

УДК 004.942

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДБОРУ І ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВІД ОБ'ЄКТІВ З АГРЕГАТНОЮ ІЄРАРХІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ

Л.С. Сікора¹, І.Т. Стрепко², Б.І. Федина², Н.К. Лиса¹

Національний університет "Львівська політехніка"

вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

Українська академія друкарства, вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

В статті розглянуто концептуальні підходи і методи розробки (синтезу) систем контролю і управління на підставі інформаційно-ресурсного аналізу, що включає наступні методи: структурний синтез інформаційно-вимірювальних системи контролю стану енергоактивного об'єкта з агрегатною структурою; інформаційно-ресурсна концепція синтезу, як метод створення ІВС; синтез структури ІВС методами системного аналізу та комплексування з врахуванням інформаційних технологій; метод структуризації ІВС на підставі системного аналізу та інформаційних технологій для алгоритмізації процедур обробки даних.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, інформаційна технологія, ієрархія, база знань, модель.

Постановка проблеми. Розвиток інформаційних та комп'ютерних технологій вимагає дослідження та теоретичного узагальнення відомих та виявлення нових факторів впливу на їх функціонування. Для отримання нової інформації в умовах стохастичних збурень застосовують метод синтезу інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) [1, 6].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У галузі статистичних методів синтезу ІВС в основному застосовуються гаусовські моделі, причому недостатня увага приділяється робастності і стійкості спостереження та стратегії досягнення цілі при дії збурень різної фізичної і інформаційної структури, що дезорієнтує систему контролю стану об'єкта управління. Основні дослідження при цьому проводяться в напрямках, які вимагають побудови і обґрунтування [1, 2, 6]:

- ймовірнісних моделей випадкових процесів і полів, а також їх відображення в моделях об'єктів дослідження;
- методів виявлення, розпізнавання, оцінки параметрів і фільтрації сигналів та полів на базі вибраних моделей адекватних для задач прийняття рішень в рамках розв'язання проблем і конфліктних ситуацій, які виникають в процесі управління при дії збурень і загроз;
- моделей просторово-часової обробки сигналів, з врахуванням стохастичної структури каналів розповсюдження, для формування образів динамічної ситуації і їх класифікації, з метою створення інформаційної оцінки динаміки траєкторій стану об'єкта управління (ОУ) для виявлен-

ня граничних і кризових станів та режимів функціонування об'єкта системи;

- $(T \times D^3)$ моделей розповсюдження термодинамічних потоків в неоднорідних середовищах з випадковою структурою і створення вимірювальних давачів інформаційних сигналів адекватних структурі процесів в об'єкті;
- процедур та алгоритмів багатокритеріальної оптимізації (структури і динамічних режимів), необхідних в процесі реалізації цільових задач управління;
- розпізнавання образів (просторово-часових, ситуаційних) і їх класифікація для оцінки динамічної ситуації в просторі станів системи керування об'єктом із складною енергоактивною структурою та її інтерпретації в цільовому просторі системи управління;
- методів аналізу та синтезу ІВС (для детермінованих і стохастичних структур керування), як спостерігачів динамічного стану об'єктів, які мають агрегатовану ієрархічну структуру, що вимагає інтелектуальної обробки потоків даних, їх інтерпретації, класифікації в процесі формування і прийнятті цілеорієнтованих управляючих рішень.

Мета статті. Розроблення методу інтеграції для синтезу інформаційно-вимірювальних систем контролю об'єктів з ієрархічною структурою на підставі системного аналізу інформаційних технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Структурний синтез інформаційно-вимірювальних систем контролю стану об'єкта. Структурний синтезу ІВС полягає в тому, що система розробляється на основі існуючих методик метрологічного забезпечення, виходячи із заданої моделі вимірювальної системи, згідно алгоритму відбору даних про взаємодію з об'єктом. При такому підході не завжди в повній мірі враховується інформація про структуру енергоактивного ОУ, умови його спостережуваності і керованості. Тому в процедурі синтезу ІВС необхідно врахувати мету функціонування ОУ в рамках моделі цільового простору \tilde{I}_o^d , оскільки вона є підставою побудови змістовної моделі ІВС, сформувані кількісні критерії оптимізації, синтезувати алгоритми обробки з робастними властивостями, узгодити шкалу приладів індикації і ІВС з параметрами контролю ОУ. Згідно запропонованого методу на рис. 1 побудовано інформаційну технологію представлення об'єкта «книжковий блок», де позначено $V_{\text{кб}}$ – об'єм книжкових блоків; $V_{\text{с}}$ – об'єм сушарки [5, 8].

