

УДК 621.396

Наталія Віталіївна Кривенко
Володимир Валентинович Іванович

ХАРАКТЕРИСТИКА НАДІЙНОСТІ НАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Як правило, ефективність навігаційного обслуговування оцінюється з позицій точності й надійності. Однак при такому традиційному підході виникають відомі проблеми, пов'язані з побудовою комплексного критерію, що поєднує характеристики точності й надійності [1,2]. У зв'язку із цим зараз є актуальним розроблення нового підходу до оцінки ефективності навігаційного обслуговування системи, що полягає в описі властивостей точності навігаційної системи на основі властивостей надійності.

Подія відмови навігаційного обслуговування настає у випадку, коли хоча б один з навігаційних параметрів виробляється в ній з підвищеною погрішністю або взагалі не виробляється. До відмови навігаційного обслуговування можуть призводити критичні дефекти її елементів. Такі відмови будуть апаратними. У той же час характерною рисою навігаційного обслуговування є можливість її відмови при відсутності дефектів в елементах системи. Такі відмови будуть інформаційними. Після інформаційної відмови навігаційного обслуговування система або самовідновлюється, або для її відновлення не потрібна заміна елементів. При цьому досить лише корекції внутрішньої інформації системи на основі додаткової інформації від зовнішніх засобів. Будь-яка відмова системи є наслідком певної причини, що будемо називати порушенням. Порушення, що призводять до інформаційних відмов, будемо називати інформаційними порушеннями. Очевидно, що природа інформаційних порушень залежить від специфіки навігаційного обслуговування. Інформаційні порушення можуть бути викликані або помилками апаратури і програмного забезпечення, або аномаліями зовнішнього середовища, що впливають на роботу датчиків навігаційного обслуговування.

Таким чином, поняття надійності навігаційного обслуговування є комплексним і містить у собі апаратну надійність (надійність щодо апаратних відмов) та інформаційну надійність (надійність щодо інформаційних відмов). Перша складова представляє властивість надійності навігаційного обслуговування в традиційному розумінні, друга складова представляє властивість точності

навігаційного обслуговування. Практика показує, що інтенсивності інформаційних і апаратних відмов подібні. Тому до складу прецизійних систем навігаційного обслуговування включають засоби для відбивання інформаційних відмов. Особливу значимість засоби відбивання інформаційних відмов мають для автономних систем навігаційного обслуговування, погрішності яких є нестационарними та у випадку несвоечасної корекції призводять до інформаційних відмов. Характеристики інформаційної надійності аналогічні характеристикам апаратної надійності. Основними характеристиками інформаційної надійності є ймовірність безвідмовної роботи та коефіцієнт готовності. При цьому ймовірність безвідмовної роботи визначається як ймовірність не перевищення погрішністю виробітку будь-якого навігаційного параметру заданого рівня на заданому інтервалі часу.

Інформаційна надійність навігаційного обслуговування визначається «невдалими» реалізаціями її погрішності. При цьому для погрішностей навігаційних систем як базову модель доцільно прийняти випадковий марковський процес, що формується як рішення системи лінійних стохастичних диференціальних рівнянь першого порядку. Ці рівняння характеризуються випадковими початковими умовами та у правій частині містять випадкові функції

$$\dot{x}(t) = F(t)x(t) + \eta(t),$$

де $\dot{x}(t)$ – n -мірний вектор стану;

$F(t)$ – $(n \times n)$ - матриця динаміки;

$\eta(t)$ – n -мірний випадковий процес.

У загальному випадку для марковського процесу $x(t)$ процес $\eta(t)$ повинен мати наступний вигляд

$$\eta(t) = G\xi(t) + \Theta(t),$$

де $\Theta(t)$ – пуассоновський потік дельтаобразних імпульсів;

$\xi(t)$ – гауссовський білий шум одиничної інтенсивності.

Якщо у $\eta(t)$ відсутня пуассоновська складова

$\Theta(t)$, то процес $x(t)$ є марковським і гауссовим або дифузійним марковським процесом.

Якщо у $\eta(t)$ відсутня гауссова складова $\xi(t)$, то процес $x(t)$ є стрибкоподібним марковським процесом. Традиційно враховується, що для опису погрішностей автономних навігаційних систем найбільшою мірою підходять стрибкоподібні марковські процеси, а для опису погрішностей радіотехнічних систем навігаційного обслуговування підходять дифузійні марковські процеси [1,2].

