

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Впровадження досягнень науки і техніки, а також сучасних технологій характеризується створенням складних систем і пристроїв з високим рівнем автоматизації, що виконують інтелектуальні, адаптивні функції управління в космічній і авіаційній техніці, теплової та атомної енергетики, хімічної, нафтохімічної, металургійної та інших галузях промисловості та транспорту. Успішне вирішення завдань управління, зв'язаних з підвищенням ефективності виробництва, поставило в якості першочергової задачі, забезпечення високої надійності таких систем і технічних засобів. Важливість цієї проблеми обумовлена можливою істотною шкодою, яка може виникнути при аваріях у небезпечних виробництвах. Таким чином, одним з важливих етапів при створенні сучасної апаратури є обчислення та прогнозування характеристик надійності як для всієї системи в цілому, так і для окремих її компонентів. Це дозволяє виявити «слабкі місця» і запропонувати заходи по збільшенню надійності роботи розроблюваних систем. У загальному випадку задача обчислення характеристик надійності досить складна, але її можна автоматизувати. У статті проводиться аналіз програмних комплексів Relex, Risk Spectrum, ACM, A.L.D. Group, АСОНИКА-Б, Isograph, які реалізують клас моделей для оцінки надійності систем і об'єктів в цілому. Розглянуто найбільш популярні зарубіжні програмні комплекси (ПК) з точки зору їх використання для оцінки надійності складних технічних систем.

Ключові слова: надійність складних технічних систем, показники надійності, Relex, Risk Spectrum, ПК ACM, A.L.D. Group, АСОНИКА-Б, Isograph.

Вступ. Більшість життєво важливих процесів, пов'язаних із забезпеченням безпеки держави в цілому і людини зокрема залежить від справної роботи складних технічних об'єктів. З усього різноманіття таких об'єктів, в окрему групу можна виділити складні відновлювальні технічні об'єкти, які мають ієрархічну конструктивну структуру і призначені для тривалої експлуатації.

В більшості, безпечна робота таких об'єктів залежить від надійної роботи складних електронних та радіоелектронних систем. В свою чергу, надійне функціонування електронних та радіоелектронних об'єктів (РЕО) та систем забезпечується якісною роботою системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Необхідність проведення технічного обслуговування полягає у своєчасній заміні (оновленні) елементів, які знаходяться у передвідмовному стані, що призводить до поліпшення показників безвідмовності об'єкту у цілому [1-3].

Показники надійності та вартості експлуатації об'єктів залежать від властивостей безвідмовності та ремонтпридатності самого об'єкта, а також від параметрів системи ТОіР. Таким чином існує загальна проблема оптимізації характеристик об'єкту та параметрів системи ТОіР. Визначити показники надійності складних технічних об'єктів та їх взаємозв'язок з параметрами системи ТОіР на основі статистичних даних є складною задачею. Значно простіше та ефективніше, для встановлення зв'язків між даними параметрами і прогнозованими показниками надійності і вартості експлуатації самого об'єкта, проводити імітаційне статистичне моделювання з використанням спеціалізованих програмних продуктів (програмних комплексів).

Постановка завдання. В статті проведений аналіз існуючих програмних засобів та комплексів по розрахунку показників надійності складних технічних об'єктів. Розглянуто найбільш популярні програмні засоби та комплекси (ПК), а саме: Relex, Risk Spectrum і ACM, A.L.D. Group, АСОНИКА-К, Isograph з точки зору їх використання для оцінки надійності складних технічних об'єктів та систем.

Основний зміст. Найбільш поширеними серед ПК по розрахунку показників надійності є: RELEX (Relex Software Corporation, США); A.L.D. Group (Ізраїль); Risk Spectrum (Relcon AB, Швеція); Isograph (Великобританія), ПК АСОНИКА-К (МІЕМ-ASKsoft); ПК ACM (ПК для автоматизованого структурно-логічного моделювання і розрахунку надійності і безпеки

систем, ВАТ «СПИК СЗМА» РФ); ПК «Универсал» (для розрахунків надійності та функціональної безпеки технічних пристроїв і систем, ФГУП «ВНИИ УП МПС РФ»); ИМК КОК (інструментально-моделюючий комплекс для оцінки якості функціонування інформаційних систем, ФГУП «З ЦНДІ МО РФ») та ін. Для розрахунку надійності РЕО також широко використовують автоматизовану довідково-інформаційну систему (АСРН) (ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ»), автоматизовану систему розрахунку надійності РЕО (АСРН-2000, ВАТ «РНДИ" Електронстандарт"» РФ), АСРН-1 (для РЕО народногосподарського призначення, ВАТ «РНДИ"Електронстандарт"», РФ) [4].

ПК Relex u Risk Spectrum. ПК Relex и Risk Spectrum дозволяють проводити логіко-імовірнісний аналіз надійності і безпеки технічних систем. Основне використання ПК Relex і Risk Spectrum отримали при імовірнісному аналізі систем безпеки об'єктів атомної енергетики на стадії проектування. Комплекс Spectrum використовується більш ніж на 50% атомних станцій світу. ПК Relex і Risk Spectrum можуть бути використані для розрахунку показників надійності не тільки керуючих або технологічних систем, але і для виробів приладобудування, обчислювальної техніки, на транспорті, а також у військовій техніці.

В основі моделювання та розрахунку показників надійності і безпеки складних технічних систем, які широко застосовують у Європі й США, лежать логіко-імовірнісні методи, які використовують в якості засобу побудови логічних моделей надійності дерева подій (ДП) (рис. 1) та дерева відмов (ДВ). Використання апарату математичної логіки дозволяє формалізувати умови працездатності складних технічних систем і оцінити їх надійність. У загальному випадку під деревом подій розуміється графічна модель, що описує логіку розвитку різних варіантів аварійного процесу, що викликається подією яка розглядається. Під деревом відмов (рис. 2) розуміється графічна модель, що відображає логіку подій, що призводять до невиконання заданої функції системи внаслідок виникнення різних варіантів відмов. До складу ДВ входять графічні елементи, що використовуються для відображення елементарних випадкових подій (базисних подій) і логічних операторів. Кожному логічному оператору булевої алгебри відповідає певний графічний елемент, що дозволяє проводити декомпозицію складних подій на більш прості (базисні або елементні) [5,6].

