

УДК 65.012.3

doi:10.20998/2413-4295.2020.04.13

ІНФОРМАЦІЙНА СКЛАДОВА СТІЙКОСТІ БЛУКАЮЧИХ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

I. I. СТАНОВСЬКА^{1*}, О. Л. СТАНОВСЬКИЙ², Є. О. НАУМЕНКО², І. А. САУХ²

¹ кафедра вищої математики та моделювання систем, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

² кафедра нафтогазового та хімічного машинобудування, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

*e-mail: stanovskairaida@gmail.com

АНОТАЦІЯ Складні системи (процеси) відповідального призначення набувають все більшого поширення в сучасному світі. Відповідальність призначення складних систем обумовлюється такими, наприклад, обставинами, як залежність від останніх здоров'я або, навіть, життя великої кількості людей, екологічної безпеки регіонів та великих матеріальних витрат. До них можна віднести відповідальні промислові та енергетичні споруди, елементи систем транспорту, зв'язку та безпеки життєдіяльності, комп'ютерні системи та мережі, обладнання для складного медичного втручання в організм людини, освітні заклади, тощо. Об'єднує ці системи і робить їх суб'єктами дослідження те, що їхня складність вимагає для управління ними застосування сучасних інформаційних технологій та відповідної «вбудованої» комп'ютерної системи отримання та обробки в реальному часі достовірних даних про стан об'єкта. Існуючі вбудовані інформаційні системи, як правило, повинні бути заздалегідь навчені виявляти відхилення параметрів стану керованого об'єкта від норми, а також, розраховувати і здійснювати (іноді, за допомогою оператора) дії із своєчасної компенсації таких відхилень. Але, на жаль, існують й інші системи, які потрапляють у ситуації (кризи), коли їхні «паспортні» параметри піддаються суттєвим відхиленням, а існуюча, «вбудована» інформаційна підтримка таким ситуаціям не навчена, і оперативно допомогти в онлайн подоланні наслідків кризи не здатна. Адже керованість СС ВП, боротьба із кризами, які ці процеси спіткають, спирається на наявні адекватні та відносно швидкодіючі (вони повинні встигнути до руйнування псевдостійкого пошкодженого об'єкта) моделі та методи прийняття термінових антикризових рішень в управлінні. Метою роботи є підвищення ефективності антикризового управління процесами швидкоплинного розвитку складних багатопараметричних організаційно-технічних систем шляхом розробки та впровадження нових моделей та методів. Під ефективністю управління розуміли поліпшення в порівнянні з планом таких основних показників процесу, як час, вартість, параметри якості продукту, взаємодія із навколишнім середовищем або, принаймні, збереження планових показників в умовах криз. Для досягнення цієї мети в роботі проаналізовані складні системи відповідального призначення з точки зору їхньої стійкості до пошкоджень та криз; виконано класифікацію (сортування) складних систем відповідального призначення із блукаючими елементами; побудовано загальний алгоритм процесу накопичення загального параметричного простору при управлінні складними системами; виконана реалізація та оцінено практичне значення отриманих результатів.

Ключові слова: надійність; блукаюча складна система; відповідальне призначення; антикризове управління; інформаційна система

INFORMATION COMPONENT OF RESPONSIBLE PURPOSE WANDERING COMPLEX SYSTEMS STABILITY

I. STANOVSKA¹, O. STANOVSKYI², Y. NAUMENKO², I. SAUKH²

¹ Department of Higher Mathematics and Systems Modeling, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

² Department of Petroleum and Chemical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT Complex systems (processes) of responsible purpose are becoming more common in the modern world. The responsibility for designing complex systems is due to, for example, circumstances such as dependence on the latest health or even the lives of large numbers of people, the environmental security of regions and high material costs. These include responsible industrial and energy facilities, elements of transport, communication and safety systems, computer systems and networks, equipment for complex medical interventions in the human body, educational institutions, etc. What unites these systems and makes them subjects of research is that their complexity requires the use of modern information technologies and the appropriate "embedded" computer system for obtaining and processing real-time reliable data on the state of the object. Existing embedded information systems, as a rule, should be trained in advance to detect deviations of the parameters of the state of the controlled object from the norm, as well as to calculate and perform (sometimes, with the help of the operator) actions to compensate for such deviations. But, unfortunately, there are other systems that get into a situation (crisis), when their "passport" parameters are subject to significant deviations, and the existing, "built-in" information support for such situations is not trained, and quickly help in overcoming the consequences online crisis is not capable. After all, the controllability of SS SS, the fight against crises that these processes encounter, is based on the available adequate and relatively fast (they must have time to destroy the pseudo-resistant damaged object) models and methods of making urgent anti-crisis decisions in management. The aim of the work is to increase the efficiency of crisis management processes of rapid development of complex multi-parameter organizational and technical systems through the

development and implementation of new models and methods. environment or, at least, the preservation of targets in times of crisis. To achieve this goal, the paper analyzes complex systems of responsible purpose in terms of their resistance to damage and crises; classification (sorting) of complex systems of responsible purpose with wandering elements is executed; the general algorithm of the general parametric space accumulation process at management of difficult systems is constructed; the implementation is performed and the practical significance of the obtained results is evaluated.

Keywords: reliability; wandering complex system; responsible appointment; crisis management; information system

Вступ

Складні системи (процеси) відповідального призначення (СС ВП) набувають все більшого поширення в сучасному світі. Відповідальність призначення складних систем обумовлюється такими, наприклад, обставинами, як залежність від останніх здоров'я або, навіть, життя великої кількості людей, екологічної безпеки регіонів та великих матеріальних витрат. До них можна віднести відповідальні промислові та енергетичні споруди, елементи систем транспорту, зв'язку та безпеки життєдіяльності, комп'ютерні системи та мережі, обладнання для складного медичного втручання в організм людини, освітні заклади, тощо. Об'єднує ці системи і робить їх суб'єктами дослідження те, що їхня складність вимагає для управління ними застосування сучасних інформаційних технологій та відповідної «вбудованої» комп'ютерної системи отримання та обробки в реальному часі достовірних даних про стан об'єкта [1,2].

В той же час, існуючі вбудовані інформаційні системи, як правило, повинні бути заздалегідь навчені виявляти відхилення параметрів стану керованого об'єкта від норми, а також, розраховувати і здійснювати (іноді, за допомогою оператора) дії із своєчасної компенсації таких відхилень.

