

## АЛГОРИТМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ТА ЕТАПИ ОЦІНКИ ЖИВУЧОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ З САМОВІДНОВЛЕННЯМ

Г.В. Фесенко

(подав д.т.н., проф. В.С. Харченко)

Розглядається модель оцінки живучості складної технічної системи (СТС) в умовах дії екстремальних впливів (ЕВ) та дефіциту ресурсу відновлення. Формулюються задачі, що можуть бути вирішені за допомогою моделі. Пропонується перелік основних етапів оцінки живучості складної технічної системи.

Процес експлуатації складних технічних систем (наприклад, груп літальних комплексів) може відбуватись як в умовах зовнішніх екстремальних впливів, так і накопичення природних відмов внаслідок неможливості відновлення за допомогою адекватної системи. Це обумовлює актуальність задач, пов'язаних з оцінкою та забезпеченням живучості СТС. Основою для рішення таких задач є розробка моделей таких систем, що функціонують в умовах ЕВ та дефіциту ресурсу відновлення при накопиченні відмов. Для отримання більш адекватних моделей оцінки живучості, розгляд складної технічної системи та її підсистем доцільно проводити в рамках реалізації принципу "ядро - оболонка" [1-4].

Враховуючи сказане вище, метою даної статті є розробка моделі оцінки СТС, яка функціонує в умовах дії ЕВ та дефіциту ресурсу відновлення, і формулювання переліку основних етапів оцінки живучості СТС.

У зв'язку з великою кількістю станів, у яких може знаходитись система, оцінку її живучості доцільно проводити з використанням імітаційного моделювання (ІМ).

Для СТС, що розглядається, справедливі такі припущення. Вона складається з заданої кількості розсереджених на місцевості підсистем. Мають місце крапкові ЕВ імпульсної природи. Усі елементи (ядра та оболонки) мають однакову імовірність попадання до області дії ЕВ. Одного ЕВ достатньо для переведення одного елемента до стану відмови. Відновлення можливо починати тільки по закінченні дії останнього ЕВ та здійснювати його шляхом реалізації принципу технічного канібалізму (ТК) [4]. У загальному випадку після ЕВ СТС описується трійкою підмножин

$$K = \{K_1, K_2, K_3\},$$

де  $K_1 = \{K_{1i}\}_{i=1}^{n_1}$  - підмножина підсистем, усі елементи яких уникнули

ураження з боку ЕВ;

$K_2 = \{K_{2j}\}_{j=1}^{n_j}$  - підмножина підсистем, у яких ядро перейшло до непрацездатного стану, а оболонки – до одного з двох можливих;

$K_3 = \{K_{3k}\}_{k=1}^{n_k}$  - підмножина підсистем, у яких ядро не було уражене, а хоча б одна з оболонок перейшла до непрацездатного стану.

У якості вихідних даних імітаційної моделі виступають:  $n$  - кількість підсистем у складі СТС;  $m$  - кількість оболонок у складі підсистеми;  $X(K_a)$ ,  $Y(K_a)$  - координати розміщення підсистем (задаються у метрах);  $t^{III}(O_{ab})$ , сек. - штрафний час, що призначається оболонці у разі її відмови;  $v$ , км/год - швидкість руху по маршруту обслуговування;  $L$  - кількість екстремальних впливів;  $SB$  - стратегія поведінки екстремальних впливів;  $T^{III\text{ зад}}$ , сек. - максимально припустимий штрафний час, що призначається СТС.

У якості показника живучості (ПЖ) оберемо імовірність того, що СТС зможе виконувати завдання не менше ніж однією підсистемою після дії на неї заданої кількості ЕВ і реалізації принципу ТК. ПЖ обчислюється як відношення кількості випробувань зі сприятливими підсумками до загальної кількості випробувань. Усі випробування відбуваються на одному і тому ж наборі вихідних даних. Алгоритм має такий вигляд.

1. Вводяться вихідні дані та моделюються ЕВ.
2. Здійснюється розрахунок  $n_i$ ,  $n_j$ ,  $n_k$ .
3. Перевіряється виконання умови  $n_i \geq 1$ . Якщо умова виконується, то треба перейти до п.8, якщо ні – до п.4.
4. Перевіряється виконання умови  $n_j=1$ . Якщо умова виконується, то здійснюється перехід до п.9, якщо ні – до п.5.
5. Розраховується штрафний час  $T^{III}(K_{3k})$  для кожної з підсистем множини  $K_3$ , у випадку, якщо принцип ТК здійснюється у її інтересах.
6. Визначається підсистема, яка має найменший штрафний час –  $T^{III\text{ min}}(K_{3k})$ .
7. Перевіряється виконання умови  $T^{III\text{ min}}(K_{3k}) \leq T^{III\text{ зад}}$ . Якщо умова виконується, то здійснюється перехід до п.8, у протилежному випадку – до п.9.
8. Фіксується наявність сприятливого підсумку і випробування закінчується.

9. Фіксується наявність несприятливого підсумку і випробування закінчується.

