

7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
8. Козелков С.В., Машков О.А., Барабаи О.В. Методика побудови функціонально – стійких розподілених інформаційних систем / Матеріали науково – технічної конференції „Сучасний стан та проблеми авіаційної техніки Військово – Повітряних Сил”, НЦ ВПС, 10-11 червня 2004р.
9. Козелков С.В., Машков О.А., Барабаи О.В. Побудова функціонально-стійких розподілених інформаційних систем наземного базування / Тез. доп. XIV науково-технічної конференції, ЖВІРЕ ім. С.П.Корольова, Житомир, 2004, с. 107-108.
10. Машков О.А. Концепции построения функционально-устойчивых информационно-управляющих комплексов / Тезисы докладов 6-й Всесоюзной конференции. Ч.II. – К.: АН УССР, 1991, с. 50-51.
11. Самохвалов Ю.Я. Декомпозиция логико-лингвистических моделей принятия решений в распределенной вычислительной среде // Кибернетика и системный анализ – 1997. - № 1. – С. 57-65.
12. Субач І.Ю., Соколов В.В. Організація баз даних та знань. – К: КВІУЗ, 1999.
13. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
14. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 388 с.

Поступила 20.10.2010р.

УДК 683.03

О.Ю.Афанасьева, Б.В.Дурняк, Ю.М.Коростіль, В.І.Сабат

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ НЕПРОЕКТНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Задача діагностування несправностей являється ключовою для проблем забезпечення безпеки функціонування складних технічних об'єктів. Традиційний підхід до розв'язку цієї задачі полягає у виявленні несправностей, що зароджуються, на основі аналізу діагностичних ознак. Це означає, що такі діагностичні ознаки ζ_{ij} повинні бути відомими діагностичній системі. Діагностичний параметр ξ_{ij} відрізняється від ζ_{ij} тим, що ξ_{ij} характеризує несправність, яка уже виникла. Принципова різниця між несправностями та зародженням несправності полягає у наступному. Несправність представляє деяку подію, яка приводить до наступних можливих наслідків:

- обмеження функціональних можливостей технічного об'єкту (ТО),
- до розвитку несправності, що може привести до виникнення аварії, або

переривання процесу функціонування TO .

Зародження несправностей представляє собою подію, яка може привести тільки до виникнення несправності. Це означає, що завдяки виявленню зародження несправності, при наявності засобів протидії її розвитку, виявляється можливим уникнути виникнення несправності на TO . Більш того, протидія несправності, яка зароджується, являється значно простішою ніж протидія несправності, оскільки, в останньому випадку, в TO уже відбулися зміни, що впливають на функціонування TO .

Існує цілий ряд TO , рівень безпеки яких може бути досить високим. Рівень безпеки таких TO можна визначати в рамках наступних підходів.

Перший підхід полягає у аналізі виникаючих на попередніх етапах функціонування TO небезпечних ситуацій та в оцінці втрат, до яких приводили відповідні ситуації. Слід відмітити, що оцінка величини безпеки не може забезпечити необхідну точність в довільних одиницях, в котрих вона вимірюється. В більшості випадків, при такому підході, відповідна оцінка реалізується у одиницях вартості. При цьому, втрати від того, що TO перестав функціонувати не враховуються.

Другий підхід полягає у моделюванні процесу виникнення аварійних ситуацій і на основі даних такого моделювання проводиться розрахунок можливих фінансових втрат, величина яких розглядається як міра небезпек об'єкту.

Приймаючи до уваги приведені вище, можна говорити про існування оцінок рівня безпеки TO , який будемо позначати символом η_i . Величина η_i в окремих TO може бути кваліфікована, як висока. В цьому випадку, доцільно не допускати не тільки до виникнення несправностей, а й до їх зародження.