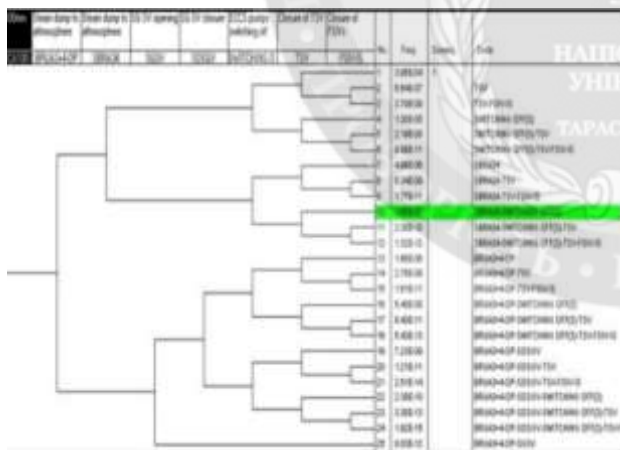


Рис. 1. Бінарне дерево подій в ПК Spectrum

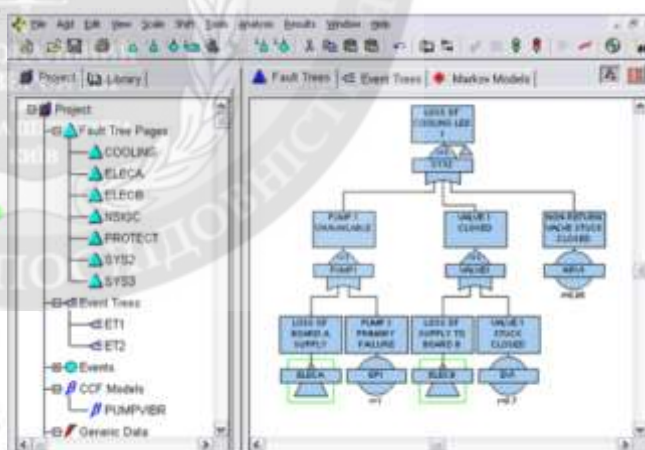


Рис. 2. Дерево відмов в ПК Relex

ПК Relex використовується багатьма фірмами, а саме: LG, Boeng, Motorola, Dell, Cessna, Siemens, Raytheon, HP, Honda, Samsung, CiscoSystems, Nokia, EADS, 3M, NASA, Intel, GM, Kodak, AT & T, Philips, Quallcomm, Seagete, Emerson та ін.

До складу ПК Relex reliability studio 2007 входять різні аналітичні модулі для вирішення широкого спектра завдань: прогнозування безвідмовності, ремонтпридатності, аналізу видів, наслідків та критичності відмов, марківського аналізу, статистичного аналізу, оцінки вартості терміну служби обладнання, а також блок-схеми надійності, дерева відмов / подій, система оповіщення про відмови, FRACAS-система (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System), система оцінки людського фактора і аналізу ризиків.

Модуль прогнозування безвідмовності містить моделі для розрахунку показників надійності елементів. До нього підключена велика база даних, що містить класифікаційні ознаки елементів і характеристики надійності. Розрахунки проводяться у відповідності зі стандартами: MIL-HDBK-217, Telcordia (Bellcore), TR-332, Prism, NSWC-98 / LE1, CNET93, HRD5, GJB299.

Модуль аналізу ремонтпридатності реалізує положення стандарту по дослідженню ремонтпридатності систем – MILHDBK-472. Вирішуються завдання прогнозування профілактики технічного обслуговування.

Модуль аналізу видів, наслідків та критичності відмов відповідає стандартам MIL-STD-1629, SAE ARP 5580 і ін. Проводиться ранжування небезпечних відмов та їх оцінка за пріоритетами ризиків.

Модуль блок-схеми надійності (RBD, Reliability Block Diagram) використовується для аналізу складних резервованих систем. Містить як аналітичні методи, так і методи моделювання Монте-Карло.

Модуль дерева відмов / дерева подій дозволяє реалізовувати процедури для дедуктивного та індуктивного аналізу розвитку відмов (подій) в системі. Застосовується для аналізу надійності і безпеки. Містить широкий набір логіко-функціональних вершин.

Модуль марківського моделювання ПК Relex дозволяє використовувати процеси, які застосовуються при моделюванні та аналізу надійності систем. Розроблені за допомогою даного апарату моделі є динамічними і відображають необхідні часові умови та інші особливості, які конкретизують траєкторію переходів системи в просторі можливих станів, що утворюються відмовами, та відновленнями елементів.

У модулі ПК Relex Markov реалізовані марківські процеси з дискретною множиною станів і безперервним часом, які враховують наступні особливості функціонування і резервування систем: несумісні види відмов елементів, послідовність виникнення відмов, зміна інтенсивностей відмов елементів залежно від подій, що відбулися (зокрема, ступінь навантаженості резерву), кількість бригад по відновленню (обмежене / необмежене), черговість відновлення, обмеження на ЗПП, різну ефективність функціонування системи у різних станах. Показники, що визначаються: ймовірність кожного з станів, ймовірність безвідмовної роботи (відмови) на заданому інтервалі часу.

