

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION  
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Вісник Національного  
технічного університету  
«ХПІ». Серія: Нові рішення  
в сучасних технологіях**

№ 2(4)' 2020

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

**Bulletin of the National  
Technical University  
"KhPI". Series: New solutions  
in modern technology**

No. 2(4)' 2020

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків  
НТУ «ХПІ», 2020

Kharkiv  
NTU "KhPI", 2020

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях** = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2020. — № 2(4). — 160 с. — ISSN 2079-5459.

Видання публікує наукові результати та досягнення мультидисциплінарних досліджень молодих науковців широкого профілю у сферах машинобудування, енергетики, технологій органічних і неорганічних речовин, екології, інформаційних технологій і систем управління, техніки та електрофізики високих напруг, а також з фундаментальних аспектів сучасних технологій.

The journal publishes scientific results and accomplishments of multidisciplinary researches of young scientists of a wide profile in the field of machine building, energy, technologies of organic and inorganic substances, ecology, information technologies and control systems, high voltage techniques and electrophysics, as well as on the fundamental aspects of modern technologies.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації України  
КВ № 23776-13616 від 14 лютого 2019 року.

Мова статей – українська, російська, англійська.

**Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях** включено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», затвердженого Наказом МОН України № 409 від 17.03.2020 р.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: «Нові рішення в сучасних технологіях» включений до зовнішніх інформаційних систем, у тому числі в наукометричну базу даних Index Copernicus (Польща), бібліографічну базу даних OCLC WorldCat (США), індексується пошуковими системами Google Scholar і Crossref; зареєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

**Офіційний сайт видання:** <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/>

Засновник  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Founder  
National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

#### **Редакційна колегія**

*Відповідальний редактор:*

Сокол Є. І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, НТУ «ХПІ», Україна

*Члени редколегії:*

Авдєєва О. П., НТУ «ХПІ», Україна

Брагіна Л. Л., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Буряковський С. Г., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Вехов Є., Мерилендський університет, США

Гораш Є., проф., Університет Стратклайда, Великобританія

Демидов І. М., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Заковоротний О. Ю., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Клепиков В. Б., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Куліченко В. В., доц., НТУ «ХПІ», Україна

Ларін О. О., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Львов Г. І., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Мележик Є., Інститут фізики напівпровідників імені В. С.

Лашкарьова НАНУ, Україна

Меньшикова С. І., НТУ «ХПІ», Україна

Піментел С. Р., проф., Федеральний Університет Гояс,

Бразилія

Раскін Л. Г., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Томашевський Р. С., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Чжан К. Л., проф., Вроцлавський технологічний університет,

Польща

Шевченко С. Ю., проф., НТУ «ХПІ», Україна

Шестопапов О. В., доц., НТУ «ХПІ», Україна

#### **Editorial staff**

*Associate editor:*

Sokol E. I., dr. tech. sc., member-cor. of National Academy of Sciences of Ukraine, NTU "KhPI", Ukraine

*Editorial staff members:*

Avdieieva O. P., NTU "KhPI", Ukraine

Bragina L. L., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Buriakovskui S. G., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Vekhov Ye., University of Maryland, College Park, USA

Gorash Ye., prof., University of Strathclyde, UK

Demidov I. N., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Zakovorotniy A. Yu., prof., NTU "KPI", Ukraine

Klepikov V. B., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Kulichenko V. V., docent, NTU "KhPI", Ukraine

Larin A. A., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Lvov G. I., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Melezhih Ye., V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics

NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine

Menshikova S. I., NTU "KhPI", Ukraine

Pimentel S., prof., Federal University of Goias, Brazil

Raskin L. G., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Tomashevskiy R. S., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Chrzan K. L., prof., Wroclaw University of Technology, Poland

Shevchenko S. Yu., prof., NTU "KhPI", Ukraine

Shestopalov A. V., docent, NTU "KhPI", Ukraine

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».  
Протокол № 3 від 26 травня 2020 р.

УДК 65.012.3

doi:10.20998/2413-4295.2020.02.11

## МЕТОД ЕКСПРЕС-ВИМІРЮВАННЯ СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПОКАЗНИКА

**I. I. СТАНОВСЬКА<sup>1\*</sup>, О. Л. СТАНОВСЬКИЙ<sup>2</sup>, І. В. ПРОКОПОВИЧ<sup>3</sup>, Є. О. НАУМЕНКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> кафедра вищої математики та моделювання систем, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

<sup>2</sup> кафедра нафтогазового та хімічного машинобудування, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

<sup>3</sup> інститут медичної інженерії, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

\*e-mail: stanovskairaida@gmail.com

**АНОТАЦІЯ** Кожне антикризове втручання в життєвий цикл складної системи фактично руйнує його початковий план, – останній все більше відрізняється від реальності, а якщо таких втручань багато, то від первісного плану може взагалі нічого не залишитися! Моделі, які використовувалися при первинному плануванні життєвого циклу складної системи стають неадекватними, що миттєво та негативно відбивається на точності та ефективності антикризових параметричних рішень. Команда проекту після кожного значного параметричного втручання повинна швидко розпочати створення нового плану, для чого їй необхідно забезпечити новою методологією антикризового управління проектами на основі параметричного експрес-аналізу організаційно-технічних систем для оцінювання поточного стану проекту. Для антикризового управління будь-яким об'єктом за зворотним зв'язком необхідно мати можливість відносно швидко вимірювати параметри стану цього об'єкту як реакції на управлінське втручання. Тому метою наукового дослідження, в якому складним об'єктом був проектний менеджмент, стало створення методу експрес-вимірювання стану проекту за допомогою вперше запропонованого параметричного показника. Побудовано систему управління антикризовою діяльністю складних технічних систем на основі зворотного зв'язку по відхиленню поточного плину проекту від планового. Запропоновано новий комплексний параметр, який однозначно та репрезентативно відбиває відхилення параметрів поточного плину проекту від планового. Показник представляє собою безрозмірну частку, де в чисельнику – сума приведених вартостей втрачених параметрів, в знаменнику – сума приведених вартостей параметрів взагалі. Це дозволило використовувати цей показник в якості критерію необхідності початку процесу протидії відповідним кризам. Визначені методи їхнього експрес-вимірювання та розрахунку. На підставі проведених досліджень розроблено схему підсистеми комп'ютерної підтримки прийняття проектних рішень з планування і виконання антикризового управління.

**Ключові слова:** життєвий цикл; антикризове управління; складна система; параметричний показник; зворотний зв'язок; критерій початку протидії; комп'ютерна підтримка

## EXPRESS METHOD OF THE COMPLEX SYSTEMS STATE MEASUREMENT USING THE PARAMETRIC INDICATOR

**I. STANOVSKA<sup>1</sup>, O. STANOVSKIY<sup>2</sup>, I. PROKOPOVICH<sup>3</sup>, Y. NAUMENKO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Department of Higher Mathematics and Systems Modeling, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

<sup>2</sup> Department of Petroleum and Chemical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

<sup>3</sup> Institute of medical engineering, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

**ABSTRACT** Each anti-crisis intervention in the life cycle of a complex system actually destroys its original plan – the last one is more and more different from reality, and if there are many such interventions, then there may be nothing left of the original plan! The models used in the initial planning of a complex system life cycle become inadequate, which instantly and negatively affects the accuracy and efficiency of anti-crisis parametric solutions. After each significant parametric intervention, the project team must quickly start creating a new plan, for which it must be provided with a new methodology of crisis project management based on parametric rapid analysis of organizational and technical systems to assess the current state of the project. For crisis management of any object, it is necessary to be able to measure the parameters of the state of this object relatively quickly in response to managerial intervention. Therefore, the purpose of research, in which the complex object was project management, was to create a method of rapid measurement of the project using the first proposed parametric indicator. An anti-crisis management system for complex technical systems has been built on the basis of feedback on the deviation of the current course of the project from the planned one. A new complex parameter is proposed, which unambiguously and representatively reflects the deviation of the parameters of the current course of the project from the planned one. The indicator is a dimensionless fraction, where in the numerator – the sum of the reduced values of the lost parameters, in the denominator – the sum of the reduced values of the parameters in general. This allowed us to use this indicator as a criterion for the need to start the process of countering the relevant crises. Methods of their express measurement and calculation are determined. On the basis of the conducted researches the scheme of the subsystem of computer support of decision-making on planning and execution of anti-crisis project development is developed.

