

-
-
2. Байхальт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхальт, П. Франкен. Пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1988. – 392с.
 3. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М.: Высш. шк., 1982. – 230 с.
 4. Пермяков О. Ю. Моделирование системы диагностирования та ремонту зенітних ракетних комплексів за допомогою замкнутої системи масового обслуговування [Текст] / О. Ю. Пермяков, Ю. Б. Прибілев, П. В. Опенько, І. В. Новікова // Науково-практичний журнал «Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони». – К.: Національний університет оборони України ім. І. Черняховського. – Вип. №3(24), 2015. – С. 88 – 93.
 5. Прибілев Ю. Б. Модель системи ремонту та відновлення озброєння та військової техніки із застосуванням апарату систем масового обслуговування з нечіткими правилами обслуговування черги [Текст] / Ю. Б. Прибілев // Збірник наукових праць «Праці університету». – К.: Національний університет оборони України ім. І. Черняховського. – Вип. №5(132), 2015. – С. 144– 152.
 6. Риордан Д. Ж. Вероятностные системы обслуживания / Пер. с англ. – М.: Связь, 1966. – 184 с.
 7. Петухов С. А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / С. А. Петухов, О. А. Новиков. – М.: Сов. радио, 1969. – 399 с.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF OPERATION, MAINTENANCE AND REPAIR OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Pribylev Y., Pashkov D.

The environmental impact of the operation, maintenance and repair of complex technical systems for military use are considered. A mathematical model of complex technical systems on the example of anti-aircraft missile is described.

Keywords: *complex technical system, anti-aircraft missile system, maintenance performance.*

УДК 354.5

Барабаш О. В., Пашков Д. П., Горський О. М.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ КРИТИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ

Розглянуто питання методології забезпечення функціональної стійкості складних систем. Показано, що в умовах застосування систем з різним рівнем складності структурної організації функціональна стійкість визначатиметься з обов'язковою стратифікацією вимог за рівнями ієрархії системи. Показано визначення критерію оцінки функціональної стійкості критичної інформаційної системи, заснованого на регламентації логіки взаємодії функціональних елементів і підсистем.

Ключові слова: *інформаційна система, функціональна стійкість, рівень ієрархії.*

Постановка проблеми. У результаті повсюдної інформатизації критичні функції управління передаються під контроль автоматизованих систем (АС). Цей процес породжує проблему забезпечення функціональної стійкості (ФС) складних ергатичних систем, що використовують гібридні людино-машинні технології обробки інформації. Особливо актуальною проблема ФС є для автоматизованих інформаційних систем, що забезпечують функціонування критичних систем управління (КСУ), таких як системи управління

небезпечними виробництвами й об'єктами атомної енергетики; системи управління космічними польотами, повітряним або залізничним рухом; системи управління військового призначення; системи управління органів державної влади та інші. Більшість систем цього класу характеризується критичністю вирішуваних функціональних задач, територіальною та інформаційною розподіленістю, концентрацією інформації обмеженого доступу, використанням біологічних і електронних технологій обробки інформації, семантичною доступністю для інформаційної дії, часовими обмеженнями циклу управління й іншими властивостями, які визначають складність технологічних процесів обробки інформації і потенційну небезпеку в разі порушення їх ФС. Таким чином, автоматизовані інформаційні системи стають компонентом критичних систем управління, що дозволяє виділити їх у клас критичних інформаційних систем (КІС), до яких необхідно пред'являти підвищені вимоги по ФС через небезпеку наслідків порушення їх функціонування.

Критичні інформаційні системи (КІС) – це клас ергатичних інформаційних систем, що реалізують інформаційні процеси в критичних системах управління. Критичність полягає в потенційній небезпеці порушення їх функціональної стійкості, оскільки повна або часткова відмова системи може призвести до значного економічного, політичного, військового, екологічного, морального або інших збитків.

Функціональна стійкість (ФС) – це властивість критичних інформаційних систем, що полягає в здатності реалізувати задані інформаційні функції (процеси обробки інформації) в умовах дії зовнішніх і внутрішніх дестабілізуювальних чинників.

