

2. Piddubna L.P. (2019) Viktoristannya dlya analizu situacij ta prijnyattya rishennya metodik, povyazanih iz sistemoyu koordinat Dekarta. Visnik KIBiT. Specialnij випуск. № 3. S. 97-98.
3. Kozlov N.I. (2008) Formula uspeha, ili filosofiya zhizni effektivnogo cheloveka. Moskva. Astrel: AST.

4. Kvadrat Dekarta – tehnika prinyatiya reshenij // Blog <https://4brain.ru/blog/квадрат-декарта/>
5. Zhukov Yu., Dosvid zastosuvannya «Kvadrata Dekarta» shchodo otsinky moloddiu perevah ta ryzykiv strokovoi sluzhby u lavakh Zbroinykh Syl Ukrainy / Yu. Zhukov, L.P.Piddubna // Visnyk KIBiT. Spetsialnyi випуск №41 2019 S. 77-79.

УДК: 004.2 : 330.46

РУДИК С.Л.,
САПУН В.С.,
САПУН К.,
СЕЛЕЗНЬОВА Р.В.
м. Вінниця

RUDYK S.L.,
SAPUN V.S.,
SAPUN K.,
SELEZNOVA R.V.
Vinnutsya, Ukraine

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПРИКЛАДНИХ КІБЕРНЕТИЧНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF APPLIED ECONOMICAL CYBERNETICAL SYSTEMS.

Анотація. Розглянуто загальні принципи побудови та моделювання прикладних кібернетичних економічних систем. Наведено загальну характеристику автоматизованих систем контролю і управління різними складними економічними об'єктами. Оцінено ступінь невизначеності стану об'єкта контролю. Проведено загальну оцінку ефективності автоматизованих економічних систем контролю і управління на основі співставлення потенційної та реальної систем.

Ключові слова: інформаційні системи, автоматизовані економічні системи контролю і управління, ентропія, інформація, ефективність.

Abstract. The authors discuss the general principles of construction and modelling of applied cybernetic economic systems. The general characteristics of automated systems of control and management of various complex economic objects are given. The information science, as a science of information phenomena and processes, requires the development and development of basic theoretical positions in the field of applied economic cybernetic systems. The application of information science principles to economic systems will allow developing existing models and methods of economic cybernetics. The authors of the article have shown that economic cybernetics establishes general principles and laws according to which both living organisms and different systems carry out purposeful actions based on the processes of transmission, transformation and use of information. Economic cybernetics is primarily interested in the logical structure, formalization of cybernetic economic processes, not their physical, biological or any other nature. Such abstraction gives the community cybernetics, allows it to be used for the study of cybernetic economic processes, regardless of the category of the phenomenon (biological, physiological, technical, economic, etc.), methods of exact sciences, all modern mathematical apparatus.

Keywords: computer systems, automated monitoring and control systems, entropy, information, efficiency.

Постановка проблеми. Інформаціологія як наука про інформаційні явища та процеси потребує розвитку та розробки основних теоретичних положень у галузі прикладних економічних кібернетичних систем. Застосування принципів інформаціології до економічних систем дозволить розвинути вже існуючі моделі та методи економічної кібернетики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інформаціологія як наука була створена Н. Вінером, який визначив кібернетику як науку про управління в тварині і машині. Академік А. І. Берг, зусиллями якого при АН СРСР було створено наукову раду з проблеми «Кібернетика» (1959 р.), характеризував кібернетику як науку про оптимальне, цілеспрямоване управління складними динамічними систе-

мами. Інформаціологія є новим напрямком економічної кібернетики, і засновником цієї науки є професор І.В. Кузьмін.

Виклад основного матеріалу. Інформаціологія як єдина наука про всі інформаційні явища, мікрота макродинамічні процеси у Всесвіті, яка базується на фундаменті інформатики, виникла в 1989 р. Тобто, інформаціологія вивчає інформаційні основи виникнення та розвитку природи і суспільства. Як природні, так і штучні інформаційні системи (ІС), відповідно і інформаційні системи (ІС) включають в себе інформаційні ресурси (ІР) та інформаційні процеси (ІП). Якщо теоретична кібернетика вивчає проблеми математичного опису процесів управління, а технічна кібернетика розробляє керувані ІС, то прикладна кібернетика з'ясовує можливості її застосування в життєдіяльності людини.