**Keywords:** life cycle; crisis management; complex system; parametric indicator; feedback; criterion of the counteraction beginning; computer support

### Вступ

Відомо, що управління розвитком динамічних

складних систем – технічних, медичних, організаційних, тощо, завжди є антикризовим, в яких кризи спричиняються несподіваним впливом

внутрішніх або зовнішніх дій на такі системи [1]. З іншого боку будь-яке антикризове управління складними системами, особливо в точках вимушеної біфуркації життєвого циклу, потребує інформації про те, як ті або інші втручання в складну систему відібраються на її подальшому розвитку [2,3]. Ця інформація може бути отримана або прогнозними розрахунками, або безпосередньою оцінюванням (вимірюванням) «перших кроків» розвитку системи після кризової «катастрофи» та її виправлення.

Зрозуміло, що таке управління необхідно розраховувати та здійснювати в найкоротші строки та в умовах, коли не зовсім однозначно вирішено, що «будемо рятувати»: гроші, час, ресурси, довілля, тощо. Головними залишаються лише місія та ціль функціонування складної системи.

При управлінні будь-якою складною системою із збільшенням кількості параметрів, що враховуються лавинно зростає так зване «прокляття розмірності», зводячи усі зусилля менеджерів такого управління нанівець [4].

При антикризовому управлінні складними системами велике значення набувають вхідні та вихідні параметри такого управління та методи їх визначення. Оскільки в організаційному управлінні перелік параметрів, які можна безпосередньо та швидко виміряти, вельми малий (час, кошторис, дієві методи та ін.), важливою складовою антикризового управління є методи та моделі, що дозволяють оцінити результати антикризових дій менеджерів за непрямими комплексними показниками, наприклад такими, як комплексний параметричний показник [5], пов'язаний виключно із вимірюваними властивостями об'єкта та процесів управління останнім.

Таких показників для одного й того ж об'єкта завжди існує безліч, але будь-який конкретний з них користувач обирає самовільно, не завжди маючи можливість чисельно обґрунтувати цей вибір, що часто-густо позначається на якості управління у цілому.

### Аналіз літературних джерел

Аналіз літературних даних дозволив виявити окремі понятійні групи загального напрямку: «оцінювання або вимірювання стану складних систем»:

- засади та особливості оцінювання стану складних систем [6–13];
- комплексні параметри та методи їхнього використання в процесах управління складними системами [14–20].
- приклади практичного використання комплексних функціоналів  $\Pi$  та оцінка їхньої ефективності [21–28].

Розглянемо змістовне наповнення таких груп більш детально.

**Засади та особливості оцінювання стану складних систем.** Пошук напрямку розвитку

складної системи після чергової управлінської дії по суті є задачею оптимізаційного вибору, оскільки таких напрямків може бути дуже багато. Цільовою функцією такого вибору можуть бути різні техніко-економічні характеристики, – найчастіше в технологічних системах за цільову параметричну функцію обирають час, за який побудова системи добігає кінця, в управлінні проектами – вартість завершення процесу [8], в медицині – параметри якості життя, тощо.

Підтримка динамічного ЖЦСС в сучасних технологіях ведеться, зазвичай, за деяким планом. Також відомо, що цей план ніколи не вдається витримати. Цьому заважають обов'язкові кризи, які спіткають ЖЦ. Управління складними системами, також, як і автоматичне управління будь-якою «простою» системою, може бути організовано за відомими схемами: стабілізаційною, програмною, слідкуючою, компенсаційною, за оберненим зв'язком, тощо [12,13].

Зважимо також на те, що в дослідженні мова йде про параметричне управління взагалі, під час якого у відповідному об'єкті можна змінювати будь-які параметри елементів систем.

Управління будь-якою системою за оберненим зв'язком передбачає постійний моніторинг за станом цієї системи. Цей стан при такій схемі управління є функцією двох процесів: природного розвитку та реакції на управлінську дію.

Головною перешкодою на цьому шляху є багатопараметричність та стохастичність задіяних процесів, систем: людей, технологій, машин та матеріалів, а також, як наслідок, неможливість он-лайн із життєвим циклом об'єкта управління вимірювати або якимось оцінювати ці параметри та відслідковувати їхні зміни при внутрішніх та зовнішніх втручаннях в процес.

При змінюванні складності об'єкта в процесі управління враховують розподіл складності по групах: технічна, організаційна, екологічна [7]. Але вимірювання стану не може бути виконано однозначно. Головна причина – відсутність, як правило, єдиного (узагальнюючого, комплексного) метрологічного параметра для поточного оцінювання складності об'єкта управління [10,11].

При управлінні складними, багатофакторними процесами така сумарна оцінка зазвичай можлива тільки безпосереднім вимірюванням деякого набору «прямих» параметрів та подальшого розрахунку деякого непрямого комплексного параметра, за яким можна, по-перше, оцінювати поточний стан, а, по-друге, визначати напрямок та величину «найкращої» управляючої дії [6]. На жаль, будь-який комплексний параметр – це вибір користувача, від якого залежать і отриманий результат і наслідки вибору подальших дій за допомогою останнього [9].

**Комплексні параметри та методи їхнього використання в процесах управління складними системами.** Як відомо, комплексні параметри

складаються (за деякими правилами) з окремих характеристик, які можуть бути безпосередньо виміряні або обчислені [14, 15]. Зрозуміло, що обрання таких правил саме по собі процес суб'єктивний, а отже комплексні параметри завжди стохастичні з декількох причин: стохастичність обрання правил; стохастичність вимірювань окремих характеристик; стохастичність обробки результатів.

Тому моделі, які використовуються при побудові такого показника повинні бути компактними [18] та мінімально залежними від турбулентного оточення об'єкта моделювання [19].

Для побудови одного з варіантів такого комплексного параметра розглянемо параметричне насичення об'єкта управління з точки зору теорії множин [20], зокрема, із застосуванням поняття «топологічний простір».

Топологічний простір складної системи (ТП СС) – це впорядкована пара множин  $(X, \Gamma)$ , де  $X$  – деяка множина, а  $\Gamma$  – система підмножин множини  $X$  (їх називають відкритими), що задовольняє таким умовам [16].

1. Порожня множина  $\emptyset$  та множина  $X$  належать  $\Gamma$ .

2. Об'єднання довільного набору множин з  $\Gamma$  також належить  $\Gamma$ .

3. Будь-який перетин скінченного набору множин з  $\Gamma$  також належить  $\Gamma$ .

Множина  $\Gamma$  називається топологією над множиною  $X$ , а її елементи  $X$  є *точками*. Множини в  $\Gamma$  називають відкритими, їхнє доповнення відповідно замкненими множинами.

Поняття топологічного простору успішно застосовується у багатьох розділах сучасної математики як спільне, об'єднувальне поняття. Вивченням топологічних просторів займається топологія.

Нехай над деякою множиною  $X$  визначено різні топології  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ . Якщо будь-яка множина з топології  $\Gamma_1$  належить також  $\Gamma_2$ , то кажуть, що топологія  $\Gamma_1$  грубіша за топологію  $\Gamma_2$ , відповідно, топологія  $\Gamma_2$  тонша за топологію  $\Gamma_1$ .

Найтоншою топологією на множині  $X$  є топологія, в якій всі множини є відкритими (тобто топологія яка складається із усіх підмножин множини  $X$ ). Така топологія називається *дискретною*.

Найгрубішою є топологія  $\Gamma = \{\emptyset, X\}$  (*антидискретна топологія*) [17].

**Приклади практичного використання комплексних функціоналів  $\Pi$  та оцінка їхньої ефективності.** Підтверджена можливість ефективного використання проектно-орієнтованих методів і моделей розвитку небажаних подій у системах управління ризиками програми супроводу систем автоматизованого захисту (САЗ) АЕС.

Розроблений ППП «КАТАSTOP» для використання в підсистемі управління ризиками програми супроводу САЗ АЕС [21].

Існують програми і, відповідно, організації, які їх розробляють та реалізують, в яких місія «безпека за всяку ціну» стає філософією програми взагалі, що відбиває її основну роль. Наприклад, безпека АЕС є не тільки місією, але й цілями верхніх рівнів процесу створення-реалізації проектів, що входять до програми, – усіх елементів циклу Шухарта-Демінга (PDCA).

