

УДК 681.3

Д.В. Трушаков, доц., канд. техн. наук, Л.А. Ніколаєва, Н.Б. Коренецька, Д.Ю. Мошна, студ. гр. КЛ-06

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження надійності інформаційної системи

В статті описані дослідження надійності інформаційної системи на теоретичному та практичному рівні. Доведена можливість надійності інформаційних систем, визначені кількість обслуговуючих органів, ймовірність відмови системи, функцію готовності системи, тривалість перехідних процесів. Це слугує для збільшення надійності системи. Визначено напрацювання між появою помилок. Отримано вираз, який описує інтенсивність появи помилок у часі. Це служить основою оцінення витрат часу на проведення відлагодження, які дозволяють усунути 97% помилок. Розраховано і встановлено оптимальний час на обслуговування програмної системи. Доведена доцільність оптимальних затрат часу, і залежність частоти відмов від часу обслуговування.

функція готовності, ймовірність відмови системи, первинні помилки, інтенсивність виявлення помилок, коефіцієнт пропорційності, час відлагодження, прояви помилок, затрати часу, обслуговування системи, наробіток на відмову, оптимальні затрати, коефіцієнт готовності, відновлення праездатності, контроль і перевірка системи

В теперішній час при розробці та обслуговуванні інформаційних систем особливо актуально постає питання дослідження надійності інформаційної системи (ІС), у тому числі розрахувати оптимальні витрати на обслуговування інформаційні системи та визначити час на від лагодження програмного забезпечення інформаційні системи.

Дана проблема частково висвітлена в джерела [4], [5], [6]. Так, наприклад, в [6] приводяться поняття функціональної повноти інформаційні системи, своєчасності, функціональної надійності та адаптивної надійності. Але на практиці розрахувати та дослідити надійність інформаційні системи, користуючись цими поняттями, дуже складно.

Метою дослідження в даній статті є практичне застосування методики дослідження надійності інформаційні системи, розрахунок оптимальних витрат на обслуговування системи та визначення часу на від лагодження програмних засобів.

Інформаційну систему можна охарактеризувати такими параметрами: ρ - ймовірність того, що заявка в довільний момент часу t буде прийнята на обслуговування; λ - інтенсивність потоку заявок на обслуговування; μ - інтенсивність обслуговування заявки.

Показниками надійності інформаційної відновлюваної системи є: $K_T(t)$ - ймовірність того, що заявка буде прийнята на обслуговування в довільний момент часу t (функція готовності); K_T - коефіцієнт готовності; T - середній час між відмовами в обслуговуванні (напрацювання на відмову).

$$K_T = 1 - P_n = 1 - \frac{\rho^n}{n! \sum_{i=1}^n \frac{\rho^i}{i!}}, \quad (1)$$

$$\text{де } \rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

З цієї формули видно, що визначення числа обслуговуючих бригад зводиться до вирішення трансцендентного рівняння при різних значеннях K_T і ρ [2].

В стані n всі канали обслуговування зайняті і черговій заявці буде відмовлено в обслуговуванні. Тоді $P_n(t)$ ймовірність відмови системи, а $1 - P_n(t)$ функція готовності. Коефіцієнт готовності визначається формулою (1).

Таблиця 1 – Кількість обслуговуючих органів n

n	P=0.2	P=0.1	P=0.05	P=0.0
				03
$\rho = 2.5$	4	5	6	9
$\rho = 1.5$	3	4	5	7
$\rho = 1$	3	3	4	6
$\rho = 0.5$	2	3	3	5

Представимо рівняння для коефіцієнта простою в наступному вигляді:

$$P_n = \frac{\rho^n}{n! \sum_{i=1}^n \frac{\rho^i}{i!}}. \quad (2)$$

З фізичних міркувань зрозуміло, що результати визначення числа обслуговуючих органів n повинні бути цілими числами, отриманими шляхом округлення речового результату до найближчого цілого у бік збільшення.

Отримані рішення матимуть сенс лише в тому випадку, якщо тривалість перехідних процесів мала. Інакше результати можуть бути істотно завищені.

Досліджуємо тривалість перехідних процесів на підставі аналізу функції готовності $K_T(t)$.

Функцію готовності цілеспрямовано обчислити, скориставшись виразом $K_T(t) = 1 - P_n(t)$. В цьому випадку досить обчислити ймовірність того, що система знаходиться в змозі n в довільний момент часу t .