Модуль статистичного аналізу «Weibull» призначений для обробки результатів випробувань, експлуатації. Даний модуль використовує різні види розподілів, включаючи нормальний, Вейбулла, логарифмічно-нормальний, рівномірний, експоненціальний, Гумбеля, Релея, біноміальний і інші. Представлення та аналіз даних для обраних класів параметричних розподілів проводиться з використанням методу «ймовірнісного паперу». При цьому розподіл, що аналізується, представляється прямою лінією, що забезпечує наочність і дозволяє природним чином застосовувати всі методи регресійного аналізу, зокрема, перевірку адекватності моделі і значущості коефіцієнтів регресії (фішерівський аналіз). Для оцінок параметрів розподілів пропонується великий набір методів, наприклад методи Хазена, Бенардо і їх модифікації, біноміальне оцінювання, метод середніх величин, метод максимальної правдоподібності і його модифікація. За допомогою модуля економічних розрахунків здійснюється оцінка вартості терміну служби на всіх етапах створення, експлуатації та утилізації системи (об'єкту) [4,5].

ПК A.L.D. Group. Фірма A.L.D. Group (Ізраїль - США) об'єднує 2 компанії, що спеціалізуються в області логістики (logistics information system) і оцінки надійності: SoHaR і FavoWeb. Програмний продукт FavoWeb - це працююча в Інтернеті динамічна FRACAS-система (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System - система оповіщення про відмови, аналіз та коригування дій). Багато закордонних компаній, наприклад компанія Lockheed Martin, широко використовують систему FRACAS [4-6].

Програмний продукт FavoWeb заснований на сучасних можливостях інтернет-технологій та реалізує повний замкнутий цикл методології FRACAS, який можна застосувати до будь-якого продукту, послуги, процесу. Може бути використаний в будь-якій фазі

життєвого циклу об'єкту: розробки, макетування, виробництві, експлуатації, технічного обслуговування, контролю, випробуваннях; а також у будь-якій галузі: авіації, оборони, зв'язку, електроніці, фармацевтиці, автомобілебудуванні і т.п.

Система FRACAS дозволяє створювати бази даних, переводячи різноманітні дані в структуровану інформацію про якість. Вона має потужний механізм коригувальних дій: підтримка роботи груп аналізу відмов / дефектів / матеріалів, аналіз глибинних причин відмов, усунення проблем. Містить модуль Workflow для автоматизації сповіщення про відмови і серійні номери.

Програма пропонує широкий набір функцій, можливостей оцінки і поліпшення надійності обладнання завдяки тісній інтеграції з системою аналізу RAM Commander (рис. 3). Також у FavoWeb є спеціальні можливості щодо внесення і обліку змін, логістики та відстеження серійних номерів виробів (CALS-технологія).



Рис. 3. Інтерфейс системи RAM Commander

Під терміном CALS-технологія (Continuous Acquisition and lifecycle Support) розуміється сукупність принципів і технологій інформаційної підтримки життєвого циклу виробу на всіх його стадіях. Останнім часом за кордоном поряд з CALS використовується також термін Product Lifecycle Management (PLM). Важливим аспектом CALS-технологій є інформаційна підтримка безпосередньо самого процесу розрахунку оцінки надійності технічної системи. RAM Commander дозволяє обчислювати середній наробіток на відмову / критичну відмову (MTBF / MTBCF), середній час відновлення (MTTR), середній час між усуненням відмов (MTBMA) і ін.

Базова конфігурація FavoWeb дозволяє створювати звіти (розподіл дефектів / відмов і перелік відмов / дефектів по заданих користувачем параметрам); проводити коригувальні дії; будувати дерево об'єкту; працювати з різними бібліотеками / довідниками, також має модуль адміністратора [4-6].

На рис. 3 приведено вікно системи аналізу надійності RAM Commander, яка охоплює весь спектр інженерних задач, пов'язаних з надійністю електронних, електромеханічних, механічних та інших систем.

Можливості RBD-модуля по розрахунку структурної надійності RAM Commander багато в чому схожі з RBD-модулем ПК Relex. Однак можливості останнього значно ширше, так як він дозволяє враховувати наступні фактори: вид резервування (постійне, заміщення, ковзне); ймовірність і час успішного підключення резерву; навантаженість резерву; механізм прояву відмови; різні стратегії відновлення; наявність ЗІП, технічне обслуговування та технічний огляд.

RBD-модуль ПК Relex вирішує оптимальні завдання надійності: визначення числа резервних елементів, максимізує показники надійності / продуктивності або мінімізує вартість системи; визначення оптимальних періодів технічного обслуговування або технічних оглядів.

Результатом його роботи є обчислення наступних показників: ймовірності безвідмовної роботи; середнього напрацювання до відмови; інтенсивності відмов системи; коефіцієнта готовності (стаціонарний / нестаціонарний); параметра потоку відмов; середнього числа відмов; середнього напрацювання на відмову.

Використовуючи RBD-модуль RAM Commander, можна побудувати різні варіанти структурної схеми надійності: з послідовним, паралельним і послідовно-паралельним з'єднанням компонентів проектованої системи, а також проводити аналіз надійності варіантів блок-схеми з використанням статистичного аналізу за методом Монте-Карло. Модуль дозволяє задавати індивідуально для кожного блоку: розподіл інтенсивностей відмов: експоненціальне, нормальне, логарифмічно-нормальне, Вейбулла, Ерланга та ін.; середній час напрацювання між відмовами (MTBF); навантаженість робочого циклу у %; вказувати ступінь ремонтпридатності (повна або часткова), а також задавати імовірнісні розподіли та їх параметри для ремонтпридатних блоків (наприклад, для експоненціального розподілу вказується час знаходження блоку в ремонті) [4-6].

