

# ТЕОРЕТИЧНА ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.35.5:681.5.01

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ: МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ЕКОСИСТЕМИ

Машков О.А.<sup>1</sup>, Абідов С.Т., Косенко В.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ,  
dei2005@ukr.net

<sup>2</sup> Національний транспортний університет,  
вул. Суворова, 1, 01010, м. Київ,  
kosenko\_viktoriy@mail.ru

Розглянуто теоретичні основи забезпечення екологічної безпеки складних систем. Запропоновано метод багатокритеріального вибору складної екологічної системи. Наведено напрями використання запропонованих критеріїв. *Ключові слова:* екологічна безпека, вибір, критеріїв, оптимальна система.

**Теоретические основы обеспечения экологической безопасности сложных систем: метод многокритериального выбора оптимального варианта экосистемы.** Машков О.А., Косенко В.Р. Рассмотрены теоретические основы обеспечения экологической безопасности сложных систем. Предложен метод многокритериального выбора оптимального варианта сложной экологической системы. Изложены направления использования предложенных критериев. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, выбор, критерий, оптимальная система.

**Theoretical foundations of ecological safety of complex systems: the method of multi-criteria selection of the optimal variant of ecological systems.** Mashkov O., Kosenko V. In the article examines the theoretical foundations of environmental security of complex systems. A method is proposed for multi-criteria selection of the optimal variant of complex ecological systems. Considers ways of using the proposed criteria. *Keywords:* environmental safety, the selection criterion, the optimal system.

Екологічна безпека є не лише необхідною умовою для забезпечення права громадян України на життя в умовах чистого довкілля, гарантованого статтею 50 Конституції України, але й

важливим кроком просування держави до інтеграції з європейською спільнотою.

Сучасну екологічну ситуацію в Україні в цілому можна охарактеризу-

вати як напружену. Існуючий рівень екологічної безпеки здебільшого зумовлений надзвичайно високим техногенним навантаженням на її територію. Прояви екологічної небезпеки для здоров'я і життя людей в різних регіонах України внаслідок негативного впливу техногенної діяльності та небезпечних природних процесів останнім часом набувають тенденції до зростання.

На сьогодні відсутні теоретичні основи забезпечення екологічної безпеки складних систем, зокрема, наукові методи багатокритеріального вибору оптимального варіанту екосистеми при впровадженні екологічно безпечних технологій.

Необхідність розробки методу багатокритеріального вибору оптимального варіанту екосистеми пов'язана з тим, що рівень застосування інноваційних, ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій, включаючи і технології переробки, утилізації та знищення відходів, й досі залишається низьким.

Накопичення відходів стало одним із найбільш вагомих факторів забруднення навколишнього природного середовища, негативного впливу на всі його компоненти. Тому обмеження обсягів утворення відходів, розширення сфери їх утилізації, знешкодження та екологічно безпечного видалення з послідовним зменшенням їх накопичень має стати одним із найважливіших завдань. Атомні електростанції як найбільші виробники радіоактивних відходів, на своїх майданчиках здійснюють їх первинну переробку та тимчасове зберігання. Основне навантаження на довкілля у промисловому секторі припадає на підприємства

хімічної, металургійної, гірничодобувної галузей та електроенергетики.

Потенційно екологічно небезпечні об'єкти, раптове виникнення надзвичайних ситуацій, які можуть завдати істотну екологічну шкоду, становлять значну частку в структурі промисловості України. На їхню долю припадає майже третина обсягу продукції, що виробляється. Понад 20% території України перебуває у незадовільному стані через перенасичення ґрунтів різними токсичними сполуками. Основними джерелами їх забруднення є сільське господарство, промисловість і транспорт.

Окремою проблемою є масштабне нафтохімічне забруднення підземних вод та ґрунтів.