Інформаційні ресурси в кібернетичних економічних системах представлені теорією інформації, теорією автоматичного регулювання, теорією моделювання та теорією обчислювальних машин.

На практиці використовуються експертні системи різних типів: інтерпретація (опис ситуації згідно інформації, яка надходить із сенсорів, рецепторів), прогноз (визначення вірогідних наслідків ситуацій), діагностика (виявлення причин неправильного функціонування системи за результатами спостереження), проектування (побудова конфігурації об'єктів при заданих обмеженнях), планування (визначення послідовності дій), спостереження (порівняння результатів спостережень з очікуваними результатами), налагодження (складання рецептів виправлення неправильного функціонування системи), ремонт (виконання послідовності необхідних виправлень), навчання (діагностика, налагодження та виправлення поведінки системи, що самонавчається), управління (управління поведінкою системи в цілому).

Теорія автоматичного регулювання (управління) у економічній кібернетичі призначена для розроб-

ки проблем, пов'язаних із забезпеченням автоматичного регулювання в пристроях, комплексах та системах.

Управління в інформаційній системі являє собою процес здійснення зв'язків, як прямий, так і зворотний, між керуючою і керованою частками системи (Рис. 1).

Теорія автоматичного управління розглядає прості (одноконтурні) та складні (багатоконтурні) системи. В свою чергу, як прості, так і складні системи можуть бути детермінованими, такими, що працюють за жорсткою програмою та імовірністними системами, які самонавчаються.

Системи з автоматичним управлінням можуть працювати в трьох режимах: 1) компенсаційному, коли інформаційна система безперервно виключає (нівелює) неузгодженість між заданим програмою станом і тим станом, в який система введена тією чи іншою дією (наприклад, термостат, в якому автоматично підтримується певна температура); 2) моніторинг (спостереження), коли відбувається автоматичне управління за певною, попередньо заданою програмою (наприклад, робота автомата); 3) саморегулювання відбувається в складних кібернетичних економічних системах, як правило біологічних, починаючи від окремої клітини і завершуючи цілісним організмом.

Робота систем із зворотним зв'язком піддається точному опису і розрахунку. Теорія автоматичного регулювання займається математичним формулюванням цих описів.

У зв'язку з тим, що принципи управління для технічних та інших систем єдині, теорія автоматичного управління успішно використовується і в прикладних кібернетичних системах (біологічних, економічних, соціальних та ін.).

На початку розвитку прикладної економічної кібернетики користувалися методом «чорної скриньки» – опис систем у вигляді перетворення вхідних сигналів у вихідні із прихованою внутрішньою

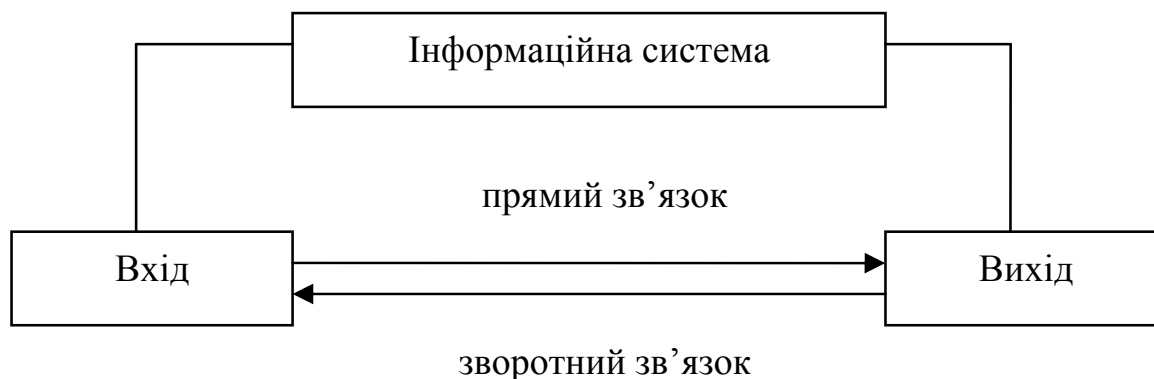


Рис. 1. Блок-схема управління в інформаційній системі.