Але, на жаль, існують й інші системи, які потрапляють у ситуації (кризи), коли їхні «паспортні» параметри піддаються суттєвим відхиленням, а існуюча, «вбудована» інформаційна підтримка таким ситуаціям не навчена (блукаючі системи), і оперативної допомоги в он-лайн подоланні наслідків кризи не здатна. Адже керованість СС ВП, боротьба із кризами, які ці процеси спіткають, спирається на наявні адекватні та відносно швидкодіючі (вони повинні встигнути до руйнування пошкодженого об'єкта) моделі та методи прийняття термінових антикризових рішень в управлінні.

Аналіз літературних джерел

Відповідно до зазначеного вище, виділимо для аналізу окремі понятійні групи загального напрямку «інформаційна складова стійкості блукаючих складних систем відповідального призначення»:

1) інформаційна складова надійності складних систем [3-7];

2) інформаційна складова класифікації елементів складних багатопараметричних систем та виявлення «блукаючих» елементів, що відмовили: [8-

13];

3) динамічні системи із точками у фазовому просторі, до яких збігаються фазові траєкторії дисипативної системи (атракторами) [14,15];

3) інформаційні технології реінжинірингу, ремонту або заміни елементів, що відмовили [16-18];

4) розрахунок часу імплементації пошкодженого елемента та його контролю після ремонту або заміни [19,20].

Боротьба із критичним відхиленням параметрів складних систем відноситься до проблеми їхньої **надійності** – властивості складних об'єктів зберігати у встановлених межах часу значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування [3]. З точки зору довгострокового та безпечного користування такими об'єктами найважливішими їхніми характеристиками є головні компоненти надійності – стійкість, працездатність та ремонтпридатність.

Стійкість – здатність складної системи до збереження свого поточного стану в умовах зовнішнього впливу [4]. Стійкість складної системи у великій мірі залежить не тільки від властивостей останньої, але й від параметрів оточуючого середовища та вимог часу. Тому, вивчаючи ту або іншу складну систему, не можна робити висновки про її стійкість без врахування цих чинників.

Працездатність – стан складної системи, при якому вона спроможна виконувати певні функції при збереженні значень параметрів в межах, встановлених нормативною документацією [5].

Ремонтпридатність – властивість складної системи, що полягає в пристосованості до попередження, виявлення й усунення несправностей, а також підтримання і відновлення працездатного стану системи шляхом проведення технічних обслуговувань і ремонтів [6].

Головним показником ремонтпридатності, в свою чергу, є час відновлення об'єкта після відмови, що містить такі основні складові:

- час виявлення елемента, що відмовив;
- час доставлення необхідних елементів та деталей;
- час ремонту або заміни елементів, що відмовили;
- час налагоджування елемента та контролю після його ремонту або заміни [7].

Класифікація – система розподілення об'єктів по групах відповідно до наперед визначених ознак. В деяких випадках, вживають термін категоризація у

значенні розподілення об'єктів на категорії.

Проблема класифікації в цих задачах розв'язується, як правило, в умовах багатопараметричності, нечітких функціональних зв'язків [8] та в просторах, що можуть зовсім не перетинатися або перетинатися частково [9-11]. Це потребує додаткового часу для приведення окремих просторів до єдиного.

В наслідок того, що класифікація утворює щонайменш одну не пусту групу (клас), то визначають класифікацію групування як процес утворення класів [12,13].

Класифікація визначає головну роль в тому, що допомагає суттєво спростити в спілкування визначення об'єктів, дозволяючи оперувати більш вузькими і конкретними поняттями.

Якщо ознаки класів сталі та чіткі в математичному сенсі, то ознаки окремих груп класів також є сталими та чіткими, незалежно від того, що відбувається поза межами цього класу. Але, якщо межі цих класів не є сталими, можна вважати що приналежність будь якого елемента відповідної множини до того або іншого класу залежить також від «подій», які відбуваються за його межами.

Таким чином, впливаючи на елементи ззовні та оцінюючи їхній стан після цього впливу можна отримати різні класи таких елементів.

Найкращою групою складних об'єктів є така, яка після збурення «сама» повертається до стану, в якому це збурення та його наслідки скасовуються. До такої групи відносяться динамічні системи з атрактором [14,15].

Перебудова складної системи з метою відновлення після кризи – це, як правило, реінжиніринг – деяка комплексна процедура, яка передбачає розробку нових елементів систем шляхом радикального перепроектування існуючих елементів, зазвичай на основі інтенсивного використання у нових процесах електронних систем, зміни умов життєвого циклу останніх, що, у свою чергу, дає можливість отримання додаткових часових переваг [16,17].

І, нарешті, згадуючи про терміновість усіх процесів, пов'язаних із антикризовою діяльністю, в науковій літературі присутні роботи про прийняття відповідних рішень за допомогою автоматичних систем [18,19,20].

Важливо зазначити, що під зовнішнім впливом будемо розуміти не тільки деяку дію, яка змінює об'єкт (наприклад: був червоний, став зелений), але і нову інформацію, яку ми отримуємо про елемент (наприклад: стала доступна інформація, що колір елемента зелений).

В цьому випадку головною дією, направленою на елемент з метою уточнення результатів його класифікації, є інформаційна технологія отримання обробки та збереження нової інформації про нього.

Мета роботи

Метою роботи є підвищення ефективності антикризового управління процесами швидкоплинного розвитку складних багатопараметричних організаційно-технічних систем шляхом розробки та впровадження нових моделей та методів, що застосовуються в антикризовому управлінні.

В цьому випадку під ефективністю управління розуміли, в першу чергу, поліпшення таких основних показників, як час досягнення антикризової мети та стійкість системи.

Для досягнення цієї мети в роботі **розв'язані наступні задачі:**

- проаналізовані складні системи відповідального призначення з точки зору їхньої стійкості до пошкоджень та криз;
- виконано класифікацію (сортування) складних систем відповідального призначення із блукаючими елементами;
- побудовано загальний алгоритм процесу накопичення загального параметричного простору при управлінні ПС ВП;
- виконана реалізація та оцінено практичне значення отриманих результатів.

Розробка інформаційних засад підвищення стійкості складних систем відповідального призначення

1. Аналіз та класифікація (сортування) складних систем відповідального призначення з точки зору їхньої стійкості до пошкоджень та криз.

На рис. 1 наведений зразок гіпотетичної часової діаграми життєвого циклу абсолютно стійкої складної системи, адже під час свого життєвого циклу вона без зовнішніх втручань та без порушень границь коридору стійкості досягає кінцевої мети свого існування.

