

Д.І.Вельміський, к.т.н.

Одеський державний екологічний університет

МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ СКЛАДНОЇ РАДІОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ВСІХ ЕТАПАХ ВИКОРИСТАННЯ

Пропонується модель системи, що розвивається, її етапи розвитку.

Ключові слова: *система, що розвивається, життєвий цикл, ефективність.*

Вступ. В наш час у метеорології використовуються достатньо складні технічні системи. Тому задача розробки автоматизованих систем контролю (АСК) стає актуальною.

Існуючі роботи розглядають питання проектування, надійності систем контролю та управління. Питання розвитку системи від моменту проектування до моменту "загибелі" системи залишаються не розглянутими.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом дослідження є складна технічна система, використовувана в метеорологічних вимірюваннях.

Наукова новизна статті полягає в тому, що в ній пропонується модель розвитку складної технічної системи на всіх етапах життєвого циклу.

Метою даної статті є розробка єдиного підходу, який би дозволяв на базі аналітичних моделей умов функціонування, вирішувати проблеми структурної організації АСК.

Для рішення наукової задачі і поставленої мети розв'язуються такі питання:

- вводиться поняття системи, що розвивається;
- розглядаються всі етапи розвитку системи;
- можливість представлення розвитку системи марківським способом.

Найчастіше під системою розуміють [1, 2] складну фізичну структуру, яка функціонує в часі як єдине ціле і виконує задану функцію з певним рівнем показників якості. Компонентами структури фізичної системи є природні ресурси, люди, виробни, устаткування, машини, тобто природні або штучно створені об'єкти (елементи складної системи), об'єднані загальною метою і які вирішують конкретне коло задач. Ефективність виконання задач складної фізичної системи залежить від її внутрішнього стану і зовнішніх умов, під якими розуміють навколишнє середовище, в умовах якої відбувається функціонування системи. Навколишнє середовище визначається у вигляді набору зовнішніх по відношенню до конкретної системи об'єктів, зміна властивостей яких впливає на рівень вихідного ефекту, реалізованого системою.

Із визначення системи і навколишнього середовища виходить, що будь-яка система може бути розділена на підсистеми. Об'єкти, які належать одній підсистемі, можуть розглядатися як частини навколишнього середовища інших підсистем. Тому аналіз розвитку системи повинен обов'язково включати вивчення нової сукупності відношення підсистем. Абсолютно очевидний той факт, що будь-яка штучна фізична система не виникає сама по собі, а організовується цілеспрямованою діяльністю людини і представляється просторово-часовою моделлю [3, 4].

Однією з характеристик особливостей штучної системи є її керованість, тобто здатність змінювати свій "рух", переходити в різні стани під впливом керівників.

Таким чином, керована система – це система, що розвивається, яка у міру накопичення в процесі розвитку кількісних показників набуває нової якості (перехід на вищі етапи свого розвитку). В таких системах завжди повинен бути орган, який

виконує функції керування (керувальна частина системи) і визначає динаміку розвитку системи в цілому, тобто її "рух". Під "рухом" системи, що розвивається, розуміється будь-яка зміна її в часі.

Розвиток складної технічної системи, який виражається в зміні її стану в часі, відбувається під впливом як зовнішніх дій, так і в результаті процесів, що відбуваються всередині системи. При описі динаміки системи, що розвивається, з безлічі різних зовнішніх дій повинні відбиратися тільки ті, які в умовах вирішуваної задачі мають істотний вплив на стан системи. Зовнішні дії, які надходять на вхід системи, називаються вхідними величинами. При розв'язанні задач керування розвитком складних технічних систем необхідно розрізнити два основних типи вхідних величин: керуючої дії і навчальної дії.

До керуючих відносяться такі дії, значеннями яких можна варіювати при керуванні системою з метою отримання оптимального для даних умов (набору зовнішніх навчальних дій і внутрішнього стану системи) маршруту "руху" керованої системи.