Isograph (Великобританія) пропонує софт «Reliability Workbench», який є набором взаємозв'язаних модулів, а також незалежні інструменти R&M. Модулі Workbench та незалежні інструменти можуть спільно використовувати загальні дані, що визначають конфігурацію системи, а також дані про відмови та ремонти в унікальному форматі вендора. Також є можливість імпортувати дані з САПР та інших джерел; відправляти вихідні дані в заздалегідь визначені таблиці і графіки Isograph або в індивідуальні текстові звіти, графіки та діаграми; обмінюватися даними з базами даних Microsoft Access, електронними таблицями Excel і текстовими файлами.

Модулі Workbench доступні в якості вкладок в домашньому інтерфейсі Workbench: Prediction, FMECA, RBD, MTTR, FaultTree + і Markov.

Reliability Workbench дозволяє розробляти проекти, використовуючи один або кілька інтегрованих модулів аналізу. Використовуючи різні модулі, можна вирішити такі завдання:

- визначити прогнозовану надійність системи;
- визначити критичні компоненти в системі;
- визначити, яке технічне обслуговування або зміни в конструкції об'єкту підвищать надійність системи у цілому;
- визначити наслідки і ризики збоїв системи.

Кожний з модулів є потужним додатком, який сам по собі може використовуватися незалежно, але більше можливостей досягається за рахунок інтеграції модулів у середовище додатку. Інтерфейс ПО Reliability Workbench показаний на рис.4.

Модулі можуть динамічно обмінюватися даними для спрощення та узгодженості.

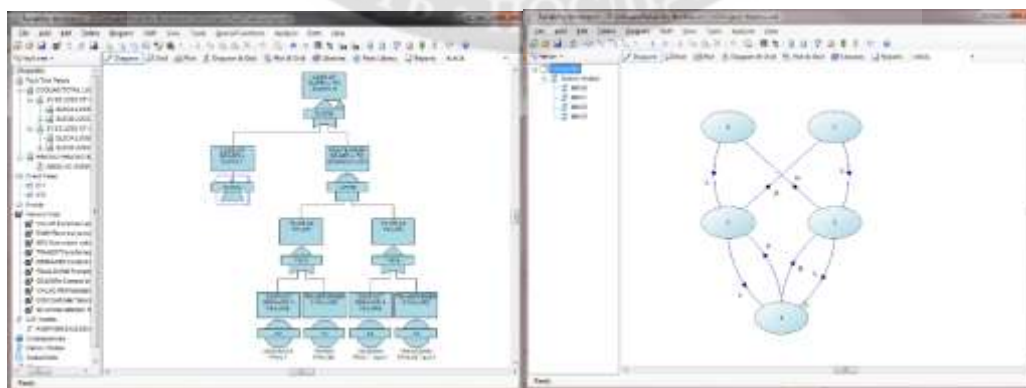


Рис. 4. Інтерфейс програмного забезпечення Reliability Workbench

Прогностичне програмне забезпечення має п'ять додаткових модулів бібліотек даних збоїв: Mil-Hdbk-217, Telcordia, NSWC, IEC 62380 і 299В. 217.

Прогнозування MTTR включено в Prediction і відповідає стандарту Mil-Hdbk-472. Для прогнозування ремонтпридатності користувач або сам додає свої власні дані про

ремонтпридатність або шляхом введення значень MTTR частини, або шляхом керованого аналізу покорокового процесу ремонту

Weibull - це модуль AvSim +, RCMCost і FRACAS +, який підтримує статистичний аналіз даних. Користувач може вибрати один з декількох моделей (розподілів), включаючи експоненціальне, нормальне, логарифмічне-нормальне або Вейбула. Програма розраховує середнє значення MTBF або MTTR і іншу статистику.

Модуль Маркова дозволяє користувачам легко будувати діаграми станів та переходів виконує чисельну інтеграцію для вирішення складних завдань.

Моделі, створені в модулі аналізу Маркова, можуть бути пов'язані з базовими подіями в дереві відмов і модулях аналізу дерева подій.

RCMCost - інструмент планування проведення технічного обслуговування, орієнтований на необхідний рівень надійності, який відповідає вимогам стандартів MSG-3 і Mil-Std-2173. Він допомагає аналізувати і розробляти плани обслуговування, порівнювати стратегії обслуговування, прогнозувати кількість людино-годин для обслуговування та вимоги до запасних частин.

LccWare - інструмент визначення витрат життєвого циклу об'єкта.

AnyGraph (Російська Федерація) – програмне забезпечення створено з метою спростити розробку системних моделей використовуваних при розрахунку надійності, коефіцієнта готовності, імовірності безвідмовної роботи, складних технічних систем та їх аналіз. Базовою концепцією ПО AnyGraph є представлення моделі як набору взаємодіючих між собою вузлів (технічних елементів) і логічних зв'язків між ними. Інтерфейс ПО AnyGraph показаний на рис.5.



Рис. 5. Интерфейс программного обеспечения AnyGraph

Функціонал представлений ПЗ AnyGraph являє собою універсальну альтернативу програмному забезпеченню в якому основним апаратом моделювання та розрахунку показників надійності і безпеки складних технічних систем є дерева відмов, дерева подій, графи зв'язності а також марківські моделі.

ПК АСМ (Російська Федерація). Теоретичною основою технології автоматизованого структурно-логічного моделювання (АСМ) є загальний логіко-імовірнісний метод (ЗЛІМ) системного аналізу, в якому використовується новий, універсальний графічний засіб представлення структур досліджуваних властивостей систем – схема функціональної цілісності (СФЦ). Методичні положення технології АСМ ґрунтуються на повній автоматизації в програмних комплексах процесів побудови математичних моделей і розрахунків показників структурних властивостей стійкості (надійності, стійкості, живучості, безпеки), ефективності та ризику функціонування складних систем небезпечних виробничих об'єктів та об'єктів використання атомної енергії. Інтерфейс ПК АСМ показаний на рис. 6.

