

и климата // Оптика атмосферы и океана. 2002. № 1. С. 12–20.

3. Построение автоматизированных систем сбора, хранения, обработки и представления спутниковых данных для решения задач мониторинга окружающей среды / М. В. Андреев, А. А. Галеев, В. Ю. Ефремов и др. // Солнечно-земная физика. 2004. Т. 118. № 5. С. 8–11.

4. Об использовании технологий хранилищ данных для обработки океанологической информации / М. В. Осипенко, С. А. Свиридов, В. А. Соловьев и др. // Современные методы и средства океанологических исследований : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. (2001, г. Москва) / ИО РАН. 2001. С. 36–38.

5. Структура хранилища и формат исследовательских данных по океанологии / А. А. Метальников, М. В. Осипенко, С. А. Свиридов и др. // Современные методы и средства океанологических исследований : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. (25–27 нояб. 2003, г. Москва) / ИО РАН. 2003. Т. 1. С. 273–293.

6. Data Analysis System Developed for Ocean Color Satellite Sensors / K. Baith, R. Lindsay, G. Fu, C. R. McClain // Eos, Transactions American Geophysical Union. 2001. Vol. 82. № 18. P. 202.

7. Использование технологий построения автоматизированных систем приема, обработки, архивации и распространения данных для мониторинга состояния морей / М. В. Андреев, В. А. Егоров, О. В. Ильин и др. // Информационные ресурсы об океане: актуальные проблемы формирования, распространения и использования в научных исследованиях и в морской деятельности. ОИР : материалы науч. прикл. конф. (8–10 октября 2002, г. Обнинск) / ВНИИГМИ-МЦД. Обнинск, 2002. С. 146.

8. Соломатов Д. В. Сравнительный анализ программных средств обработки спутниковых данных // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 2. С. 171–178.

9. Построение архивов данных метеорологических спутников на основе технологий глобальных сетей Интернет : препринт / М. Ю. Захаров, Е. А. Лупян, А. А. Мазуров и др. М. : ИКИ РАН, 1998.

A. V. Khodyaev, A. P. Shevrynogov, A. V. Kartushinskiy

THEMATIC PROCESSING SOFTWARE OF SATELLITE DATA FOR OCEAN ECOLOGICAL MONITORING

Original technology of sequential processing of satellite data presented with picture patterns of chlorophyll distribution in the surface layer in the global ocean and sea surface temperature is considered in the article. This technology has been developed at Institute of biophysics, SB RAS. Analysis of challenges for thematic processing software developing is discussed. A brief description of preliminary stage is given. SeaWiFS, MODIS and NOAA picture images were used as input data.

Keywords: ocean color, satellite data processing, global ocean ecological monitoring.

© Ходяев А. В., Шевырногов А. П., Картушинский А. В., 2011

УДК 629.735.064

Л. Г. Шаймарданов, О. Г. Бойко

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРАХ ПОТОКОВ ОТКАЗОВ АГРЕГАТОВ

Предложен метод эквивалентной линеаризации переменного параметра потока отказов агрегатов.

Ключевые слова: надежность функциональных систем, интегральная функция вероятности отказа, параметр потока отказов.

В работах [1–3] предложен метод расчета надежности сложных функциональных систем самолетов гражданской авиации при стационарности потока отказов ω . В соответствии с ним вероятность отказа функциональной системы рассчитывается на дискретных отрезках времени $[0; t]$.

Для вероятности отказа агрегатов принято распределение равномерной плотности, при котором интегральная функция распределения записывается в виде

$$q(t) = \omega \cdot t. \quad (1)$$

Распределение с равномерной плотностью вероятности соответствует условию стационарности, накладываемому на Пуассоновский поток отказов. Здесь уместно отметить, что на практике потоки отказов функциональных систем более редки, чем агрегатов, а также Пуассоновские.