В стохастичних ОУ з ієрархічною агрегатною багатошаровою енергоактивною структурою виникає ситуація за якої недостатньо апріорної інформації відносно цієї структури об'єкта і способу та засобів оцінки його стану. Ця задача часто виникає при спостереженні за станом енергоактивних термодинамічних об'єктів, до складу яких входять компоненти з неідентифікованою структурою та функціями. В цих випадках, для створення моделі структури ОУ та динаміки функціонування, необхідно застосувати принцип дуального управління, який передбачає одночасне використання сигналів управління, як засобів вивчення об'єкта і його оптимального управління.

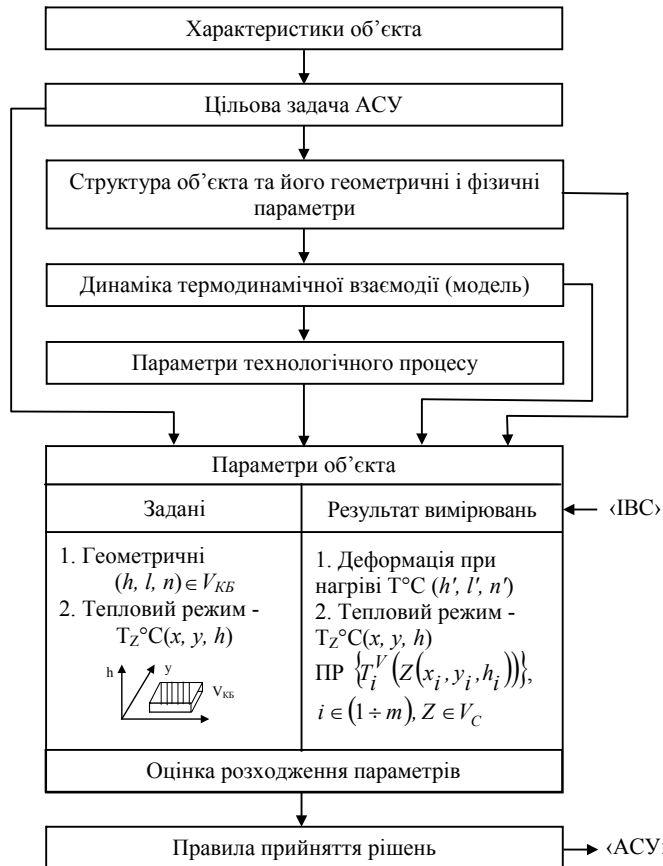


Рис. 1. Інформаційна технологія представлення об'єкта «книжковий блок»

Однак, існують умови, за яких оптимальне спостереження і управління стає неможливим. Дана ситуація виникає при ресурсних обмеженнях або динамічних збуреннях, що значно перевищують рівень корисного сигналу чи близькі до нього. За цих умов втрачається стійкість і функціональна працездатність ІВС, яка побудована на базі класичної теорії систем із зворотним зв'язком і ієрархічних структур Месаровича [1, 5, 6]. В даних роботах показано, що обмеженість цих теорій пов'язана з їх логічною неповнотою опису і формування процедур прийняття рішень. Проблеми синтезу енергоактивних систем автоматизованого управління (АСУ), а також інформаційні аспекти опису процесів функціонування ІВС, як формувача образу динамічної ситуації в каналі зворотного зв'язку з точки зору ситуації, в літературі практично не розглядаються. При чому процедура прийняття рішення з оцінки поточної ситуації замінюється стратегією компенсації збурень. Це вимагає пошуку принципово нових підходів до синтезу ІВС (з врахуванням даних програмно-цільового і ситуаційного управління), як спостерігачів динамічного стану об'єктів керування в технологічній структурі.

