

Чабан В.І., Батуєв Д.Ю., Якусевич Ю.Г.

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВІГАЦІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

У даній статті розглядаються окремі питання оцінки ефективності навігаційного обслуговування, рішення яких важливо на етапі проектування складної технічної системи. Проведене в даній статті дослідження дало можливість запропонувати новий підхід до оцінки ефективності навігаційного комплексу, якій полягає в описі властивостей точності навігаційного обслуговування на основі властивостей надійності.

Ключові слова: навігаційне обслуговування, точність, надійність.

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 приводити 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 потрібно заміни 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 приводять 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) і 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 несвоєчасної корекції приводять до інформаційних відмов. Характеристики інформаційної надійності аналогічні характеристикам апаратної надійності. Основними характеристиками інформаційної надійності є ймовірність безвідмовної роботи й коефіцієнт готовності. При цьому ймовірність безвідмовної роботи визначається як ймовірність не перевищення погрішністю виробітку будь-якого навігаційного параметра заданого рівня на заданому інтервалі часу.

Інформаційна надійність навігаційного обслуговування визначається «невдалими» реалізаціями її погрішності. При цьому для погрішностей навігаційних систем як базова 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

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

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

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

Якщо у $\eta(t)$ відсутнє пуассоновська складова $\Theta(t)$, те процес $x(t)$ є марковським і гауссовим або дифузійним марковським процесом.

Якщо у $\eta(t)$ відсутнє гауссова складова $\zeta(t)$, те 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 складним для аналізу є погрішності автономної й, зокрема, інерційної системи навігаційного обслуговування. Складність завдання визначається тим, що погрішності виробітку будь-якого навігаційного параметра в інерційних системах навігаційного обслуговування є в загальному випадку нестационарної й багатокomпонентної.

В основі процедури оцінки ймовірності безвідмовної роботи лежить положення щодо можливості використання при її наближених розрахунках експонентційного 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 використовується наступний вираз

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

де m – число складові погрішності;

σ_j – середньоквадратичне значення складової;

V_j^{-1} – еквівалентний інтервал кореляції, що залежить від типу й частотних властивостей складовій.

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 й при додатковій умові, що складається в перевищенні реалізацій погрішності заданого рівня. За умови, що потік стрибків сумарного процесу має інтенсивність λ і перевищення не відбувається з імовірністю p , причому

$$1 - p \ll 1,$$

тоді, вираз для ймовірності безвідмовної роботи має вигляд

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

Таким чином, імовірність безвідмовної роботи підкоряється експоненційному 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, якій полягає в описі властивостей точності навігаційної системи на основі властивостей надійності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бранец В.Н., Микрин Е.А., Платонов В.Н., Евдокимов С.Н., Михайлов М.В., Ріжків С.Н., Муртазин Р.Ф. Навігаційне забезпечення міжнародної космічної станції // Матеріали X Санкт-Петербурзької міжнародної конференції по інтегрованих навігаційних системах.- Санкт-Петербург.-2003.- С.7-13.
2. Бранец В.Н., Платонов В.Н. Система керування рухом і навігації Російського сегмента міжнародної космічної станції (МКС)// Гіроскопія й навігація.- 2002.- №4 (39).- С. 13-22.
3. Сучасні космічні системи оптичної зйомки Землі / А.М. Явтушенко, С.В. Козелков, В.І. Богомья, С.Д. Ставицький: Навч. посіб.- К.: НАОУ, 2004. – 80 с.
4. Ханцеверов Ф.Р., Остроухов В.В. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли.-М.: Машиностроение,1989.-264 с.
5. Жалило А.А., Кот П.А., Минервин И.Н. и др. Навигация космических аппаратов по сигналам космических навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR. // Космічна наука і технологія. – 1995. – №1. – С.69 – 74.
6. Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336с.

Чабан В.И., Батуев Д.Ю., Якушев Ю.Г.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАВИГАЦИОННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В статье рассматриваются отдельные вопросы оценки эффективности навигационного обслуживания, решения которых важно на этапе проектирования сложной технической системы. Проведенное исследование дало возможность предложить новый подход к оценке эффективности, который заключается в описании особенностей точности навигационного обслуживания на основе особенностей надежности.

Ключевые слова: навигационное обслуживание, точность, надежность.

Chaban V.I., Batuyev D.Yu., Yakushevich Yu.G.

THE ASSESSMENT EFFICIENCY OF A NAVIGATION SERVICE

The article discusses some issues about the evaluation of the effectiveness of navigation-servicing, the solution of which is important in the design phase of complex technical systems issues. This research provided an opportunity to propose a new approach to evaluating the effectiveness of which is to describe the characteristics of precision navigation service based on the features of reliability.

Key words: navigation service, accuracy, reliability.