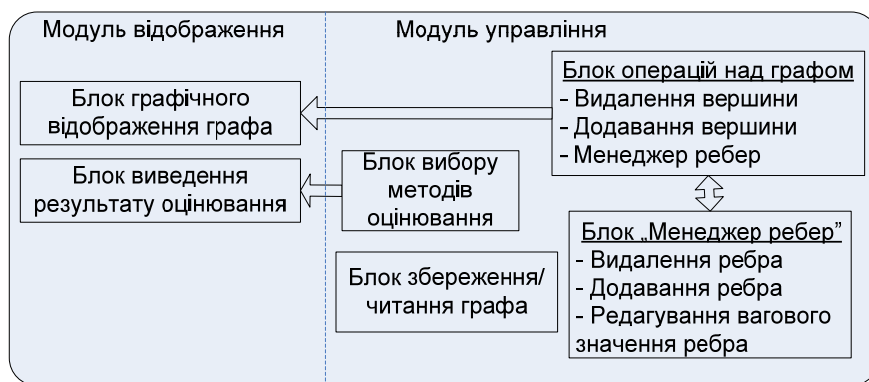


Рис. 6. Модель взаємодії системи з користувачем

Модель містить два структурних модулі, які відповідають за процеси управління програмою та обробку графічної інформації. Модуль відображення забезпечує формування графічного поля системи, у якому відображується граф структурної схеми, та формує вікно матриці повних взаємозв'язків.

### Засоби програмної реалізації автоматизованої системи

Процес моделювання середовища автоматизованої системи завершується побудовою UML-діаграм.

UML (Unified Modeling Language) – уніфікована мова об'єктно-орієнтованого моделювання, яка використовується в процесі розробки програмного забезпечення [7]. UML-діаграми допомагають адаптувати моделі системи до їх подальшої програмної реалізації, визначають систему взаємозв'язків між базовими класами даних (рис. 7).

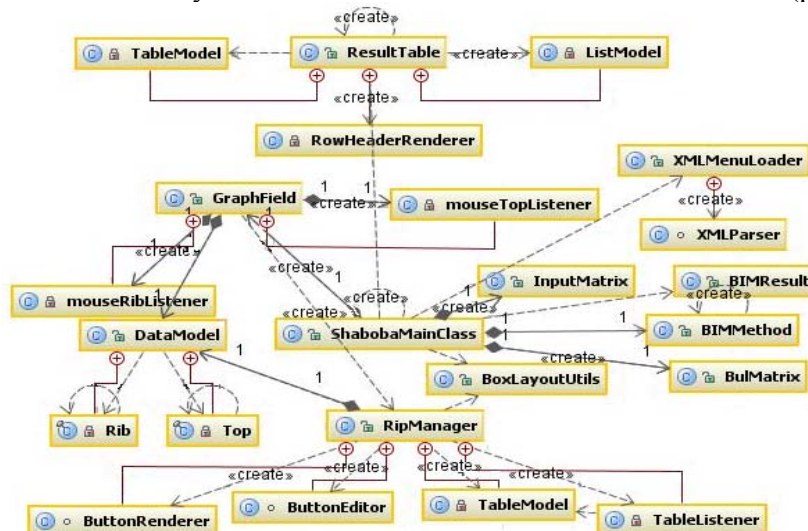


Рис. 7. UML діаграма класів системи

Діаграми класів відображають статичні (декларативні) елементи: класи, типи даних, їх зміст та відношення. Крім того, UML-діаграми ідентифікують архітектуру системи, виділяючи вкладені пакети, та містять позначення базових елементів поведінки, динаміку яких розкрито в діаграмах інших типів [8].