Для вирішення складемо систему диференціальних рівнянь для $n=2$ (див. рис.2):

$$\begin{aligned} \frac{dp_0}{dt} &= \lambda \cdot p_0 - \mu \cdot p_1; \\ \frac{dp_1}{dt} &= -\lambda \cdot p_0 + (\lambda + \mu)p_1 - 2\mu \cdot p_2; \\ \frac{dp_2}{dt} &= -\lambda \cdot p_1 + 2\mu \cdot p_2. \end{aligned} \quad (3)$$

З початковими умовами $p_0(0) = 1$; $p_1(0) = 0$; $p_2(0) = 0$ і постійними коефіцієнтами λ і μ .

В теперішньому часі описані декілька математичних моделей, основою яких являються різні гіпотези про характер прояву вторинних помилок в програмах. Ці гіпотези можна розділити на три групи.

Приведені передбачення дозволяють побудувати експоненціальну математичну модель розподілу помилок в програмах та встановити зв'язок між інтенсивністю виявлення помилок при відлагодженні dn/dt , інтенсивністю прояву помилок при нормальному функціонуванні комплексу програм l та числом первинних помилок n . При постійних зусиллях на тестування та відлагодження інтенсивність виявлення викривлень обчислювального процесу, програм або даних внаслідок ще не виявлених помилок пропорційна кількості первинних помилок, які залишились, в комплексі програм. Тоді:

$$\frac{dn}{dt} = K'l = Kn_0 = K(N_0 - n). \quad (4)$$

Напрацювання між проявами помилок, які розглядаються як виявлені викривлення програм, даних або обчислювального процесу, рівна величині, оберненій інтенсивності виявлення помилок:

$$T = \frac{1}{dn/dt} = \frac{1}{KN_0} e^{Kt}. \quad (5)$$

Для розрахунку коефіцієнта пропорційності [2]:

$$K = \frac{m}{N_0 \sum_{i=1}^m t_i - \sum_{i=1}^m (i-1)t_i}. \quad (6)$$

В процесі відлагодження та випробувань програм для підвищеного напрацювання між проявами помилок від величини T_1 до значення T_2 необхідно виявити та усунути Δn помилок. Цю величину можна визначити, відобразивши кількість виявлених помилок. Тоді:

$$\Delta n = N_0 T_0 \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right). \quad (7)$$

Аналогічними нескладними перетвореннями можна отримати витрати часу на проведення відлагодження Δt , які дозволяють усунути Δn помилок [3] та відповідно підвищити напрацювання між черговими виявленнями помилок від значення T_1 до T_2 :

$$\Delta t = \frac{N_0 T_0}{K} \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right). \quad (8)$$

Викривлення обчислювального процесу, програм або даних у момент X_i виявляються тільки в результаті спеціальних планових перевірок у моменти X_{i+1} через якийсь час після їхнього виникнення. Припустимо також, що отказові ситуації неможливі під час контролю, кожна i -та перевірка якості функціонування програмних засобів достовірна й характеризується витратами всіх ресурсів ЕОМ b_1 , за час t_1 . Перебування програм у стані невиявленої відмови від моменту його виникнення до моменту виявлення, приводить до втрат ефективності b_2 за одиницю часу перебування в цьому стані. Після виявлення отказової ситуації виробляється достовірне відновлення, з яким зв'язані загальні витрати b_3 і витрати часу t_3 внаслідок простою при рішенні основних завдань.

Завдання спрощується, якщо припустити, що прояв викривлень є випадковим і може бути апроксимовано пуассоновским потоком, а також, що перевірки виробляються строго періодично з періодом t' і час між отказовими ситуаціями значно більше періоду між перевірками $T > t'$. Ці припущення відповідають найбільш типовим умовам застосування оперативного контролю й відновлення в програмних засобах. При прийнятих припущеннях досить просте вираження для середніх втрат виходить при поданні, експонентного розподілу потоку відмов у вигляді ряду з обліком трьох перших членів. У цьому випадку середні втрати ефективності на одиницю часу приблизно рівні:

$$C = \frac{T \cdot b_1 / t' + t' \cdot b_2 / 2 + \left(1 - \frac{t'}{2T}\right) \cdot b_3}{T + \left(1 - \frac{t'}{2T}\right) \cdot t_3}. \quad (9)$$