2. Інформаційно-ресурсна концепція синтезу ІВС і АСУ. Інформаційно-ресурсна концепція, яка запропонована в [6, 7], на перший план висуває виявлення і формалізацію цілей функціонування ОУ і ІВС. Як показано в [3] найбільш адекватним способом відображення динамічного стану об'єкта відносно цільового простору станів з урахуванням причинно-наслідкових відношень є образ динамічної ситуації (ОДС). У цьому випадку поняття ОДС використовується класично, як впорядкована в часі сукупність станів системи, що відображає певну ситуацію при дії сукупності зовнішніх факторів в рамках метричного простору $(R_{\theta}^n \times T_m)$ в якому відображається стан ОУ, де R_{θ}^n – параметри n -мірні, T_m – час спостереження за станом ОУ.

Структура системи управління розглядається як динамічна ієрархічна цілеспрямована система, фазовий простір якої спряжений з просторами станів і цільовим, які спостерігаються в реальному часі. Мета функціонування ІВС полягає в робастному спостереженні за станом об'єкта і системи управління в цілому. Це забезпечує бажані властивості ІВС, а саме адаптивність до зміни параметрів ОУ під впливом збурень (рис. 2).

Це є підставою представити ІВС як спостерігача динамічної ситуації, що переносить відомості про стан системи з фізичного в інформаційний та цільовий простори у вигляді образу параметричної динамічної ситуації. В даному випадку центр ваги в синтезі ІВС перекладається на синтез елементів інформаційної структури: фільтрів, процесорів для реалізації процедур і алгоритмів статистичної оцінки класифікації і рангування. Такий метод забезпечує уникнення ситуацій невизначеності і значно підвищити ефективність спостереження в умовах дії завад і невизначеності.

3. Синтез структури ІВС. На підставі вищенаведеного методу з врахуванням інформаційно-ресурсної концепції побудови автоматизованих систем управління розроблено структурну схему представлення інформаційної технології відбору і комплексного опрацювання ситуативних даних про динаміку енергоактивного об'єкта управління (ЕА-ОУ) [3, 6].

Структура ІВС в загальному випадку складається з таких елементів: вимірювальні (ВП) і нормуючі (НП) перетворювачі, фільтри, а також елементи інформаційної структури: індикатор динамічного стану (ІДС), процесор оцінки статистичних характеристик (ПОСХ), бази знань (БЗ). Система активного вимірювання для оцінки траєкторій поведінки об'єкта в просторі стану – давач сигналу (ДС) і процесор обробки сигналу (ПОС). Генератор тестових сигналів (ГТС) відноситься до засобів метрологічного забезпечення ІВС і здійснює неперервний контроль вимірювальних каналів. Перевірка статичних і динамічних характеристик ІВС на відповідність режимів функціонування згідно заданих цільових функцій, дозволяє робити висновки про робастність структури ІВС при дії нормованих збурень на структуру і параметри.

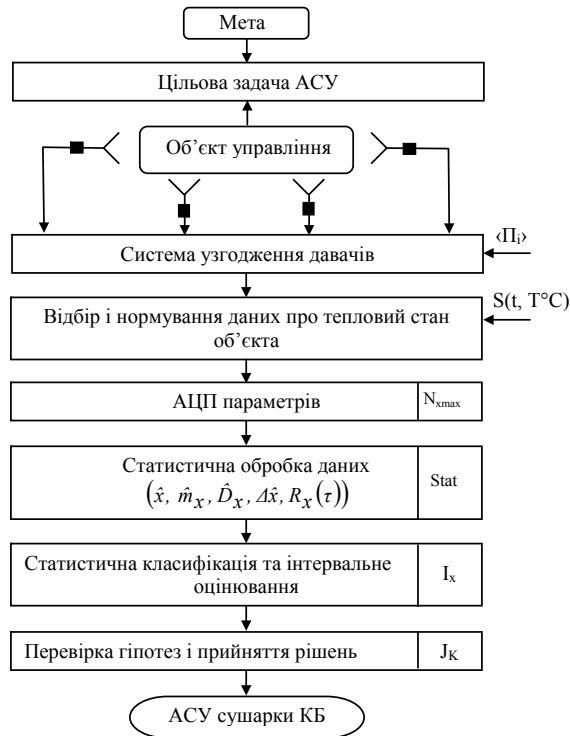


Рис. 2. Інформаційна технологія відбору і опрацювання даних про тепловий стан книжкового блоку в процесі сушіння