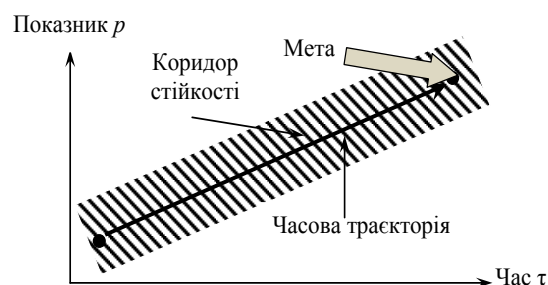


Рис. 1 – Зразок гіпотетичної часової діаграми життєвого циклу абсолютно стійкої складної системи (стійкість дорівнює 100 %)

Ще одним чинником стійкості є умовна ширина деякого «коридору» допусків на показник (показники), за значеннями якого (яких) приймається

рішення про відмову системи в цілому (рис. 2). Отже стійкість в будь-якому випадку є характеристикою нечіткою.

На цьому ж рисунку наведений зразок іншої гіпотетичної часової діаграми життєвого циклу абсолютно нестійкої складної системи, адже під час свого життєвого циклу вона без зовнішніх втручань порушує границю коридору стійкості тобто руйнується і не досягає кінцевої мети свого руху.

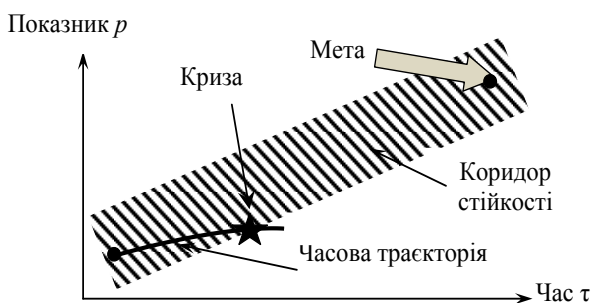


Рис. 2 – Зразок гіпотетичної часової діаграми життєвого циклу абсолютно нестійкої складної системи (стійкість дорівнює 0 %)

Наведені на рис. 1 та 2 зразки є прикладами гіпотетичних граничних станів стійкості складних систем. Між ними в реальному світі лежать системи, стійкість яких не дорівнює ані 0, ані 100 %, а отже тут «працюють» додаткові чинники

Відповідальність призначення тієї або іншої системи також є характеристикою нечіткою, адже вона залежить від суб'єктивної оцінки об'єктів керування користувачами. В роботі відповідальними вважали такі системи (процеси), від діяльності яких залежить доля або, навіть, життя великої кількості людей [10]. Прикладами складних систем відповідального призначення є експлуатація великих енергетичних споруд, елементів транспорту, процеси медичного втручання в організм людини, будівництва, освіти, тощо. Пошук таких моделей і методів, особливо, в умовах наявності несподіваних криз і порушень в перебігу життєвого циклу відповідальних складних процесів – завдання вельми непросте, адже, як це прийнято вважати, складна система – це відкрита система, властивості якої не можуть бути виведені із властивостей окремих її

елементів. Таким чином, з точки зору стійкості множини складних систем відповідального призначення можна умовно розподілити на декілька підмножин.

Із складних систем з точки зору стійкості функціонування до пошкоджень та криз можна на першому етапі класифікації умовно виділити дві групи: абсолютно стійкі та абсолютно нестійкі (базові підсистеми).

I. Стійкі системи. Базову підмножину складних систем відповідального призначення назвемо **абсолютно стійкою (або абсолютно надійною)** (рис. 1), якщо під час їхнього функціонування кризи взагалі не відбуваються, і тому вони не потребують відновлення. Стійкість таких систем є наслідком не тільки внутрішніх особливостей останніх, а й зовнішніх умов їхньої експлуатації.

Зрозуміло, що у випадку дійсно складних систем ані абсолютно стійких, ані абсолютно нестійких не буває. Адже у першому випадку система у своєму русі в межах «коридору стійкості» у часі повинна досягти кінцевої мети свого існування, незалежно від пошкоджень та криз які її спіткають.

У цьому випадку можна вважати, що в цій системі кризи та пошкодження за період свого руху до мети або не відбуваються взагалі, або складна система їх не помічає (рис. 1).

II. Нестійкі системи. Базову множини складних систем назвемо **абсолютно нестійкими (УН)**, якщо після кризи, тобто перетину часовою траєкторією границі коридору стійкості, система взагалі не може існувати та розвиватися за планом (хоча попередній план може існувати) без постійних змін та криз, а також боротьби з ними. Абсолютно нестійка система при першому ж пошкодженні або кризі виходить за межі дозволеного коридору стійкості і назад до нього не повертається (рис. 2), тобто мета її руху не досягається.

Базові підсистеми мають лише теоретичний характер, оскільки в реальному житті вони практично не зустрічаються або зустрічаються лише на обмеженому часовому діапазоні.

Узагальнення головних властивостей базових складних підсистем I та II здійснено до табл. 1.

Таблиця 1 – Підкласи базових складних систем відповідального призначення з точки зору їхньої стійкості до пошкоджень

№№ з/п	Назва підкласу систем відповідального призначення	Пошкодження	Чинники стійкості	Засоби стійкості
1	2	3	4	5
I	Абсолютно стійкі (рис. 1)	Не відбуваються	–	–
II	Абсолютно нестійкі (рис. 2)	Відбуваються	Відсутні	Відсутні

Прикладом таких систем є будь-які організаційні проекти або програми, наприклад, будівництва деяких складних споруд, які мають конкретні строки початку та завершення. Саме в цей період менеджмент проекту має постійно передбачати та ліквідувати наслідки криз у вигляді пошкоджень системи.

Крім базових, існують системи, які після кризи «борються» за свою працездатність, тобто виявляють умовну стійкість.

III. Умовно стійкі системи. Підмножину складних систем назвемо **умовно стійкими (УС)**, якщо після кризи, тобто перетину часовою траєкторією границі коридору стійкості, система та (або) її оточення роблять усе, щоб повернути цю траєкторію до коридору стійкості. Прикладом УС є майже усі види транспорту, процеси медичного втручання, освітнього процесу, тощо.

Іноді вони роблять це самі, а іноді – тільки в результаті швидкого прийняття та виконання деякого антикризового вердикту, отриманого порівнянням параметрів кризи та параметрів наявних (відомих та забезпечених усім необхідним) можливих рішень.

