

Из рисунка видно, что на расстоянии от контура отверстия большем, чем 0.6 температурное поле оболочки становится практически постоянным.

### **Выводы**

Поданный материал дает возможность определять температурные поля в тонких оболочках с криволинейным отверстием и использовать полученные температурные характеристики при решении соответствующих задач термоупругости.

1. Швец Р.Н., Павленко В.Д. О циклически симметричных задачах теплопроводности для пластин и оболочек с отверстиями при наличии теплообмена. – Инж.-физ. журн., 1972, **23**, № 5, с.890-897.
2. Швец Р.Н., Павленко В.Д., Матковский А.П. Квазистатическая задача термоупругости для тонких оболочек с круговым отверстием. – Докл. АН УССР, Сер. А, 1976 № 4 с. 347-351.
3. Подстригач Я.С., Швец Р.Н. Термоупругость тонких оболочек. Киев: "Наук. думка", 1978. – 344 с.
4. Павленко В.Д., Матковский А.П. Квазистатические температурные напряжения в сферической оболочке с круговым отверстием. – Мат. методы и физ.-мех. поля, 1978, вып. 8, с. 89-93.
5. Гузь О. М. Про наближений метод визначення концентрації напружень навколо криволинійних отворів в оболонках. – Прикл. механіка, 1962, **8**, № 6, с. 605-612.
6. Гузь А. Н., Чернышенко И. С., Шнеренко К. И. Сферические днища, ослабленные отверстиями. Киев, "Наук. думка", 1970.– 324 с.

*Поступила 3.03.2011р.*

УДК 680.03

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

### **АНАЛІЗ УМОВ ВИНИКНЕННЯ НЕПРОЕКТНИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ**

В статтє рассматриваются условия возникновения неprojektных неисправностей и задачи, которые возникают в связи с проблемой их выявления. При этом, проводится анализ причин возникновения неисправностей их особенности и подходы к методам решения задач выявления неисправностей.

*Ключевые слова:* неprojektная неисправность, диагностика, модель, аварийная ситуация.

Основною причиною виникнення неprojektних аварійних ситуацій є невідповідність дійсного стану технічного об'єкту (*ТО*) по відношенню до

уявленнь про його стан, який формується на основі наступних джерел даних:

- технічних описів у документації і паспортних даних про об'єкт та на основі документації про його технічне обслуговування, яке є частиною загальної документації,
- даних, що реєструються датчиками, які використовуються в системі технічного обслуговування та в системі управління об'єктом,
- по даних, які прогнозуються в рамках моделей прогнозування, моделей визначення ресурсу та інших додаткових засобів, що використовуються, при обслуговуванні *ТО*.

Технічна документація *ТО*, використання яких є довготривалим, що будемо позначати періодом часу  $\Delta T_i$ , з часом перестає в необхідній мірі відповідати дійсному технічному стану *ТО*. Це обумовлюється тим, що конструкція об'єкту (*ТК*) може модифікуватися в процесі обслуговування *ТО* [1]. Така ситуація є природною, оскільки в початковій документації на *ТО*, після його тривалого функціонування, не можуть бути відображені всі ті зміни, які можуть проводитися з *ТО* та відбуватися в них в силу різних природних факторів. Документація, згідно з якою проводиться технічне обслуговування, описує ті процеси, які виникають на основі проектних несправностей і відповідно, всі аспекти, що можуть стосуватися неprojektних несправностей, в документації по технічному обслуговуванні *ТО* не можуть бути відображені.

Датчики, які використовуються в рамках *ТО* і характеризують об'єкт в цілому, а, особливо, технологічний процес (*ТР*), в своїй більшості орієнтовані на обслуговування системи управління відповідного *ТР*. Датчики, що використовуються для розв'язку задач діагностики, орієнтовані на вимірювання діагностичних параметрів, які визначають появу та розвиток проектних несправностей і, відповідно, розвиток проектних аварійних ситуацій. Тому, інформація, яку можна отримати з даних на основі таких датчиків може виявитися не повною по відношенню до неprojektних несправностей і, тим більше, по відношенню до неprojektних аварій.