Рис. 2. Блок-схема управління в прикладній КС

структурою, який виявився незадовільним для опису динамічних систем. «Скринька» була замінена «простором станів» (Рис. 2).

Таким чином, прикладна КС характеризується входом, станом та виходом. Метою керуючих впливів можуть бути будь-які задані програми, збереження структури, підтримання заданих параметрів, показників тощо. Управління, що здійснюється за участі людини та використання технічних засобів називається автоматизованим, а те ж саме, але без участі людини – автоматичним.

Метою моделювання можуть бути формулювання та обґрунтування гіпотез про властивості об'єктів, оцінка та прогноз впливу на них різноманітних зовнішніх факторів; відпрацювання моделей розвитку подій тощо.

Зворотний зв'язок в КС може бути позитивним, коли зворотний сигнал збільшує ефект входу, що сприяє втраті стійкості до збурення системи, або негативним, який підвищує їх стійкість та забезпечує підтримку рівноваги.

Загальна характеристика автоматизованих економічних систем контролю і управління. Для того, щоб правильно судити про хід процесу контролю і управління, а також про стан і положення об'єкта, який контролюється і управляється, необхідно контролювати велику кількість параметрів різної природи. Тому багато вимірювальних і керуючих пристроїв доводиться сконцентрувати в одному місці. Використання централізованих автоматизованих систем контролю і управління (АСКУ) позбавляє необхідності користування показниками численних пристроїв.

Основне призначення АСКУ – правильно визначити протягом заданого інтервалу часу стан і положення об'єкта та управляти ним з урахуванням стану. У випадку появи відхилення або неполадок АСКУ має забезпечувати виявлення відхи-

лення або відмови місця неполадки з заданою точністю.

Все частіше останнім часом АСКУ використовується також для прогнозування працездатності і положення об'єкта в цілому або його функціональних елементів.

АСКУ дозволяє, крім ефективного контролю і управління, проводити оптимізацію цих процесів, а також накопичувати інформацію для прогнозування відмов системи контролю і управління об'єктом.

За цільовим призначенням АСКУ можна розділити на системи: стабілізації, програмного управління, спостережні, оптимальні і змішані.

Багатовимірні АСКУ стабілізації призначені для одночасної підтримки з визначеною точністю багатьох вихідних параметрів. Багатовимірні АСКУ програмного управління призначені для автоматичного управління декількома фізичними процесами за заданою програмою з визначеною точністю. Багатовимірні спостережні АСКУ призначені для одночасного відтворення всіма вихідними параметрами невідомих наперед різних законів управління. Оптимальні багатовимірні АСКУ мають оптимізатор, який дозволяє отримувати оптимальні значення вихідних параметрів. Багатовимірні змішані АСКУ можуть одночасно спостерігати, стабілізувати, управляти за програмою і оптимізувати множини параметрів.

Багатовимірні АСКУ – це складні інформаційні системи, які характеризуються інтенсивними потоками інформації.

У зв'язку з цим становить інтерес проведення оцінювання стану і функціонування АСКУ використання положень теорії інформації.

Оцінка ступеня невизначеності стану об'єкта контролю. При контролі і управлінні об'єкт можна розглядати як багатовимірну динамічну систему, на яку водночас із закономірними і випадко-

вими керуючими впливами або сигналами контролю впливають різні випадкові завади у вигляді зовнішніх і внутрішніх збурень. Стан такої системи визначається деякими вихідними параметрами, певним чином пов'язаними з впливами на систему через вектор-оператор системи.

У зв'язку з випадковим характером різних впливів і збурень вихідні параметри об'єкта будуть також випадковими функціями часу.