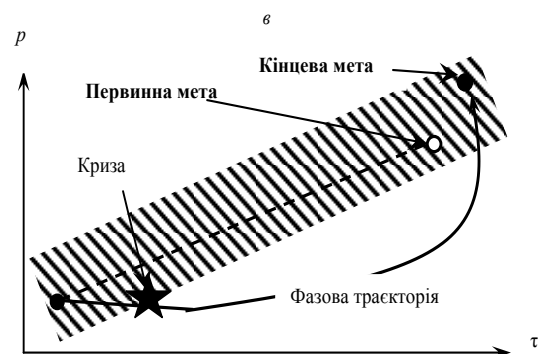
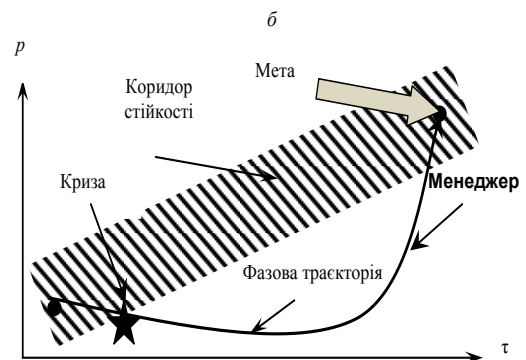
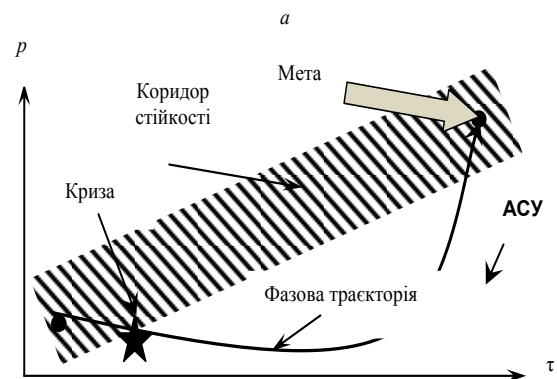
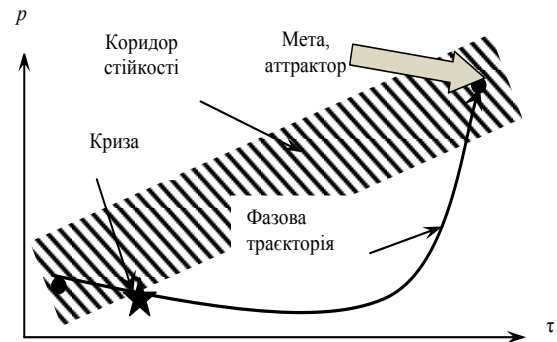
Звісно, в цьому випадку починає відігравати вирішальну роль час, який під час кризи відведено на її подолання моделлю описаною в інструкції.

Реальна система повинна мати деякі можливості повернення до заданого коридору і, таким чином, вбудована система управління повинна супроводжувати її рух до мети (рис. 3, а – г), протидіючи на своєму шляху кризам та пошкодженням в системі.

Зазначимо також, що один і той же процес можна розглядати або як УН, або УС, тому менеджери УС систем повинні намагатися не допускати до «звалювання» УС до НС, а якщо це все ж таки відбулося, переходити до зовсім іншого типу управління, наприклад, штатне управління літаком переходить до управління процесом «Аварійно посадити літак». Коли життєвий цикл складної багатопараметричної системи відповідального призначення спіткає істотна криза, наслідки можуть бути вельми катастрофічними, тому антикризова складова такого управління є досить актуальною.

В цьому випадку для ліквідації наслідків кризи необхідно застосувати відповідні антикризові дії, зміст і забезпечення яких можуть бути заздалегідь запланованими (перша група), або таким, які були розроблені вже після того, як несподівана криза відбулася (друга група).

В такому випадку фактично маємо **складну адаптивну систему** відповідального призначення (САС ВП), причому, щодо кінцевого результату користувачам таких підсистем байдуже, виникає ця адаптивність за рахунок внутрішніх властивостей останніх та їхніх елементів або за рахунок активних управляючих впливів на систему деяких активних менеджерів.



- а) – автостійка система із аттрактором;
- б) – примусово стійка система із вбудованою АСУ;
- в) – примусово стійка система під управлінням менеджменту;
- г) – управління проектом із зміною мети проектною діяльністю

Рис. 3 – Зразки фазових діаграм життєвого циклу умовно нестійких складних систем

Питанням є, як виглядає така протидія та якими засобами вона може бути реалізована на практиці.

По-перше, це можуть бути особливості конструкції системи, які роблять мету руху останньої у фазовій площині атрактором цієї системи (рис. 3, а). Тоді повернення системи після пошкодження до запланованого дозволеного коридору фазової траєкторії відбувається автоматично. При цьому стійкість таких систем достатньо висока, хоча і не дорівнює 100 %.

В багатьох реальних системах повернення умовно стійких об'єктів до дозволеного коридору відбувається «вручну». Для цього оператор повинен мати дві системи управління поверненням. Перша – визначення причин кризи за її зовнішніми проявами (встановлення діагнозу) і друге – вибір та реалізація антикризових дій, які цьому діагнозу відповідають.

Переходи від кризи до діагнозу та від діагнозу до антикризових дій часто бувають заздалегідь відомими та прописаними в інструкціях якими користується оператор. Такий перехід передбачає також, що прописані інструкцією антикризові протидії забезпечені в системі програмно та матеріально.

У випадку, якщо в системі відбулася «відома» (в тому сенсі, що її опис є в інструкції) криза, а також є час, необхідний для виконання, передбачених інструкцією дій, то така система може вважатися умовно стійкою.

Якщо в інструкції не описані ознаки кризи, яка відбулася в системі, то у оператора залишається остання надія: власними можливостями встановити причину кризи (поставити діагноз), а також знайти та реалізувати засоби подолання цієї кризи.

Оскільки заздалегідь результати таких дій оператора невідомі, ймовірність «врятувати» пошкоджену систему нижче за ймовірність описаних вище класів систем, але вона все ж таки не дорівнює нулю.

Як бачимо розв'язання перелічених проблем, незалежно від фізичної структури складних систем, – механічної, медичної, технологічної, тощо, – лежить в інформаційній площині, оскільки розв'язання антикризових задач потребує банків даних (інструкції, тощо), а також здійснення пошуку та використання інформації для прийняття відповідних антикризових рішень.

Складні адаптивні системи відповідального призначення повинні не тільки компенсувати наслідки ризикових подій, але ще й повертати керований об'єкт до стану, з якого він може стартувати ще невизначену кількість разів. В якості прикладу можна розглянути літак під час польоту, коли у разі виникнення кризи він під дією САС ВП не тільки врятовується, але й готовий після цього повторювати польоти аж до зношування.

Далі розглянемо реальні умовно стійкі складні підсистеми із заздалегідь вбудованою системою

опору пошкодженням. До них відносяться такі.