Нехтування запобіжними заходами безпеки підвищує рівень ризику виникнення аварій з екологічними наслідками. Аварії на промислових підприємствах і пов'язані з ними наслідки погіршення екологічної ситуації переважно виникають через низький рівень безпеки виробництва, недостатню підготовку кадрового ресурсу, застарілі технології або недостатнє забезпечення виконання технологічних регламентів тощо. Промислові аварії спричиняють антропогенні зміни екосистем, які здатні тривалий час впливати на здоров'я і добробут людей та стан природного середовища.

Удосконалення існуючої в Україні системи забезпечення екологічної безпеки, як пріоритетного напрямку державної політики, потребує проведення аналізу процесів трансформації в економіці та державному управлінні. Отже, на сьогодні залишається актуальною розробка теоретичних основ забезпечення екологічної безпеки складних систем, розробка методів

вибору найкращих (оптимальних) варіантів екологічних систем та їх практичне впровадження.

### Екологічна безпека як властивість складної системи

Пропонується розглядати «екологічну безпеку» як властивість (фазові координати) складної системи. Забезпечення цієї властивості здійснюється шляхом прийняття управлінських рішень з урахуванням відповідної мети управління. Мета управління може бути пов'язана з економічними, соціальними, екологічними та іншими факторами (стратегіями, планами, задачами).

Відомо, що важливим завданням на найближчу перспективу є мінімізація підвищення рівня антропогенного впливу на довкілля. Заміна технологій і технічне переоснащення підприємств потребують значних капіталовкладень, що в зв'язку зі спадом виробництва та несприятливим інвестиційним кліматом на найближчу перспективу є малоймовірним.

На даному етапі як вихід слід розглядати здійснення модернізації із застосуванням системно-екологічного підходу, який передбачає комплекс технологічних, управлінських і господарських удосконалень і нововведень, спрямованих на поліпшення екологічних характеристик виробництва.

Система екологічного управління на підприємствах повинна стати невід'ємною складовою загальної системи їх управління. Рішення з питань екологічної безпеки мають прийматися з врахуванням особливостей екосистем, що розглядаються:

- значне антропогенне порушення і техногенна переваженість тери-

торії України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

- нерациональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як не відновлюваних, так і відновлюваних;
- негативні соціально-екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи;
- погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та якості води;
- загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро;
- неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків та іншої екологічно небезпечної діяльності;
- посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів, та біотехнологій;
- застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізації токсичних і екологічно небезпечних відходів.

Екосистема передбачає використання як вже існуючих, так й запровадження нових механізмів регулювання екологічної безпеки, зокрема:

- ідентифікація небезпечних видів діяльності як основного критерію при оцінці стану екологічної безпеки;
- ліцензування небезпечних видів діяльності як інструменту регулювання рівня безпеки при роботі з небезпечними речовинами та процесами;
- страхування екологічних ризиків;

- здійснення екологічного аудиту як одного з можливих інструментів оцінки рівня безпеки;
- застосування поняття “ризик” як інтегрального показника можливих екологічних загроз.

### Складні об'єкти, що становлять підвищену екологічну небезпеку

Серед техногенно небезпечних об'єктів найбільш небезпечними є об'єкти з виробництва вибухових речовин та утилізації непридатних боеприпасів; підприємства хімічної та нафтопереробної промисловості; об'єкти, що використовують хлор та аміак (холодильні установки, установки з очищення води тощо); склади пестицидів та агрохімікатів; аміакопроводи.

У зонах можливого хімічного зараження та розміщення потенційно небезпечних об'єктів мешкає значна частина населення України. Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів зосереджена в Донецькій, Дніпропетровській, Луганській та Харківській областях.

До найбільш поширених небезпечних хімічних речовин, що використовуються на підприємствах хімічної промисловості, належать аміак, хлор, діоксид азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид, азотна кислота, сірчана кислота, метанол, бензол, карбамідоаміачні суміші, гідроксид натрію, формальдегід.

Забезпечення екологічної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах вимагає технічного переоснащення виробництва з впровадженням новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій, посилення нагляду за неу-

хильним виконанням вимог промислової безпеки на потенційно небезпечних об'єктах, забезпечення комплексної переробки, утилізації, вивезення та захоронення відходів виробництва.