Виходячи з принципів, на основі яких формуються класичні моделі прогнозування та моделі визначення ресурсу *ТО* в цілому та окремих його вузлів, останні можуть використовуватися для виявлення можливих змін, які можуть мати відношення до неprojektних несправностей [2]. Класичні моделі прогнозування реалізують прогноз на основі статистичних даних по цілому ряду параметрів та статистичних даних. Якi реєструвались в процесі експлуатації *ТО*. Якщо прогноз реалізується по відношенню до *ТО* в цілому, то відповідна модель носить інтегральний характер і, тому, враховує ті зміни, які в кожному окремому випадку могли не реєструватися. Такі зміни, в першу чергу, пов'язані з можливими неprojektними несправностями.

Модель визначення ресурсу, по своїй суті, близька до моделі прогнозування і відрізняється тільки тим, що в такій моделі визначається вибраний параметр, який допускає інтерпретацію, що безпосередньо

пов'язана з технічним станом об'єкту. Під ресурсом, в теорії діагностики технічних об'єктів, прийнято розуміти час, який іще може функціонувати  $TO$  до моменту появи несправності, або аварії і т.д. [3]. Прикладом інтегральних параметрів можуть служити параметри, що представляють собою зміну величини напруженості в матеріалах, величина спрацьованості вузлів і т.д. Додатковим засобом, який може служити для опосередненого визначення діагностичних ознак, чи діагностичних параметрів може служити модель мігруючої діагностики. Ця модель, на відміну від класичної діагностичної моделі, для якої визначено траєкторію точок діагностування, в яких знаходяться відповідні датчики, вибирає чергове місце для вимірювання діагностичного параметру на основі використання принципів міграції, чи принципів, що ґрунтуються на використанні випадкових процесів. Очевидно, що в цьому випадку на вибраному випадковим чином місці, в конструкції  $TK$  не може існувати того, або іншого датчика, який є необхідним для вимірювання певного параметру. Для розв'язку цієї задачі в  $TO$ , які використовують системи безпеки ( $SB$ ), використовуються наступні підходи:

- на основі даних, що отримані з існуючих стаціонарних діагностичних та функціональних датчиків, розв'язується задача екстраполяції, для визначення значень параметрів в точці, яка визначена на основі використання принципів міграції відповідної діагностичної моделі,
- оскільки в рамках окремих конструктивних засобів захисту ( $KZ_i$  або  $V_{ij}$ ), які входять у склад  $SB$  відповідного  $TO$ , проектуються засоби реалізації протидії недопустимим змінам в  $TK$ , то в рамках цих засобів також реалізуються механізми для реалізації мобільних вимірювань тих, чи інших параметрів,
- моделювання залежностей між діагностичними параметрами, датчиками та значеннями параметрів в точках, які вибираються на основі мігруючої моделі моніторингування.

Перший підхід полягає у розв'язку задач екстраполяції та інтерполяції параметрів, що вимірюються в стаціонарних точках діагностування, що знаходяться в функціональному оточенні випадково вибраної точки визначення величини діагностичного параметру. В цьому випадку, тип параметру, який визначається у вибраній точці відповідає типу параметрів, які вибрані для розв'язку задачі апроксимації. Наприклад, якщо передбачається вимірювати у вибраній точці напруженість температур, то серед стаціонарних точок вимірювання повинні вибиратися лише датчики вимірювання температури, які знаходяться в функціональному оточенні по відношенню до вибраної точки. Під функціональним оточенням розуміється таке оточення, яке з точки зору процесу функціонування  $TO$  є найбільш пов'язане між собою, що найменше, в рамках вибраного типу параметру. Функціональне оточення не обов'язково повинно співпадати з просторовим оточенням. Недоліком цього підходу є те, що у випадково вибраній точці вимірювання діагностичного параметру може вимірюватися параметр того

типу, для якого в точках функціонального оточення є відповідні датчики. Наприклад, якщо в точках оточення вибраної випадково точки є датчики для вимірювання параметру напруженості матеріалів, то у випадково вибраній точці можна говорити про вимірювання напруженості матеріалу.