Забезпечення ФС КІС є складною проблемою, що потребує системного рішення комплексу взаємопов'язаних задач з розробки теоретичних положень, методів автоматизованого моделювання й аналізу складних інформаційних систем, що дозволяють проводити їх декомпозицію, будувати достовірні моделі інформаційної архітектури й процесів обробки інформації, пред'являти вимоги по ФС і оцінювати їх реалізацію.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літератури [1, 2, 3, 4, 5, 6] показав, що межі керованості властивостей ФС ІС визначають на основі методів системного аналізу діалектичного взаємозв'язку інформаційних і системних властивостей матерії, відносин між поняттями «функціональна стійкість», «надійність», «інформаційна безпека», а також виділення класу КІС в загальній ієрархії складноорганізованих інформаційних систем.

КІС можна віднести до складноорганізованих ергатичних інформаційних систем, що використовують біологічні й комп'ютерні технології обробки інформації, для яких характерна наявність технологічних ділянок з автоматичним, автоматизованим та інтелектуальним управлінням. Остання обставина ускладнює аналіз проблемної ділянки, оскільки властивості ФС неоднозначні для інформаційних систем з різним рівнем складності структурної організації.

ФС даного класу систем визначають як динамічну рівновагу в межах допустимих відхилень гомеокінетичного плато [1]. Неузгодженість між суб'єктом та об'єктом управляючих дій, що виводять систему за межі цієї ділянки, призводить до функціональної нестійкості й інформаційного руйнування системи внаслідок нездатності до адаптації або зміни цільової функції системи в результаті глобальної структурної реорганізації [5].

Ділянку можливого управління ФС складної ІС визначають на основі ієрархічної стратифікації структури складних систем і цільових функцій її підсистем, що подана в таблиці 1. Аналіз можливих дестабілізуювальних чинників, структури й цільових функцій складних інформаційних систем показав, що ФС для досліджуваного класу систем залежить від двох аспектів: рівня технологічної надійності та функціональності елементів і підсистем, а також станів інформаційної безпеки (ІБ).

Питання надійності та функціональності технічних систем достатньо повно досліджені, висловлені в теорії надійності, прикладних теоріях і враховуються на практиці під час проектування АС. Вплив аспекту ІБ на ФС менш вивчений і найбільш актуальний для аналізу в конфліктних середовищах, оскільки він пов'язаний з цілеспрямованою дією конкуруювальних систем. Тому аналіз ФС ІС доцільно обмежити аспектами інформаційної

безпеки з урахуванням вимог щодо функціональності й надійності.

Мета статті. У статті пропонується підхід щодо системного використання методів аналізу й синтезу до дослідження властивостей функціональної стійкості критичних інформаційних систем.

Таблиця 1

Ієрархічна стратифікація підсистем і цільових функцій

Елементи ієрархічної структури складної керованої системи	Ієрархія цільових функцій	Ієрархія інформаційних функцій	Результат (мета)
Складна керована система (суперсистема)	Забезпечення структурної стабільності системи	–	Цілісність системи протягом життєвого циклу
Підсистема адаптації до дестабілізувальних факторів	Адаптація системи до нових умов з мінімальними структурними змінами	Керування властивостями суперсистеми	Суперсистема з новими властивостями, що забезпечують цілісність
Підсистема управління (інформаційна система)	Моделювання суперсистеми та зовнішнього середовища	Управління інформаційними моделями суперсистеми та зовнішнього середовища (реалізація функціональних алгоритмів)	Модель структури суперсистеми з новими властивостями
Виконавча підсистема обробки даних	Реалізація процедур з обробки інформаційних моделей (даних)	Управління обробкою даних (реалізація виконавчих алгоритмів)	Зберігання, передавання, інтерпретація на фізичному рівні та трансляція даних
Підсистема управління обробкою даних	Моделювання процесів обробки даних	Управління виконавчою підсистемою обробки даних	Узгодження процедур інформаційного процесу
Підсистема забезпечення ФС ІС	Забезпечення обробки даних за дестабілізувальних інформ. впливів	Управління станом інформаційної підсистеми	Функціональна стійкість інформаційної підсистеми
Підсистема забезпечення технологічної надійності елементів	Забезпечення технологічної надійності елементів	Управління надійністю елементів інформ. технологій	Надійність елементів інформаційних технологій
Підсистема забезпечення структурної стабільності	Забезпечення структурної стабільності	Управління конфігурацією інформ. архітектури	Конфіденційність та цілісність інформації
Підсистема забезпечення експлуатаційної надійності	Забезпечення експлуатаційної надійності	Управління працездатністю системи	Доступність інформації та зменшення часу простою після збоїв