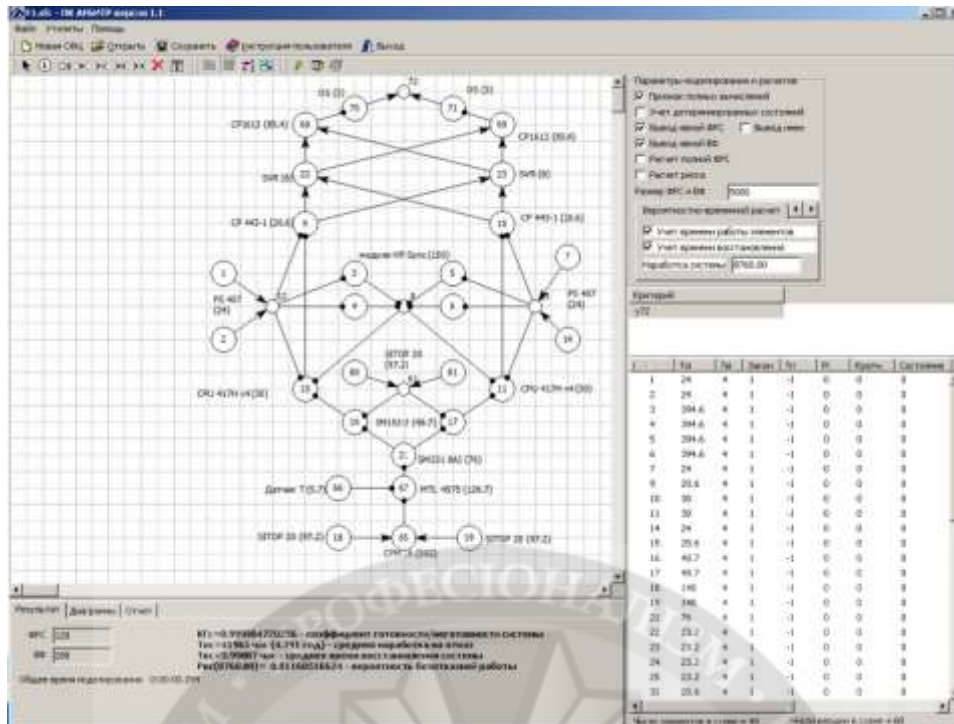


Рис. 6. Інтерфейс ПК АСМ

У методичному плані технологія АСМ подібна традиційним технологіям застосування відомих програмних комплексів (ПК) "Risk Spectrum", "Relex", "CRISS- 4.0" та ін. аналогічного призначення. В цих технологіях на початковому етапі користувач готує і вводить у використовуваний ПК структурну модель системи у вигляді, наприклад, дерева відмов, дерева подій, блок-схеми і задає імовірнісні параметри елементів. Потім, за допомогою ПК, виконується автоматична будова математичних моделей і на основі цих моделей, проводяться розрахунки різних показників досліджуваної властивості системи. Отримані результати використовуються для вироблення і обґрунтування дослідних, проектних або експлуатаційних управлінських рішень. У зазначених традиційних технологіях логіко-імовірнісного моделювання (на основі блок-схем працездатності або дерев відмов) використовується функціонально неповний базис логічних операцій "І" та "АБО", що дозволяє автоматизувати будову тільки монотонних моделей стійкості систем. У ЗЛІМ і СФЦ технології АСМ вперше, на всіх етапах моделювання та розрахунків, застосовується функціонально повний базис логічних операцій "І", "АБО" і "НІ". Це дозволило реалізувати в програмних комплексах технології АСМ всі можливості основного апарату моделювання алгебри логіки і забезпечити автоматичну будову як усіх видів традиційних монотонних моделей стійкості систем, так і принципово нового класу немонотонних моделей надійності, стійкості, живучості, безпеки, ефективності та ризику функціонування різних системних об'єктів великої розмірності і високою структурної складності [7].

ПК АСОНИКА (Російська Федерація). Автоматизована система АСОНИКА (автоматизована система забезпечення надійності та якості апаратури) призначена для моделювання фізичних процесів у радіоелектронних об'єктах з урахуванням зовнішніх впливів. За допомогою системи здійснюється автоматизоване проектування і комплексне комп'ютерне моделювання РЕО рухомих об'єктів відповідно до вимог СALS-технологій на етапах проектування, виробництва та експлуатації [8].

Система дозволяє замінити випробування РЕО, комп'ютерним моделюванням. Моделювання, при проектуванні електронної апаратури, дозволяє проаналізувати механічні, теплові, електромагнітні та інші дії ще до її виготовлення, що значно економить кошти, зменшує терміни створення засобу, при одночасному підвищенні надійності і якості апаратури за рахунок скорочення кількості випробувань.

АСОНИКА вирішує чотири основні проблеми при розробці сучасної електроніки:

- запобігання можливих відмов при експлуатації на ранніх етапах проектування за рахунок комплексного моделювання різномірних фізичних процесів РЕО;
- забезпечення безпеки людини при польотах на літаках і космічних кораблях (запобігання авіаційних і космічних катастроф), безпека на автотранспорті (запобігання автокатастроф), безпека на залізничному транспорті (запобігання катастроф на залізничному транспорті), безпека при русі на кораблях і підводних човнах (запобігання катастроф на водних і підводних суднах), за рахунок комплексного автоматизованого аналізу систем управління перерахованих об'єктів на основі створеної електронної моделі при усіх видах зовнішніх дестабілізуючих факторів, в тому числі і в критичних режимах;
- скорочення термінів і витрат на проектування за рахунок доступності розробнику апаратури пропонованих програмних засобів і адекватності результатів моделювання;
- автоматизація документообігу та створення електронної моделі РЕО за рахунок інтеграції пропонованих програмних засобів в рамках PDM-системи зберігання та управління інженерними даними та життєвим циклом апаратури.