Другий підхід потребує конструктивних рішень в рамках  $KZ_i$ , якими комплектується  $SB$  відповідного  $TO$ . Завдяки конструктивним вузлам  $KZ_i$  датчики певного типу можуть переноситися у випадково вибране місце конструкції  $TK$  і після розміщення такого датчика, може здійснюватися необхідне вимірювання певного параметру. Цей підхід особливо актуальний у випадках, коли, для забезпечення контролю необхідного стану об'єкту, необхідно проводити вимірювання тих, чи інших параметрів у великій кількості точок  $TK$ . Очевидним недоліком цього підходу є необхідність вводити в склад  $TK$  додаткові вузли конструкційних компонент  $KZ_i$ . Цей недолік не є досить суттєвим, якщо прийняти до уваги, що більшість  $KZ_i$ , які входять у  $SB$  на основі конструктивних рішень, розв'язують задачі протидії несправностям та аваріям, що виникають на об'єкті. Тому, розширення конструктивних вузлів  $KZ_i$  фрагментами, що забезпечують мобільні вимірювання параметрів у тих, чи інших фрагментах  $TO$  є не суттєвими з точки зору всього вузла  $KZ_i$ . Мобільні вимірювання параметрів можуть мати наступний суттєвий недолік. Через те, що чутливі елементи датчиків можуть контактувати з непідготовленими до проведення вимірювань точками поверхонь об'єкту, то такі вимірювання можуть мати деяку технологічну похибку. Наприклад, при вимірюванні напруженості матеріалів відповідної поверхні.

Третій підхід відрізняється від першого тим, що значення типу параметру яке визначається в рамках відповідної моделі, може бути залежне від значень параметрів типів, які стаціонарно вимірюються в точках функціонального оточення. Очевидно, що така модель потребує досить детального опису процесів, які відбуваються у відповідному фрагменті  $TO$ . Основним недоліком такого підходу є складність такої моделі, яку будемо називати багато функціональною, оскільки, вона використовує параметри різних типів. Незаперечною перевагою відповідного підходу є те, що багатофункціональна модель безпосередньо описує процеси, що обумовлюють зміни стану відповідного фрагменту  $TO$ , а також враховує  $TP$ .

Визначення можливості виникнення аварійних ситуацій на  $TO$ , крім використання зазначених вище підходів, потребує враховування особливостей їх виникнення на протязі процесу функціонування  $TO$ . До таких особливостей можна віднести:

- виникнення аварійних ситуацій ( $AS$ ) в результаті поступових змін, які обумовлюють появу несправностей, відхилення  $TP$  від штатних

режимів роботи та інших проявів, яким характерний порівняно великий період їх виникнення та відповідної дії на  $TO$  в цілому,

- неочікувана дія зовнішніх факторів, які непередбачуваним чином можуть впливати на  $TO$  на протязі коротких періодів,
- процеси, що швидко змінюються, які виникають в результаті дії факторів, які обумовлюються особливостями експлуатації  $TO$ .

Виникнення  $AS$ , які обумовлюються першим типом особливостей, можна передбачити на основі використання методів прогнозування, які оперують даними, що накопичуються на протязі достатньо великого періоду процесу функціонування  $TP$ . При цьому, можуть використовуватися приведені вище підходи до реалізації процесів прогнозування і, відповідно, визначення необхідних даних.

Другий тип причин виникнення  $AS$  потребує більш повного аналізу процесів, що відбуваються в зовнішньому оточенні  $TO$  та потребує моделювання взаємодії  $TP$  з зовнішніми факторами. Оскільки в даному випадку мова йде про швидкозмінні процеси взаємодії, то відповідні моделі повинні описувати критичні взаємодії, які можуть приводити до катастрофічних ситуацій ( $KS$ ). Другий тип причин виникнення  $AS$ , які переходять у статус  $KS$ , вимагає моделювання, в основі якого повинні закладатися наступні умови.