Виклад основного матеріалу. Однією з важковирішуваних задач системного аналізу складних ІС є підвищення адекватності моделей інформаційних процесів і систем їх реальним прототипам.

Пропонують три методи розв'язків цієї задачі:

- трирівневий опис взаємодії інформаційних систем;
- візуалізація процесу декомпозиції досліджуваних систем на основі використання сучасних комп'ютерних технологій;
- автоматизація процесу синтезу математичних моделей інформаційних процесів і систем з об'єктно-орієнтованих діаграм на основі розробленого математичного апарату формального опису станів системи.

Перший метод ґрунтується на припущенні про те, що будь-яка інформаційна взаємодія між складними системами реалізується послідовно на фізичному, синтаксичному й семантичному рівнях взаємодії. Причому системи повинні мати відповідні інтерфейси для взаємодії на кожному з рівнів [2, 3]. Розділивши систему на інформаційні об'єкти (функціональні модулі) й описавши всі їх інтерфейси взаємодії, можна декларувати відносну повноту безлічі відносин, що враховують, між елементами системи, які визначають її поведінку і є предметом аналізу функціональної стійкості.

Другий метод підвищення достовірності моделювання ґрунтується на візуалізації процесу побудови моделей системи у вигляді об'єктно-орієнтованих діаграм. Використовування універсальних мов моделювання і підтримувальних програмних інструментальних засобів аналізу та проектування складних систем дають можливість формалізувати й автоматизувати процес синтезу інтегрованих моделей системи, понизити залежність від суб'єктивності аналітика і його помилок і, як наслідок, підвищити адекватність моделей. Для можливості декомпозиції інформаційних систем на інформаційні об'єкти й модулі необхідно використовувати метод класифікації елементів системи і зв'язків між ними за інформаційно-функціональним принципом [3].

Третій метод підвищення достовірності моделювання ґрунтується на генерації математичних моделей інформаційної системи з об'єктно-орієнтованих діаграм. Для його реалізації пропонують використовувати розроблений математичний апарат формального опису станів інформаційної системи [3].

Теорія ФС дає можливість обґрунтувати принципи побудови і критерії оцінювання функціонально стійких інформаційних систем в аспекті інформаційної безпеки. Основою ці положень є: модель реалізації загроз ФС, особливості інформаційних технологій і концепція побудови функціонально стійких систем.

Модель реалізації загроз функціональної стійкості за інформаційної взаємодії систем демонструють відносини на трьох рівнях взаємодії, через які можлива дестабілізація системи, а саме:

- взаємодія носіїв на фізичному рівні;
- взаємодія мов на семантичному рівні;
- взаємодія алгоритмів на синтаксичному рівні.

Істотним чинником, представленим в моделі, є виділення в структурі інформаційної системи функціональних алгоритмів, призначених для інтерпретації семантики об'єктів управління, і виконавчої підсистеми обробки даних, направленої на реалізацію інформаційних послуг зі зберігання, передавання та перетворення даних за запитами функціональних алгоритмів. Реалізація загроз може здійснитися на будь-якому рівні взаємодії. Крім того, взаємодія функціональних алгоритмів можлива, якщо вони мають інтерфейси і функції, характерні для виконавчої підсистеми з оброблення даних.

Ця модель дає можливість ввести систему дії дестабілізуювальних чинників для аналізу ФС КІС.

Особливості технологій оброблення інформації, що використовують, чинять істотний вплив на функціональну стійкість КІС.