Важливе значення у формуванні державної політики мають питання національної безпеки, а саме: захисту життя і здоров'я персоналу, який обслуговує ядерні установки, об'єкти поводження з радіоактивними відходами та джерела іонізуючого випромінювання, впливу радіоактивних відходів на навколишнє природне середовище та населення, яке проживає на територіях з підвищеними рівнями радіоактивності.

На території України радіоекологічний стан характеризується геохімічною структурою ґрунтів та техногенним радіоактивним забрудненням територій внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Результати радіоекологічного моніторингу зони відчуження підтверджують забруднення практично всіх складових довкілля. За рахунок процесів перерозподілу та міграції радіонуклідів, задепонованих після аварії в похованнях, ландшафтах, замкнених водоймах, окремих об'єктах, іде процес формування вторинних джерел, доступних для “споживання” за межами зони відчуження, що робить їх потенційно небезпечними.

На основі проведеного аналізу стану екологічної безпеки України були сформульовані основні напрями підвищення рівня екологічної та радіаційної безпеки у сфері охорони навколишнього природного середовища:

- проведення структурної регіональної політики щодо стимулювання розвитку галузей невиробничої сфери і галузей обробної промисловості та

скорочення частки важкої промисловості, в першу чергу тих галузей, що є основними забруднювачами навколишнього природного середовища;

- покращення стану земельних і водних ресурсів, у тому числі, шляхом реабілітації радіоактивно забруднених територій і рекультивативних територій з відвалами вуглевидобутку і мінеральної сировини, з підвищеними рівнями радіоактивності та запобігання поширенню небезпечних природно-техногенних явищ – ерозії ґрунтів, їх засолення, підтоплення територій та ін.;

- проведення комплексу заходів із запобігання виникнення надзвичайних екологічних ситуацій, пов'язаних з повеннями, підтопленням територій, пожежами в екосистемах.

- технічне переоснащення промислового виробництва шляхом запровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій виробництва і впровадження нетрадиційних технологій енергетики, зорієнтоване, зокрема, на підвищення рівня екологічної безпеки регіонів;

- підвищення рівня радіаційної безпеки (особливо для Київської, Житомирської, Рівненської та Чернігівської областей);

- запобігання промислового та побутового забруднення водойм, зниження обсягів викидів шкідливих речовин в атмосферу;

- запобігання проявам надзвичайних ситуацій природного характеру (в першу чергу, у Львівській та Херсонській областях) та нарощення людських, фінансових, матеріально-технічних ресурсів, здатних мінімізувати негативні наслідки їх проявів.

- залучення додаткових джерел фінансування превентивної діяльності з попередження прояву надзвичайних ситуацій природного характеру;

- повне переоснащення житлово-комунального господарства та переведення його на ринкову основу функціонування;

- формування та розвиток екологічної мережі європейського зразка і збільшення заповідних природних територій.

### **I. Вибір складної екологічно небезпечної техногенної системи на основі методів ранжування показників якості. Процедура ранжування показників якості функціонування.**

Однією з основних особливостей сучасності є стрімкий розвиток складних екологічно небезпечних техногенних систем різноманітного призначення (хімічно-небезпечні об'єкти, гідротехнічні споруди, хвостосховища і шламонакопичувачі, об'єкти енергетичного комплексу, транспортні системи та ін.). Це вимагає вживання заходів щодо наукової та технологічної підтримки як їх розробки так і впровадження. Одним з таких заходів є удосконалення методології проектування складних систем відповідно до вимог та завдань майбутнього. Проектування ніколи не було застиглим процесом, його методологія вдосконалювалась залежно від мети проектування, вимог до нових зразків систем, зовнішніх умов їх функціонування та досягнутого рівня наукового забезпечення.

Відомо, що завдання визначення ваги значимості, при великій кількості параметрів, є складним і таким, яке

сильно впливає на результати синтезу складної системи. Ретроспективний аналіз дозволяє виділити чотири характерних напрямків у процесі побудови складної системи.