На теперішній час автоматизована система АСОНИКА складається з 13 підсистем, які дозволяють моделювати електричні, теплові, аеродинамічні, механічні та деградаційні процеси в апаратурі, здійснювати діагностичне моделювання, аналізувати показники надійності, а також дозволяють інтегруватися з системами топологічного проектування систем і пристроїв телекомунікацій Mentor Graphics, Altium Designere, PCAD і ін.

Однією з підсистем системи АСОНИКА є підсистема АСОНИКА-Б, яка спроможна проводити аналіз показників надійності радіоелектронних засобів з урахуванням реальних режимів роботи електро – радіоелементів (ЕРЕ).

АСОНИКА-Б дозволяє аналізувати різноманітні типи конструкцій РЕО: шафи, блоки, вузли, ТЕЗ та ін. Програма (підсистема) призначена для автоматизації процесу проектування РЕО і дозволяє реалізувати наступні проектні завдання:

- визначення показників безвідмовності і довговічності усіх складових частин РЕО і внесення змін в конструкцію для досягнення необхідної надійності;
- вибір кращого з наявних варіантів резервування для забезпечення необхідної надійності;
- обґрунтування необхідності і оцінка ефективності резервування РЕО.

Підсистема підтримує наступні види резервування: пасивне з незмінним навантаженням; активне навантажене; активне ненавантажене; активне полегшене.

Довідкова база даних сервісного забезпечення підсистеми АСОНИКА-Б містить відомості, призначені для використання при розрахунках показників безвідмовності апаратури. До таких показників відносяться:

- номенклатура ЕРЕ, розташованих по функціональним класам (групам), об'єднаних за їх призначення, основними параметрами і конструктивно-технологічним виконанням;
- умовне позначення виробу;
- позначення документа на постачання (ТУ, ОТУ);
- математичні моделі для розрахунку (прогнозування) значень експлуатаційної інтенсивності відмов груп (типів) виробів, у тому числі і при зберіганні в різних умовах;
- інформація про показники надійності виробів і коефіцієнти моделей:
 1. значення інтенсивності відмов груп (типів) ЕРЕ при номінальній (максимально допустимій) температурі навколишнього середовища і номінальним електричним навантаженням або в типових (усереднених) режимах експлуатації;
 2. розподіл відмов груп елементів (виробів) за видами (за результатами різних випробувань);
 3. значення коефіцієнтів, що входять в моделі прогнозування експлуатаційної надійності елементів (виробів), і аналітичні вирази, які показують залежність цих коефіцієнтів від чинників, що враховуються.

Можливості та переваги підсистеми АСОНИКА-Б:

- підсистема дозволяє імпортувати дані про склад конструкції з інших САПР електроніки (P-Cad);
- підсистема дозволяє імпортувати теплові і електричні характеристики ЕРЕ та виробів з інших підсистем системи АСОНІКА;
- підсистема використовує довідкову базу даних, яка є загальною для всієї системи АСОНІКА;
- математичні моделі, за якими проводиться розрахунок надійності ЕРВ, не є частиною програмного коду, а зберігаються в символічному вигляді в довідковій базі даних підсистеми. Це дозволяє редагувати і створювати математичні моделі, використовуючи редактор баз даних.

Підсистема може використовуватися на одному робочому місці або в мережі, якщо на сервері встановлена база даних, а на робочих місцях - керуюча програма. При цьому редагувати базу даних може тільки її адміністратор.

Підсистема АСОНІКА-Б являє собою комплекс програм для ЕОМ, призначений для функціонування як в складі системи АСОНІКА, так і автономно як самостійна підсистема. Основу підсистеми становить керуюча програма, яка формує ієрархію конструкції РЕО та виконує передачу даних між конструктивними рівнями ієрархії. Препроцесор за допомогою віконних інтерфейсів створює модель показників безвідмовності і довговічності конструкції РЕЗ з точки зору вихідних даних. Перелік електро - радіоелементів, що входять до складу РЕЗ, режими роботи (теплові, електричні, радіаційні характеристики), або вводяться вручну на основі відповідної бази даних, або передаються у вигляді спеціального файлу. Необхідні параметри моделі можна вибрати з довідкової бази даних, а при необхідності - ідентифікувати. Потім керуюча програма запускає розрахункове ядро і після завершення розрахунку формує модель показників надійності ЕРЕ та виробу з точки зору візуалізації результатів. У постпроцесорі результати розрахунку відображаються у вигляді діаграм внесків ЕРЕ (виробів) в загальну безвідмовність РЕО. Найбільш ненадійні елементи (вироби) виводяться з таблиць з повним переліком ЕРЕ та їх показниками безвідмовності і довговічності і також зберігаються у вигляді звітів, на основі яких приймається проектне рішення. При неприпустимих показниках надійності виробу можна задіяти резервування елементів конструкції РЕЗ та змінити її з подальшим повторним моделюванням фізичних процесів і уточненням показників безвідмовності і довговічності. Всі вихідні дані і результати моделювання зберігаються.

При моделюванні електронної моделі РОЕ використовується наступна вхідна інформація: технічне завдання на розробку РЕО; ескізи або креслення конструкції; перелік елементів; вихідний BOM-файл системи P-CAD; вихідний файл підсистеми АСОНІКА-ТМ (для імпорту робочих температур для елементів обраного вузла); вихідний файл підсистеми АСОНІКА-Р (для імпорту напруг, струмів, потужностей та інших параметрів з карт робочих режимів); режим експлуатації (навантажена експлуатація; режим очікування (зберігання), нерухомий об'єкт; режим очікування (зберігання), рухливий об'єкт); режим очікування (зберігання) (в опалювальному або не опалювальному приміщенні або під навісом); час безвідмовної роботи; температура навколишнього середовища (при розрахунку залишкового ресурсу вводиться залежність температури від часу). Інтерфейс ПК АСОНІКА-Б показаний на рис. 7.