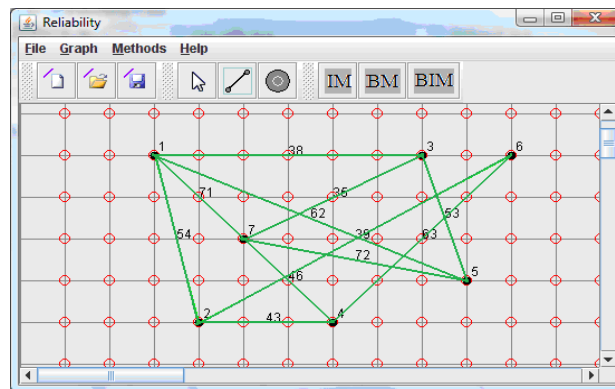


Рис. 8. Форма побудови структурної схеми надійності ТС

Програмне середовище системи реалізоване у віконному режимі. Основний простір головного вікна системи (рис. 8) займає робоче поле формування та відображення графа структурної схеми надійності. Кнопки панелі інструментів забезпечують реалізацію процесів створення, модифікації та збереження графа, розрахунку показників надійності схеми на основі обраного методу.

Подання даних у формі графа вносить свою специфіку у формування моделі даних. Модель ґрунтується на використанні двох асоціативних масивів. Кожне ребро та вершина має свій ідентифікаційний номер, який відіграє роль ключа в базах даних системи.

### Висновки

Проведено аналіз та розробку ключових моментів реалізації автоматизованої системи. Запропоновано моделі автоматизованої системи дослідження показників надійності на основі структурних схем надійності. Розроблено модель бізнес-прецедентів системи, яку розширено до простої моделі прецедентів. Розроблено внутрішні моделі ядра системи: моделі даних та моделі системної взаємодії з користувачем. Побудовано UML-діаграми класів системи, які відображають класову архітектуру системи та внутрішні міжкласові взаємозв'язки. Запропоновані моделі реалізовано в програмному середовищі автоматизованої системи дослідження надійності технічних систем на основі структурних схем.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бевз С. В. Реалізація принципу вкладених матриць в теорії надійності / С. В. Бевз, В. В. Войтко, Ю. В. Томашевський // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця, 2006. – № 1(5). – С. 129 – 133.
2. Бевз С. В. Спрощення структурних схем надійності методом еквівалентних перетворень / С. В. Бевз, В. В. Войтко, В. С. Лапко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця, 2003. – № 6. – С. 298 – 303.
3. Эндрени Дж. Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах / Дж. Эндрени; пер. с англ. Ю. Н. Руденко. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 336 с.
4. Бевз С. В. Графо-аналітичний розрахунок схем надійності на ЕОМ / С. В. Бевз, В. В. Войтко, С. М. Бурбело // Автоматика-2006: матеріали тринадцятої міжнародної конференції з автоматичного управління. – Вінниця, 2006. – С. 126 – 129.
5. Расчет структурной надежности сетей связи 1.0 beta 2 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.softsearch.ru/programs/118-756-raschet-strukturnoi-nadezhnosti-setei-svjazi-download.shtml>
6. Автоматизированная система обеспечения надежности и качества аппаратуры – АСОНИКА [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.asonika.ru/>
7. Мацяшек Л. А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML / Л. А. Мацяшек. – М.: «Вильямс», 2002. – 432 с. – ISBN: 5-8459-0276-2.
8. Рамбо Д. UML. Специальный справочник / Д. Рамбо, А. Якобсон, Г. Буч. – СПб.: «Питер», 2002. – 656 с. – ISBN: 5-318-00174-2.
9. Бевз С. В. Розробка засобів автоматизації дослідження завадостійкості мережевої передачі даних / С. В. Бевз, В. В. Войтко, А. М. Шоботенко // Методи та засоби кодування, захисту та ущільнення інформації: тези доповідей другої міжнародної науково-практичної конференції. – Вінниця, 2009. – С. 61 – 63.

10. Бевз С. В. Засоби автоматизації процесів оцінювання надійності технічних систем / С. В. Бевз, С. М. Бурбело, В. В. Войтко, А. М. Шоботенко // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування. Частина 2: тези доповідей четвертої міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця, 2009. – С. 7.

***Бевз Світлана Володимирівна*** – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій та систем.

***Войтко Вікторія Володимирівна*** – к. т. н., доцент кафедри програмного забезпечення.

***Бурбело Сергій Михайлович*** – аспірант кафедри моделювання та моніторингу складних систем.

***Шоботенко Андрій Миколайович*** – здобувач кафедри програмного забезпечення.  
Вінницький національний технічний університет.