

УДК 681.51+519.6+556.013

Машков О.А., Косенко В.Р. (Україна, Київ)

### МАТЕМАТИЧНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВЛАСТИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОГЕННИХ СИСТЕМ

До еколого безпечних систем висувається вимога щодо здатності зберігати безпечні (комфортні для людини і навколишнього середовища) екологічні стандарти, нормативи, показники після виникнення екологічних аварій (катастроф), можливо з погіршеними характеристиками. Відомі часткові рішення даної проблеми: використання резервних інформаційно-вимірювальних систем, толерантних обчислювальних систем, адаптивних систем прийняття та реалізації управлінських рішень. Однак сьогодні важливо для екологічних систем правильно діагностувати події і розуміти логіку їх розвитку у часі. Функціональна стійкість екологічної системи розглядається як властивість, що полягає у здатності задовольняти встановлені, хоча б мінімально, екологічно безпечні вимоги (функції) при внутрішніх пошкодженнях і (або) зовнішніх збуреннях. Реалізація функціональної стійкості екологічних систем може бути досягнута (за аналогією до динамічних систем) введенням в систему управління різних форм надмірності (структурної, функціональної, інформаційної тощо) і підготовленістю оператора до управління об'єктом управління при виникненні відмов і несправностей. Важливо своєчасно виявити початок зародження екологічної аварії (катастрофи) і запобігти неминучість її розвитку в просторі і в часі.

Принциповою умовою забезпечення властивості функціональної стійкості є можливість перерозподілу ресурсів всередині системи управління. Функціональну стійкість пропонується розглядати у вигляді стійкості математичного функціоналу якості системи. Такий підхід принципово відрізняється від розгляду властивості стійкості динамічної стійкості системи (стійкості фазових координат об'єкта управління).

Технологія забезпечення функціональної стійкості техногенно небезпечних екологічних систем полягає в послідовному виконанні наступних процедур: організація контролю стану техногенно небезпечної екологічної системи і виявлення чинника порушення (погіршення) екологічних показників; ідентифікація відмови або виявлення пошкодженої частини техногенно небезпечної екологічної системи (підсистема, комплекс, вузол, елемент); відключення ідентифікованого пошкодженого елемента від загальної системи управління; перерозподіл ресурсів системи управління (інформаційних, обчислювальних, енергетичних) таким чином, щоб система зберегла здатність виконувати задані функції.

Особливість запропонованого алгоритму полягає в тому, що загальна задача синтезу функціонально стійкої системи поділяється на окремі задачі: синтез алгоритму виявлення відмов і синтез алгоритму усунення можливих наслідків відмов.

Проблеми забезпечення функціональної стійкості сьогодні важливі для систем моніторингу техногенно небезпечних об'єктів з використанням геоінформаційних та аерокосмічних технологій. Введення надмірності (дублювання елементів) в систему призводить до збільшення вартості системи. При цьому не гарантується поліпшення якості функціонування системи. Питанням синтезу оптимальної структури надмірності функціонально стійких систем екологічного моніторингу присвячені роботи.

Також перспективним напрямком досліджень є забезпечення функціональної стійкості ергатичних (людино-машинних) систем. У цих системах керуючим елементом є людина-оператор. Завдання забезпечення функціональної стійкості ергатичних систем може бути зведено до наступних процедур: формалізація та опис дій людини-оператора в замкнутому контурі управління; розподіл функцій між людиною-оператором і апаратно-програмними засобами.

Теорія функціонально стійких техногенно небезпечних екологічних систем є результатом системного підходу до вирішення проблеми підвищення екологічної безпеки. Методи забезпечення функціональної стійкості спрямовані на більш повне використання технічних ресурсів техногенно небезпечних екологічних систем. При цьому, програмним і апаратним засобам відводиться не пасивна роль виконання жорсткої програми, а активний перерозподіл ресурсів для досягнення поставлених цілей функціонування. Завдання забезпечення функціональної стійкості техногенно небезпечних екологічних систем можна розглядати як одну з актуальних наукових завдань екологічної безпеки.