Безпека тісно пов'язана з поняттям «ризик проекту». Коли мова йде про безпеку АЕС, існує дві групи ризиків: ризики зовнішніх впливів (наприклад, землетрусу) і ризики внутрішніх процесів (наприклад, старіння обладнання та засобів контролю, тестові втручання в роботу систем, помилки персоналу, тощо). Тому й програма супроводу систем захисту АЕС повинна оперативно реагувати на ризики обох груп, оперативно «перемикатися» між ними [22].

Головна проблема першої групи ризиків – їх раптовість, а головна проблема другої полягає в тому, що будь-яке планове вторгнення у роботу системи аварійного захисту атомної електростанції (САЗ АЕС) пов'язане зі зниженням безпеки. Тому, при виконанні програми – реалізації всіх її проектів – необхідно на кількісному рівні та у реальному часі управляти ризиками зниження безпеки АЕС, надійністю її систем, не дозволяючи їм опускатися нижче припустимого рівня.

На жаль, очевидність такої концепції не гарантує виконання місії: згадаємо, що аварія на ЧАЕС відбулася саме в процесі «вторгнення» у її роботу виконавців проекту, покликаного контролювати і підтримувати систему її захисту! Кількісне управління ризиками може бути здійснене тільки з використанням адекватних математичних моделей, наявність яких на сучасному етапі не цілком задовольняє вимогам повноти врахування всіх чинників, що впливають на надійність роботи АЕС, у тому числі, зовнішніх.

САЗ АЕС має, як мінімум, три особливості, що різко ускладнюють її обслуговування протягом життєвого циклу: по-перше, як і будь-яка технічна система, вона старіє (втрачає працездатність), по-друге, її неможливо зупинити навіть на короткий час для проведення профілактики та ремонту і, по-третє, відповідальність за недопущення катастрофи настільки велика, що її неможливо виміряти в будь-яких еквівалентних одиницях, використовуваних у суспільстві.

Сюди слід додати динамічне оточення програми: під час її здійснення постійно змінюється зовнішнє і внутрішнє середовище, багато дій доводиться здійснювати в умовах невизначеності та загрози надзвичайних ситуацій.

У цих умовах програма супроводу САЗ АЕС складається з послідовних проектів моніторингу працездатності та, при необхідності, її відновлення; їх доводиться робити в процесі функціонування САЗ в динамічному оточенні, при цьому, кожний цикл роботи, є самостійним проектом: він має явно

виражені унікальність, зміст і цілі, час початку та закінчення і обмежені ресурси [23].

Отримані знання дозволили створити нормативні документи, розроблені в результаті виконання планових проектних робіт. У відділі продовження строку експлуатації АЕС проектної організації ТОВ «Інститут підтримки експлуатації АЕС» (м. Київ) було проведено випробування розробленої в ОНПУ системи управління програмою супроводу кваліфікації обладнання захисту АЕС у динамічному оточенні.

Реалізація програми модернізації систем аварійного захисту енергоблоків № 2 ОП «Хмельницька АЕС» і № 4 ОП «Рівненська АЕС» із застосуванням розробленого ППП «КАТАSTOP» дозволила знизити час моделювання систем аварійного захисту в середньому на 25 – 30 % без втрат надійності систем, що підтвердило досягнення мети роботи.

Інший приклад управління розвитком складного об'єкта – це управління медичним втручанням в організм людини.

У деяких випадках до цих факторів додається висока ризикова небезпека та відповідальність, яка супроводжує проект. При цьому обидва чинники ризику – ймовірність настання і вартість ризикових втрат – знаходяться на дуже високому рівні. У роботі такі проекти називали «швидкоплинними з підвищеною ризиковою небезпекою і об'єктивною відповідальністю за результати їх виконання». Найбільш яскравими представниками таких проектів є медичні, зокрема, хірургічні операції.

Актуальність роботи в даному напрямку визначається також тим, що хірургічні операції постійно ускладнюються за рахунок застосування сучасних приладів і інструментів, управляти якими без сучасних інформаційних технологій стає все складніше. Управління такими операціями як проектом дозволяє передбачити більший відсоток ризиків, оперативно попереджати і протидіяти їм.

Перш за все, – це швидкоплинність процесу. Якщо «звичайні» процеси, наприклад в будівництві, можуть тривати роками, то тривалість швидкоплинних процесів, як правило, обмежується годинами, а іноді – хвилинами. Тому неправильний вибір структури і змісту процесу на всіх етапах його реалізації може мати незворотні наслідки [24].

По-друге, – це висока відповідальність за результат управління такими процесами. Де б не виконувалися такі проекти, – в енергетиці, на транспорті, в процесі боротьби з надзвичайними ситуаціями, – як правило, їх місією є збереження людського життя [25].

Третьою особливістю розглянутих процесів є підвищений в порівнянні зі «звичайними» процесами рівень кризових подій, що такий процес супроводжує. У подібних проектах найчастіше зустрічаються латентні, несподівані кризи, які неможливо передбачити заздалегідь. Тому заходи по їх

недопущенню або компенсації їх наслідків доводиться приймати в найкоротший час, використовуючи всі наявні ресурси [26].

У поєднанні зі значними ризиками і високою відповідальністю, це ускладнює звичайні методи дослідження управління проектами, залучаючи до них існуючі в медицині методи статистичних порівняльних експериментів над значною кількістю пацієнтів [27]. Проект починається з аналізу поточного стану параметрів об'єкта. Далі зі списку того, що повинно бути реалізовано, вибираються завдання, зобов'язання щодо виконання яких бере на себе Команда. На основі обраних завдань створюється функціональність окремих проектних робіт. Всі функції розбиті за завданнями, кожна з яких оцінюється Командою.

Команда постійно з урахуванням кризового оточення оцінює обсяг роботи, який необхідно провести для завершення завдання. При реалізації чергового етапу відбувається своєрідне перетворення інформації: вхідна «переробляється» в вихідну за допомогою виконаних Командою робіт і під впливом внутрішніх і зовнішніх кризових подій, які мали місце [28].

Наведені приклади, попри принципово різні об'єкт та методи його супроводження, поєднують такі чинники: висока відповідальність, швидкоплинність та багатопараметричність, що, в свою чергу, потребує нових сучасних моделей та методів для побудови організаційно-технічних систем антикризового управління складними об'єктами, зокрема, деякого єдиного показника-функціонала стану складної системи.

Тому головною проблемою, яка розв'язується в представленому дослідженні, є низька ефективність існуючих організаційно-технічних систем антикризового управління складним об'єктом.

## Мета роботи

**Метою роботи** є розробка та впровадження нових моделей та методів *параметричного* аналізу організаційно-технічних систем антикризового управління складними динамічними об'єктами для підвищення ефективності такого управління. Під ефективністю управління розуміли поліпшення в порівнянні з планом таких основних характеристик об'єкта, як час, вартість, параметри якості продукту, взаємодія із навколишнім середовищем, взаємовідносини в Команді менеджерів та інше або, принаймні, збереження планових показників в умовах кризових подій.

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

1. Побудувати систему управління антикризовою діяльністю складних організаційно-технічних систем на основі зворотного зв'язку по відхиленню поточного плинку розвитку ЖЦ об'єкта від планового.

2. Запропонувати новий **комплексний параметричний показник – динамічний функціонал** (показник  $\Pi$ ), який однозначно та репрезентативно відбиває параметричне відхилення поточного плинку проекту від планового.

3. Виконати практичне випробування результатів дослідження та оцінити їхню ефективність.

**Наукова новизна роботи** полягає в тому, що *вперше запропонований* показник та метод його вимірювання для оцінювання результатів антикризового управління складними системами в частині параметричного відхилення реального стану об'єкта від запланованого. Показник представляє собою відношення оцінки ресурсів, які на момент вимірювання в об'єкті вже не використовуються з різних причин, до загальної оцінки усіх ресурсів об'єкта. Це дозволило використовувати цей показник в якості критерію обрання напрямку антикризової діяльності або в якості цільової функції при розв'язанні задач оптимізації управлінських рішень.

### Виклад основного матеріалу

1. Система управління антикризовою діяльністю складних організаційно-технічних систем на основі зворотного зв'язку по відхиленню поточного плинку розвитку ЖЦ об'єкта від планового. Хай є деяка багато-параметрична динамічна складна система, яка рухається у просторі своїх параметрів від запланованого стану 1 до стану 2 (рис. 1). В точці 3 відбувається відхилення хоча б одного параметру від запланованого значення, що діагностується як криза.