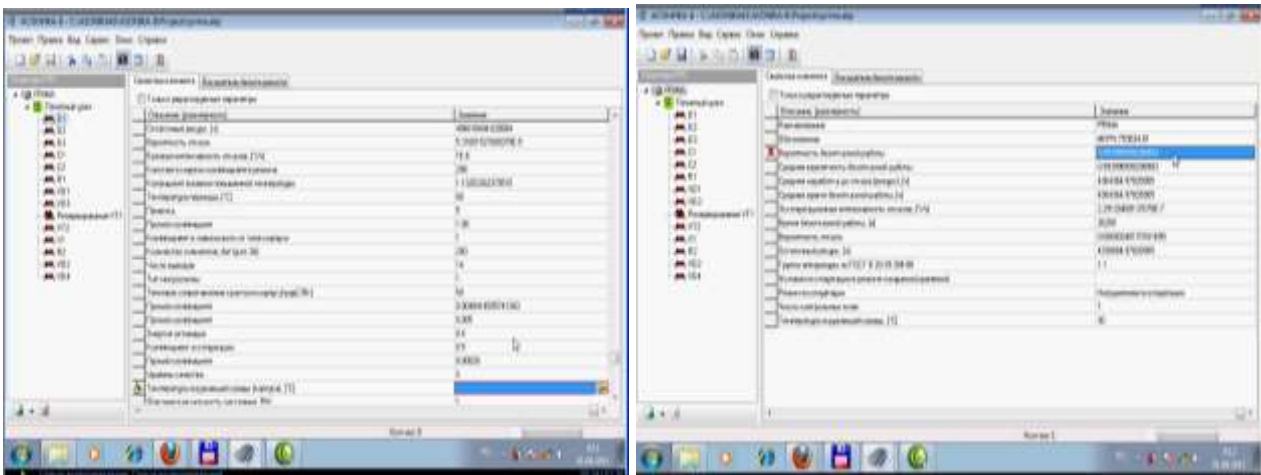


Рис. 7. Інтерфейс ПК АСОНІКА-Б

Для перегляду вихідних даних використовується спеціалізований графічний інтерфейс виведення, на вхід якого надходить текстовий файл, сформований за результатами роботи розрахункового модуля. Вихідні дані представлені в вигляді графіків і звіту з вихідними даними і результатами розрахунку.

Вихідна інформація підсистеми АСОНІКА-Б:

- показники безвідмовності виробу - ймовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов і середній наробіток до відмови;
- показники довговічності виробу - ресурс і час до руйнування за втомленням.

При цьому у вихідному файлі виводяться як результати розрахунку, так і вихідні дані (всі коефіцієнти). За бажанням користувача вихідний файл може бути сформований в трьох форматах: текстовому, html і xls.

Висновки. ПК Relex, Risk Spectrum і ACM реалізують клас моделей для оцінки показників надійності складних технічних систем із застосуванням логіко-імовірнісне моделювання.

Окремі модулі ПК A.L.D.Group (RAM Commander), Relex, Isograph можливо використовувати для автоматизованого розрахунку показників надійності вітчизняних РЕО тільки на основі імпортованих електро-радіоелементів, оцінка надійності яких ведеться за різними закордонними довідниками. Використання зарубіжних ПК вимагає від користувачів високою підготовки в галузі математичної статистики та її додатків щодо завдань оцінки надійності.

Об'єктивними труднощами використання ПК Relex, Risk Spectrum і ACM є висока вартість, технологічна залежність, проблеми підготовки висококваліфікованих кадрів.

ПК АСОНІКА-Б призначений в основному для проведення розрахунків показників надійності РЕО Російського виробництва та виробництва країн СНД на основі БД західних електро-радіоелементів так і Російських БД.

Таким чином, проблема розробки вітчизняних ПК для автоматизованого моделювання та розрахунку статистичних і динамічних показників надійності і безпеки складних технічних систем є актуальною проблемою сьогодення. Це обумовлено потребами розвитку промисловості при створенні нових високотехнологічних засобів, об'єктів та процесів, особливо для небезпечних виробничих та об'єктів спеціального (військового) призначення. Також існує проблема розробки вітчизняних ПК, по визначенню показників надійності, різної складності та колу вирішуваних завдань, для використання як на самому РЕО так і на підприємствах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Forecasting reliability of complex technology objects. Parameters optimization of their technical exploitation: [monography] in English / Sergey Lenkov, Igor Tolok, Vadim Tsitsarev, Genadiy Zhyrov, Evgen Lenkov, Yurii Khlaponin, Bohdan Borowik; under edition S.V. Lenkov. – Poland, Bielsko-Biala: Publishing house «BEL », 2018. – 253 p.

2. Основы надежности и техническое обеспечение радиоэлектронных средств РТВ ПВО / А.Н. Буточнон, Б.П.Креденцер, В.Г.Тоценко, В.Н.Цыцарев и др. – К.:КВИРТУ ПВО, 1982. – 226 с.

3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высш. школа, 1982. – 231 с.

5. Строганов А. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем / А. Строганов, В. Жаднов, С. Полесский // Компоненты и технологии. – 2007. – №5. – С. 183–190.

6. Ломаев Е.Н. Обзор программных комплексов для оценки надёжности систем автоматической противопожарной защиты и безопасности объектов / Е.Н. Ломаев, Ф.В. Демёхин, А.В. Фёдоров, М.И. Лебедева, А.В. Семериков // Материалы двадцатой научно-технической конференции "Системы безопасности – 2011". М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – С. 270–274. <http://ipb.mos.ru/sb/2011/section-3>

7. By Reid Willis. Survey of support software for reliability engineering, Washington Chapter, Society of Reliability Engineers. April 1, 2006

(https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjztd2xxb_TAhWiZpoKHbfCDbkQFghRMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.sre.org%2Fpubs%2FSurvey-06.doc&usg=AFQjCNEx3OracBiQag7TpjDM8QCSgjUqvw&sig2=uw4C4FIdQBqChFaV4RDVaw)

8. Можаяев А.С. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования надежности, живучести, безопасности, эффективности и риска функционирования систем / Можаяев А.С. // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика". – 2008. – №9. – С.1–14.