У КІС використовують дві повнофункціональні технології обробки інформації:

біологічну й електронну. Відмінністю між ними, з погляду забезпечення ФС, є спосіб представлення знань і даних.

Розглянута раніше інтерпретація моделі загроз ФС характерна для технологій обробки інформації, представленої на контекстно-залежних мовах. У цьому разі в системі є окремі інформаційні об'єкти, з якими можлива взаємодія через несанкціоновані інформаційні канали. Такими об'єктами є технологічні ділянки КІС, які використовують комп'ютерні технології обробки даних.

Для систем з контекстно-залежним представленням інформації, до яких належать людина й перспективні інтелектуальні комп'ютерні системи, ґрунтуються на нейромережевих технологіях, зовнішній дестабілізуючий інформаційний вплив можна реалізувати тільки через штатні входи й виходи системи. Загрози, спрямовані на дестабілізацію виконавчої підсистеми обробки даних, для цього випадку неактуальні, якщо вона реалізована за принципом ієрархічного надання інформаційних послуг і виконано вимоги щодо інформаційної безпеки.

Концепцію побудови функціонально стійких інформаційних систем доцільно засновувати на стратегії обмеження й контролю доступу до функціональних інтерфейсів інформаційних об'єктів. Очевидно, що функціональна стійкість системи може бути забезпеченою за обліку параметрів інформаційної взаємодії, параметрів ФС і системи дестабілізуючих чинників, що складатимуть основи методології аналізу ФС, яка повинна надати вимоги до них та оцінити їх реалізацію в разі створення функціонально стійких КІС. Стратифікація вимог до ФС дає можливість виділити рівень, на якому можливо управління властивостями ФС.

Вимоги до функціональної стійкості КІС можна умовно стратифікувати на макросистемний, системний і мікросистемний рівні. На макрорівні вимоги формуються системою управління, на користь якої створюється інформаційна підсистема, і визначаються інформаційною політикою, яку розробляють для підтримки розв'язання функціональних задач, розв'язуваних системою.

На мікрорівні вимоги пред'являють до надійності й функціональності елементів інформаційної системи і визначають розвитком технологій. Характеристики інформаційної системи на макро- і мікрорівнях слабкокеровані. Таким чином, управління ФС інформаційної системи можливо, в основному, на системному рівні, на якому пред'являються вимоги до інформаційної архітектури й технології обробки даних за умови забезпечення надійності елементів системи та коректності вимог системи управління. Тому аналіз ФС доцільно проводити на системному рівні, тобто на рівні інформаційної архітектури.

Стратегія контролю доступу до функціональних інтерфейсів інформаційних об'єктів визначає принципи побудови архітектури й організації інформаційного процесу для функціонально стійких систем.

У системі виділяють інформаційні об'єкти, здатні виконувати стандартні функції з оброблення інформації на трьох рівнях інформаційної взаємодії. Функціональність об'єктів визначають наявністю в них відкритих інтерфейсів для кожного з рівнів. Можливість взаємодії визначають знаходженням об'єктів у одній зоні доступу і наявністю в них парних інтерфейсів. Оскільки рівні взаємодії ієрархічні, то можливість взаємодії на вищому рівні реалізується залежно від наявності його на всіх нижчих рівнях. Зони фізичного, синтаксичного або семантичного доступу характеризуються архітектурою системи й засобами розмежування доступу на відповідних рівнях.

Систему вважають функціонально стабільною, якщо в ході інформаційного процесу її інформаційні об'єкти перебувають у дозволених для них зонах доступу. Систему вважають функціонально нестабільною, якщо в ході інформаційного процесу в зону можливої взаємодії потрапляють об'єкти, відносини між якими вважають небезпечними для функціонування системи. Ці положення є критерієм оцінки ФС КІС, який ґрунтується на регламентації логіки взаємодії функціональних елементів і підсистем.

Аналіз ФС на системному рівні полягає в пошуку траєкторій переходу системи в

небезпечні стани, що є основною проблемою під час проектування, експлуатації й модернізації КІС, які повинні мати певний рівень функціональної стійкості. Для визначення всіх або майже всіх (тобто щодо повної множини) траєкторій переходу системи в небезпечні стани необхідна методологія, що дає можливість моделювати архітектуру й інформаційні процеси систем, формалізувати стани будь-яких інформаційних систем, проводити аналіз функціональної стійкості.

