

RESEARCH PROJECT FOR JOINT IMPLEMENTATION
“Software for Determining the Statistical Characteristics of Complex Dynamic Systems Based on Multi- Differential Transformations”

The proposed method of determining the statistical characteristics of dynamic systems based on multi-differential transformations can be used while developing software for complex high-dynamic systems (spacecraft, aircrafts missiles) that operate in real time.

Additionally, the aforementioned method can be used to create complex software systems (or their components) of mathematical modeling (for example Maple, Matlab, etc.).

The project object of the proposed method while developing software for targeted use of complex dynamic systems described by conventional nonlinear stochastic differential equations for the solution of which is taken their mean value (mathematical expectation of phase coordinates) and dispersion (correlative error matrix for determining phase coordinates), provided the original differential equation allows linearization.

The well-known methods for determining the statistical characteristics (method of interpolation polynomials, Dostupov method, Monte Carlo method) have a significant drawback: the computational complexity of resulting algorithms (software) is too high, making it difficult (and often impossible) to use by dynamic systems that operate in real time.

A prototype (known statistical method for determining characteristics) is represented in the method of linearization relative to the average value characteristics of dynamic systems with further transformation using the method of correlation. This prototype cannot be used for building the software that works in real time, as it has either significant methodological difficulty in carrying out analytical linearization (definition of the matrices of partial derivatives) or low accuracy in carrying out the linearization using numerical methods (method of finite differences).

The advantage of the proposed method of determining the statistical characteristics of dynamic systems based on multi-differential transformations is the reduction of computational complexity of software for complex high-dynamic systems (spacecraft, aircraft, rockets), which work in real time and have the onboard computers, where such mathematical software is established.

The proposed method resolves itself to the creation of a formalized algorithm (systematically implemented on a computer) for determining the statistical characteristics of complex dynamic systems, that greatly simplifies the process of developing software and simultaneously increases the efficiency of its operation (to reduce its computational complexity). The implementation of the software with reduced computing costs requires reduced capacity of onboard computers, and therefore their lower cost that has a significant economic impact for complex dynamic systems (spacecraft, aircraft, missile).

When describing the dynamics of spacecraft flying near space (600-700 km high), and using the sophisticated models of spacecraft motion the proposed project reduces computational complexity of the resulting algorithm to 1-order.

So, the proposed method allows developing formal mathematical algorithm of software building for targeted use of complex dynamic systems described by ordinary nonlinear stochastic differential equations for the solution of which is taken their mean value (mathematical expectation of phase coordinates) and dispersion (correlative matrix of errors definition of phase coordinates), provided the original differential equation allows linearization.

Scientific supervisor: Doctor of Engineering Science, Full Professor Yurii Kravchenko (+38095-068-86-25; y1143@rambler.ru)

НАУКОВИЙ ПРОЕКТ ДЛЯ СПІЛЬНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

«Математичне та програмне забезпечення визначення статистичних характеристик складних динамічних систем на основі багатовимірних диференціальних перетворень»

Запропонований метод визначення статистичних характеристик динамічних систем на основі багатовимірних диференціальних перетворень може бути використано при розробці математичного (програмного) забезпечення для складних високошвидкісних динамічних систем (космічних апаратів, літаків, ракет) які працюють у реальному часі.

Додатково вищезазначений метод може бути використано при створенні складних програмних комплексів (чи їх складових) математичного моделювання (наприклад Maple, Matlab, тощо).

Об'єкт проекту: впровадження запропонованого методу при розробці математичного (програмного) забезпечення для цільового використання складних динамічних систем, що описуються звичайними нелінійними стохастичними диференціальними рівняннями за розв'язок яких приймається їх середнє значення (математичне сподівання фазових координат) та дисперсія (кореляційна матриця похибок визначення фазових координат) за умови, якщо вихідне диференціальне рівняння допускає лінеаризацію.

Відомі методи визначення статистичних характеристик (метод інтерполяційних поліномів, метод Доступова, метод Монте-Карло) мають суттєвий недолік: значно завищена обчислювальна складність результуючих алгоритмів (математичного забезпечення), що ускладнює (а у багатьох випадках унеможлиблює) їх використання на динамічних системах які працюють у реальному часі.

Прототипом (відомий метод визначення статистичних характеристик) є метод лінеаризації відносно середнього значення характеристик динамічної системи із подальшим застосуванням методу кореляційних перетворень. Даний прототип не може бути використаний для створення математичного забезпечення, що працює у реальному масштабі часу, так як має або значну методичну складність при проведенні аналітичної лінеаризації (визначення відповідних матриць часткових похідних), або невелику точність проведення зазначеної лінеаризації при використанні числових методів (метод кінцевих різниць) (Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и её применение в связи и управлении. – М.: Связь, 1976. – 496 с.).

Перевагою запропонованого методу визначення статистичних характеристик динамічних систем на основі багатомірних диференціальних перетворень є зменшення

обчислювальної складності математичного (програмного) забезпечення для складних високошвидкісних динамічних систем (космічних апаратів, літаків, ракет), що працюють у реальному часі та мають бортові ЕОМ на яких таке математичне забезпечення встановлюється.

Запропонований метод зводиться до створення формалізованого алгоритму (який методичне просто реалізується на ЕОМ) визначення статистичних характеристик складних динамічних систем, що значно спрощує процес розробки математичного (програмного) забезпечення, та одночасно підвищує оперативність його роботи (зменшити його обчислювальну складність). Реалізація математичного (програмного) забезпечення зі зменшеними обчислювальними витратами, вимагає зменшених потужностей бортових ЕОМ, і відповідно їх меншої вартості, що для складних динамічних систем (космічний апарат, літак, ракета) має значний економічний ефект.

При описі динаміки польоту космічного апарату ближнього космосу (висота 600-700 км), при використанні складної моделі руху космічного апарату (враховуються збурення від не сферичності Землі та аномалії геопотенціалу з розкладом в ряд за сферичними функціями, варіацій щільності атмосфери, інших збурень), запропонований проект дозволяє скоротити до 1-го порядку обчислювальну складність результуючого алгоритму.

Таким чином, пропонується метод дозволяє розробити формалізований алгоритм створення математичного (програмного) забезпечення для цільового використання складних динамічних систем, що описуються звичайними нелінійними стохастичними диференціальними рівняннями за розв'язок яких приймається їх середнє значення (математичне сподівання фазових координат) та дисперсія (кореляційна матриця похибок визначення фазових координат) за умови, якщо вихідне диференціальне рівняння допускає лінеаризацію.

Науковий керівник проекту д.т.н., проф. Кравченко Юрій Васильович (+38095-068-86-25; y1143@rambler.ru)