Один з підходів до розв'язку цієї задачі полягає у наступному. Відомо, що виникнення несправностей, як і їх зародження обумовлюється певними причинами. Якщо ці причини відомі, то вони можуть описуватися як деякі фактори, що діють на TO і можуть представляти собою внутрішні, або зовнішні процеси. Природно, що їх негативна дія на TO можлива тільки в тому випадку, якщо значення параметрів цих процесів приймають деякі недопустимі величини. Якщо ці процеси відомі, то їх можна описати у вигляді деякої моделі і на основі її використання можна передбачити можливість негативного впливу відповідних процесів на TO .

В більшості випадків, інформації про такі негативні, по відношенню до TO , процеси не достатньо для того, щоб можна було сформувати відповідну модель. Тому, для розв'язку задачі виявлення негативної дії таких процесів на TO , використовуються моделі прогнозування змін значень параметрів. Природно припустити, що в цьому випадку аналізуються такі значення параметрів, які ще не досягнули величин необхідних, для ініціалізації процесів зародження несправностей.

Достатньо часто мають місце випадки, коли не відомі всі фактори, що можуть привести до виникнення несправностей. Під цим розуміється не відсутність даних про ті, чи інші параметри, що можуть негативно діяти на TO , а відсутність даних про можливість їх недопустимих змін. В цьому випадку, проблема що виникла, розв'язується наступним чином. Аналізуються більш детально відповідні параметри з ціллю виявлення причин, що обумовлюють можливі зміни їх значень. Для виявлення недопустимих змін, розв'язується задача прогнозування зміни значень негативного параметру ξ_{ij} , не залежить від процесів функціонування TO .

Приведений підхід означає не що інше, як дослідження всього функціонального оточення TO . Оскільки, довільні додаткові дослідження, або додатковий аналіз являється затратним, то необхідність його реалізації визначається рівнем безпеки, який повинен бути забезпечений для конкретного TO .

Діагностування непроєктних несправностей має ряд особливостей. Під непроєктними несправностями розуміються не стільки несправності, як деякі недопустимі зміни в TO , скільки невідомі причини виникнення таких несправностей. При цьому, сама несправність може бути відома, оскільки TO являється штучно створеним об'єктом. В цьому випадку, виникає питання про те, чи необхідно здійснювати пошук таких причин і, відповідно, виявляти непроєктні несправності. Підставою для визначення необхідності проведення таких робіт являється апіорна оцінка рівня небезпеки відповідного TO . Така оцінка може реалізовуватися на основі використання моделей реалізації аварійних ситуацій на TO . Така модель описує можливі, відомі аварії на TO і на основі отриманих даних формує рівень небезпеки TO . Особливістю такої моделі є те, що вона розширяється моделлю ініціалізації процесу функціонування самої моделі, що може обумовлювати виникнення та розвиток несправності. Для зручності, будемо позначати модель несправності символом MN і, в загальному вигляді, можна її описати наступним співвідношенням:

$$MN = f_i(\xi_{i1}, \dots, \xi_{im}), \quad (1)$$

де ξ_{ij} - діагностичні параметри, які в свою чергу можна представити наступним співвідношенням:

$$[\varphi_i(\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{ik}) \geq d_i \xi_i] \rightarrow [\xi_i = \varphi_i(\zeta_{i1}, \dots, \zeta_{ik})],$$

де $d_i \xi_i$ - деяке порогове значення діагностичного параметру ξ_{ij} , після якого відповідний ξ_{ij} ініціює виникнення та розвиток несправності, що описується функцією f_i в моделі MN .