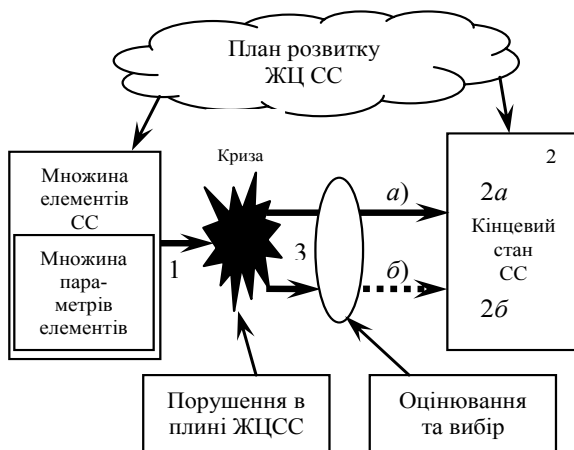


Рис. 1 – Структурна схема системи управління антикризовою діяльністю складних технічних систем на основі зворотного зв'язку по відхиленню поточного плинку проекту від планового

Після цього управляючий рухом системи повинен прийняти рішення щодо подальшого руху: вздовж траєкторії  $a$  або траєкторії  $b$  (рис. 1).

Крім обрання нової траєкторії (морфологічна зміна), слід очікувати і зміни деяких параметрів процесу (параметрична зміна), що у сукупності призведе до потрапляння траєкторії руху життєвого циклу в точку  $2a$  або  $2b$ .

Додамо, що приймати рішення, яким шляхом рухатися, треба *on-line* та якомога швидше, оскільки навіть невелика затримка може виявитися для об'єкта роковою.

Для прийняття рішення у менеджера зазвичай є два інструменти: по-перше, за наявною моделлю розвитку процесів в об'єкті управління розрахувати його стан в деяких точках  $3a$  або  $3b$  або виміряти цей стан у тих же точках та на підставі цих розрахунків або вимірювань прийняти морфологічне рішення про траєкторію подальшого руху після кризи та параметричні рішення про умови, в яких цей рух буде відбуватися.

Одразу ж відзначимо, що жоден з інструментів вибору не забезпечує стовідсоткову ефективність будь-яких рішень, оскільки у розпорядженні менеджера немає ані абсолютно точних розрахункових моделей, ані репрезентативних методів та результатів вимірювання.

Крім того, в багатопараметричних системах не завжди відомо, що взагалі вимірювати під час швидкоплинної кризи, яким з цих результатів та в якій мірі можна довіряти, та як з багатьох різнорідних результатів отримати єдине рятівне рішення про напрямок руху системи та його характеристики.

Як правило, в таких умовах, менеджер руху вдається до оцінювання нових найчастіше комплексних параметрів які підвищують ефективність його рішень.

Наприклад, при управлінні процесом «лікування хворого» лікар може не задовольнитися його «прямими» характеристиками (температура, тиск) та зробити додатковий комплексний аналіз (наприклад, як «психологічний стан хворого»).

### 2. Комплексний параметричний показник – динамічний функціонал $\Pi$ .

В якості параметричного показника-функціоналу  $\Pi$  пропонується обрати будь-яку динамічну залежність між відповідними властивостями двох елементів топологій  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ , які входять до динамічної (залежної від часу) множини  $X$  параметрів об'єкта, що оцінюється

$$\Pi(X) = \Pi(\Gamma_1; \Gamma_2; \tau), \quad (1)$$

де  $\Pi$  – параметричний функціонал,  $\Gamma_1, \Gamma_2$  – параметри відповідних топологій.

Введемо в (1) динамічну складову:

$$\Pi[X(\tau)] = \Pi[\Gamma_1(\tau); \Gamma_2(\tau)], \quad (2)$$

а також зазначимо, що при належному підборі змісту функціоналу  $\Pi$  та складових властивостей топологій  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$  такий функціонал буде безрозмірним, що виключно зручно для порівняння процесів, які займають окремі підмножини у просторі та часі.

Як було зазначено вище серед загальної множини  $X$  показників деякої складної системи (рис. 2) можуть бути виділені підмножини множини  $X$ , які характеризують стан окремих елементів останньої. На рисунку 2 для спрощення опису обрані дві такі підмножини:  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ .

В будь-якому разі, кількість параметрів в кожній множині повинна бути скінченною, а усі їхні характеристики вимірюваними.

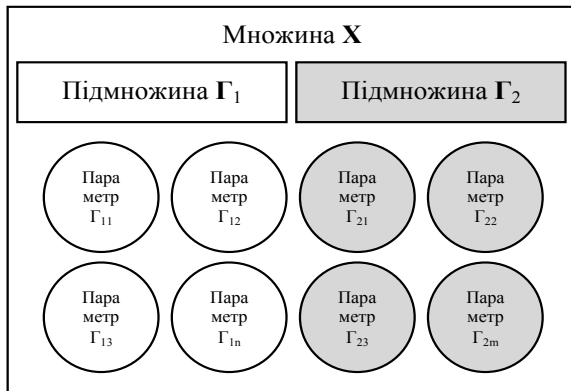


Рис. 2 – Схема розбиття множини  $X$  параметрів складної системи із параметрами підсистем (підмножин)  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$

В такому разі, поєднуючи параметри усіх підмножин за деяким алгоритмом можна отримувати єдине число – характеристику усіх можливих станів множин у сукупності.

Хай маємо модель деякого процесу яка містить  $X$  параметрів їхніх окремих підмножин (рис. 2).

Якщо сумарна кількість параметрів підмножин множини  $X$  скінченна (з урахуванням можливих перехрещень), та визначений алгоритм їх об'єднання існує, можна отримати єдиний показник  $\Pi(\tau)$ , який дозволяє оцінити миттєвий стан системи  $X$ .

*Розглянемо конкретний приклад.* В ньому об'єктом є процес управління проектом, а цільовою функцією управління – вартість окремих проектних елементів (робіт, обладнання, матеріалів, енергії, тощо). Приклад взаємодії окремих топологій загального топологічного простору наведений на рис. 3.

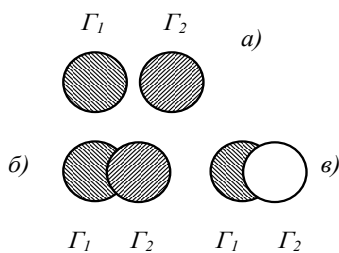


Рис. 3 – Варіанти топологічного простору  $X$ , який містить дві топології –  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ :  
а – незалежні топології; б – об'єднання двох топологій; в – різниця між двома топологіями

Ці підмножини можуть бути незалежними одна від одної (а, рис. 3) або будь-яким чином перехрещуватися (б, в, з рис. 3).

При незалежних топологіях  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$  (рис. 3 а) втрачені вартості цих підсистем (підмножин) при розрахунку втрат підсумовуються, об'єднання топологій призводить до зменшення сумарних втрат (рис. 3 б, в).

Відхилення вартості проекту від планової може бути спровоковано двома головними чинниками:

- зміною вартості «обслуговування» кожного параметру окремо, наприклад, зміною курсу валют, вартості постачання ресурсів, тощо;

- припиненням деяких робіт, спричиненим антикризовим втручанням, та початком нових робіт на заміну вилученим з плану, наприклад, прокладання комунікацій не в траншеї, а на стовпах.

В наведеній моделі вилучені проектні роботи залишають після себе в 2-вимірному перерізі плинну проекту зони втрат або «чорні плями» (рис. 4).

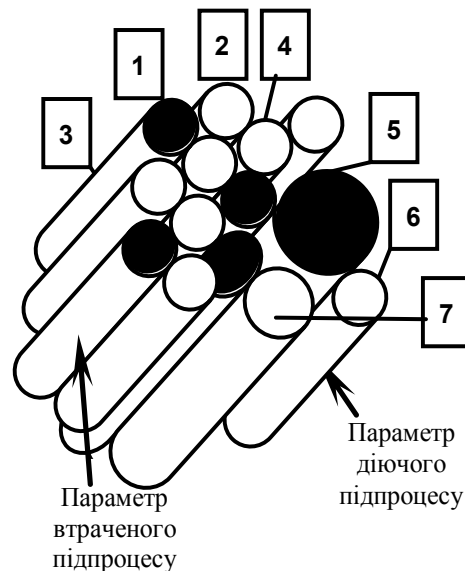


Рис. 4 – Приклад схеми перерізу проектної діяльності для розрахунку показника  $\Pi$ :

Сутності (параметри): 1 – енергія; 2 – матеріали; 3 – люди; 4 – кошти; 5 – обладнання; 6 – договір із постачальником; 7 – витрати на зміну планової структури проекту

«Вартість» таких плям не завжди дорівнює вартості вилученого елемента. Адже, як було зазначено вище, матеріальні цінності, які залишаються після вилучення окремих елементів, можна кинути, а можна й продати, врятувавши частину їх вартості.