9. <http://asonika-online.ru/>

REFERENCES:

1. Lenkov, S, Tolok, I., Tsitsarev, V., Zhyrov, G., Lenkov, E., Khlaponin, Y., Borowik, B. (2018). *Forecasting reliability of complex technology objects. Parameters optimization of their technical exploitation*: [monography] in English; under edition S.V. Lenkov. Poland, Bielsko-Biala, Publishing house «BEL », 253 p.

2. Butochnov, A.N., Kredencer, B.P., Tocencko, V.G., Syucarev V.N. (1982). *Osnovy nadezhnomy y tehnycheskoye obespechenye radyoэlektronnyy sredstv RTV PVO*. Kiev, KVYRTU PVO, 226 p.

3. Barzylovych, E.Ju. (1982). *Modely tehnycheskogo obsluzhyvaniya slozhnyy system*. Moscow, Vyssh. shkola, 231 p.

4. Stroganov, A., Zhadnov, V., Polesskyj, S. (2007). *Obzor programmnyy kompleksov po raschetu nadezhnomy slozhnyy tehnychesky system. Komponenty y tehnology*, no. 5, pp. 183-190.

5. Lomaev, E.N. Demëhyn, F.V., Fëdorov, A.V., Lebedeva, M.Y., Semerykov A.V. (2011). *Obzor programmnyy kompleksov dlja ocenky nadezhnomy system avtomatycheskoj protyvopozharnoj zashhyty y bezopasnomy obektov, Materyaly dvadcatoy nauchno-tehnycheskoj konferencyy "Systemy bezopasnomy –"*. M.: Akademyja GPS MChS Rossyy, pp. 270–274. <http://ipb.mos.ru/sb/2011/section-3>

6. By Reid Willis. (2006). *Survey of support software for reliability engineering*, Washington Chapter, Society of Reliability Engineers. April 1, 2006

https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjztd2xxb_TAhWiZpoKHbfCDbkQFghRMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.sre.org%2Fpubs%2FSurvey-06.doc&usg=AFQjCNEx3OracBiQag7TpjDM8QCSgjUqvw&sig2=uw4C4FIdQBqChFaV4RDVaw)

7. Mozhaev, A.S. (2008). *Tehnologyja avtomatyzyrovannogo strukturno-logycheskogo modelyrovaniya nadezhnomy, zhyvuchesty, bezopasnomy, эффеktyvnomy y ryska funkcyonyrovaniya system, Pryboryy y systemy. Upravlenye, Kontrol', Dyagnostyka*, no. 9, pp. 1-14.

8. <http://asonika-online.ru/>

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Внедрение достижений науки и техники, а также современных технологий характеризуется созданием сложных систем и устройств с высоким уровнем автоматизации, которые выполняют интеллектуальные, адаптивные функции управления в космической и авиационной технике, тепловой и атомной энергетике, химической, нефтехимической, металлургической и других отраслях промышленности и транспорта. Успешное решение задач управления, связанное с повышением эффективности производства, поставило в качестве первоочередной задачи, обеспечение высокой надежности таких систем и технических средств. Важность данной проблемы обусловлена возможным существенным вредом, который может возникнуть при авариях в опасных производствах.

Таким образом, одним из важных этапов при создании современной аппаратуры является вычисление и прогнозирование характеристик надежности как для всей системы в целом, так и для отдельных ее компонентов. Это позволяет выявить «слабые места» и предложить меры по увеличению надежности работы разрабатываемых систем. В общем случае задача вычисления характеристик надежности достаточно сложная, но ее можно автоматизировать.

В статье проводится анализ программных комплексов Relex, Risk Spectrum, ACM, A.L.D. Group, АСОНИКА-Б, Isograph, которые реализуют класс моделей по оценке надежности систем и объектов в целом. Рассмотрены наиболее популярные зарубежные программные комплексы (ПК) с точки зрения их использования для оценки надежности сложных технических систем.

Ключевые слова: надежность сложных технических систем, показатели надежности, Relex, Risk Spectrum, ПК ACM, A.L.D. Group, АСОНИКА-Б, Isograph.

Ph.D. Zhiron G.B.

ANALYTICAL REVIEW OF THE SOFTWARE TO DETERMINE COMPOSITE TECHNICAL SYSTEM RELIABILITY INDICATORS

The introduction of the achievements of science and technology as well as modern technologies is characterized by the creation of complex systems and devices with a high level of automation that perform intelligent, adaptive control functions in space and aviation technology, thermal and nuclear power engineering, chemical, petrochemical, metallurgical and other industries and transport. Successful solution of management tasks related to increasing the efficiency of production, set as a priority task, ensuring high reliability of such systems and technical means. The importance of this problem is due to the possible significant harm that can occur in accidents in hazardous industries.

Thus, one of the important stages in the development of modern equipment is the computation and prediction of reliability characteristics both for the entire system as a whole and for its individual components. This allows us to identify "weaknesses" and propose measures to increase the reliability of the developed systems. In general, the problem of calculating reliability characteristics is quite complex, but it can be automated.

The article analyzes the software complexes Relex, Risk Spectrum, ACM, A.L.D. Group, АSONIKA-B, Isograph, which implement a class of models to assess the reliability of systems and objects in general. The most popular foreign software complexes (PCs) are considered in terms of their use to assess the reliability of complex technical systems.

Keywords: reliability of complex technical systems, reliability indicators, Relex, Risk Spectrum, PCM ASM, A.L.D. Group, АSONIKA-B, Isograph