Модель ініціалізації несправності MIN , яка розширяє модель MN , описується наступним співвідношенням:

$$MIN = \{ \{ \forall z \forall x \{ [\exists x_i [P_i(x_i) \geq dP_i]] \vee [\exists z_i [P_j(z_i) \geq dP_j]] \} \vee \\ \vee [\exists x_i \exists z_i [P_k(x_i, z_i) \geq dP_k]] \} \} \rightarrow [F_i(x_i, z_i, P_i, P_j, P_k)] \} \quad (2)$$

де X - множина внутрішніх параметрів, які описують процес функціонування TO , Z - множина зовнішніх параметрів, що діють на TO , P_i, P_j, P_k - параметри, що використовуються в системі управління TO , dP_i, dP_j і dP_k - порогові величини значень параметрів управління, F_i - функція, яка описує умову виникнення неперектної несправності. Взаємозв'язок між моделями MN і MIN описується співвідношенням:

$$[[F_i(x_i, z_i, P_i, P_j, P_k)] \geq dF_i] \rightarrow [MIN \rightarrow MN],$$

де dF_i - деякий поріг значення функції F_i . В цьому випадку, виявлення в рамках моделі неперектної несправності (MNN):

$$MNN = \Phi[MIN, MN]$$

неперектної несправності полягає у наступному. Випадковим чином ініціюються всі зовнішні і внутрішні параметри, при цьому, випадковим чином вибираються їх значення для чергового випадкового набору x_i і z_i , оскільки P_i є відомими, то вони використовуються на кожному кроці роботи MIN і, у відповідності з (2), перевіряються умови визначення F_i . Приведені співвідношення описують загальну схему методики формування моделі неперектних несправностей (NN). Спосіб функціонування такої моделі потребує більш детального дослідження предметної області, для якої передбачається використовувати моделі неперектних несправностей.

Для оцінки рівня небезпеки TO використовується система шкал, яка формується незалежно від TO , на основі аналізу можливих подій в середовищі функціонування TO , що відбуваються на різних віддальх цих подій від TO в рамках зовнішнього оточення. В даному випадку, під віддальми таких подій розуміється не традиційне уявлення про фізичну віддаль між TO , який є фізичним об'єктом та подією, як фізичним явищем, розуміється деяка параметрична віддаль, яка вимірюється не просторовими координатами, а координатами, що визначаються вибраними параметрами, які є спільними для зовнішнього оточення та відповідного TO . Наприклад, якщо аварія на TO виникає в результаті певної несправності і може привести до втрат $B_i > A$, де B_i втрати, що перевищують штатні витрати A на функціонування TO , то TO буде відноситися до об'єктів з рівнем небезпеки U_i і т.д. Як правило, величина U_i визначається розмірами невідновлюваних змін в зовнішньому оточенні, до яких приводять наслідки відповідних аварій. Прикладом відповідного масштабу вимірювання може служити міра невідновлюваних змін, що відбулися в оточуючому природному середовищі і т.д.

В загальному випадку, розв'язок проблеми виявлення неперектних

несправностей здійснюється шляхом розв'язування наступних задач.

1. Задача опису та побудови моделі виникнення і розвитку аварійної ситуації, що є можливим в рамках технологічних розв'язків, що реалізуються в окремому *ТО*.

2. Розв'язку задачі виявлення технічних причин активізації аварійного процесу в рамках моделі аварійної ситуації (*МА*) та виявлення відповідних технологічних параметрів, зміни яких можуть привести до відповідної ініціалізації.

3. Задачі прогнозування виникнення факторів, що можуть відноситися до зовнішнього оточення *ТО* і можуть здійснювати вплив на виявлені параметри, що ініціюють несправності, які переходять у аварії.

4. Здійснення заходів по створенню незалежних від *ТО* засобів протидії відповідним факторам.

5. Розвиток системи захисту *ТО* в систему безпеки, шляхом включення в систему захисту незалежних від *ТО* учасників забезпечення безпеки функціонування *ТО*.