Найбільш складними для аналізу є погрішності автономної та, зокрема, інерційної системи навігаційного обслуговування. Складність завдання визначається тим, що погрішності виробітку будь-якого навігаційного параметру в інерційних системах навігаційного обслуговування є в загальному випадку нестационарними та багатокомпонентними.

В основі процедури оцінки ймовірності безвідмовної роботи лежить положення щодо можливості використання при її наближених розрахунках експонентного закону

$$P(T)=\exp(-\mu T)$$

у випадку, коли $x_0 \gg \sigma$,

де x_0 – значення рівня, що задається;

σ – середньоквадратичне значення процесу $x(t)$;

μ – інтенсивність інформаційних відмов.

Як видно, вираз для ймовірності безвідмовної роботи при інформаційних відмовах збігається з виразом для ймовірності безвідмовної роботи при апаратних відмовах, однак інтенсивність інформаційних відмов залежить від характеристик процесу й заданого рівня x_0 .

Для випадку, коли погрішність представляється сумою дифузійних процесів рішення засноване на використанні рівняння Фоккера-Планка-Колмогорова. При цьому в більшості випадків для обчислення інтенсивності інформаційних відмов

Література

1. Бранец В.Н. Навігаційне забезпечення міжнародної космічної станції / В.Н. Бранец Е.А. Микрин, В.Н. Платонов, С.Н. Евдокимов, М.В. Михайлов, С.Н. Ріжків, Р.Ф. Муртазин // Матеріали X Санкт-Петербурзької міжнародної конференції по інтегрованих навігаційних системах. – Санкт-Петербург. –2003. – С.7-13.
2. Бранец В.Н. Система керування рухом і навігації Російського сегмента міжнародної космічної станції (МКС) / В.Н. Бранец, В.Н. Платонов // Гіроскопія й навігація.- 2002.- №4 (39).- С. 13-22.
3. Явтушенко А.М. Сучасні космічні системи оптичної зйомки Землі / А.М. Явтушенко,

використовується наступний вираз

$$\mu = \left(\sum_{j=1}^m v_j^2 \sigma_j^2 \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{j=1}^m \sigma_j^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \exp \left\{ -x_0^2 \left(\sum_{j=1}^m \sigma_j^2 \right)^{-1} \right\}$$

де m – число складові погрішності;

σ_j – середньоквадратичне значення складової;

v_j^{-1} – еквівалентний інтервал кореляції, що

залежить від типу та частотних властивостей складової.

Для випадку, коли погрішність надається сумою стрибкоподібних процесів, рішення засноване на спрощеній процедурі, при якій формується випадковий процес, еквівалентний сумі виділених апроксимуючих процесів. При цьому виникнення інформаційних відмов представляється як «просівання» потоку стрибків еквівалентного процесу, а саме, інформаційні відмови виникають при наявності стрибка та при додатковій умові, що складається в перевищенні реалізації погрішності заданого рівня. За умови, що потік стрибків сумарного процесу має інтенсивність λ і перевищення не відбувається з імовірністю p , причому

$$1 - p \ll 1,$$

вираз для ймовірності безвідмовної роботи має вигляд

$$P(T) = p^{\lambda T} \cong \exp[-\lambda (1-p)T].$$

Таким чином, імовірність безвідмовної роботи підкоряється експонентному закону.

Проведене в даній статті дослідження проблем ефективності функціонування систем навігаційного обслуговування надає можливість запропонувати новий підхід до наукового завдання оцінки ефективності системи навігаційного обслуговування, який полягає в описі властивостей точності навігаційної системи на основі властивостей надійності.

С.В. Козелков, В.І. Богомья, С.Д. Ставицький: Навч. посіб.- К.: НАОУ, 2004. – 80 с.
4. Ханцеверов Ф.Р. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли / Ф.Р. Ханцеверов, В.В. Остроухов – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
5 Жалило А.А. Навигация космических аппаратов по сигналам космических навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR / А.А. Жалило, П.А. Кот, И.Н. Минервин и др. // Космична наука і технологія. – 1995. – №1. – С.69 – 74.
6 Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.

В данной статье рассматриваются отдельные вопросы характеристики надежности навигационного обслуживания. Проведенное в данной статье исследование дало возможность предложить новый подход к оценке эффективности навигационного обслуживания, которой заключается в описании свойств точности навигационного обслуживания на основе свойств надежности.

Ключевые слова: навигационное обслуживание, точность, надежность.

The separate questions of description of reliability of navigation service are examined in this article. The research conducted in this article enabled to offer the new going near the estimation of efficiency of navigation service, which consists in description of properties of exactness of navigation service on the basis of properties of reliability.

Key words: navigation service, exactness, reliability.