III-1. Автостійкі системи (рис. 3, а). Відновлення таких систем після пошкодження полягає в автоматичному поверненні фазової траєкторії до запланованого заздалегідь «коридору». Мета функціонування системи також зберігається. Повернення відбувається автоматично, завдяки конструкції системи, для цього точка мети на діаграмі повинна бути атрактором системи. Атрактори можуть бути точковими (точки рівноваги), лініями (граничні цикли), поверхнями, і навіть складними багатовимірними фрактальними структурами [21].

III-2. Примусово стійкі системи із вбудованою АСУ (рис. 3, б). Відновлення таких систем після пошкодження також полягає у поверненні фазової траєкторії до запланованого заздалегідь «коридору». Мета функціонування системи в цьому випадку також зберігається.

Примусове відновлення після пошкодження відбувається тут, як правило, під управлінською дією деякої внутрішньої АСУ. В останньому випадку мається на увазі, що АСУ має дві заздалегідь вбудовані підсистеми виявлення причини кризи в банку даних АСУ та засобів її подолання.

III-3. Примусово стійкі системи під «ручним» управлінням, в яких під час їхнього функціонування також відбуваються кризи, і тому вони також потребують відновлення. Однак таке відновлення вже не повертає рух системи до запланованої траєкторії, як в пп. 3 та 4, і тому загальна мета такого руху також має бути змінена (рис. 3, в). Такі системи відносяться до організаційних проектів, а заходи з їхнього відновлення – до **управління проектами** (наприклад, проект створення комп'ютерної мережі).

III-4. Управління проектами та програмами (рис. 3, г). Система складається з планування, організації та управління ресурсами з метою успішного досягнення цілей та завершення завдань проекту. Проект – це обмежений часовими рамками процес, що має визначений початок та кінець, зазвичай обмежений датою, але також може обмежуватися фінансуванням або досягненням результатів, який здійснюється для реалізації унікальних завдань.

Узагальнення головних властивостей реальних складних підсистем із заздалегідь вбудованою системою опору пошкодженням здійснено в табл. 2 та 3.

2. Класифікація (сортування) складних систем відповідального призначення із блукаючими елементами

Однією з перших завдань інформаційної системи відновлення пошкоджень в складних об'єктах відповідального призначення є пошук того елемента об'єкта, де це пошкодження «зародилося», при умові, що з параметрів наслідків пошкодження

місце первинної кризи не впливає.

Наприклад, якщо в трубопроводі системи впаде нижче припустимого тиск, то безпосередньо з цього факту не можна визначити, хто в цьому «винен», – поламка насоса, засмічення труби або розрив останньої.

Якщо уявити простір параметрів такої системи як багатовимірний простір станів останньої, то ймовірність знаходження пошкоджень в деяких точках цього простору може суттєво відрізнятись. В цьому випадку модель у вигляді простору таких ймовірностей може значно спростити пошук «винуватця» пошкодження серед деякої «хмари» ймовірних пошкоджень (встановлення діагнозу), а

отже й його ремонту (лікування).

В складних системах при постійній зміні умов функціонування «хмара» ймовірних пошкоджень рухається в межах простору станів системи, створюючи тим самим блукаючу складну систему відповідального призначення.

Зрозуміло, що для практичного врахування особливостей таких систем у відповідального менеджера повинні бути максимально *достовірні* та *оперативні* моделі, як самої блукаючої складної системи, так і процесів, що в них відбуваються під час кризи.

Таблиця 2 – Підкласи реальних складних підсистем із задалегідь вбудованою системою опору кризам з точки зору їхньої стійкості до відомих можливих пошкоджень

№№ з/п	Назва підкласу систем відповідального призначення	Пошкодження	Чинники стійкості	Засоби стійкості
1	2	3	4	5
III-1	Автостійки системи із атрактором (рис. 3, а)	Відбуваються	Автоматичне повернення до атрактора	Конструкція системи, яка містить атрактор
III-2	Примусово стійки системи із вбудованою АСУ (рис. 3, б)		Автоматичне виявлення конкретних причин пошкодження	Наявні запасні матеріали, інвентар та пристосування під конкретне пошкодження
III-3	Примусово стійки системи під «ручним» управлінням (рис. 3, в)		Виявлення конкретних причин пошкодження	Наявні запасні матеріали, інвентар та пристосування, які передбачені в системі
III-4	Проекти та програми із зміною мети проектної діяльності (рис. 3, г)		Виявлення конкретних причин пошкодження	Наявні запасні матеріали, інвентар та пристосування, які передбачені в системі

Інакше, менеджер не зможе ані поставити правильний «діагноз», ані запропонувати ефективне рішення для повернення пошкодженого кризою процесу в заплановані рамки руху.

Адже, в загальному випадку, коли вже починає розвиватися криза, моделей для пошуку її причин (діагностики) не існує, методи як боротися з її наслідками ще не відомі, і від вчасного створення

цих моделей та методів саме й залежить адаптивність САС до виконання нею відповідального призначення. Мало того, побудувати достовірну модель «криза» – «причина її виникнення» недостатньо. Потрібні не менш достовірні інформаційні моделі процесів та обладнання для імплементації антикризових рішень.

Таблиця 3 – Підклас реальних складних систем без задалегідь вбудованої системи опору блукаючим кризам (псевдостійкі системи)

№№ з/п	Назва підкласу систем відповідального призначення	Чинники стійкості	Засоби стійкості	Засоби стійкості
1	2	3	4	5
IV	Псевдостійки системи (ПСС)	Он-лайн розробка моделей та методів відновлення	Нові програмні та технічні засоби виявлення причин кризи (постановка «діагнозу»)	Нові програмні та технічні засоби відновлення ПСС після кризи (лікування)

3. Загальний алгоритм процесу накопичення загального параметричного простору при управлінні ПС ВП.

Важливою проблемою при прийнятті антикризових рішень при управлінні псевдостійкими складними системами відповідального призначення є те, що параметри самої системи, кризи та антикризових рішень, як правило, відносяться до різних просторів, і при розв'язанні таких проблем необхідно ці простори об'єднувати до єдиного, в якому можуть бути представлені моделі усіх «учасників» процесу (рис. 4). Алгоритм процесу накопичення загального простору, для опису антикризових рішень при управлінні псевдостійкими складними системами відповідального призначення, для моделювання та аналізу псевдостійкої складної системи, пошкодженої кризою складається з

наступних кроків.

Крок 1. Опис псевдостійкої складної системи відповідального призначення з визначенням параметрів системи та їх допустимих границь.

Крок 2. Побудова динамічного простору $P_{CC} = \langle p_1, p_2, \dots, p_n, \tau \rangle$ для аналізу псевдостійкої складної системи.