Методологія побудови моделей і аналізу ФС КІС охоплює кілька етапів (рис.1).



Рис. 1. Послідовність аналізу ФС КІС

На першому етапі проводять інформаційне й технічне обстеження системи управління з метою виявлення інформаційних об'єктів і відносин між ними, описи інформаційних інтерфейсів на трьох рівнях взаємодії. Змістовний аналіз інформаційної архітектури системи проводять з метою структуризації початкових даних для подальшого моделювання. Складність об'єкта дослідження й розмірність моделі потребують застосування спеціальних методів моделювання. Найперспективнішим для цього випадку є використання методологій функціонально-структурного й об'єктно-орієнтованого моделювання та аналізу складних систем, підтримуваних програмними засобами, які дають можливість візуалізувати й автоматизувати процес побудови моделі.

Побудова інтегрованих візуальних моделей інформаційної системи ґрунтується на можливості представлення її архітектури у вигляді мультиграфа, який відображається як об'єктно-орієнтовані діаграми.

Вершинами графа є інформаційні об'єкти й класи системи, дуги навантажуються інформаційними відносинами. Взаємодія об'єктів і класів у ході інформаційного процесу обмежується архітектурою системи інтерфейсами об'єктів і засобами розмежування доступу, які логічно або фізично розділяють систему на фізичні, синтаксичні та семантичні зони. Перебування інформаційних об'єктів у одній зоні доступу в разі збігу відповідних інтерфейсів припускає можливість їх взаємодії і, отже, зміни стану системи.

Завданням аналізу ФС КІС є знаходження всіх можливих траєкторій інформаційного процесу, здатних привести систему в небезпечні стани. Для її вирішення необхідно перевести візуальні діаграми КІС на мову математичної логіки, описавши об'єкти, їх інтерфейси, небезпечні й безпечні стани та правила переходу станів у вигляді пропозицій формальної логіки числення предикатів першого порядку.

Граф станів моделі КІС є направлений граф переходів, що відображає зміни стану досліджуваної КІС, тобто її поведінка, що визначається архітектурою системи і технологією обробки даних. Вершинами цього графа є елементи з безлічі станів, а ребра навантажені подіями з безлічі подій (рис. 2).