Для забезпечення робастності функцій ІВС використовується набір стійких проти сильних збурень алгоритмів оцінки траєкторій сигналів. Динамічне спостереження і первинна обробка сигналів, які відображають зміну в часі траєкторій параметра стану $z_c(t)$ здійснюється за обраним алгоритмом $Alg(\hat{z}_c / T_c)$ на базі якісних критеріїв, що відповідають умовам і способу розв'язання цільової задачі. Для методів непрямих вимірювань використовуються моделі сигналів, які описують поведінку при дії збурень на об'єкт і ІВС, параметра стану $M[z_c]$. Для обробки сигналу $z_c(t)$ разом із збуренням $\zeta(t)$ використовуються алгоритми робастної оцінки $Alg(\psi(\hat{z}_c / T_c))$, побудовані на базі функцій впливу Х'юберта [4]:

$$(\psi(\hat{z}_c / \theta)), \theta \in I_z^{max} \in R_\theta^n, \quad (1)$$

де I_z^{max} – область допустимих змін параметра стану ОУ, визначена на підставі інтервальних оцінок.

Відповідно до інформаційної технології відбору і опрацювання даних про стан об'єкта синтезуємо структуру ІВС (рис. 3).

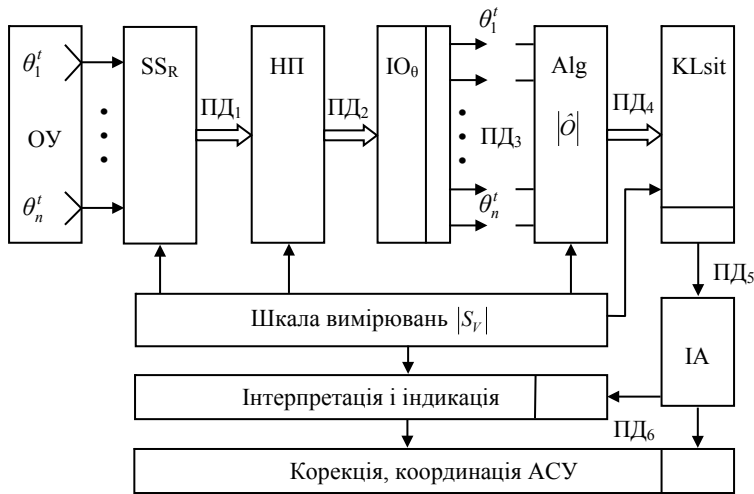


Рис. 3. Схема базової структури ІВС

Позначення на схемі: SS_r – комплексна сенсорна система відбору даних від об'єкта з набору параметрів стану, НП – нормуючий перетворювач, виявлення параметрів стану згідно інформаційних ознак (IO_θ), $Alg|\hat{\theta}_i|$ – алгоритм оцінки параметрів стану згідно шкали S_γ , KLSit – класифікація ситуації (рангування).

Інформаційна модель проектування ІВС в діалоговому режимі з інтелектуальним агентом (ІА) зображена на рис. 4.

Процесор ПОСХ формує інформаційний базис на основі всієї інформації отриманої в процесі відбору даних ОУ-ІВС. Інформаційний базис визначає траєкторію стану ОУ та її ймовірнісні оцінки з врахуванням діючих збурень і з прив'язкою їх до координат цільового простору системи.

Інформаційний базис ОДС ($I_z \times T_m$) відображає в часі сценарій зміни стану, а саме [3]:

- миттєві оцінки стану ОУ $z(t_i)$ та збурень які діють на об'єкт $\eta(t)$

$$\hat{z}(t|T_m) = \int_{t-T_c}^t A_{\phi_{KB}}(t, \tau) \psi(z) z(t) dt, \quad z(t) = z_s(t) + \eta(t);$$
- динамічні оцінки на інтегралі часу T_c з кроком Δt : тенденцій траєкторій $tend[z(t), s(t), \zeta(t)]$, а також функцій розподілу ймовірностей та їх статистик, де $tend z(t) = \langle / z(t) / \in I_z, \text{sign } z(t) / T_c \rangle$;
- статистичні інтервальні оцінки на інтервалі часу T_c : математичне очікування M , дисперсія D , функція ймовірності P і правдоподібності L .