Крок 3. Чисельне оцінювання кризи в псевдостійких складних системах відповідального призначення, прийняття рішення про наявність кризи.

Крок 4. Побудова простору параметрів кризи P_K для аналізу псевдостійкої складної системи, пошкодженої кризою.

Крок 5. Об'єднання просторів складної системи P_{CC} та кризи P_K для аналізу псевдостійкої складної системи, пошкодженої кризою.

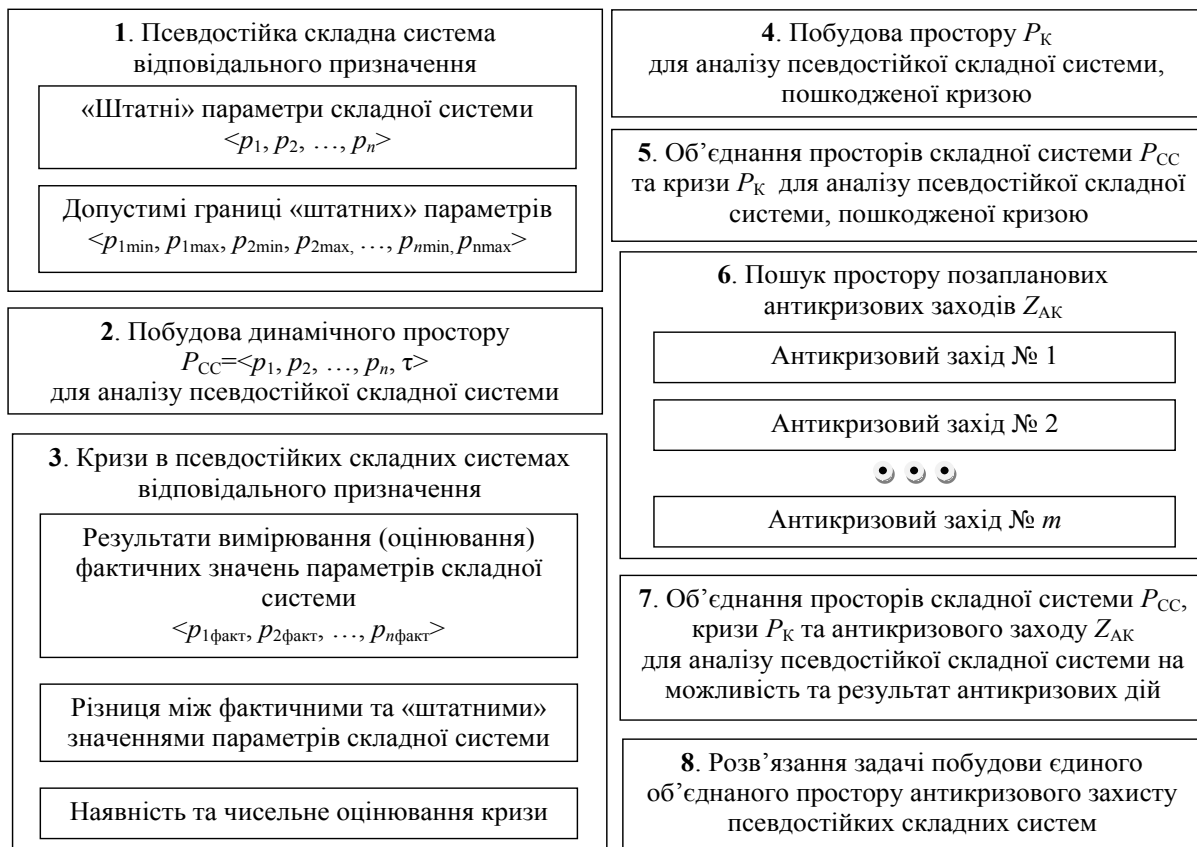


Рис. 4 – Схема алгоритму процесу накопичення загального параметричного простору при управлінні ПС ВП

Крок 6. Прийняття простору позапланових антикризових заходів Z_{AK} .

Крок 7. Об'єднання просторів складної системи P_{CC} , кризи P_K та антикризового заходу Z_{AK} для аналізу псевдостійкої складної системи на можливість та результат антикризових дій.

4. Практичне значення отриманих результатів полягає у їхньому використанні із позитивним ефектом в процесі пошуку антикризових

рішень в освітній системі Одеського національного політехнічного університету, який вимагав термінових змін, пов'язаних із карантинном [1, 2].

В спланований освітній процес були внесені корективи, які забезпечували його планове завершення в попередньо невизначених умовах, як для студентів, так і для викладачів: дистанційно в синхронному або асинхронному режимах. Нові умови виглядають так: можливості фізичного відвідування закладів вищої освіти здобувачами та

викладачами обмежені або відсутні, традиційні інструменти семестрового контролю та атестації не можуть бути застосовані з причин непереборної зовнішньої сили (природні катаклізми, заходи карантинного порядку та інші форс-мажорні обставини).

В результаті одержані такі результати:

- учбовий план змінено тільки в частині виконання лабораторних робіт, які не можуть бути організовані дистанційно;
- дистанційна комунікація учасників освітнього процесу здійснювалася через засоби комунікації, вбудовані до систем управління навчанням, електронну пошту, месенджери, відеоконференції;
- проведені усі види контролю засвоєння матеріалів лекцій та практичних занять;
- проведені усі планові захисти курсових та дипломних робіт;
- виконані роботи з виготовлення та розповсюдження усіх видів супровідної документації

Висновки

Проаналізовані складні системи відповідального призначення з точки зору їхньої стійкості до пошкоджень та криз.

Виконано класифікацію (сортування) складних систем відповідального призначення із блукаючими елементами. Запропоновані підкласи стійких систем, в яких стійкість досягається різними методами.

Запропоновано також підклас псевдостійких систем із «блукаючими» причинами виникнення кризи і наведені основні засади їхнього подолання у заданий природою пошкодження час.

Побудовано загальний алгоритм процесу створення загального параметричного простору при управлінні складними системами відповідального призначення.

З точки зору нашого дослідження псевдостійкі системи мають такі властивості. Їхній опис має ознаки класифікації, а отже, може бути віднесений до наукової новизни.

Вперше з класу чітких складних систем відповідального призначення виділено підклас нечітких інформаційно-псевдостійких систем, які після внутрішнього пошкодження самостійно вже не можуть досягти мети свого функціонування, але можуть повернутися к траєкторії руху до мети, завдяки отриманим після пошкодження додатковим, заздалегідь невідомим, та розрахованим менеджером управління зовнішнім інформаційним впливам.