*Умова 1.* Критичні моделі повинні враховувати можливість того, що діагностичні параметри, що характеризують  $TP$ , можуть приймати всі теоретично можливі значення незалежно від того, чи в рамках  $TK$  передбачено ті, чи інші обмеження на відповідні параметри.

*Умова 2.* Критичні моделі виникнення  $AS$ , в першу чергу, повинні оперувати з дискретними інтерпретаціями діагностичних параметрів, які приписують їм значення «0» або «1» в залежності від того, чи текуче значення параметру відповідає  $AS$ , чи ні.

Критичну модель ( $KM$ ), вимоги до якої описані в умові 1, будемо називати аварійною моделлю  $AM$ . В рамках цієї моделі визначається факт виникнення  $AS$ . Очевидно, що така модель повинна оперувати із значеннями параметрів  $TP$ , які є максимально можливими, чи критичними. Якщо в результаті використання  $KM$  виявиться, що  $AS$  не виникне в найближчому періоді функціонування, то від  $AM$  система  $SB$  повинна переходити до  $KM$ . Ця модель повинна оперувати значеннями параметрів, що мають максимально можливі величини значень. Можна стверджувати, що  $KM$  описує гранично можливі режими роботи відповідного  $TP$ .

Оскільки цей підхід повинен враховувати непередбачувані зовнішні фактори, що діють на  $TP$ , то цей фактор можна описувати як роботу  $TO$  в умовах граничних режимів. Ціллю  $KM$  є виявлення, чи процес функціонування  $TP$  в критичних режимах є стійким. Якщо така стійкість є достатньою, то такий  $TP$  можна вважати допустимим для роботи  $TO$ , при дії на  $TO$  відповідних зовнішніх факторів. Моделі типу  $KM$  використовуються

в рамках *ТО* лише у випадках, коли необхідно здійснювати прогноз швидко виникаючої несправності або аварійної ситуації.

Швидкодіючі процеси, що ініціюються внутрішніми факторами також потребують дослідження, оскільки до таких внутрішніх факторів можна віднести наступні:

- людський фактор, який обумовлюється обслуговуючим персоналом,
- фактори, що визначаються скритими несправностями, які можуть виникати в *ТО*,
- фактори, причина виникнення яких є невідома на момент їх дії на *ТО*.

Людський фактор є досить поширеним і останнім часом він вносить суттєвий вклад в процеси забезпечення безпеки *ТО*. В основному, людський фактор, як негативно діючий на *ТО* елімінується засобами соціального характеру, які розглядатися в даному випадку не будуть.

Фактори, що визначаються скритими несправностями, виявляються в процесі проведення профілактичного обслуговування *ТО*. В рамках такого обслуговування проводиться тестування та перевірка всіх компонент *ТО* незалежно від того, чи у відповідній компоненті є несправність, чи її не має.

Фактори, причина виникнення яких є невідомою, потребують окремих технічних досліджень, які повинні бути індивідуальними для кожного типу *ТО*, тому детально розглядати їх не будемо.

З приведеного вище аналізу видно, що зміна значень параметрів, які могли б характеризувати несправності представляють собою, в рамках даних про *ТО* і, особливо, даних про діагностичні ознаки, випадкові події, що визначають появу деякого значення діагностичного параметру несправності, яка в свою чергу є подію випадковою. В таких випадках, для формального опису відповідних процесів використовується теорія ймовірностей [4]. Для цього необхідно мати множину статистичних даних про відповідні події. По відношенню до несправностей і, відповідно, несправностей аварій, говорити про можливість отримання таких даних не доцільно. Тому, для розв'язку задачі виявлення діагностичних параметрів і, в першу чергу, виявлення їх змін, які можуть бути не бажаними, доцільно використовувати моделі, які дозволяють в процесі функціонування *ТО* виявляти відповідні параметри на основі реалізації механізмів аутентифікації обчислювальних даних про відповідні параметри, як таких, що характеризують параметри несправностей. Такі методи досліджуються та розробляються в галузі штучного інтелекту [5].