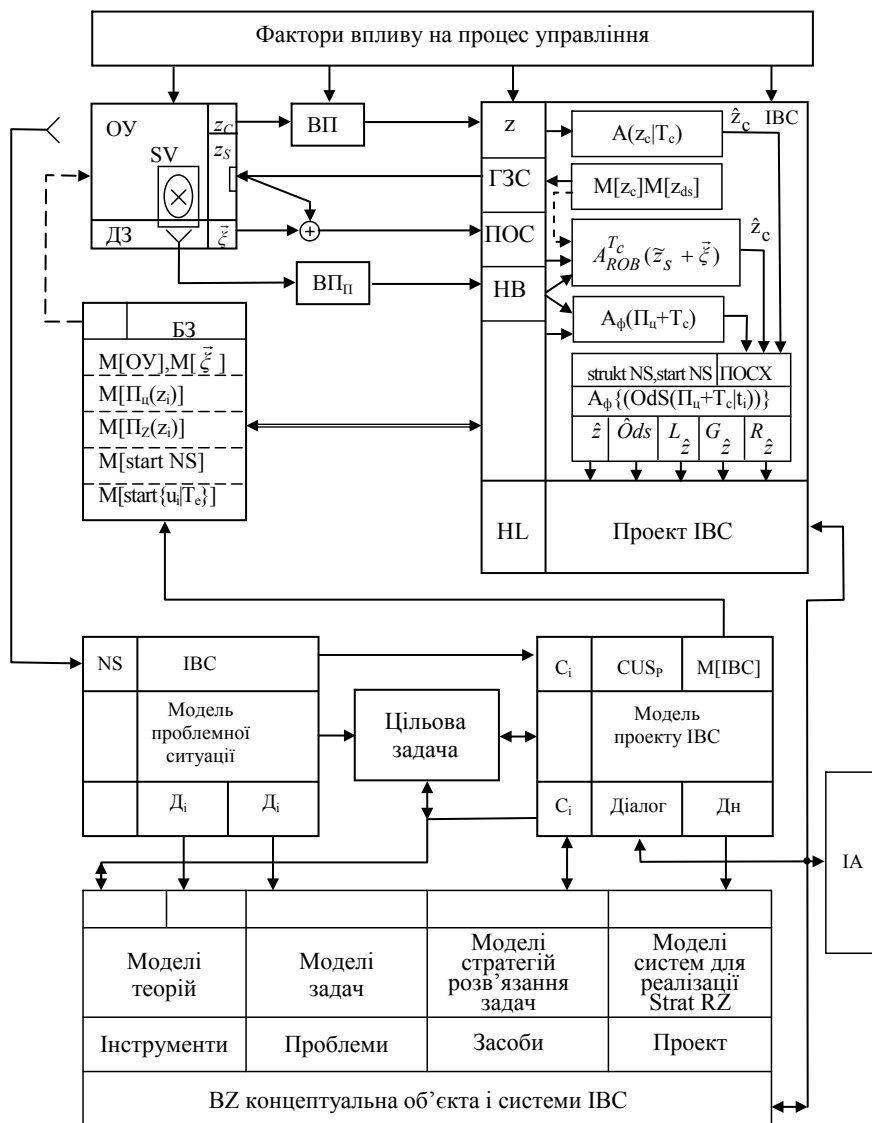


Рис. 4. Інформаційна модель проектування IBC в діалоговому режимі з інтелектуальним агентом (IA-ОПР)

Усі оцінки відображаються ІДС в цільовому просторі системи, який включений в $(R_z^u \times T_m)$ і використовуються як інформація для управління та цілеспрямованого формування бази даних (БД) і БЗ.

Впорядкована БЗ термодинамічної взаємодії (таблиця 1) забезпечує оптимізацію процесу управління на основі набору стратегій розв'язання цільових задач при зміні ситуації.

Таблиця 1

База модельних знань	
M Strukt OY	Модель структури ОУ, АСУ ТП, ІВС
Strat U_{II}^R	Моделі стратегій управління технологічним процесом термодинамічної взаємодії
МДЖØ	Моделі джерел збурення і каналів передачі впливу
МЦП _{Тд}	Моделі цільового простору і просторів термодинамічного стану
M Strat _к	Моделі стратегій спостереження і структури ІВС
M T _d V	Моделі термодинамічної взаємодії між агрегатами і компонентами