Виконана реалізація та оцінено практичне значення отриманих результатів. Реалізація антикризового управління псевдостійкими системами має усі ознаки інформаційних технологій, адже вона потребує розробки нових моделей та методів отримання, обробки, передачі та зберігання

інформації про параметри пошкоджень, криз та антикризових рішень для відновлення псевдостійких систем.

Практичне значення отриманих результатів полягає у їхньому використанні із позитивним ефектом в процесі пошуку антикризових рішень в освітній системі Одеського національного політехнічного університету, який вимагав термінових змін, пов'язаних із карантинном.

Список літератури

1. Oborskyi Hennadii O., Saveleva Oksana S., Stanovska Irida I., Saukh Igor A. Project manager job description as one of project management key success factors. *Herald of Advanced Information Technology*. 2020. Vol. 3, No. 2. P. 72–82. doi:10.15276/hait.03.2019.7
2. Oborskyi Hennadii O., Saveleva Oksana S., Stanovska Irida I., Saukh Igor A. Information models and methods of the structural crises consequences overcoming in the educational space. *Herald of Advanced Information Technology*. 2020. Vol. 3. No. 3. P. 185–198. doi: 10.15276/hait.03.2020.7
3. Оборський Г. О., Савельєва О. С., Торопенко А. В. *Надійність технологічних систем та обладнання*. Одеса: Бахва, 2013. 560 с.
4. Николис Г. Пригожин И. *Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации*. М.: Мир. 1979. 512с.
5. Становский А. Л., Савельева О. С., Бирик Т. В. Оценка работоспособности сложных технических систем, связанных с повышенной опасностью в эксплуатации. *Материали I Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в освіті»*. – Херсон: ХПТК ОНПУ, 14–15 травня 2009. Ч. 1. С. 46–52.
6. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
7. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. *Основи творення машин*. Харків: Вид-во «НТМТ», 2017. 448 с.
8. Stanovsky A. L., Tonkonogy V. M., Bibik T. V. Automation of management of hazardous facilities. *Materials of the International scientific and technical conference "Automation: problems, ideas, solutions."* Sevastopol: SNTU, September 7–12, 2009. P. 30–33.
9. Skrimizea, Eirini; Haniotou, Helene; Parra, Constanza. On the 'complexity turn' in planning: An adaptive rationale to navigate spaces and times of uncertainty. *Planning Theory*. 2019. 18. P. 122–142. doi: 10.1177/1473095218780515.
10. Становська І. І., Колеснікова К. В. Стратифікація індивідуальних компетенцій з метою побудови динамічних морфологічних моделей проектного управління. *Вісник Національного технічного університету «ХПТ»*. 30 Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2019. № 1 (1326). С. 30–36.
11. Ковалев І. В., Тынченко С. В., Завьялова О. И., Лайков А. Н. Система поддержки многоатрибутивного принятия решений при управлении сложными системами. *Программные продукты и системы*. 2009. № 2. С. 142–144.
12. *Класифікація*. *Юридична енциклопедія*: [у 6

- т./К.: Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана, 2001. Т. 3. 792 с.
13. *Класифікація. Великий тлумачний словник сучасної української мови* / уклад. і гол. ред. В. Т. Бусел. – 5-те вид. Ірпінь: Перун, 2005.
 14. Thimas H. Cormen; Charles E. Leiserson; Ronald L. Rivest; Clifford Stein. *Introduction to Algorithms* (2nd ed.) The MIT Press.
 15. Gorodetski A., Ilyashenko Yu. Minimal and strange attractors. *International Journal of Bifurcation and Chaos*. 1996. Vol. 6. No. 6. P. 1177–1183.
 16. Зачко О. Б. Моделі, механізми та інформаційні технології портфельного управління розвитком складних регіональних систем безпеки життєдіяльності. Під заг. ред. Рака Ю. П. – Монографія. – Львів: Вид-во ЛДУ БЖД, 2015. 126 с.
 17. Колеснікова К. В., Монова Д. А., Торопенко А. В., Торопенко О. В., Абу Шена Осам Мохаммед Алі. Управління проектом реінжинірингу будівельних конструкцій по обмеженнях у всіх функціональних областях. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. № 5/2 (31). С. 18–23.
 18. Волошин О. Ф., Машченко С. О. *Моделі та методи прийняття рішень*. Київ, 2011.
 19. Іванов А. О. *Теорія автоматичного керування*. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003. 250 с.
 20. Емелін А. *Множества. Операції над множествами. Отображення множеств. Мощність множеств*. URL: <http://mathprofi.ru/mnozhestva.html>.
 6. DSTU 2860-94 Reliability of equipment. Terms and definitions.
 7. Buchynsky M., Ya., Gorik O. V., Chernyavsky A. M., Yakhin S.V. *Fundamentals of machine creation*. Kharkiv, NTMT Publishing House, 2017. 448 p.
 8. Stanovsky A. L., Tonkonogy V. M., Bibik T. V. Automation of management of hazardous facilities. *Materials of the International scientific and technical conference "Automation: problems, ideas, solutions."* Sevastopol, SNTU, September 7-12, 2009, pp. 30-33.
 9. Skramitza Eirini, Haniotou Helene, Parra Constanza. On the 'complexity turn' in planning: An adaptive rationale to navigate spaces and times of uncertainty. *Planning Theory*, 2019, 18, pp. 122-142, doi: 10.1177/1473095218780515.
 10. Stanovska I. I., Kolesnikova K. V. Stratification of individual competencies in order to build dynamic morphological models of project management. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". 30 Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management*, 2019, 1 (1326), pp. 30-36.
 11. Kovalev I. V., Tynchenko S. V., Zavyalova O. I., Laikov A. N. A system of support for multi-attribute decision making in managing complex systems. *Software products and systems*, 2009, No. 2, pp. 142-144.
 12. *Classification. Legal encyclopedia: [in 6 vols.]*. K. Ukrainian encyclopedia. MP Bazhana, 2001, Vol. 3. 792 p.
 13. *Classification. Large explanatory dictionary of the modern Ukrainian language / style. and goal.* ed. W. T. Busel. 5 types. Irpen. Perun, 2005.
 14. Thimas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. *Introduction to Algorithms* (2nd ed.) The MIT Press.
 15. Gorodetski A., Ilyashenko Yu. Minimal and strange attractors. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 1996, Vol. 6, No. 6, pp. 1177-1183.
 16. Zachko O. B. Models, mechanisms and information technologies of portfolio management of development of complex regional systems of life safety. Under the general. ed. Raka Yu. P. - Monograph. - Lviv: LSU BJD Publishing House, 2015. 126 p.
 17. Kolesnikova K. V., Monova D. A., Toropenko A. V., Toropenko, O. V., Abu Shen Osama Mohammed Ali. Project management of reengineering of building structures on constraints in all functional areas. *Technological audit and production reserves*, 2016, № 5/2 (31), pp. 18-23.
 18. Voloshin O. F., Mashchenko S. O. *Models and methods of decision making*. Kiev, 2011.
 19. Ivanov A. A. *Theory of automatic control*. Dnepropetrovsk, National Mining University, 2003. 250 p.
 20. Emelin A. *Sets. Operations on sets. Display of sets. The cardinality of the set*. Available at: <http://mathprofi.ru/mnozhestva.html>.