Для складної системи на навколишнє середовище характеризується значеннями її вихідних величин. Сукупність вихідних величин, які визначають стан складної технічної системи на кожному з етапів її розвитку, дозволяє оцінювати відповідність розвитку системи до мети керування, тобто якісно характеризують процес розвитку.

Навчальні дії, які впливають на "рух" системи, можуть мати не тільки зовнішнє, але і внутрішнє походження, наприклад, електрична і функціональна несумісність окремих пристроїв на етапі проектування, зміна властивостей елементів системи після тривалої роботи чи в результаті порушення нормального функціонування елементів системи на етапах заводських і полігонних випробувань або в процесі експлуатації.

Стан будь-якої складної технічної системи із заданою точністю можна охарактеризувати сукупністю значень, що визначають її поведінку, тобто змінними станами. Ці величини дозволяють порівнювати стани окремих систем і судити про їх відмінність. Для систем, що розвиваються, за значеннями змінних станів в часі можна керувати розвитком системи, тобто змінні стану системи є інформаційною основою для з'ясування напряму розвитку.

Описана модель розвитку складних технічних систем може бути представлена зміною простору станів системи (m) в часі. Простір станів системи – це багатовимірний простір, в якому кожен стан $m_i \in (m)$ задається (зображується) точкою, координатами якої є змінні стану m_i або вектором n -вимірного простору станів.

Другий спосіб зображення станів системи є переважним на ранніх і середніх етапах розвитку, оскільки він більш інформативний, що особливо важливо для якісного керування розвитком складних технічних систем.

Слід зазначити, що керування розвитком реальних систем здійснюється в умовах, коли змінні стану в більшості своїй набувають безперервних або дискретних значень з обмежених підмножин, які належать багатовимірному простору станів, тобто кожна i -та координата може набувати значення із замкнутої (обмеженої) підмножини станів (діапазон частот, напруг і т. д.), ці стани відображають якість функціонування підсистем або системи в цілому на даний момент часу (на прогнозований відрізок часу).

Можна записати, що кожна із координат простору станів

$$m_i \in (qi^k), \quad (1)$$

де (qi^k) – область допустимих значень i -тої координати стану системи.

Межі області допустимих значень для кожної з координат можуть бути різними, але обов'язково належати безлічі станів системи (m). Рух системи при такому

представленні процесу розвитку розглядається як ланцюг перетворень її станів. Напрями переходів і вид керування (перетворення станів) визначаються на основі поточних значень координат системи, видаваних інформаційно-вимірювальним комплексом, який є складовою частиною підсистеми керування розвитком складної технічної системи.

Тобто, для того, щоб керувати розвитком складної технічної системи, необхідно зібрати інформацію про стани всіх елементів системи та інформацію про умови (стани), в яких відбувається їх функціонування. Ця задача в підсистемі керування може виконуватися автоматичною контрольно-вимірювальною апаратурою (АКВА). АКВА, в процесі забезпечення керування розвитком, зовнішньою по відношенню до неї, складною системою, може сама також розглядатися як складна система, що розвивається, і яка є комплексом апаратних і програмних засобів. Це пояснюється тим, що на кожному з етапів розвитку складної системи, яка включає елемент АКВА, керування розвитком буде здійснюватися за різними координатами із безлічі станів, хоча не виключається і базовий набір координат, за значеннями яких буде здійснюватися керування на більшості або на всіх етапах розвитку. Отже, разом з базовим набором апаратних і агрегатних засобів АКВА повинна адаптуватися до особливостей кожного етапу з метою якісного керування розвитком складних технічних систем.

Будь-яка складна технічна система в своєму розвитку послідовно проходить кінцеве число етапів – від ідеї створення системи до повного вичерпання своїх можливостей по виконанню поставлених задач і припинення існування як класу систем.