Контур оптимізації, який замкнений через БЗ, призначений для аперіодичної корекції структури (*strukt*) і функції (*strat*) системи спостереження при дії збурень на систему, на основі оцінки зміни функціоналів якості. В основу БЗ покладені моделі, набір яких включає в себе модель контрольованої технологічної системи M[ОУ] з визначеним фазовим і цільовим простором; простором станів нормованим відносно граничних умов для процедури розв'язку цільової задачі; моделі джерел збурень $M(\zeta)$ і каналів їх впливу на ОУ і ІВС; моделі цільового простору $M[\dot{I}_o(z_c)]$; моделі стратегій спостереження $\dot{I} [start_n IBS]$ і управління $\dot{I} [start(u | C_i)]$; моделі агрегатів і компонент технологічного процесу. Наявність механізму формування БЗ (ФБЗ) значно розширює функціональні можливості проєктанта для розв'язання проблемних задач аналізу і синтезу (*Strat NS, Strat U*) спостереження і управління складними об'єктами з ієрархічною структурою.

Параметрична оптимізація ІВС базується на формуванні нових знань про динаміку поведінки системи, вплив на неї зовнішніх збурень і ресурсних обмежень та відбувається за рахунок зміни параметрів ОУ і ІВС. Основними індикаторами зміни траєкторії параметрів стану в цільовому просторі виступають: функція правдоподібності стану відносно задаючих параметрів, спектральна і кореляційна функції, які створюють інформаційну базу для прийняття рішень на основі статистичних процедур класифікації на еталонних моделях класів ситуацій. Функції правдоподібності і математичного очікування параметра стану і їх оцінки поділяються на класи за еталонними моделями, і за ними в рамках цільової стратегії перевіряється гіпотеза параметричної стійкості, а за функцією розподілу ймовірності – гіпотеза про структурну стійкість. При накопиченні БЗ ІВС переходить на вищий рівень параметричної і структурної оптимізації, як засіб проблемної ситуації. Це передбачає визначення інформаційних характеристик вищого порядку, які враховують апіорну інформацію про досліджуваний об'єкт: поточний стан, джерела збурень і їх можливі впливи, що дозволяють прогнозувати найбільш ймовірні тенденції зміни поточного стану відносно граничних умов: $(\zeta_u^+, \zeta_u^-, \varepsilon_A^+, \varepsilon_A^-) \in I_z$ – координат аварійних (критичних) зон інтервалу термодинамічного параметра.

Висновки. В статті розглянуто підставові концептуальні підходи до синтезу інформаційних вимірювальних систем контролю стану енергоактивних

агрегатованих об'єктів з ієрархічною структурою, що дало змогу за рахунок доповнення інформативних параметрів і ознак оптимізувати функціонування системи управління.

Список використаних джерел

1. Герасімов Б. М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / Б. М. Герасімов, В. М. Лаказюк, О. Г. Оксіюк, О. В. Поморова. – К. : Вид-во Європейського університету, 2007. – 335 с.
2. Драган Я. П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів / Я. П. Драган – Львів : Центр стратегічних екобіо-технічних систем, 1997 – 362 с.
3. Дурняк Б. В. Когнітивні моделі формування оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків конфліктів / Б. В. Дурняк, Л. С. Сікора, М. С. Антоник, Р. Л. Ткачук. – Львів : УАД, 2013. – 443 с.
4. Медиковський М. О. Автоматизація керування енергоактивними об'єктами при обмежених ресурсах / М. О. Медиковський, Л. С. Сікора. – Львів : ЦСД «ЕБ-ТЕС», 2002. – 298 с.
5. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем: пер. с англ. / под ред. И. Ф. Шахнова / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахаара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
6. Сікора Л. С. Інформаційно-ресурсна концепція ідентифікації і синтезу робастних систем управління / Л. С. Сікора ; Інженерна академія України, Центр стратегічних досліджень еко-біотехнічних систем. – Львів : 1999. – 372 с.: (Теорія сигналів і систем : інформація, ідентифікація, гра, синтез, конфлікт ; т. 5).
7. Сікора Л. С. Інформаційні технології та лазерна активація для синтезу електрохімічних сенсорів з використанням діаграм електрохімічних перетворень / Л. С. Сікора, Н. К. Лиса, Ю. Г. Міюшкович, Р. С. Марцишин, Б. Л. Якимчук // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова. – 2014. – Вип. 70. – С. 56-66.
8. Федина Б. І. Інформаційна технологія узгодження термодинамічної взаємодії процесів сушіння книжкових блоків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Федина Богдана Іванівна; Українська академія друкарства. Львів, 2017. – 24 с.