Відновлення обчислювального процесу або даних у програмних засобах виробляється шляхом повторення (рестарту) програми, при завершенні якої воно було виявлено. Припустимо, що повторенню при цьому підлягає частина програми, укладена між послідовними крапками контролю, тобто тривалістю λ . Якщо представити витрати на відновлення через тривалість відновлення t_3 , і t' і втрати ефективності за одиницю часу відновлення розглядати як частку часу від періоду контролю $c_3 = b_3/t_3$ використовувану для відновлення, те середні втрати на інтервалі часу між викривленнями:

$$C = \frac{T \cdot b_1/t' + t' \cdot b_2/2 + \left(1 - \frac{t'}{2T}\right) \cdot c_3 \cdot t'}{T + \left(1 - \frac{t'}{2T}\right) \cdot t'} \quad (10)$$

Тому що період контролю звичайно значно менше інтервалу між викривленнями, то вираження (2) можна спростити, виключивши в круглих дужках від'ємник $t'/2T$. Диференціюючи по t' вираження, отримане в результаті цього спрощення, і дорівнюючи похідну до нуля можна визначити оптимальний період контролю з урахуванням достовірного виявлення викривлень і повторення програм між крапками контролю:

$$t' = \sqrt{\frac{2 \cdot b_1 \cdot T}{b_2 + 2 \cdot c_3}} \quad (11)$$

Звідси треба, що питомі витрати на відновлення впливають на оптимальний період контролю сильніше, ніж питомі втрати від невиявлення помилки (b_2). Однак втрати ефективності від функціонування програми при наявності невиявлених викривлень у реальних системах (коефіцієнт b_2) звичайно більше вагомим, чим витрати на повторення програм (коефіцієнт b_3). Найбільше просто проводити аналіз витрат на захист програм, якщо припустити, що всі втрати й витрати зв'язані тільки зі зміною корисного часу функціонування програм і зменшенням продуктивності ЕОМ, використовуваної для рішення функціональних завдань, тобто коефіцієнта готовності - K_g . У цьому випадку b_1 можна інтерпретувати як час проведення однократного контролю, тоді:

- перший доданок у чисельнику вираження (1) відповідає сумарним витратам часу на [1] виконання контролю в інтервалі між послідовними виявленнями викривлень T ;
- другий доданок у чисельнику цього вираження при $b_2 = 1$ дорівнює середнім втратам часу при функціонуванні системи в стані невикористаних наслідків викривлень між черговими операціями контролю, тобто часу t' ли $b_2 > 1$, те це можна розглядати як еквівалентне збільшення інтервалу часу, у плинів якого проявляються наслідки викривлення обчислювального процесу програм або даних);
- третій доданок у чисельнику (1) відповідає витратам часу на відновлення обчислювального процесу.

У знаменнику вираження (1) представлений повний середній час між послідовними виявленнями викривлень із урахуванням витрат на відновлення - наробіток на відмову. У реальних системах наробіток на отказову ситуацію вимірюється годинниками, а сумарні витрати на контрольно-відбудовні операції й період контролю вимірюються хвилинами й становлять менш відсотка від T . Тому можна зневажити величиною $t'/2T$ у дужках. Якщо будь-які виявляти искаження, що, і витрати часу на контроль і відновлення розглядати як порушення працездатності, то коефіцієнт готовності програмних засобів у реальному часі:

$$K_r = \frac{T \cdot \left(1 - \frac{t_1}{t'}\right) - t'/2}{T + \left(1 - \frac{t_1}{2 \cdot T}\right) \cdot t_3} = 1 - K_r \quad (12)$$

Передбачається, що в програмних засобах реалізований дискретний і достовірний контроль працездатності й відмови виникають тільки в робочому режимі. Програми контролюються періодично й витрати часу на кожен акт контролю t_1 багато менше періоду контролю t' або середнього запізнювання у виявленні відмови

$t_2 = t'/2 \geq t_1$ і можуть не враховуватися. Досить раціональними є припущення про експонентний розподіл наробітку між отказовими ситуаціями T і часу відновлення працездатності при середнім значенні t_3 . Якщо припустити, що $t' \ll T$ і $t_d \ll T$, то експоненти можна приблизно представити розкладанням у ряд. Тоді:

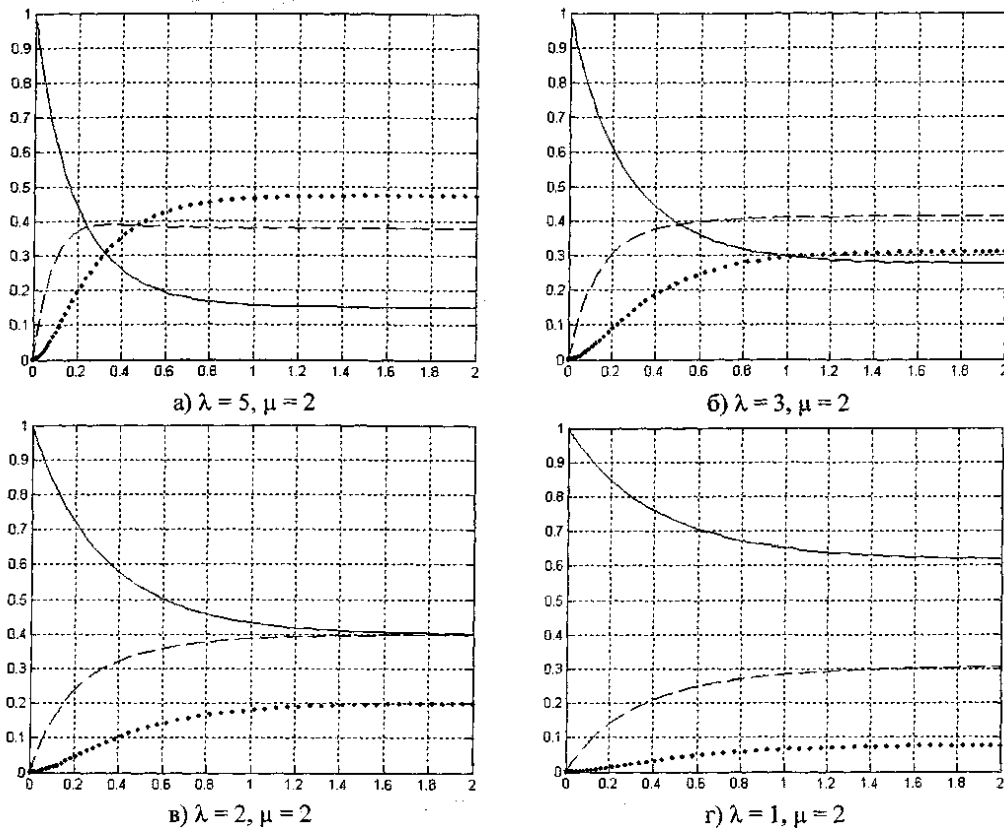
$$K_r = \frac{T - t'/2}{T + (1 - t'/2 \cdot T) \cdot t_3}. \quad (13)$$

Практично витрати на оперативне відновлення в деяких межах слабо впливають на тимчасову надмірність внаслідок рідкого виконання цієї операції й економія часу відновлення майже не приводить до зниження витрат на помехозащиту програм. Оцінку оптимального періоду контролю й повних витрат на захист варто робити для кожного застосовуваного методу контролю й методу відновлення, ефективного проти викривлень певного типу [2]. При збільшенні $t' = t_3$ коефіцієнт простою (КП) спочатку зменшується внаслідок зниження витрат на виконання контрольних операцій, а потім зростає через збільшення запізнювання виявлення отказових ситуацій і зростання тривалості відновлення. Є період контролю; при якому простий мінімальний і найбільший час використовується на рішення функціональних завдань. Цей оптимальний період контролю може бути розрахований за формулою (3).

Для виконання лабораторної роботи необхідно вирішити систему рівнянь:

$$\begin{cases} T_{\text{антв}} = (1 - t'/2 \cdot T) \cdot b_3 \\ T_{\text{автв}} = \frac{t' \cdot b_2}{2} \\ T_{\text{еїод}} = \frac{T \cdot b_1}{t'} \\ t' = \sqrt{\frac{2 \cdot b_1 \cdot T}{b_2 + b_3/t_3}} \end{cases} \quad (14)$$

Звідки визначається оптимальний період перевірки програмної системи. Потім по формулі (1) або (2) визначаються середній час відновлення працездатності програмної системи й середині втрати ефективності на одиницю часу. За формулами (4) і (5) визначається коефіцієнт готовності програмних засобів. Використовуючи формулу (4) досліджуються залежності $КГ=f(T)$ $КГ=f(t')$. Параметри T і t' змінюються в межах $\pm 50\%$ від номінальних значень.