Відомі засоби, що реалізуються в галузі штучного інтелекту, в більшості випадків є досить складними і потребують значних обчислювальних ресурсів. Будь який *ТО*, по визначенню, проектується таким чином, щоб відповідний об'єкт забезпечував функціонування з заданою мірою надійності. Очевидно, що однією з важливих компонент, які забезпечують необхідну міру надійності, на рівні з введенням в *ТО* різних видів

надмірностей, є використання систем діагностики, які можуть розширятися засобами протидії розвитку виявленим несправностям, які, з ростом асортименту відповідних діагностичних параметрів, можуть розширятися. В останньому випадку, відповідний  $TO$  оснащений системою безпеки, в її мінімальній конфігурації. Відомо, що система безпеки, описується в своїй мінімальній конфігурації співвідношенням [6]:

$$SB(TO) = SD(TO) \cup SPN(TO),$$

де  $SD(TO)$ - система діагностики,  $SPN(TO)$ - система протидії несправностям, що виникають в  $TO$ . Природно припустити, що аварійні ситуації на  $TO$  можуть виникати в результаті дії внутрішніх та зовнішніх чинників. До внутрішніх чинників відносяться всі фактори, які виникають в результаті дій, що пов'язані з процесом функціонування  $TO$ . Зовнішні чинники обумовлюються факторами, які будемо вважати такими, що не пов'язані безпосередньо з процесами функціонування  $TO$ , навіть у випадку, коли по своїй природі  $TO$  здійснює певну дію на оточення. В даному випадку, обмежимося тільки внутрішніми чинниками, при аналізі методів виявлення непроекtnих несправностей, які будемо вважати предвісниками непроекtnих аварійних ситуацій. Введемо наступну умову.

*Умова 3.* Непроєктна аварійна ситуація може виникнути тільки у випадках, які виникають у зв'язку з наступними причинами:

- при виникненні проекtnих несправностей та рості їх інтенсивності,
- при порушенні вимог по обслуговуванню  $TO$ , які по своїй суті являються людськими факторами і привели до виникнення певної загрози,
- при збільшенні рівня загрози від внутрішніх факторів, для процесу функціонування  $TO$  в цілому, коли іще не появилися несправності.

Теоретично, можна вважати, що людський фактор не буде мати впливу на  $TO$ , спростить аналіз відповідного підходу до реалізації методів виявлення непроекtnих несправностей. Підхід до реалізації методів виявлення непроекtnих несправностей буде ґрунтуватися на наступних положеннях.

*Положення 1.* Довільний  $TO$ , який коректно спроектований, завжди буде мати деякий початковий період  $\Delta T^P$ , на якому  $TO$  буде функціонувати у відповідності з технічними вимогами і аварійні ситуації на цьому періоді, а в більшості випадків, і проекtnі несправності виникати не будуть.

Такий період будемо називати періодом справного функціонування  $TO$ .

*Положення 2.* Після завершення періоду  $\Delta T^P$ , на  $TO$  можуть виникати проекtnі несправності, які виявляються  $SD$  і, при наявності  $SB$ , можуть елімінуватися засобами  $SPN$ .

Такий період будемо називати періодом функціонування  $TO$ , який забезпечується відповідним технічним обслуговуванням, яке передбачене технічною документацією. Позначати такий період будемо символом  $\Delta T^T$ .

Зрозуміло, що  $\Delta T^P$  і  $\Delta T^T$  можна досить чітко розділити. Прийемо, що  $\Delta T^P$  закінчується у випадку, коли в системі  $SB(TO)$  було зареєстровано виникнення першої проектної несправності ( $PN$ ). Після закінчення періоду  $\Delta T^T$ , настає період ризикованого функціонування  $TO$ . Такий період будемо позначати  $\Delta T^R$ . В рамках підходу, що полягає у розподілі часу функціонування  $TO$  на періоди  $\Delta T^P$ ,  $\Delta T^T$  і  $\Delta T^R$  виникають наступні задачі:

- задача виявлення моменту закінчення періоду  $\Delta T^T$  і початку періоду  $\Delta T^R$ ,
- задача виявлення неprojektних несправностей та неprojektних аварійних ситуацій, відповідно.