Першим етапом розвитку складних технічних систем вважають [4] появу ідеї створення системи. На даному етапі визначають до якого класу належатиме система, що розробляється, формулюють основні задачі, які вона повинна буде виконувати в процесі використання за призначенням. Визначається комплекс умов, в яких буде функціонувати технічна система. Чим повніше буде представлена інформація про зовнішнє середовище, тим менше невизначеність у виборі виду системи.

Другий етап розвитку – це створення і узгодження технічного або тактико-технічного завдання на розробку системи. На даному етапі визначаються критерії і показники якості, які повинні реалізовуватися системою в процесі її експлуатації. Тут же визначається безліч координат (характеристик системи), за якими буде здійснюватися керування якістю на кожному наступному етапі розвитку, а також вибираються методи керування якістю. Методи керування якістю є основою для попереднього вибору апаратних і програмних засобів, які повинна містити АКВА.

Третій етап – це проектування складної технічної системи, в процесі якого визначається її структура, що реалізовує характеристики системи, при яких досягається задана якість функціонування. Для цього апріорно визначається діапазон зміни координат (характеристик) системи, в якому вона функціонує з необхідним рівнем вихідного ефекту.

Керування розвитком на даному етапі здійснюється за аналогом розвитку системи, однакової із створюваним класом системи або підсистеми, якщо повного аналога системи не виявилось.

Завжди існує декілька варіантів побудови структури, які задовольняють заданим технічним характеристикам. Вибір оптимальної структури може бути виконаний за допомогою оцінки за критерієм «вартість-ефективність». Слід зазначити, що дана задача розв'язується за обмеженнями, як на показники якості складної технічної системи, так і на її вартість. Очевидний той факт, що обмеження на характеристики якості накладаються знизу (не нижче заданого порогу якості функціонування системи), а на вартість їх реалізації – зверху (не більше виділеної кількості сил і засобів).

Визначення переважної структури системи може бути виконане за показниками, які характеризують:

- ступінь виконання поставленої задачі;
- вартість витрат на весь комплекс заходів щодо створення системи із заданими характеристиками;
- час на розв'язання задач при використанні системи за призначенням;
- ступінь ризику.

Як критерій, що визначає пріоритет одного з варіантів структури складної технічної системи, в цьому випадку може бути використана ефективність розв'язання поставлених задач із врахуванням економічних витрат, який визначають за формулою

$$W_{ек} = \frac{W}{C},$$

де W – показник ефективності використання системи;
 C – вартість затрат на реалізацію системи.

На даному етапі в структуру системи повинна бути закладена здатність її до саморегулювання і самоорганізації з метою адаптації до зовнішніх дій, які змінюються в деякому діапазоні, і внутрішнього стану проєктованої технічної системи. Здатність адаптації визначається межевою кількістю ступенів свободи для структури складної технічної системи або окремих її елементів, які дозволяють зберегти заданий рівень вихідного ефекту. Цей рівень реалізується системою у всьому діапазоні дій зовнішнього середовища і чинників внутрішнього походження, що дестабілізують.

Четвертий етап – це етап технічного конструювання, коли знаходиться конструктивне розв'язання, яке визначається структурою і безліччю серійних комплектуючих елементів

$$z = (z^j),$$

де $j = 1 \dots N$;

N – алфавіт комплектуючих елементів.

Вибір алфавіту комплектуючих елементів в деякій мірі залежить від координат (характеристик), за якими здійснюється керування розвитком системи

$$z = z(m). \tag{2}$$

В загальному випадку конструкція складної технічної системи визначається двома множинами – безліччю координат станів і безліччю комплектуючих елементів, за допомогою яких реалізується фізична структура

$$K = K(m, z). \tag{3}$$

П'ятий етап – це виготовлення і випробування дослідних зразків системи. В процесі випробувань оцінюється відповідність отриманих технічних характеристик. Тут можуть бути перевірені будь-які властивості системи, які піддаються кількісній оцінці шляхом вимірювань.