References (transliterated)

1. Oborskyi Hennadii O., Saveleva Oksana S., Stanovska Iraida I., Saukh Igor A. Project manager job description as one of project management key success factors. *Herald of Advanced Information Technology*, 2020, Vol. 3, No.2, pp. 72-82, doi:10.15276/hait.03.2019.7.
2. Oborskyi Hennadii O., Saveleva Oksana S., Stanovska Iraida I., Saukh Igor A. Information models and methods of the structural crises consequences overcoming in the educational space. *Herald of Advanced Information Technology*, 2020, Vol. 3, No. 3, pp. 185-198, doi: 10.15276/hait.03.2020.7.
3. Oborskyi H. O., Saveleva O. S., Toropenko A. V. *Reliability of technological systems and equipment*. Odessa, Bakhva, 2013. 560 p.
4. Nicolis G., Prigogine I. *Self-organization in nonequilibrium systems: from dissipative structures to ordering through fluctuations*. M., Mir, 1979. 512 p.
5. Stanovsky A. L., Savelyeva O. S., Bibik T. V. Evaluation of the performance of complex technical systems associated with increased danger in operation. *Materials of the 1st All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Recent trends in the development of information technologies in the field of education"*. - Kherson: KhPTK ONPU, 14-15 May 2009, Part 1, pp. 46-52.

Відомості про авторів (About authors)

Становська Іраїда Іванівна – доктор технічних наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет, професор кафедри вищої математики та моделювання систем, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0003-0601-7658; e-mail stanovskairaida@gmail.com.

Iraida Stanovska – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Higher Mathematics and Modeling Systems Department, Odessa National Polytechnic University Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0003-0601-7658; e-mail stanovskairaida@gmail.com.

Становський Олександр Леонідович – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, завідувач кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0002-0360-1173; e-mail ostanovskiy@gmail.com.

Oleksandr Stanovskyi – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief of Oil, Gas and Chemical Mechanical Engineering Department, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0002-0360-1173; e-mail ostanovskiy@gmail.com.

Науменко Євгенія Олександрівна – кандидат технічних наук, Одеський національний політехнічний університет, старший викладач кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0002-6963-3995; e-mail naumenko.e.o@opu.ua

Ievgenija Naumenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Oil, Gas and Chemical Mechanical Engineering Department, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0002-6963-3995; e-mail naumenko.e.o@opu.ua

Саух Ігор Анатолійович – магістр, Одеський національний політехнічний університет, аспірант кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0001-5558-1488; e-mail: isaukhl@gmail.com

Igor Saukh – Master, graduate student of Oil, Gas and Chemical Mechanical Engineering Department, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0001-5558-1488; e-mail: isaukhl@gmail.com

Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Становська І. І., Становський О. Л., Науменко Є. О., Саух І. А. Інформаційна складова стійкості блукаючих складних систем відповідального призначення. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 4 (6). С. 82-92. doi:10.20998/2413-4295.2020.04.13.

Please cite this article as:

Stanovska I., Stanovskyi O., Naumenko I., Saukh I. Information component of stability of wandering complex systems of responsible purpose. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 4 (6), pp. 82-92, doi:10.20998/2413-4295.2020.04.13.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Становская И. И., Становский А. Л., Науменко Е. А., Саух И. А. Информационная составляющая устойчивости блуждающих сложных систем ответственного назначения. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 4 (6). С. 82-92. doi:10.20998/2413-4295.2020.04.13.

АННОТАЦІЯ Сложные системы (процессы) ответственного назначения получают все большее распространение в современном мире. Ответственность назначения сложных систем обуславливается такими, например, обстоятельствами, как зависимость от последних здоровья или даже жизни большого количества людей, экологической безопасности регионов и больших материальных затрат. К ним можно отнести ответственные промышленные и энергетические сооружения, элементы систем транспорта, связи и безопасности жизнедеятельности, компьютерные системы и сети, оборудование для сложного медицинского вмешательства в организм человека, образовательные учреждения и тому подобное. Объединяет эти системы и делает их субъектами исследования то, что их сложность требует для управления ими применения современных информационных технологий и соответствующей «встроенной» компьютерной системы получения и обработки в реальном времени достоверных данных о состоянии объекта. Существующие встроенные информационные системы, как правило, должны быть заранее обучены выявлять отклонения параметров состояния управляемого объекта от нормы, а также рассчитывать и осуществлять (иногда, с помощью оператора) действия по своевременной компенсации таких отклонений. Но, к сожалению, существуют и другие системы, которые попадают в ситуации (кризиса), когда их «паспортные» параметры подвергаются существенным отклонением, а существующая, «встроенная» информационная поддержка таких ситуаций не обучена, и оперативно помочь в он-лайн преодолении последствий кризиса не способна. Ведь управляемость СС ОП, борьба с кризисами, которые эти процессы сталкиваются, опирается на имеющиеся адекватные и относительно быстродействующие (они должны успеть к разрушению псевдостойкого поврежденного объекта) модели и методы принятия срочных антикризисных решений в управлении. Целью работы является повышение эффективности антикризисного управления процессами скоротечного развития сложных многопараметрических организационно-технических систем путем разработки и внедрения новых моделей и методов. Под эффективностью управления понимали улучшения по сравнению с планом следующих основных показателей процесса, как время, стоимость, параметры качества продукта, взаимодействие с окружающей средой или, по крайней мере, сохранения плановых показателей в условиях кризисов. Для достижения этой цели в работе проанализированы сложные системы ответственного назначения с точки зрения их устойчивости к повреждениям и кризисов; выполнено классификацию (сортировку) сложных систем ответственного назначения с блуждающими элементами; построен общий алгоритм процесса накопления общего параметрического пространства при управлении сложными системами; выполнена реализация и оценены практическое значение полученных результатов.

Ключевые слова: надежность; блуждающая сложная система; ответственное назначение; антикризисное управление; информационная система

Надійшла (received) 29.11.2020