Задача створення моделі *МА* складається з двох етапів, що відповідно, приводить до створення двох компонент *МА*. В рамках першої компоненти моделюються процеси, що з точки зору принципів функціонування підсистем *ТО* можуть перейти в режим виникнення, розвитку та переростання несправностей в аварійну ситуацію. При цьому, засоби протидії відповідним процесам повинні реалізовуватися для них на всіх етапах їх реалізації. Це означає, що якщо існують засоби протидії на етапі зародження несправності, то вони повинні реалізовуватися і протидіяти на етапі розвитку несправності, на етапі виникнення і розвитку аварії, а також на етапі дії техногенних параметрів на оточуюче середовище, або на зовнішнє оточення відповідного *ТО*. Прикладом створення першої компоненти для *МА* може служити модель несправності *MN* та компонента ініціалізації процесу функціонування моделі несправності *MIN*.

Друга компонента *МА* представляє собою опис взаємодії зовнішніх факторів, що зв'язані з відповідними підсистемами, компонентами підсистем, не залежно від прийнятих декларацій, правил, чи обмежень на можливість дії відповідних факторів на *ТО*. В рамках такої компоненти розглядаються засоби, що забезпечують виконання вище зазначених правил та обмежень. При цьому, задачею такої компоненти являється виявлення технічних можливостей порушення відповідних правил, обмежень, чи декларацій. В рамках цієї компоненти розв'язується задача визначення можливих зовнішніх факторів, котрі можуть привести до ініціалізації виникнення несправності, і відповідно, до ініціалізації аварійних ситуацій в технічному об'єкті.

Третя задача полягає в побудові моделей прогнозування (*МР*) факторів, що могли б бути виявлені в результаті розв'язку другої задачі. Зрозуміло, що приведений порядок нумерації задач не відповідає хронологічній послідовності їх розв'язку в рамках системи безпеки *ТО*. Слід відмітити, що

такі фактори можуть не відноситися безпосередньо до технологічних процесів (*TP*), або технічних об'єктів. Прикладом таких факторів можуть бути фактори зв'язані з обслуговуючим персоналом, які, у випадку їх негативної дії на *TO*, прийнято називати людськими факторами. Фактори, що зв'язані з природними процесами, що відбуваються в оточуючому природному середовищі, наприклад, дія катаклізмів природного походження і т.д. З приведенного аналізу цієї задачі витікає, що *MP* не обов'язково стосується безпосередньо *TO*.

В результаті даних, що отримані на основі досліджень *MP*, в рамках розв'язку четвертої задачі, формуються системи протидії факторам, що виявлені в рамках другої задачі. Такі системи також можуть бути не зв'язаними з *TO*. Прикладом таких систем протидії, що на сьогоднішній день використовуються, можуть служити системи медичного контролю пілотів літаків перед вильотом, системи тестування та навчання операторів, що управляють складними *TO*, що визнані об'єктами підвищеної небезпеки, наприклад, атомні станції і т.д. У випадку, коли системи протидії мають безпосереднє відношення до *TO*, прикладами таких засобів протидії можливості виникнення несправності можуть служити системи проведення різних профілактичних заходів, включаючи заходи по тестуванню *TO*. В рамках системи захисту (*SZ*) такі заходи реалізуються автоматичними засобами захисту і являються обов'язковими елементом всього технологічного процесу. Це означає, що коли технологічне обслуговування, наприклад, профілактична діагностика, або заміна елементів, що відпрацювали свій ресурс включені в склад *SZ*, то без проведення робіт по технічному обслуговуванню, сам технологічний процес (*TP*) не зможе бути продовженим не залежно від того, чи принципово є можливим його продовження. Забезпечення такого режиму роботи *SZ* можливо тільки в тому випадку, якщо засоби технологічного обслуговування суміщені з засобами, що забезпечують *TP* таким чином, що технологічне обслуговування є неподоланою умовою самого *TP*, або необхідним етапом функціонування *TP*. Це може реалізовуватися різними способами. Один з найпростіших способів полягає у тому, що в рамках *TO* реалізуються механізми, котрі відслідковують в процесі функціонування *TO* події, які відповідають реалізації технологічного обслуговування. Наприклад, таким механізмом може бути лічильник періоду функціонування *TO*, після якого повинно проводитися технологічне обслуговування і вплив його на роботу в рамках самого *TO* полягає в тому, що є неможливим процес реалізації *TP* без проведення необхідного технологічного обслуговування *TO*.