По відношенню до неprojektних несправностей не допустимо не визначити хоча би з певною неточністю початок періоду  $\Delta T^R$ , оскільки засоби  $SB(TO)$ , які розширюють відповідну систему, можуть виявитися не готовими. Для елімінації неprojektних несправностей. Це особливо важливо у зв'язку з тим, що неprojektна несправність може розвиватися досить швидко і безпосередньо переростати в  $AS$ . Очевидно, що визначення такого моменту закінчення  $\Delta T^T$  і початку  $\Delta T^R$  є досить складним. Теретично, досить визначити момент переходу з  $\Delta T^T$  до  $\Delta T^R$  з точністю  $\delta t_i$ , що можна описати наступним співвідношенням:

$$(\Delta T^T + \delta t_i) \rightarrow \Delta T^R.$$

Важливо лише, щоб на протязі  $\delta t_i$  не виникла неprojektна несправність ( $MN$ ). Для розв'язку цієї задачі прийемо наступне положення, що описує умови зміни текучого стану  $TO$ .

*Положення 3.* Непректна несправність може виникнути в  $TO$ , при наступних умовах:

- якщо інтенсивність виникнення  $PN$  перевищила певну задану границю на протязі  $\Delta T^T$ ,
- якщо міра загрози виникнення хоча би однієї  $PN$ , що виникає в період  $\Delta T^T$ , є більша деякого заданого порогу,
- якщо міра загрози послідовно виникаючих  $PN$  росте скоріше ніж величина визначеного порогу для допустимої швидкості її росту.

Для того, щоб можна було скористатися умовами приведеними в положенні 3, необхідно визначитися з уявленнями про міру загрози виникнення окремої  $PN_i$ . Коротко розглянемо, якісні передумови визначення параметра міри загрози  $PN_i$ , або яка величина  $\mu(PN_i)$ . Очевидно, що будь яка  $PN_i$ , якщо не протидіяти її розвитку, може привести до виникнення проектної  $AS$ . При цьому, характеризувати цю міру по відношенню до певного  $TO_i$  не доцільно, оскільки різні  $TO_i$  між собою можуть відрізнятися досить суттєво. Тому, введемо наступні параметри, які в загальному,



характеризують довільну проектну несправність. До них віднесемо наступні параметри: етап або стадію виявлення  $PN_i$ , швидкість розвитку  $PN_i$ , період виникнення  $PN_i$ , період завмирання  $PN_i$ .

1. Скитович В.П. Элементы теории массового обслуживания. Ленинград: ЛУ: 1976. - 96 с.
2. Шурыгин А.М. Математические методы прогнозирования. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. -180 с.
3. Надежность технических систем./ Под ред. Е.Б.Сучака, Н.В.Василенко. – Красноярск: МГП «Раско», 2001. -600 с.
4. Математическая статистика. М.: МГУ им. Н.Э.Баумана, 2001. – 4324с.
5. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. Київ: КМ Академія, 2002. - 366 с.
6. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. -704 с.

*Поступила 3.03.2011р.*

УДК 621.39

І.М.Яремко, В.В.Турупалов, І.О.Молоковський

## **ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ І РЕЗЕРВУВАННЯ**

### *Анотація*

У статті досліджені характеристики рівнів надійності центрів обробки даних в телекомунікаційних системах. Зроблені висновки про рівень резервування обладнання центрів обробки даних.

*Ключові слова:* центр обробки даних, рівень надійності, резервування устаткування

### *Abstract*

Probabilistic characteristics of data centers and backup. Article characteristics were investigated levels of reliability data centers in telecommunication systems. Conclusions about the level of backup data center equipment.

*Keywords:* data center, level of reliability, backup equipment.

**Вступ.** Одним з найважливіших аспектів проектування й експлуатації центрів обробки даних (ЦОД) є забезпечення їх надійності. Практичний досвід показує, що в більшості випадків доцільніше витратити додаткові кошти на забезпечення необхідної надійності створюваної системи, ніж зазнавати втрат від низької надійності в процесі експлуатації.