Якщо маємо багатовимірну модель, 2-вимірний переріз отримується при перерізі  $m$ -вимірного простору ( $m-2$ )-вимірною «площиною». Їхня сумарна «площа», віднесена до «площі» усіх параметрів проекту, характеризує незворотні параметричні втрати.



Для їхньої оцінки й було застосовано параметричний показник  $\Pi$ :

$$\Pi = \frac{\sum_{v=1}^V B_{\text{вил } v}}{\sum_{p=1}^P B_{\text{заг } p}}, \quad (3)$$

де  $B_{\text{вил } v}$  – приведена вартість вилученого параметру,  $B_{\text{заг } p}$  – приведена вартість загального параметру,  $V$  – кількість вилучених параметрів,  $P$  – загальна кількість параметрів.

Перед підсумовуванням значення усіх параметрів приводяться до єдиної загальної розмірності, наприклад, до гривень.

Повна параметрична модель ефективності антикризового проектного управління  $\Pi$  складається з усіх моделей окремих елементарних перерізів по усіх вузлах декомпозиції об'єкта проектного управління. В роботі елементарні моделі як зорові образи поіксельно підсумовували, а результат використовували для розрахунку параметричного показника для кожного параметру за формулою (3).

На дискретній за часом моделі можливо виконати кілька таких перерізів по кожному каналу.

Це схоже на томографію – отримання пошарових зображень внутрішньої структури об'єкта. Їхній набір саме й буде проміжною дискретною моделлю життєвого циклу проектного менеджменту.

До такого перерізу можуть потрапляти, окрім параметрів основної проектно-технології, також й паралельні AGILE-технології, а також «чорні плями» які моделюють «відмирання» відпрацьованих поточних та минулих фрагментів проектного менеджменту на шляху до завершення плинного керованого процесу (див. рис. 1).

Двовимірний переріз має статус «зображення», до якого застосовні усі види обробки останніх, зокрема, первинна обробка та сегментація, виділення та опис контурів сегментів, аналіз «зображень», заснований, наприклад, на використанні спектральних дескрипторів в різних ортогональних базисах, а також апарату моментних функцій. Певні зображення можна перетворювати в число або в інші згортки, які можна оцінювати та порівнювати між собою за цією оцінкою.

Повна динамічна морфологічна модель життєвого циклу складного об'єкта складається з усіх елементарних моделей окремих перерізів по усіх вузлах дискретизації об'єкта.

### 3. Практичне випробування результатів дослідження та оцінка їхньої ефективності.

Розглянемо приклад використання показника  $\Pi$  для оцінювання та прогнозування залишкової гнучкості антикризового управління проектом.

Управління проектами і програмами передбачає нестандартну, креативну реакцію проектного менеджменту на різноманітні події-виклики, які виходять із внутрішніх та зовнішніх

факторів. Саме тому проектна діяльність найчастіше парадоксальна, – іноді навіть негативні події, пов'язані із втратами засобів, матеріалів, документації, персоналу, обладнання, сприятливого оточення, тощо, виявляються, у підсумку, менш небезпечними, ніж повна їхня відсутність, тобто такий стан «проектного штилю», який призводить до поступового виродження креативної проектно-діяльності в операційну або технологічну.

Яскравим прикладом такої проектно-діяльності є медична хірургічна операція, яка містить всі описані вище процедури і, безумовно, є швидкоплинним проектом з високим ступенем кризогенності і відповідальності.

Перший фактор відноситься до професійної діяльності членів Команди проекту; залишається сподіватися, що кваліфікація членів Команди максимально відповідає накладеним на неї функціям. Серйозні помилки в цій сфері можна ідентифікувати як кризу і віднести до другого фактору.

Другий фактор – ризикові події проекту. В роботі їх розглядали з двох сторін: ризики, що не вилилися в проектні кризи, і ризикові події, які відбулися (наприклад, позапланова кровотеча) і які потребують їх компенсації. Перші оцінювали в параметрах ймовірності, а другі – в медичній і фінансовій «вартості питання».

Третій фактор – менеджерський супровід або, власне, антикризове управління проектом

Як впливає з досвіду хірургічних втручань, однією з найважливіших характеристик, по якій можна оцінювати ефективність медичного проекту, є час. Природно, що при цьому повинні зберігатися або навіть поліпшуватися медичні характеристики операції. Йдеться про збереження життєвих показників організму хворого (температури, тиску, частоти серцебиття) в межах допустимої норми. Крім того, повинні згодом поліпшуватися щодо контрольної групи хворих, для яких антикризова технологія управління проектом «хірургічна операція» не застосовувалася.

Швидкість операції в цілому залежить від швидкості окремих етапів, а решта – заручники багатьох ризиків, з якими стикаються процес, як з боку пацієнта, так і з боку хірургічної бригади, зовнішніх зв'язків, фармацевтичного забезпечення, медичної апаратури тощо.

Головна відмінність управління проектами від цього механізму є те, що після кожного етапу в плановому порядку і в будь-який момент часу при надзвичайній ситуації здійснюється екстрений перехід до нового антикризового.

У Центрі реконструктивної та відновної медицини (Університетській клініці) Одеського національного медичного університету були проведені випробування розробленої в ОНПУ антикризової системи «CRIMEDPROM» (*anti-crisis medical projects management*) оптимізації процесу прийняття проектних рішень при управлінні

проектами та програмами в медичній практиці.

Система «CRIMEDPROM» була задіяна для управління антикризовою програмою вибору лікувальної тактики та проведення спеціального лікування (оперативного та хіміотерапевтичного) у пацієнтів з використанням циторедуктивних оперативних втручань, системної поліхіміотерапії та методики внутрішньочеревинної високо-температурної хіміоперфузії (HIPEC).

Випробування системи «CRIMEDPROM» показали, що її використання дозволило досягти таких результатів:

– стосовно взаємодії з турбулентним навколишнім середовищем:

- розроблено показання та протипоказання до використання методики HIPEC при дисемінованих пухлинах черевної порожнини;

- удосконалено оперативні доступи для встановлення дренажних систем для хіміоперфузії у черевну порожнину;

- розроблено критичні параметри температури та часу впливу перфузійної рідини на пухлинні клітини та органи черевної порожнини;

– стосовно якості медичного обслуговування:

- збільшилась до 65 % (у 2,3 рази у порівнянні з контрольною групою) резектабельність первинної пухлини;

- на 43 % за даними опитувальника SF-36 покращилась якість життя у післяопераційному періоді;

- на 23 % збільшилась кількість хворих, тривалість життя яких перевищила 1 рік після встановлення діагнозу та початку спеціального лікування.

### Обговорення результатів

Об'єктом дослідження в роботі є складні багатопараметричні організаційно-технічні системи, найчастіше, – процеси, розвиток яких описується моделями, що містять сотні різних параметрів. До таких об'єктів можна віднести великі технічні явища, організаційні процеси типу проектів та програм, складні медичні втручання до організму людини, тощо.

Навіть коли розвиток таких систем відбувається точно за прийнятим планом, менеджменту, який цим розвитком управляє, вкрай складно оцінити, а тим більш, передбачити відхилення усіх згаданих параметрів від планових значень.

Коли ж до планового руху додаються всілякі відхилення, спричинені внутрішніми та зовнішніми явищами, то спостерігаються кризи, які можуть зруйнувати об'єкт в цілому.

Зрозуміло, що в таких умовах неможливо ані планувати, ані здійснювати точну підтримку згаданих процесів та об'єктів, як це часто відбувається в одних параметричних «простих» об'єктах управління.

Додамо до цього, що вимірювання повинні відбуватися в он-лайн режимі прийняття антикризових рішень.

Тому в роботі зроблено спробу знайти такі метрологічні засоби, які можуть наблизити результати вимірювання параметрів складних об'єктів управління до їхніх реальних значень.

Розвиток цього напрямку, вочевидь, буде пов'язаний із пошуком та імплементацією нових моделей та методів для зазначеного вимірювання параметрів складних систем.

### Висновки

Побудовано систему управління життєвим циклом складних технічних, медичних та організаційних систем на основі зворотного зв'язку по відхиленню параметрів поточного плинного життєвого циклу після антикризового втручання від планового.