Приняв $t = 1$ из выражения (1) можно определить вероятность отказа за 1 час, как этого требуют нормы летной годности самолетов:

$$q(1) = \omega \cdot 1 = \omega_1. \quad (2)$$

Для принятия дискретного отрезка времени $[0; t]$ протяженностью τ как единичного (например, 3600 с или продолжительность типового полета самолета) в указанных работах предложено приводить к τ параметр потока отказов, при этом

$$\omega_\tau = \omega \cdot \tau. \quad (3)$$

Тогда выражение (2) запишется в виде

$$q(\tau) = \omega_\tau \cdot 1. \quad (4)$$

При определении вероятности отказа агрегата на отрезке τ , принятом за единичный, интегральная функция определена уже как дискретное событие. Это обеспечивает корректность применения теоремы умножения вероятности для расчета надежности сложной системы.

Для системы с общим резервированием, состоящей из n параллельно включенных подсистем, содержащих по n последовательно соединенных агрегатов, выражение для расчета вероятности отказа записывается следующим образом:

$$Q_c = \{1 - [1 - q(\tau)]^n\}^n. \quad (5)$$

В отмеченных работах по выражению (5) определяется вероятность отказа системы только на дискретных отрезках времени $[0; t]$. Ему не приписываются свойства интегральной функции вероятности отказа системы.

В монографии [4] отмечается, что даже у обслуживаемых (восстанавливаемых) агрегатов потоки отказов могут быть медленно меняющимися во времени, т. е. $\omega = var$. При работе необслуживаемых систем, имеющих различные виды резервирования (горячий резерв, холодный резерв, скользящее резервирование), потоки отказов агрегатов, естественно, возрастают по мере увеличения наработки. В связи с этим, задача построения решения для расчета надежности системы при переменных по времени параметрах потоков отказов агрегатов является актуальной.

Для решения поставленной задачи необходимо заменить на единичном отрезке времени $[0; t]$ переменный параметр потока отказов эквивалентным постоянным. Для этого возможно использование метода, разработанного в [1–3]. В теории колебаний для решения задачи с нелинейным трением широко используется метод эквивалентной линеаризации. В ряде случаев нелинейные дифференциальные уравнения с нелинейным диссипативным звеном не имеют решения. Для приведения таких уравнений к линейным дифференциальным уравнениям и используется этот метод. Нелинейное диссипативное звено заменяют линейным при условии равенства диссипируемой энергии колебаний при одинаковой амплитуде колебаний.

В рассматриваемой работе предлагается метод замены на отрезке времени $[0; t]$ переменного параметра потока отказов $\omega(t)$ постоянным ω_3 , при условии равенства вероятности отказа агрегата $q(t)$ при постоянном и переменном параметрах потоков отказов. Для пояснения процедуры определение ω_3 на отрезке времени $[0, t]$ приведено на рис. 1.

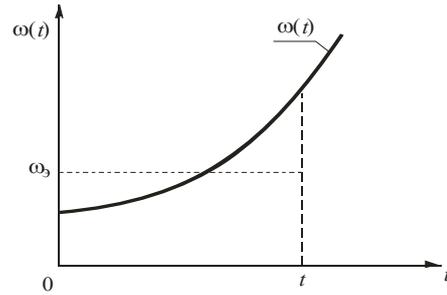


Рис. 1. К вопросу о замене переменного параметра потока отказов $\omega(t)$ постоянным ω_3

Интегральная функция вероятности отказа агрегата вида (1) предполагает параметр потока отказов ω численно равным плотности вероятности распределения с равномерной плотностью. Тогда условие эквивалентности $\omega(t)$ и ω_3 на отрезке $[0; t]$ определится в виде

$$\omega_3 \cdot t = \int_0^t \omega(\tau) d\tau, \quad (6)$$

откуда

$$\omega_3 = \frac{\int_0^t \omega(\tau) d\tau}{t}. \quad (7)$$

В левой части равенства (6) ω_3 принимается постоянным на отрезке времени $[0; t]$. Вместе с этим при изменении протяженности отрезка $[0; t]$ изменяется и величина ω_3 . Но в пределах рассматриваемого отрезка $[0; t]$ запись $\omega_3 \cdot t$ означает не что иное, как определение вероятности отказа на отрезке при распределении с равномерной плотностью вероятности. Это обеспечивает возможность построения для агрегата интегральной функции распределения вероятности отказа, если задаться различными значениями протяженности отрезка $[0; t]$.