За допомогою розробленої імітаційної моделі було проведено дослідження: впливу кількості екстремальних впливів на показник живучості для активної та пасивної стратегії їх поведінки (рис.1) за таких вихідних даних:  $n=3$ ,  $m=3$ ,  $X(K_1)=0$  м,  $Y(K_1)=0$  м,  $X(K_2)=0$  м,  $Y(K_2)=4000$  м,  $X(K_3)=2000$  м,  $Y(K_3)=2000$  м,  $T^{зад} = 5000$  сек.,  $t^{III}(O_1)=3000$  сек,  $t^{III}(O_2)=4000$  сек,  $t^{III}(O_3)=5000$  сек;  $v=40$  км/год; впливу кількості однотипних оболонок на показник живучості (рис.2) за тих же самих вихідних даних, за виключенням того, що штрафний час оболонки розраховується за формулою  $t^{III}(O_i) = 3000$  сек /  $m$ , а  $T^{зад} = 1600$  сек.

Як видно з графіку на рис.1, зі зростанням кількості ЕВ зменшується показник живучості СТС для обох стратегій їх поведінки, причому інтенсивність зменшення кожен раз збільшується. Якщо при переході від трьох впливів до чотирьох ПЖ зменшується на 0,01 для ПСП і на 0,02 для АСП, то при переході від шести до семи – на 0,05 і на 0,14 відповідно.

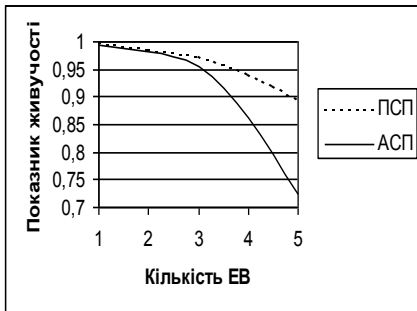


Рис.1. Графік залежності показника живучості від кількості ЕВ

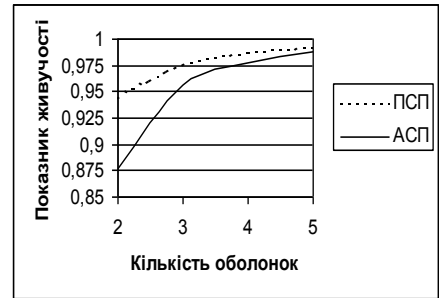


Рис.2. Графік залежності показника живучості від кількості оболонок

Графік на рис.2 показує, що збільшення кількості оболонок дозволяє підвищити показник живучості, однак це підвищення найбільш відчутне при переході від двох оболонок до трьох (складає 0,03) та менш відчутне – від чотирьох до п'яти (складає 0,01).

На підставі розглянутої моделі та результатів досліджень, отриманих з її використання, можна сформулювати перелік задач, які можна вирішувати за її допомогою:

- 1)  $L \leq L^{зад}$ , ПЖ  $\rightarrow$  max;
- 2) ПЖ  $\geq$  ПЖ<sup>зад</sup>,  $l \rightarrow$  max;
- 3)  $C \leq C^{зад}$ ,  $ГМХ \leq ГМХ^{зад}$ , ПЖ  $\geq$  ПЖ<sup>зад</sup>,  $n \rightarrow$  max, де  $C$  і  $ГМХ$  – вартість та габаритно - масові характеристики відповідно.

Запропонована модель дозволяє вирішувати широкий спектр задач, пов'язаний з вибором параметрів СТС відповідно до кількості ЕВ та стратегій їх поведінки. Модель може бути удосконалена в напрямку зняття обмежень на кількість обслуг відновлення, кількість підсистем, працездатність яких треба забезпечити.

У загальному випадку порядок оцінки живучості СТС може складатися з трьох етапів.

Перший етап передбачає проведення оцінки живучості окремих підсистем з використанням марківської моделі [2,3]. При цьому можуть бути враховані ЕВ.

На другому етапі, використовуючи попередні результати, проводиться оцінка живучості СТС в цілому. Модель оцінки приймається марківською і вона додатково враховує можливість самовідновлення СТС шляхом реалізації принципу технічного канібалізму.

Третій етап (на підставі попередніх результатів) передбачає оцінку живучості СТС за допомогою імітаційної моделі. Вона додатково враховує: можливість більш детальної декомпозиції як СТС, так і підсистем на ядро і оболонку; розміщення СТС у просторі; можливість одночасного використання для відновлення принципу ТК та ЗП - підсистем [4]; різні стратегії поведінки ЕВ.

Деякі з запропонованих моделей можуть використовуватись паралельно для перевірки адекватності отриманих результатів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Харченко В.С., Лысенко И.В., Мельников А.В. Оценка и обеспечение живучести информационно-вычислительных и управляющих систем технических комплексов критического использования // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – №1. – С. 64 - 80.

2. Харченко В.С. О системах с многоступенчатой деградацией и восстановлением // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 1997. – №1. – С. 3 - 9.

3. Харченко В.С., Фесенко Г.В. Принципи “ядро-оболонка” та технічного канібалізму і моделі оцінки живучості складних систем // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вип. 1 (5). – 1999. – С. 13 - 16.

4. Харченко В.С., Сидоренко М.Ф., Фесенко Г.В. Моделі готовності складних технічних комплексів з багатоступеневими деградацією та відновленням // Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – №5. – С. 23 - 27.

*Подана до редколегії 27.11.2000*

---