Розв'язок п'ятої задачі, яка полягає в перетворенні *SZ* в систему безпеки (*SB*), або перетворення $SZ \rightarrow SB$, що тісно пов'язано з попередньою задачею. Справа у тому, що основні функції засобів забезпечення безпеки функціонування *TO*, що реалізуються в *SB* полягають не в тому, щоб

здійснювати протидію несправностям, що виникають, з ціллю упередження розвитку аварії, а в тому, щоб упередити можливість виникнення несправності. Ця задача розв'язується в рамках наступних підходів:

- перевірка та забезпечення виконання всіх не прямих технологічних процесів,

- модифікація та розвиток системи не прямих технологічних процесів (*NTP*) для окремих *TO*,

- розрахунок текучого значення η_i для *TO*,

- розвиток, або модифікація *SZ*, в залежності від зміни величини значення η_i ,

- модифікація засобів *SB*, у випадку, якщо прогнозування η_i визначає збільшення його значення для *TO*.

Використання *NTP*, як обов'язкової компоненти *TP* деякого *TO* являється безпосереднім наслідком аналізу величини η_i , яка визначається в рамках моделей системи *SB* і, в першу чергу, моделі *MA*. Реалізація засобів для *NTP* здійснюється не залежно від реалізації процесів *TP* в *TO* і такі засоби представляють собою певні структури, що преєктується і виготовляються на етапах проектування *TO* і, відповідно, *TP*.

Практично, при проектуванні *TO*, для яких є характерними, певна сукупність, або хоча би один з факторів, що мають високі показники, до яких відносяться:

- енергетична ємність,

- міра агресивності окремих компонент *TP*,

- фізичні параметри *TO*,

- об'єми споживання відповідними *TP* природних ресурсів зовнішнього оточення,

- міра залежності зовнішнього оточення від об'ємів продукованого *TO* товару що, споживаються, також визначає величину небезпеки *TO*, що обчислюється на основі оцінок втрат, до яких може привести непередбачувана дія приведених параметрів на *TO* і, відповідно, на зовнішнє оточення.

Передбачуваність, чи не передбачуваність визначається виходячи з наступних положень.

Перше положення складають вимоги до такого проектування *TO*, яке б забезпечило не тільки можливість реалізації *TP*, а й безпеку його функціонування по відношенню до приведених факторів. Параметри, що характеризують відповідний *TO* мають властивості, які обумовлюються компонентами *TO*, до яких вони відносяться. До таких властивостей відносяться ресурс використання окремих елементів *TO*, їх стійкість до дії на них періодичних або рідко діючих факторів, можливість виникнення яких на період проектування є відома. Очевидно, що розрахунок таких

властивостей не може забезпечувати необхідну міру точності їх визначення. Тому, основним засобом забезпечення захисту від таких факторів є засоби діагностики. Їх використання також пов'язане з певною мірою відсутності необхідної інформації, яка полягає у наступному:

- недостатньо повна інформація про зв'язок встановлених діагностичних параметрів із змінами, що можуть відбуватися в компонентах *ТО* внаслідок дії негативних факторів,

- недостатня точність даних про можливі моменти активізації дії негативних факторів на *ТО* і, відповідно, на *ТР*,

- відсутність повної характеристики та повної інформації про процеси, що відбуваються в рамках функціонування *ТР*, що характерно для складних *ТО*,

- відсутність інформації про всі можливі несправності, які можуть виникнути в *ТО* і, в першу чергу, про можливі способи їх проявлення в процесі функціонування *ТР*, що діють в *ТО*,

- оскільки, характерною особливістю складних *ТО* є їх період функціонування, який по відношенню до оточуючого середовища є досить великим, то в оточуючому середовищі можуть відбуватися зміни, які приводять до змін в оцінці тих чи інших параметрів, що стосуються *ТО* і його компонент, що не могло бути передбаченим на етапі проектування *ТО*.