Запропоновано метод експрес-вимірювання стану складних систем за допомогою параметричного показника-функціонала  $\Pi$ , який відбиває ступінь параметричного відхилення поточного плинного життєвого циклу об'єкта від планового. В якості такого показника-функціонала для оцінювання стану складного об'єкта управління пропонується застосовувати будь-яку динамічну залежність між відповідними властивостями двох елементів топологій  $\Gamma_1$  та  $\Gamma_2$ , які входять до динамічної (залежної від часу) множини  $X$  параметрів об'єкта, що оцінюється.

Для дослідження складних об'єктів у медицині в рамках створеної системи «CRIMEDPROM» запропоновано комплексний параметр у вигляді співвідношення між єдиними параметрами вилучених (втрачених) елементів об'єкта управління та усіх планових елементів об'єкта взагалі. Показник може використовуватися в якості безрозмірного функціоналу для порівняння варіантів антикризових дій при призначенні вердиктів та в якості міри ефективності антикризового управління плинном хірургічному втручання.

Випробування системи «CRIMEDPROM» в лікувальній практиці хірургічних втручань показали, що її використання дозволило досягти таких результатів:

– стосовно взаємодії з турбулентним навколишнім середовищем: розроблено показання та протипоказання до використання методики HIPEC при дисемінованих пухлинах черевної порожнини; удосконалено оперативні доступи для встановлення дренажних систем для хіміоперфузії у черевну порожнину; розроблено критичні параметри температури та часу впливу перфузійної рідини на пухлинні клітини та органи черевної порожнини;

– щодо якості медичного обслуговування: збільшилась резектабельність первинної пухлини; покращилась якість життя у післяопераційному

періоді; збільшилась кількість хворих, тривалість життя яких перевищила 1 рік після встановлення діагнозу та початку спеціального лікування.

#### Список літератури

1. 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.
2. Бушув С. Д., Ярошенко Ю. Ф. Антикризове управління фінансовими установами в умовах турбулентності. *Управління розвитком складних систем*. 2013. 15, 5-10.
3. Bakhshi J., Ireland, V., Gorod A. Clarifying the project complexity construct: past, present and future. *Int J Project Manage*. 2016. 34 (7). P. 1199–1213. doi: 10.1016/j.ijproman.2016.06.002.
4. Zimek A., Schubert E., Kriegel H. P. A survey on unsupervised outlier detection in high-dimensional numerical data. *Statistical Analysis and Data Mining*. 2012. 5 (5). P. 363–387. doi:10.1002/sam.11161.
5. Становська І. І. Колеснікова К. В. Стратифікація індивідуальних компетенцій з метою побудови динамічних морфологічних моделей проектного управління. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. Харків, НТУ «ХПІ». 2019. № 1 (1326). С. 30–36.
6. Haas E. J., Yorio P. Exploring the state of health and safety management system performance measurement in mining organizations. *Saf Sci*. 2016. 83. P. 48–58. doi: 10.1016/j.ssci.2015.11.009.
7. Bosch-Rekveltda M., Jongkindb Y., Mooia H., Bakkerc H., Verbraeckb A. Grasping project complexity in large engineering projects: the TOE (technical, organizational, and environmental) framework. *Int J Project Manage*. 2011. Iss. 29(6). P. 728–739. doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.008.
8. Badri A. The challenge of integrating OHS into industrial project risk management: proposal of a methodological approach to guide future research (case of mining project in Quebec). *Minerals*. 2015. Vol. 5(2). P. 314–334. doi: 10.3390/min5020314.
9. Становський А. Л., Прокопович І. В., Духанина М. А. Неразрушаючий метод измерения плотности фрагментов песчаных литейных форм. *Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві»*. Херсон. 2013. Вип 4(5). С. 104–110.
10. Lambrechts O., Demeulemeester E., Herroelen W. Proactive and reactive strategies for resourceconstrained project scheduling with uncertain resource availabilities. *Journal of scheduling*. 2008. Vol. 11(2). P. 121–136. doi: 10.2139/ssrn.950917.
11. Geraldi J., Maylor H., Williams T. Now, let's make it really complex (complicated): a systematic review of the complexities of projects. *Int J Oper Prod Manage*. 2011. Vol. 31(9). P. 966–990. doi: 10.1108/01443571111165848.
12. Папушин Ю. Л., Білецький В. С. *Основи автоматизації гірничого виробництва*. Донецьк : Східний видавничий дім. 2007. 168 с.
13. Іванов А. О. *Теорія автоматичного керування*. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. – 2003. 250 с.
14. Савельєва О. С., Прокопович І. В., Шмараєв А. В. Разработка метрологического обеспечения системы управления технологическим процессом литья под давлением биметаллических отливок. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2015. № 2/1(74). С. 32–37.
15. Оборский Г. А., Прокопович И. В., Коряченко А. А. Интегральные датчики динамических характеристик песчаных литейных форм. *Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві»*. Одеса. 2012. Вип. 1. С. 12–17.
16. Пришляк О. О. *Основи сучасної топології*: навчальний посібник. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка. 2006. 78 с.
17. Городецький В. В., Житарюк І. В., Мартинюк О. В. *Основи топології в теоремах і задачах*. Ч.: Прут. 2010. 544 с.
18. Становська І. І. Компактність динамічної моделі розвитку проектного управління як міра його ефективності. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків, НТУ «ХПІ». 2019. № 10 (1335). С. 70–76. doi: 10.20998/2413-4295.2019.10.09.
19. Домбровський М. З., Саченко А. О. Модель проектного управління проектом стратегічного розвитку енергопостачальних компаній в турбулентному оточенні. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. Харків: НТУ «ХПІ». 2017. № 2 (1224). С. 41–45.
20. Емелин А. *Множества. Операции над множествами. Отображение множеств. Мощество множеств*. URL: <http://mathprofi.ru/mnozhestva.html>. (дата звернення 05.01.2020)
21. Гогунский В. Д., Бирик Т. В., Становская И. И. Управление комплексными рисками проекта сопровождения систем аварийной защиты объектов ответственного назначения. *Вестник Национального университета кораблестроения*. 2012. № 3. С. 104-108.
22. Становський А. Л., Савельєва О. С., Бирик Т. В. Оценка работоспособности сложных технических систем, связанных с повышенной опасностью в эксплуатации. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в освіті»*. Херсон: ХПТК ОНПУ, 14 –15 травня 2009. Ч. 1. С. 46–52.
23. Становський А. Л., Тонконогий В. М., Бирик Т. В. Автоматизация управления объектами повышенной опасности. *Материалы Международной научно-технической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения»*. Севастополь: СНТУ, 07–12 сентября 2009. С. 30–33.
24. Fleming Q. W., Hoppelman J. M. *Earned value Project Management*. Project Management Institute. 1996. N.Y. 141p.
25. Зачко О. Б. *Моделі, механізми та інформаційні технології портфельного управління розвитком складних регіональних систем безпеки життєдіяльності*. Монографія. Львів : Вид-во ЛДУ БЖД. 2015. 126 с.
26. 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.
27. Yang Y., Xie X. Dual stimulus of hyperthermia and intracellular redox environment triggered release of siRNA for tumor-specific therapy. *Int. J. Pharm*. 2016. Vol. 506 (1–2). P. 158–173. doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.04.035.

28. Lotti Marco, Capponi Michela Giulii, Piazzalunga Dario, Poiasina Elia, Pisano Michele, Manfredi Roberto, Ansaloni, Luca. Laparoscopic HIPEC: A bridge between open and closed-techniques. *Journal of Minimal Access Surgery*. 2016. Vol. 12(1). P. 86–89. doi: 10.4103/0972-9941.158965.