REFERENCES

1. Herasimov B. M. (2007). *Intelektual'ni systemy pidtrymky pryynyattya rishen'* / B. M. Herasimov, V. M. Lakazyuk, O. H. Oksiyuk, O. V. Pomorova. – K. : Vyd-vo Yevropeys'koho universytetu– 335 s. (in Ukrainian).
2. Dragan Ya. P. (1997). *Enerhetychna teoriya liniynykh modeley stokhastychnykh syhnaliv* / Ya. P. Dragan – L'viv : Tsentr stratehichnykh ekobio-tekhnichnykh system – 362 s. (in Ukrainian).
3. Durnyak B. V. (2013). *Kohnityvni modeli formuvannya operatyvnoho upravlinnya intehrovanymy iyerarkhichnymy strukturamy v umovakh ryzykiv konfliktiv* / B. V. Durnyak, L. S. Sikora, M. S. Antonyk, R. L. Tkachuk. – L'viv : UAD– 443 s. (in Ukrainian).
4. Medykovs'kyu M. O. (2002). *Avtomatyzatsiya keruvannya enerhoaktyvnymy ob'yek-tamy pry obmezhenykh resursakh* / M. O. Medykovs'kyu, L. S. Sikora. – L'viv : TsSD «EBTES»– 298 s. (in Ukrainian).

5. Mesarovich M. (1973). Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnykh sistem: per. s angl. / pod red. I. F. Shahnova / M. Mesarovich, D. Mako, I. Takahara. – M. : Mir– 344 s. (in Russian).
6. Sikora L. S. (1999). Informatsiyno-resursna kontseptsiya identyfikatsiyi i syntezu robasnykh system upravlinnya / L. S. Sikora ; Inzhenerna akademiya Ukrayiny, Tsen-tr stratehichnykh doslidzhen' eko-biotekhnichnykh system. – L'viv – 372 s.: (Teoriya syhnaliv i system : informatsiya, identyfikatsiya, hra, syntez, konflikt ; t. 5). (in Ukrainian).
7. Sikora L. S. (2014). Informatsiyini tekhnolohiyi ta lazerna aktyvatsiya dlya syntezu elektrokhimichnykh sensoriv z vykorystanniam diahram elektrokhimichnykh peretvoren' / L. S. Sikora, N. K. Lysa, Yu. H. Miyushkovych, R. S. Martysyshyn, B. L. Yakymchuk // Zbirnyk naukovykh prats' Instytutu problem modelyuvannya v enerhetysti im. H. Ye. Pukhova. — Vyp. 70. – S. 56-66. (in Ukrainian).
8. Fedyna B. I. (2017). Informatsiyina tekhnolohiya uz hodzhennya termodynamichnoyi vzayemodiyi protsesiv sushynnya knyzhkovykh blokiv: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.06 / Fedyna Bohdana Ivanivna; Ukrayins'ka akademiya drukarstva. L'viv– 24 s. (in Ukrainian).

UDC 004.942

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SELECTION AND PROCESSING THE DATA FROM OBJECTS WITH AGGREGATED HIERARCHIC STRUCTURE

L.S. Sikora¹, I.T. Strepko², B.I. Fedyna², N.K. Lysa¹

¹National University "Lviv Polytechnic", Lviv
12, S.Bandery St., Lviv, 79013, Ukraine,

²Ukrainian Academy of Printing, Pid Holoskom St, 19, Lviv, 79020, Ukraine
e-mail: fedynabogdana@gmail.com

The article presents the conceptual approaches and methods of working out (synthesis) of control and management systems on the basis of information-resource analysis, which includes the following methods: the structural synthesis of information-measuring systems for monitoring the state of an energy-active object with an aggregate structure; the information- resource concept of synthesis, as a method of creation of an information-measuring system; the synthesis of the structure of an information-measuring system by the methods of system analysis and complexation taking into account information technologies; the method of structuring an information-measuring system on the basis of system analysis and information technology for the algorithmization of data processing procedures.

Key words: *information-measuring system, information technology, hierarchy, data base, model.*

Стаття надійшла до редакції 14.02.2017

Received 14.02.2017