Найважливішим чинником на даному етапі є наявність такого набору засобів контролю, які б забезпечували високу достовірність контролю, тобто, забезпечували відповідність результату контролю істинному стану об'єкту, який перевіряється. При цьому можливі два варіанти організації контрольно-вимірювальних засобів, як частини підсистеми керування наступним розвитком проекрованої (сконструйованої) складної технічної системи.

Перший варіант – це створення такого набору універсальних і спеціальних вимірників, які б забезпечували керування розвитком лише на даному етапі.

Другий варіант – це створення такого комплексу апаратних і агрегатних засобів, які забезпечували б оцінку якості системи шляхом вимірювання її характеристик за встановленим законом і на всіх наступних етапах розвитку, тобто ставиться задача створення адаптивної системи контролю.

З погляду системного підходу до оцінки складних систем [2] другий варіант є переважаючим, оскільки забезпечує високий економічний ефект (менші витрати на реалізацію при однакових (приблизно) показниках достовірності контролю).

Шостий етап – це виробництво апаратури. При серійному виробництві дуже важлива роль відводиться технологічності T .

$$T=T(K) = T(m, z). \quad (4)$$

Технологічність істотно впливає на якість системи і особливо на таку її властивість, як надійність. Оцінка технологічності проекту є однією із складних і актуальних задач, оскільки вона істотно впливає на інтенсивність переходу системи на наступний етап її розвитку. Оцінка технологічності проекту є однією із складних і актуальних задач, тому що вона істотно впливає на інтенсивність переходу системи на наступний етап її розвитку. Технологічність, крім цього, впливає на вартість системи в цілому.

Останнім (сьомим), заключним етапом розвитку складних технічних систем є експлуатація. Саме в процесі експлуатації вдається правильно оцінити чи розрахувати за отриманою статистикою всі експлуатаційні характеристики систем. Після деякого періоду роботи системи робляться правильні висновки про її ефективність. Система повністю задовольняє поставленим вимогам тільки тоді, коли задовольняються нерівності (5)

$$Y(K, m, z)_{вим} - Y_{нотр} \geq 0; \quad W_{вим} - W_{нотр} \geq 0, \quad (5)$$

де $W_{вим} - W_{нотр}$ – необхідна ефективність системи за даними експлуатації;

$Y_{вим}$, $Y_{нотр}$ – необхідні характеристики якості системи за даними експлуатації.

У випадку, коли ці нерівності (5) не виконуються, система може модернізуватися або допрацьовуватися.

Всі перераховані вище етапи, які послідовно в своєму розвитку проходить система від ідеї її створення до повного припинення як класу систем, складають життєвий цикл складної технічної системи.

Слід зазначити, що важливим і тривалим етапом в життєвому циклі складної системи є експлуатація, яка іноді розглядається самостійно без тісного зв'язку із попередніми етапами розвитку. Експлуатація складної технічної системи – це безперервний процес, який включає низку заходів, що потребують планового,

безперервного впливу на систему для підтримки її в робочому стані. До таких заходів відносяться: планове технічне обслуговування, відновлення працездатності після відмови (ремонт), зберігання, підготовка до роботи, використання за призначенням і ін.

Здійснення перерахованих заходів неможливе без вимірального комплексу, який надає інформацію для керування якістю експлуатованої складної технічної системи. Оскільки кожний з режимів, в якому може знаходитись система, визначається значенням технічних характеристик та їх поведінкою в часі, то інформаційна основа для кожного режиму буде різною. Це означає, що АКВА (або інша апаратура контролю) повинна бути багатофункціональною, тобто, яку можна перебудувати або адаптувати, щоб вирішувати задачі керування якістю системи, як на окремому етапі, так і на всіх етапах її життєвого циклу.

З метою використання добре розробленого апарату звичайних диференціальних рівнянь для дослідження складних технічних систем, що розвиваються, розглянемо можливість представлення процесу розвитку марківським випадковим процесом (марківським ланцюгом).