## References (transliterated)

1. Kovalev I. V., Tynchenko C. V., Zavyalova O. I., Laikov A. N. Support system for multi-attribute decision making when managing complex systems. *Software products and systems*, 2009. no. 2, p. 142–144.
2. Bushuiev S. D., Yaroshenko Yu. F. Antykryzove upravlinnia finansovymy ustanovamy v umovakh turbulentnosti [Anti-crisis management of financial institutions in conditions of turbulence]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system [Management of complex systems development]*, 2013, no. 15, p. 5–10, doi: 10.1016/j.ijproman.2016.06.002.
3. Bakhshi J., Ireland V., Gorod A. Clarifying the project complexity construct: past, present and future. *Int J Project Manage.*, 2016, 34(7), p. 1199–1213.
4. Zimek A., Schubert E., Kriegel H. P. A survey on unsupervised outlier detection in high-dimensional numerical data. *Statistical Analysis and Data Mining*, 2012, 5 (5), p. 363–387, doi:10.1002/sam.11161.
5. Stanovska I. I., Kolesnikova K.V. Stratification of individual competencies in order to build dynamic morphological models of project management. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic management, portfolio management, programs and projects*. Kharkiv, NTU "KhPI", 2019, no. 1 (1326), p. 30–36.
6. Haas E. J., Yorio P. Exploring the state of health and safety management system performance measurement in mining organizations. *Saf Sci*, 2016, Vol. 83, p. 48–58, doi: 10.1016/j.ssci.2015.11.009.
7. Bosch-Rekveltda M., Jongkindb Y., Mooia H., Bakker H., Verbraeckb A. Grasping project complexity in large engineering projects: the TOE (technical, organizational, and environmental) framework. *Int J Project, Manage.*, 2011, 29 (6), p. 728–739, doi: 10.1016/j.ijproman.2010.07.008.
8. Badri A. The challenge of integrating OHS into industrial project risk management: proposal of a methodological approach to guide future research (case of mining project in Quebec). *Minerals*, 2015, Vol. 5(2), p. 314–334, doi: 10.3390/min5020314.
9. Stanovsky A. L., Prokopovich I. V., Dukhanina M. A. Non-destructive method for measuring the density of fragments of sand foundry molds. *Zbirnik naukovykh prac. "Information technology in the field of science and technology" [Collection of scientific works. "Information technology in education, science and industry"]*, Kherson, 2013, no. 4 (5), p. 104–110.
10. Lambrechts O., Demeulemeester E., Herroelen W. Proactive and reactive strategies for resourceconstrained project scheduling with uncertain resource availabilities. *Journal of scheduling*, 2008, Vol. 11(2), p. 121–136, doi: 10.2139/ssrn.950917.
11. Gerald J., Maylor H., Williams, T. Now, let's make it really complex (complicated): a systematic review of the complexities of projects. *Int J Oper Prod Manage.*, 2011, Vol. 31(9), p. 966–990, doi: 10.1108/01443571111165848.
12. Papushin Y. L., Biletsky V. S. *Fundamentals of automation of mining*. Donetsk: Eastern Publishing House, 2007, 168 p.
13. Ivanov A. A. *Theory of automatic control*: Dnepropetrovsk: National Mining University, 2003, 250 p.
14. Savelyeva O. S., Prokopovich I. V., Shmaraev A. V. Development of metrological support for the process control system for injection molding of bimetallic castings. *East European Journal of Advanced Technology*, 2015, no. 2/1 (74), p. 32–37.
15. Oborsky G. A., Prokopovich I. V., Koryachenko A. A. Integrated sensors of dynamic characteristics of sand foundry molds. *Collection of scientific works "Information technologies in education, science and production"*, Odessa, 2012, 1, p. 12–17.
16. Pryshlyak O. O. *Fundamentals of modern topology: a textbook*. Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2006, 78 p.
17. Gorodetsky V. V., Zhitaryuk I. V., Martyniuk O. V. *Fundamentals of topology in theorems and problems*. Ch.: Prut, 2010, 544 p.
18. Stanovska I. I. Compactness of the dynamic model of project management development as a measure of its efficiency. *Bulletin of NTU "KhPI", Series: New solutions in modern technologies*. Kharkiv, NTU "KhPI", 2019, no. 10 (1335), p. 70–76, doi: 10.20998/2413-4295.2019.10.09.
19. Dombrovsky M. Z., Sachenko A. A. Model of proactive project management of strategic development of energy supply companies in a turbulent environment. *Bulletin of National Technical University "KhPI": coll. of sci. papers. Ser.: Strategic management, portfolio, program and project management*, Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, no. 2 (1224), p. 41–45.
20. Emelin A. Sets. *Operations on sets. Display sets. The power of the set*. Available at: <http://mathprofi.ru/mnozhestva.html> (accessed 05.01.2020).
21. Gogunsky V. D., Bibik T. V., Stanovskaya I. I. Integrated risk management for the project of escorting emergency protection systems for critical facilities. *Bulletin of the National University of Shipbuilding*, 2012, No. 3, 104–108.
22. Stanovsky A. L., Savelyeva O. S., Bibik T. V. Evaluation of the performance of complex technical systems associated with increased danger in operation. *Proceedings of the First All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Modern Trends in the Development of Information Technologies in Education"*. Kherson: KhPTK ONPU, 14–15 May, 2009, Part 1, p. 46–52.
23. 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.
24. Fleming Q. W., Hoppelman J. M. Earned value Project Management. *Project Management Institute*, 1996, N.Y., 141 p.
25. Zachko O. B. *Models, mechanisms and information technologies of portfolio management of complex regional life safety systems*. Monograph, Lviv: LSU BJD Publishing House, 2015, 126 p.
26. 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 restrictions in all functional areas. *Technological audit and production reserves*, 2016, no. 5/2 (31), p. 18–23.
27. Yang Y., Yang Y., Xie X. Dual stimulus of hyperthermia and intracellular redox environment triggered release of siRNA for tumor-specific therapy. *Int. J. Pharm.*, 2016, Vol. 506 (1–2), p. 158–173, doi: 10.1016/j.ijpharm.2016.04.035.
28. Lotti Marco, Capponi Michela Giulii, Piazzalunga Dario,

Poiasina Elia, Pisano Michele, Manfredi Roberto, Ansaloni, Luca. Laparoscopic HIPEC: A bridge between open and

closed-techniques. *Journal of Minimal Access Surgery*, 2016, Vol. 12(1), p. 86–89, doi: 10.4103/0972-9941.158965.

#### 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 ostanovskyi@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 ostanovskyi@gmail.com.

**Прокопович Ігор Валентинович** – доктор технічних наук, доцент, Одеський національний політехнічний університет, директор інституту медичної інженерії, м. Одеса, Україна; ORCID: 0000-0002-8059-6507; e-mail: igor.prokopovich@gmail.com.

**Igor Prokopovich** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Medical Engineering, Odessa National Polytechnic University Odessa, Ukraine; ORCID: 0000-0002-8059-6507; e-mail: igor.prokopovich@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

*Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:*

Становська І. І., Становський О. Л., Прокопович І. В., Науменко Є. О. Метод експрес-вимірювання стану складних систем за допомогою параметричного показника. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2 (4). С. 85- 5. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.11.

*Please cite this article as:*

Stanovska I., Stanovskyi O., Prokopovich I., Naumenko I. Express method of the complex systems state measurement using the parametric indicator. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 2 (4), pp. 85- 5, doi:10.20998/2413-4295.2020.02.11.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

Становская И. И., Становский А. Л., Прокопович И. В., Науменко Е. А. Метод экспресс-измерения состояния сложных систем с помощью параметрического показателя. *Вестник Национального технического университета «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 2 (4). С. 85- 5. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.11.

**АННОТАЦІЯ** *Каждое антикризисное вмешательство в жизненный цикл сложной системы (ЖЦСС) фактически разрушает его первоначальный план – последний все больше отличается от реальности, а если таких вмешательств много, то от первоначального плана может вообще ничего не остаться! Модели, которые использовались при первоначальном планировании ЖЦСС становятся неадекватными, мгновенно и негативно отражаются на точности и эффективности антикризисных параметрических решений. Команда проекта после каждого значительного параметрического вмешательства должна быстро приступить к созданию нового плана, для чего ее необходимо обеспечить новой методологией антикризисного управления проектами на основе параметрического экспресс-анализа организационно-технических систем для оценки текущего состояния проекта. Для антикризисного управления любым объектом с обратной связью необходимо иметь возможность относительно быстро измерять параметры состояния этого объекта как реакции на управленческое вмешательство. Поэтому, целью научного исследования, в котором сложным объектом был проектный менеджмент, стало создание метода экспресс-измерения состояния проекта с помощью впервые предложенного параметрического показателя. Построена система управления антикризисной деятельностью сложных технических систем на основе обратной связи по отклонению текущего течения проекта от планового. Предложен новый комплексный параметр  $\Pi$ , однозначно и репрезентативно отражает отклонения параметров текущего течения проекта от планового. Показатель представляет собой безразмерную долю, где в числителе – сумма приведенных стоимостей утраченных параметров, в знаменателе – сумма приведенных стоимостей параметров вообще. Это позволило использовать этот показатель в качестве критерия необходимости начала процесса противодействия соответствующим кризисам. Определены методы их экспресс-измерения и расчета. На основании проведенных исследований разработана схема подсистемы компьютерной поддержки принятия проектных решений по планированию и выполнению антикризисного управления.*