Перший напрям ("Працездатність") характеризується практично повною відсутністю досвіду вирішення нових проектних завдань, а часто і методів проектування складних об'єктів. При цьому використовуються вузькоспеціальні методи проектування, які забезпечують розробку елементів систем, здатних функціонувати у складі цілого.

Другий напрямок ("Оптимальність") - удосконалення методології проектування та покращення характеристик розроблюваної системи. Характерна риса цього напрямку полягає у тому, що головна увага приділяється проектуванню за критерієм оптимізації окремих показників якості функціонування системи (наприклад максимізації прибутку, скорочення тривалості робіт, мінімізації маси конструкцій тощо).

Третій напрямок ("Вартість") характерний тим, що на зміну методології, яка забезпечує створення "оптимальної" технічної системи, прийшла методологія, мета якої - забезпечення максимальної економічної ефективності системи, що проектується.

Четвертий напрямок ("Ефективність") характеризується застосуванням системного підходу, який передбачає максимально можливу повноту врахування різноманітних наслідків розробки та експлуатації складних систем. Головна особливість цього етапу – багатокритеріальність та суттєве розширення меж об'єкта проектування, врахування взаємодії проекто-

ваної системи та зовнішнього середовища на всіх стадіях життєвого циклу.

З огляду на складність та тривалість створення нової методології у повному обсязі, доцільно вирішувати це завдання поетапно. На кожному з етапів здійснюється порівняльний аналіз можливих напрямів розвитку технічної системи з метою визначення їх відносної важливості та черговості розробки.

Для визначення процедури ранжування показників якості функціонування скористаємось одним з інструментів кластерного аналізу - методом аналізу ієрархії. Суть методу полягає у наступному.

#### **1.1. Будучо багаторівневу ієрархію показників системи**

Перший рівень визначає головну мету розробки ефективної методології проектування.

Другий рівень - сукупність критеріїв  $I_{2i}$ ,  $i=1,k$ , за якими будемо порівнювати різні підходи при виборі "найкращої" методології. Як такі підходи на другому рівні можуть використовуватись:

$I_{21}$  - повнота врахування факторів, які впливають на якість проектованої системи;

$I_{22}$  - адекватність методології прогнозованої реальності (відповідність вимогам та завданням майбутнього);

$I_{23}$  - довготривалість або здатність враховувати наслідки функціонування проектованої системи у майбутньому;

$I_{24}$  - реалізованість або можливість використання методології у практиці проектування з прийнятними витратами (часу, матеріальних засобів та ін.).

Третій рівень  $I_{31}, \dots, I_{3l}$  - сукупність критеріїв, за якими будемо порівнюва-

ти можливі напрямки розвитку методології проєктування. Які такі напрямки на третьому рівні можуть використовуватись:

I<sub>31</sub> - формування рішень з урахуванням потреб не тільки найближчого, але й віддаленого майбутнього (забезпечення ефективності на великому часовому інтервалі);

I<sub>32</sub> - зміна системи критеріїв, які визначають ефективність системи (економічність, безпека, надійність та ін.);

I<sub>33</sub> - розвиток системних методів проєктування з метою не тільки врахування наслідків рішень, які приймаються, але й управління цими наслідками. Йдеться про перехід від проєктування об'єкта до проєктування майбутнього штучного середовища, що виходить за рамки будь-якої однієї вузької спеціальності у галузі проєктування складних систем;

I<sub>34</sub> - створення системи, яка забезпечує прогнозування можливостей об'єкта, який проєктується;

I<sub>35</sub> - прийняття системи багатоаспектних рішень в умовах появи нових вимог до проєктованого об'єкта, нових технологій, зміни параметрів зовнішнього середовища;

I<sub>36</sub> - пошук та використання розробок та технологій в інших галузях науки та техніки, що дозволяє отримати нові ідеї та рішення.

**1.2. Здійснюємо попарне порівняння елементів ієрархії на другому рівні**

$$I_{2i} \sim I_{2j}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 4$$

З цією метою складемо матрицю попарних порівнянь критеріїв (табл.1).