Марківським випадковим процесом називається такий процес, значення X якого в майбутні моменти часу $t > t_0$ визначаються тільки значенням процесу X_0 замість t_0 і не залежать від того, яким чином процес перебуває в цьому положенні.

Випадковий процес може набувати тільки дискретних значень, або тільки безперервних, або ті й інші. Для реально функціонуючих систем найбільш ймовірним буде представлення їх дискретним марківським випадковим процесом, тому що для даних систем характерна схема переходів кількісних показників в нову якість системи. Наприклад, при накопиченні відходу параметрів від номінального значення і попадання їх за межі області існування, зупиняється в своєму розвитку або темпи її розвитку істотно сповільнюються.

Випадковий процес може набувати свої значення як в дискретні, наперед визначені моменти часу, так і в будь-який момент часу. В першому випадку випадкові процеси називаються процесами з дискретним часом, в другому – з безперервним. Надалі, залежно від етапу і рівня представлення розвитку складної технічної системи можливе використання марківських процесів з дискретними станами, як з дискретним, так і з безперервним часом. Випадковим процесом з дискретними станами S_1, S_n і дискретним часом t_1, t_n називається такий процес, при якому перехід із стану в стан можливий тільки в певні моменти часу t_1, t_n . В проміжках між цими моментами система знаходиться в одному із станів. В загальному випадку в моменти t_1 система може не переходити в інші можливі стани, а залишатися в початковому. Звичайно моменти переходу системи із стану в стан називають кроками. Випадковий ланцюг подій, який являє собою кроковий перехід системи від стану до стану, називається марківським ланцюгом, якщо ймовірність переходу S_i^k в $S_j^{(k+1)}$ залежить тільки від стану S_i^k і не залежить від того, як система опинилася в даному стані. Позначення i, j – номери стану системи, $k, k + 1$ – кількість кроків, за яке система перейде в i, j -тий стан відповідно.

Ймовірність знаходження системи в i -тому стані ($i=1, \bar{n}$) після k кроків дискретного часу може бути визначена виразом:

$$P_i(k) = \sum_{j=1}^n P_j(k-1)P_{ij}; \quad i=1; \quad k=1,2,\dots \quad (6)$$

Якщо розглядуваний процес стаціонарний, то P_{ij} стала і не залежить від номера кроку, в протилежному випадку вираз (6) запишеться

$$P_i(k) = \sum_{j=1}^n P_j(k-1)P_{ij}(k); \quad i=1; \quad \bar{n}; \quad k=1,2,\dots \quad (7)$$

Висновки. Таким чином, результатом проведених досліджень є такі висновки:

- введено поняття системи, що розвивається;
- запропонована модель розвитку складної технічної системи;
- проаналізовані етапи розвитку і життєвий цикл складної технічної системи;
- показано, що розвиток складної технічної системи можна представити марківським процесом.

Список літератури

1. Мищенко В.А. Метод селектирующих функций в нелинейных задачах контроля и управления. – М.: Советское радио, 1973. - 260 с.
2. Пономарёв Н.Н., Фрумкин И.С. и др. Автоматическая аппаратура контроля радиоэлектронного оборудования /вопросы проектирования/. М.: Советское радио, 1975. - 135 с.
3. Шорин В.Г. и др. Системный анализ и структуры управления. - М.: Знание, 1975. - 243 с.
4. Вопросы кибернетики. Управления развитием систем/ Под ред. А.П.Реутова, Р.М.Суслова. - Академия наук СССР. Научный совет по комплексной проблеме Кибернетика. - 1979. - 230 с.

Модель развития сложной радиометеорологической системы на всех этапах использования.
Вельмискин Д.И.

Предлагается модель системы, которая развивается, этапы ее развития.

Ключевые слова: система, которая развивается, жизненный цикл, эффективность.

Model of development of the difficult radiometeorological system on all stages of its using.

D. Velmiskin

The model of the system that develops, its stages of development are offered.

Keywords: system, that develops, life cycle, efficiency.