Повними ймовірнісними характеристиками як вихідних параметрів, так і самого об'єкта, є диференціальні багатовимірні закони розподілу, а також рівняння для визначення ймовірності стану виходів системи при різних ймовірностях стану вхідних сигналів. Однак вони не дають інтегральної якісної і кількісної оцінки невизначеності об'єкта при контролі і управлінні, а також інтегральної оцінки зміни невизначеності об'єкта в процесі контролю і управління. Цей недолік усувається при використанні кібернетичних економічних характеристик об'єкта в процесі контролю і управління. Для інтегральної оцінки невизначеності об'єкта з неперервною множиною станів у процесі контролю і управління, зручно застосовувати диференціальну ентропію стану об'єкта.

Контроль – це один з різновидів процесу отримання, перетворення, передачі і накопичення інформації. Під контролем в усіх випадках практики розуміється процес отримання людиною або машиною інформації про дійсний стан об'єкта контролю.

Інформація, отримана в результаті контролю, кількісно оцінюється зменшенням ентропії від значення $h(X)$, яке характеризує невизначеність об'єкта контролю перед контролем, до значення $h(X/Y)$, яке залишається після отримання результату контролю Y , тобто:

$$I = h(X) - h(X/Y). \quad (1)$$

Апостеріорна ентропія $h(X/Y)$ визначається розподілом ймовірностей похибок контролю. Оскільки апостеріорна ентропія $h(X/Y)$ обумовлює зменшення кількості інформації, отриманої при контролі, то говорять, що похибки контролю здійснюють дезінформаційну дію.

Дезінформаційна дія похибки у загальному випадку визначається законом розподілу останньої, причому при різних законах розподілу отримують різні значення $h(X/Y)$ навіть у тому випадку, якщо дисперсії похибок однакові.

Рівномірним законом розподілу, яке вносить таку ж дезінформаційну дію, що і похибка з даним законом розподілу ймовірностей.

Потрібно зауважити, що викладене стосується випадку, коли контроль параметрів здійснюється за критерієм кількісної оцінки, тобто по суті зводиться тільки до вимірювання величини параметрів. У

тих випадках, коли контроль здійснюється за допускним критерієм, тобто коли метою контролю є встановлення, знаходиться чи не знаходиться величина параметру, що контролюється, в межах допуску, ентропія похибки контролю має визначатися співвідношенням:

$$H(X/Y) = - \{P_{er} \log_2 P_{er} + (1 - P_{er}) \log_2 (1 - P_{er})\}, \quad (2)$$

де P_{er} – загальна безумовна ймовірність помилкового розв'язку відносно стану контрольованого параметру.

Під інформаційною здатністю пристрою контролю мається на увазі еквівалентне число різних інтервалів, яке визначає кількість інформації, отримуваної від пристрою контролю.

Таким чином, згідно з визначенням інформаційної здатності пристрою контролю N може бути встановлена зі співвідношення:

$$I = \log_2 N, \quad (3)$$

де I – кількість інформації, отримуваної при контролі.

Ентропія та інформація у системах автоматичного управління. *Поняття ентропії та інформації є зручними узагальненими характеристиками при описуванні складних систем автоматичного управління.*

Будь-який процес, який належить автоматичному управлінню, можна охарактеризувати сукупністю координат $x_1, x_2, \dots, x_m$. Ці координати практично завжди мають розкид відносно номінальних значень. Цей розкид обумовлений численними факторами і має випадковий характер. Для оцінювання невизначеності процесу може бути використана ентропія розподілу ймовірностей координат керованого процесу, яка виражається такою ж формулою, що й ентропія.

Незважаючи на спільність математичних виразів, ентропія процесу суттєво відрізняється від інформаційної ентропії. У системах передачі інформації після отримання інформації ентропія об'єкта зменшується. Ентропія ж процесу, після отримання спостерігачем інформації про його стан, не змінюється. Отже, ентропію розподілу ймовірності координат процесу не можна змінити вимірюванням цих координат. Дія зміни ентропії процесу необхідне управління або відновлення.

Якщо проводити аналогію з процесом контролю параметрів як процесом передачі інформації, то введення поняття ентропії процесу відповідає при контролі ентропії параметрів за рахунок їх флуктуації внаслідок зовнішніх збурюючих впливів.