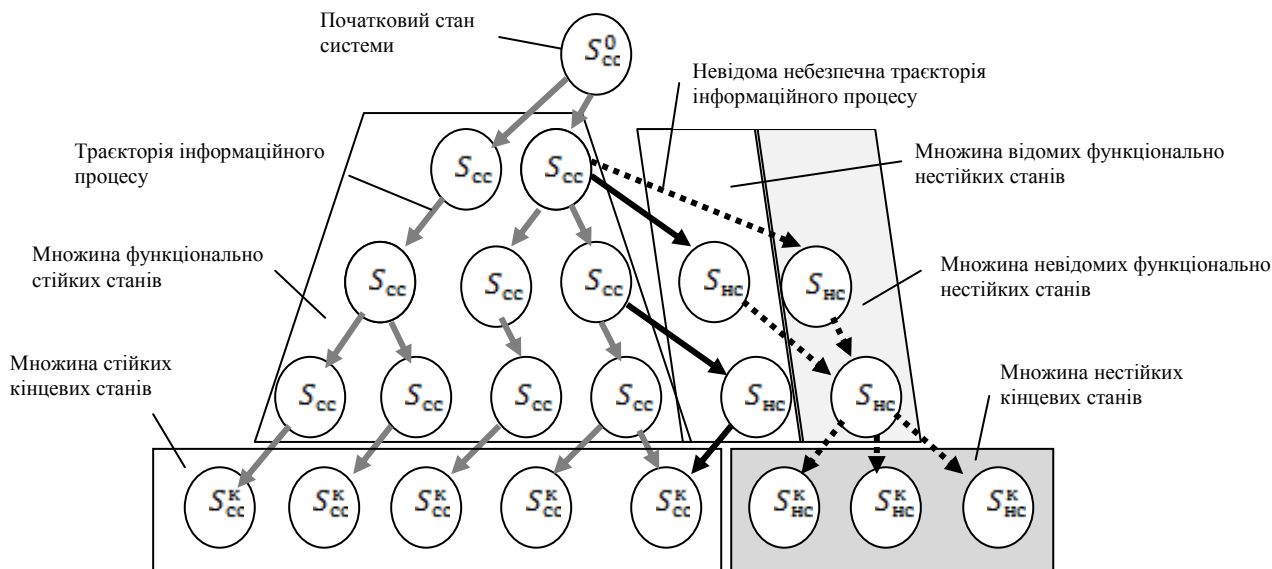


Рис. 2. Граф можливих станів критичної інформаційної системи

Розв'язок прямої задачі аналізу ФС КІС полягає у визначенні відсутності траекторій, що приводять систему в небезпечні стани, у разі встановлення конкретних типів інформаційних відносин між інформаційними об'єктами.

Загальну послідовність опису ситуації та доведення ФС КІС у вказаному значенні подано в [3, 4].

Висновок

Генерацію теорем та аксіом у вигляді формальних висловів математичної логіки числення предикатів можна здійснювати автоматично з об'єктних діаграм і діаграм класів на основі початкових даних про структуру орієнтованого графа, властивостях його вершин і дуг, отриманих на етапі об'єктно-орієнтованого аналізу КІС.

Науково-методичний апарат, об'єднувальний у рамках єдиної методології, основні положення теорії ФС КІС, методи формалізації станів, автоматизації моделювання й пошуку функціонально нестійких станів з формальним доказом відсутності заборонених траекторій, що приводять систему в небезпечні стани, дає можливість проводити об'єктивну оцінку й гарантувати функціональну стійкість інформаційних систем, які використовують у критичних системах управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лачинов В. М. Информодинамика или путь к миру открытых систем / В. М. Лачинов, А. О. Поляков. Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. – 256 с.
2. Сундеев П. В. Построение информационной модели функционирования обобщенной системы управления и обоснование фундаментальных принципов информационного взаимодействия сложных систем // Межвузовский сборник научных трудов. – Краснодар: КВИ, 2000. – С.23–31.
3. Симанков В. С. Системный анализ функциональной стабильности критичных информационных систем: Монография / В. С. Симанков, П. В. Сундеев. – Краснодар: Институт современных

технологий и экономики, 2003. – 132 с.

4. Сундеев П. В. Автоматизация анализа функциональной стабильности критичных информационных систем // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар: КВИ, 2004. – № 3. – С. 23–29.
5. Сундеев П. В. Функциональная стабильность критических информационных систем: основы анализа. Труды университета КубГТУ. – Краснодар: КГТУ, 2008. – № 4. – С. 36–55.
6. Барабаш О. В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА

Барабаш О. В., Пашков Д. П., Горский А. Н.

Рассматриваются вопросы методологии обеспечения функциональной устойчивости сложных систем. Показано, что в условиях применения систем с разным уровнем сложности структурной организации функциональная устойчивость будет определяться с обязательной стратификацией требований по уровням иерархии системы. Показано определение критерия оценки функциональной устойчивости критической информационной системы, основанного на регламентации логики взаимодействия функциональных элементов и подсистем.

Ключевые слова: информационная система, функциональная устойчивость, уровень иерархии.

PROVIDING OF FUNCTIONAL STABILITY OF CRITICAL INFORMATION SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SYSTEM USE OF METHODS OF ANALYSIS AND SYNTHESIS

Barabash O., Pashkov D., Gorskiy A.

The questions of methodology of the complex systems functional stability providing are considered. It is shown, that in the conditions of application of the systems with a different level of complication of structural organization functional stability will be determined with obligatory stratification of the system hierarchy levels requirements. Determination of the criterion of estimation of functional stability of the critical information system, based on regulation of logic of co-operation of functional elements and subsystems, is shown.

Keywords: information system, functional stability, hierarchy level