Приведені фактори, при проектуванні *ТО* враховуються на основі використання досить загальних методів, прикладами яких можуть служити збільшення ресурсу в декілька раз по відношенню до його розрахункових значень, введення певних обмежуючих умов та даклацій, які стосуються способів використання *ТО* та способів реалізації допустимих змін в оточуючому середовищі і цілий ряд інших способів, реалізація яких в процесі функціонування *ТО* покладається, в більшості випадків, на обслуговуючий персонал, який є неодмінною компонентою всього технологічного процесу, що реалізується в *ТО*.

Приведені вище фактори носять технічний характер і, тому, можуть в тій чи іншій мірі враховуватися, при проектуванні *ТО*. Для довготривалих, або як їх прийнято називати, довгоживучих *ТР*, характерним є вплив на них економічних та соціальних факторів, які між собою тісно пов'язані. Відомо, що будь який *ТО* функціонує для того, щоб здійснювати взаємодію з зовнішнім оточенням та з зовнішнім середовищем в цілому. Така взаємодія реалізується на основі використання економічних параметрів та факторів, які є визначеними в зовнішньому середовищі. Зміна економічних параметрів, що впливають на взаємодію *ТО* з зовнішнім середовищем, може приводити до ініціації принципових змін в *ТО* не тільки економічного типу, а й безпосередньо змін в *ТР* та *ТО*, в цілому. Ці аспекти, в даному випадку не

розглядаються.

Виходячи з приведених вище факторів, що обумовлюють відсутність інформації, яка необхідна для того, щоб розроблена на етапі проектування *ТО* система діагностики могла в повній мірі розв'язувати задачі своєчасного виявлення несправностей, які можуть появлятися в *ТО*, можна розглядати останні, як додатковий аргумент, для введення уявлень про непроектні несправності.

Ці фактори можна розглядати не тільки як аргумент доцільності використання уявлень про непроектні несправності, а і як причини що обумовлюють можливість їх виникнення, які не можуть бути передбачені на етапі проектування відповідного *ТО*. Якщо прийняти, що в рамках декларованих проектантами умов функціонування *ТО*, умов їх обслуговування, умов, що формуються в оточуючому середовищі, стверджується неможливість виникнення тих, чи інших несправностей, то це може приводити до того, що можуть існувати несправності, форми виявлення яких можуть бути не відомими на етапі проектування. Тому, до неперектних несправностей слід віднести наступні випадки їх виникнення та наступні форми їх проявлення:

- несправності, форми прояву яких можуть бути відомими, але причини їх виникнення є не відомі,
- несправності, форми прояву яких є не відомі і, тому, є не відомими причини їх виникнення,
- несправності, форми прояву та причини виникнення яких є відомими, але в силу декларацій, умов та вимог до способів реалізації та обслуговування відповідних *ТР* є не можливими.

До окремої категорії неперектних несправностей слід віднести наступні:

- несправності, що обумовлюються економічними факторами, або причинами, наприклад, відсутність фінансування, яке може обумовлюватися різними зовнішніми чинниками,
- несправності, що обумовлені соціальними чинниками, які можуть виникати у випадку змін соціального характеру в зовнішньому оточенні, чи зовнішньому середовищі *ТО*.

1. *Половко А.М., Гуров С.В.* Основы теории надёжности. Спб.: БХВ-Петербург. 2006. - 704 с.
2. *Биргер И.А.* Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. -240 с.
3. *Сизиков В.С.* Математические методы обработки результатов измерений. Спб.: Политехника, 2001. - 240 с.
4. *Бендат Дж., Пирсол А.* Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир. -540 с.

Поступила 4.10.2010р.