Вісь абсцис – тривалість перехідних процесів в інформаційній системі, од. часу; вісь ординат – вірогідність відмови системи, долі; ----- ймовірність роботи системи; ——— ймовірність помилки в системі; ймовірність відмови системи

Рисунок 1 – Графік ймовірності відмови системи

При дослідженні ІС було отримано значення оптимальних витрат на обслуговування програмної системи з урахуванням надійності системи - оптимальний період перевірки програмної системи і коефіцієнта надійності. Характери залежності коефіцієнтів надійності від часу наробітку на відмову й оптимальний період перевірки програмної системи, в залежності від заданих умов, носить зворотно експоненційний характер або лінійний. Визначено час відлагодження та інтенсивність прояву помилок, 97% їх усунення.

Список літератури

1. Генкин М. Д., Рыжов Н. М. Повышение надежности систем автоматики. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
2. Устиненко В. Л. Надежность систем. – М.: Машиностроение, 1972. – 92 с.
3. Справочник по системам автоматики та их наладка. – М.: ОНТИ ЭНИМС, 1968. – 27 с.
4. Основи надійності цифрових систем / В.С Харченко, В.Я Жихарев та ін. – Підручник. – Харків: Нац. Аероксм. ун-т «Харк. авіац. ін.-т», 2004. – 573 с.
5. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики. : Учеб. Пособие. – К.: НАУ, 2004. – 164 с.
6. Береза А.М. Основи створення інформаційних систем: Навч. Посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 214 с.

Д. Трушаков, Л. Николаева, Н. Коренецкая, Д. Мошна
Исследование надежности информационной системы

В статье описаны исследования надежности информационной системы на теоретическом и **практическом** уровне. **Доказана** возможность надежности информационных систем, определенные количество обслуживающих **огранов**, **вероятность** отказов системы, функцию готовности системы, длительность

переходных процессов. Это служит для увеличения надежности системы. Определена наработка между появлением ошибок. Получено выражение, **которое** описывает интенсивность появления ошибок во времени. Это служит основой оценивания затрат времени на проведения **отладки, которые позволяют устранить 97%** ошибок. Рассчитано и установлено оптимальное время на обслуживание программной системы. **Доказана** целесообразность оптимальных затрат времени, и зависимость частоты отказов от времени обслуживания.

D. Trushakov, L. Nikolaeva, N. Korenetskaya, D. Moshna
The researches of reliability of information systems

In the article researching the **reliability** of the informative system at a theoretical and practical level are described. Possibility of **reliability** of the informative systems is **led** to, **certain amount** of attendant ograms, possibility **refusals** of the system, function of readiness of the system, duration of transitional processes. It serves for the increase of **reliability** of the system. Defined the work between appearance of **errors**. Expression **which** describes intensity of appearance of **errors** in time is **got**. It serves as a basis of evaluation of charges of time on conducting of the system, **which allow** to **remove 97% errors**. It is **expected** and optimum time is set on maintenance of the program system. Expedience of optimum expenditures of time is **led** to, and dependence of frequency of **refusals** on time of service.

Одержано 09.05.10

УДК 621.869

А.В. Лизунков, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университе,

В.А. Шевченко, доц., канд. техн. наук, А.А. Резников, инженер

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Особенности нагружения металлоконструкции автогрейдера при выполнении различных рабочих операций.

Представлены результаты экспериментального исследования нагружения металлоконструкции автогрейдера в процессе выполнения рабочих операций. Проведен сравнительный анализ полученных экспериментальных данных с целью определения критических режимов нагружения металлоконструкции основной рамы автогрейдера. Получена эмпирическая зависимость главных напряжений в основной раме автогрейдера от скорости движения в транспортном режиме.

автогрейдер, экспериментальное исследование, рабочие операции, главные напряжения, измерительное оборудование

Опыт эксплуатации автогрейдеров различных модификаций показывает, что характерными отказами их металлоконструкций является появление усталостных трещин в одних и тех же зонах, а именно:

- в зонах изгиба хребтовой балки;
- в передней части ланжеронов подмоторной рамы;
- в зоне крепления к хребтовой балке поворотного узла гидроцилиндров подъема – опускания основного отвала.