**Ключевые слова:** *жизненный цикл; антикризисное управление; состояние сложной системы; параметрический показатель*

Надійшла (received) 15.02.2020

## ЗМІСТ

*ЕНЕРГЕТИКА, МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ*

<i>Данильченко Ю. М., Петришин А. І.</i> Вібродіагностика шпindelьних вузлів на опорах кочення по результатах вимірювань вібрацій корпусу	3
<i>Кусий Я. М.</i> Дослідження впливу викінчувальних операцій на формування параметрів якості поверхні втулок бурових pomp	14
<i>Лук'янов М. О.</i> Вентильно-індукторний двигун з покращеними тяговими характеристиками	23
<i>Лухтура Ф. І., Циганов В. І.</i> Переваги імпульсного підведення тепла для покриття змінних навантажень в системах теплопостачання	30
<i>Пантєлєєва І. В., Шматько Н. М., Глушко А. В.</i> Забезпечення енергозбереження при використанні установок на біопаливі	38

*ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ*

<i>Бондар А. В.</i> Динаміка інформаційної ентропії проєктів та практичні аспекти її оцінки	45
<i>Гигиняк В. В., Хлевний А. О.</i> Аналіз даних та машинне навчання на основі даних лабораторії ЦЕРН	53
<i>Колдун М. М., Грудзинський Ю. Є.</i> Побудова алгоритму прогностичної моделі при створенні предиктивного модуля передбачення нештатних ситуацій в роботі автоматизованої системи керування технологічними процесами	58
<i>Костенко В. Л., Кондратьєв С. Б., Ядрова М. В., Стельмах Д. Е.</i> Квазістереоскопічна система виявлення перешкод для сліпих на базі RASPBERRY PI 3 і STM8L	64
<i>Пустовойтов П. Є., Костик К. О., Компанієць В. О., Воронець В. М., Хайдар Х.</i> Математична модель опису інтенсивності запитів до сервера	76
<i>Становська І. І., Становський О. Л., Прокопович І. В., Науменко Є. О.</i> Метод експрес-вимірювання стану складних систем за допомогою параметричного показника	85

*ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЯ*

<i>Гармаш Д. В., Пасічний В. М.</i> Оптимізація процесу термічної обробки м'яса птиці за технологією sous vide із застосуванням фосфатної суміші	96
<i>Маринін А. І., Большак Ю. В., Святненко Р. С., Штепа Д. В.</i> Дослідження особливостей фізико-хімічних показників води, обробленої безреагентним електрохімічним методом	103
<i>Ненастіна Т. О., Ведь М. В., Сахненко М. Д., Зюбанова С. І.</i> Вплив морфології поверхні композиційних електролітичних покривів Co-W-ZrO <sub>2</sub> на функціональні властивості сплавів	110
<i>Прісс О. П., Сердюк М. Є., Жукова В. Ф., Сухаренко О. І., Коляденко В. В.</i> Гарбузові цукати – ласощі з функціональними властивостями	119
<i>Сердюк М. Є., Григоренко О. В., Сухаренко О. І., Коляденко В. В.</i> Зміни функціональних властивостей фруктової та ягідної сировини протягом криогенного зберігання	126
<i>Чернюшок О. А., Шевченко І. Ю.</i> Розробка м'ясних напівфабрикатів з використанням молочних продуктів та шпинату	133
<i>Шведюк Д. А., Пасічний В. М.</i> Вплив термічної обробки на характеристики січених м'ясо-рослинних напівфабрикатів з використанням ферментації	138

*ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ЕМС ТА БЛИСКАВКОЗАХИСТ*

<i>Гончаров Є. В., Поляков І. В., Марков В. С., Крюкова Н. В., Бойков Д. О., Скрєбцов М. К.</i> Перспективи сучасних методів дистанційного контролю ліній електропередачі	145
<i>Литвиненко С. А.</i> Статистичне моделювання просування блискавки в напрямку наземних об'єктів	152

## CONTENTS

*ENERGY, ENGINEERING AND STRUCTURAL MATERIALS TECHNOLOGY*

<i>Danylchenko Yu., Petryshyn A.</i> Diagnostic of spindle units on rolling bearings based on measuring of the housing vibrations	3
<i>Kusyi Ya.</i> Investigation of the influence of finishing operations on the formation of surface quality parameters of bushings of drilling pumps	14

<i>Lukianov M.</i> Switched-reluctance motor with improved traction characteristics	23
<i>Lukhtura F., Tsiganov V.</i> Advantage of pulse heat supply for covering variable loads in heat supply systems	30
<i>Pantielieieva I., Shmatko N., Glushko A.</i> Ensuring energy saving when using biofuel installations	38
<i>INFORMATION TECHNOLOGY AND CONTROL SYSTEMS</i>	
<i>Bondar A.</i> Dynamics of information entropy of projects and practical aspects of its evaluation	45
<i>Hyhnyiak V., Khlevnyi A.</i> Data Analysis and Machine Learning on the CERN data	53
<i>Koldun M., Hrudzynskiy J.</i> Construction of the algorithm of the forecast model at creation of the module of prediction of emergency situations in work of the industrial automation and control systems	58
<i>Kostenko, V., Kondratyev, S., Yadrova, M., Stelmakh, D.</i> Quasistereoscopic obstacle detection system for the blind on the basis RASPBERRY PI 3 and STM8L	64
<i>Pustovoitov P., Kostyk K., Kompaniets V., Voronets V., Haidar H.</i> Mathematical model of server requests intensity description	76
<i>Stanovska I., Stanovskiy O., Prokopovich I., Naumenko I.</i> Express method of the complex systems state measurement using the parametric indicator	85
<i>CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGY, ECOLOGY</i>	
<i>Garmash D., Pasichnyi V.</i> Optimization of the poultry meat heat treatment process with phosphate mixture application	96
<i>Marynin A., Bolshak Yu., Svyatnenko R., Shtepa D.</i> Research of peculiarities of physicochemical indicators of water processed by reagent-free electrochemical method	103
<i>Nenastina T., Ved' M., Sakhnenko M., Zubanova S.</i> The effect of surface morphology of Co-W-ZrO <sub>2</sub> electrolytic composite coatings on the functional properties of alloys	110
<i>Priss O., Serdyuk M., Zhukova V., Sukharenko O., Koliadenko V.</i> Candied pumpkins – a delicacy with functional properties	119
<i>Serdyuk M., Hryhorenko O., Sukharenko O., Kolyadenko V.</i> Changes in functional properties of fruit and berry raw materials during cryogenic storage	126
<i>Chernyushok O., Shevchenko I.</i> Development of semi-finished meat products using dairy products and spinach Development of meat products with the use of dairy products and spinach	133
<i>Shvedyuk D., Pasichnyi V.</i> The influence of heat treatment on the characteristics of chopped meat and vegetable semi-finished products using fermentation	138
<i>ELECTROPHYSICAL TECHNOLOGIES, EMC AND LIGHTNING PROTECTION</i>	
<i>Honcharov Ye., Polyakov I., Markov V., Kryukova N., Boykov D., Skrebtsov N.</i> Prospects of modern remote methods control of power transmission lines	145
<i>Lytvynenko S.</i> Statistical modeling of lightning propagation in the direction of ground objects	152

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ".  
СЕРІЯ: НОВІ РІШЕННЯ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

Збірник наукових праць

**№ 2(4)' 2020**

Відповідальний редактор: Є. І. Сокол, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна  
Технічний редактор: С. І. Меньшикова, канд. фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Україна  
Відповідальний секретар: Р. С. Томашевський, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Україна  
С. І. Меньшикова, канд. фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Україна

Відповідальний за випуск: д-р техн. наук, доц. Р. С. Томашевський

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ ТА ВИДАВЦЯ:** 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХПІ».  
Рада молодих вчених, тел. (057)707-69-37, e-mail: [vestnik.nsm@gmail.com](mailto:vestnik.nsm@gmail.com)

Підп. до друку «31» травня 2020 р. Формат 60x84 1/8. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 13,0. Облік.вид.арк. 8,75.  
Тираж 50 прим. Зам. № 44. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію  
суб'єкта видавничої справи ДК №5478 від 21.08.2017  
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

---