Ентропія процесу може бути змінена тільки за рахунок впливу на цей процес. Основним призначенням автоматизованого управління процесом є зменшення відхилень процесу від заданого, зменшення невизначеності перебігу процесу, тобто зменшення ентропії процесу. Отримана інформація

опрацьовується обчислювальним пристроєм. Опрацьована інформація надходить в систему виконання, яка формує керуючі впливи, які впливають на керований процес в напрямку зменшення його ентропії. Управління процесом може бути неперервним або дискретним в часі, коли управляючі впливи надходять на керований процес через інтервали часу T .

Оцінка ефективності АСКУ. З інформаційної точки зору ефективність АСКУ доцільно оцінювати кількістю інформації, отримуваної системою в певний інтервал часу з врахуванням економічних витрат. У зв'язку з цим ефективність АСКУ потрібно оцінювати величиною:

$$I = \frac{I(X)}{C}, \quad (4)$$

де $I(X)$ – кількість інформації, яку отримує АСКУ в певний інтервал часу;

C – вартість АСКУ.

Потенційна АСКУ забезпечує отримання максимальної кількості інформації. Це буде мати місце при максимумі апіорної і мінімумі апостеріорної ентропії об'єкта контролю. Отже, для потенційної системи має бути рівність апіорних ймовірностей контрольованих параметрів.

Розв'язувальний пристрій потенційної системи працює за критерієм ідеального спостерігача, який мінімізує сумарну помилку прийняття рішення.

$$K_p = \frac{I_{\max}}{C_{\min}}, \quad (5)$$

Математична модель реальної АСКУ будується аналогічно математичній моделі потенційної системи. Однак при цьому приймаються реальні закони розподілу ймовірностей станів контрольованих параметрів і різні алгоритми роботи розв'язувальних пристроїв, обумовлені вибраним критерієм оцінювання параметрів.

Перевагою узагальненого статистичного критерію, отриманого на основі потенційної і реаль-

ної математичних моделей АСКУ, є повна наочність та порівняна простота, що дозволяють одним числом характеризувати систему як загалом, так і по частинах, які включають складні і прості пристрої. При цьому діапазон зміни критерію для практичних систем:

$$0 \leq E \leq 1. \quad (6)$$

Недосконала АСКУ має E близький до нуля, досконала – до одиниці.

Висновки: Економічна кібернетика встановлює загальні принципи й закони, згідно з якими як живі організми, так і різні системи виконують цілеспрямовані дії на основі процесів передачі, перетворення й використання інформації. Економічна кібернетика насамперед цікавиться логічною структурою, формалізацією кібернетичних економічних процесів, а не їхньою фізичною, біологічною або якою-небудь іншою природою. Таке абстрагування надає кібернетиці спільність, дозволяє їй застосовувати для дослідження кібернетичних економічних процесів, незалежно від того, до якої категорії явище ставиться (біологічної, фізіологічної, технічної, економічної т.д.), методи точних наук, увесь сучасний математичний апарат.

References

1. Kuzmin I.V. (1969) Teoretichni osnovi iformacijnoyi tehniki. Teoretichni osnovi informacijnih inzhenernih tehnologij. Harkiv: KVKIJ.
2. Kuzmin I.V. (1971) Ocinka efekтивности ta optimizaciji ASKU. Moskva: Radyanske radio.
3. Kuzmin I. (2014) Entropiya i informacija kontrolyu. haosu i katastrof. Materiali 1-yi Mizhnar. nauk.-pr. konf.: Problemi infokomunikacij. Nauka i tehnologiyi. Harkiv, Ukrayina. S. 15-16.
4. Matematichne modelyuvannya procesiv upravlinnya ohoronoyu zdorovya. Matematichne modelyuvannya upravlinnya ohoronoyu zdorovya. (2015) A.O. Golyachenko I.V. Kuzmin V.S. Kilivnik. Ternopil: Lileya.
5. Kuzmin I.V. Osnovy teorii informatsii ta koduvannya / I.V. Kuzmin, V.A. Kedrus. – K.: Vyshcha shkola, 1977