Таблиця 1

Для I <sub>1</sub>	I <sub>21</sub>	I <sub>22</sub>	I <sub>2i</sub>	I <sub>2k</sub>	$\tilde{P}_2(\bullet)$
I <sub>21</sub>	1	$\alpha_{21}^{22}$	$\alpha_{21}^{2i}$	$\alpha_{21}^{2k}$	$\tilde{P}_2(I_{21})$
I <sub>22</sub>	$\alpha_{22}^{21}$	1	$\alpha_{22}^{2i}$	$\alpha_{22}^{2k}$	$\tilde{P}_2(I_{22})$
I <sub>2i</sub>	$\alpha_{2i}^{21}$	$\alpha_{2i}^{22}$	1	$\alpha_{2i}^{2k}$	$\tilde{P}_2(I_{2i})$
I <sub>2k</sub>	$\alpha_{2k}^{21}$	$\alpha_{2k}^{22}$	$\alpha_{2k}^{2i}$	1	$\tilde{P}_2(I_{2k})$

По діагоналі матриці записуються 1.

Порівняння проводимо у нормалізованій формі відносно відповідних I<sub>2i</sub>, до головної мети I<sub>1</sub>. Результат порівняння

$\alpha_{2n}^{2m}, n, m = 1, \bar{k}$  носить суб'єктивний характер, тобто не може бути суворо формалізованим.

Практика свідчить, що таке порівняння зручно виконувати за шкалою 0-

10. Результат порівняння характеризує відношення ваги I<sub>2i</sub>, I<sub>2j</sub>, тобто у скільки разів вплив критерію I<sub>2i</sub>, є важливішим, ніж вплив I<sub>2j</sub> на головну мету I<sub>1</sub>.

Отже, параметр  $\alpha_{2n}^{2m}$  буде характеризувати вагу критерію I<sub>2n</sub> відносно до критерію I<sub>2m</sub> за впливом на загальний критерій I<sub>1</sub>

$$\alpha_{21}^{22} = \frac{I_{21}}{I_{22}}; \quad \alpha_{21}^{2i} = \frac{I_{21}}{I_{2i}}; \quad \alpha_{21}^{2k} = \frac{I_{21}}{I_{2k}}; \quad \alpha_{2j}^{2j} = 1;$$

$$\alpha_{2n}^{2m} = \frac{I_{2n}}{I_{2m}}, \quad m, n = 1, \bar{k},$$

причому

$$\alpha_{2n}^{2m} = \frac{1}{\alpha_{2m}^{2n}} = [\alpha_{2m}^{2n}]^{-1}.$$

$$P_2(I_{2k}) = \alpha_{2k}^{21} + \alpha_{2k}^{22} + \dots + \alpha_{2k}^{2i} + \dots + 1 = \sum_{r=1}^k \alpha_{2k}^{2r}$$

2. Визначаємо пріоритети  $\tilde{P}_2(I_{2k})$  критеріїв I<sub>2i</sub>, i=1,k як нормовану суму рядків елементів матриці парних порівнянь. Попередньо визначаємо суму рядків елементів матриці

$$P_2(I_{21}) = 1 + \alpha_{21}^{22} + \dots + \alpha_{21}^{2i} + \dots + \alpha_{21}^{2k} = \sum_{r=1}^k \alpha_{21}^{2r}$$

$$P_2(I_{22}) = \alpha_{22}^{21} + 1 + \dots + \alpha_{22}^{2i} + \dots + \alpha_{22}^{2k} = \sum_{r=1}^k \alpha_{22}^{2r}$$

$$P_2(I_{2i}) = \alpha_{2i}^{21} + \alpha_{2i}^{22} + \dots + 1 + \dots + \alpha_{2i}^{2k} = \sum_{r=1}^k \alpha_{2i}^{2r}$$