В качестве иллюстрации предлагаемого метода на рис. 2 приведены различные реализации переменного значения параметра потока отказов $\omega(t)$ для ряда значений a и k :

$$\omega(t) = a + kt. \quad (8)$$

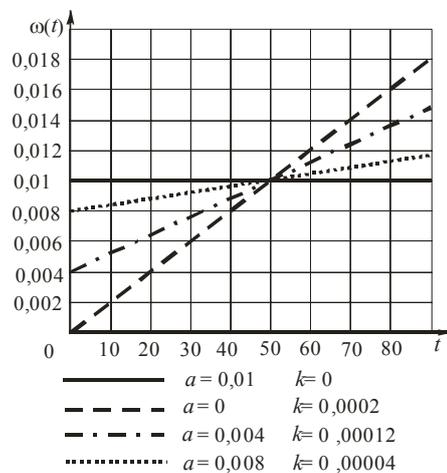


Рис. 2. Пример зависимостей параметра потока отказов от времени

На рис. 3. для рассматриваемого примера приведены интегральные функции распределения вероятности отказа агрегата, построенные в соответствии с предложенным методом эквивалентной линейаризации.

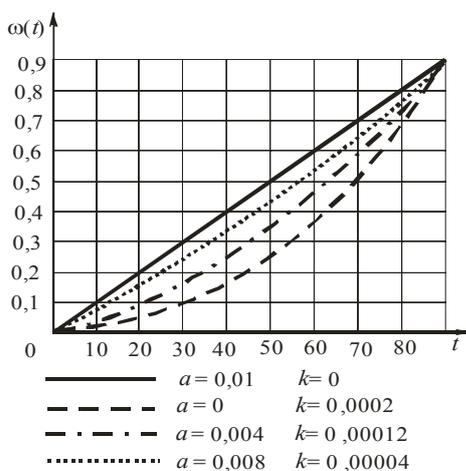


Рис. 3. Интегральные функции распределения вероятности отказа агрегата, построенные методом эквивалентной линейаризации

Разработанный метод эквивалентной линейаризации обеспечивает возможность решения задачи расчета надежности сложных функциональных систем, приведенной в работах [1–3] для случая, когда параметры потоков отказов агрегатов переменны во времени.

Библиографические ссылки

1. Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Математическое моделирование схемной надежности сложных систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. М., 2010. Вып. № 3. С. 82–88.
2. Бойко О. Г. Надежность функциональных систем самолетов гражданской авиации : монография / РАН. М., 2009. (Избранные труды Российской школы по проблемам науки и технологий).
3. Бойко О. Г., Шаймарданов Л. Г. Моделирование надежности агрегатов функциональных систем самолетов // Проблемы машиностроения и надежности машин. РАН. М., 2010. Вып. № 5. С. 35–39.
4. Новожилов Г. В., Неймарк М. С., Цесарский Л. Г. Безопасность полетов, концепция и технологии. М. : Машиностроение, 2003.

L. G. Shaymardanov, O. G. Boyko

COMPLEX SYSTEMS RELIABILITY CALCULATION TASK SOLUTION METHOD WITH VARIABLE AGGREGATES BREAKDOWN STREAM PARAMETERS

A method of variable aggregates breakdown stream parameters equivalent linearisation is proposed in the article.

Keywords: functional systems reliability, breakdown probability integral function, breakdown stream parameter.