Пріоритети критеріїв другого рівня визначаємо шляхом нормування сум рядків

$$\tilde{P}_2(I_{21}) = \frac{P_2(I_{21})}{\sum_{r=1}^k P_2(I_{2r})}$$

$$\tilde{P}_2(I_{22}) = \frac{P_2(I_{22})}{\sum_{r=1}^k P_2(I_{2r})}$$

$$\tilde{P}_2(I_{2i}) = \frac{P_2(I_{2i})}{\sum_{r=1}^k P_2(I_{2r})}$$

$$\tilde{P}_2(I_{2k}) = \frac{P_2(I_{2k})}{\sum_{r=1}^k P_2(I_{2r})}$$

Тобто

$$\tilde{P}_2(I_{2i}) = \frac{\sum_{r=1}^k \alpha_{2k}^{2r}}{\sum_{r=1}^k \alpha_{21}^{2r} + \sum_{r=1}^k \alpha_{22}^{2r} + \dots + \sum_{r=1}^k \alpha_{2k}^{2r}} = \frac{\sum_{r=1}^k \alpha_{2k}^{2r}}{\sum_{s=1}^k \sum_{r=1}^k \alpha_{2s}^{2r}}$$

**1.3. Здійснюємо попарне порівняння елементів ієрархії на третьому рівні для кожного**

$$I_{3i} \sim I_{3j}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 6$$

з елементів ієрархії на другому рівні (табл. 2,3,4,5).

Порівняння проводять аналогічно у нормованій формі. Елементи матриці

парних порівнянь мають зміст відношення критеріїв I<sub>3i</sub> та I<sub>3j</sub>, i,j=1,l до ступеня їх впливу на I<sub>2l</sub>, l=1,k

$$l\beta_{3n}^{3m} = \frac{I_{3n}}{I_{3m}}, \quad m, n = 1, \bar{l}$$

$$l\beta_{3i}^{3i} = 1.$$

Таблиця 2

Для I <sub>21</sub>	I <sub>31</sub>	I <sub>32</sub>	...	I <sub>3i</sub>	...	I <sub>3l</sub>	${}_1\tilde{P}(\bullet)$
I <sub>31</sub>	1	${}_1\beta_{31}^{32}$	...	${}_1\beta_{31}^{3i}$	...	${}_1\beta_{31}^{3l}$	${}_1\tilde{P}(I_{31})$
I <sub>32</sub>	${}_1\beta_{32}^{31}$	1	...	${}_1\beta_{32}^{3i}$	...	${}_1\beta_{32}^{3l}$	${}_1\tilde{P}(I_{32})$
...	...	...	1	...	...	...	...
I <sub>3i</sub>	${}_1\beta_{3i}^{31}$	${}_1\beta_{3i}^{32}$	...	1	...	${}_1\beta_{3i}^{3l}$	${}_1\tilde{P}(I_{3i})$
...	...	...	...	...	1	...	...
I <sub>3l</sub>	${}_1\beta_{3l}^{31}$	${}_1\beta_{3l}^{32}$	...	${}_1\beta_{3l}^{3i}$	...	1	${}_1\tilde{P}(I_{3l})$

Таблиця 3

Для I <sub>22</sub>	I <sub>31</sub>	I <sub>32</sub>	...	I <sub>3i</sub>	...	I <sub>3l</sub>	${}_2\tilde{P}(\bullet)$
I <sub>31</sub>	1	${}_2\beta_{31}^{32}$	...	${}_2\beta_{31}^{3i}$	...	${}_2\beta_{31}^{3l}$	${}_2\tilde{P}(I_{31})$
I <sub>32</sub>	${}_2\beta_{32}^{31}$	1	...	${}_2\beta_{32}^{3i}$	...	${}_2\beta_{32}^{3l}$	${}_2\tilde{P}(I_{32})$
...	...	...	1	...	...	...	...
I <sub>3i</sub>	${}_2\beta_{3i}^{31}$	${}_2\beta_{3i}^{32}$	...	1	...	${}_2\beta_{3i}^{3l}$	${}_2\tilde{P}(I_{3i})$
...	...	...	...	...	1	...	...
I <sub>3l</sub>	${}_2\beta_{3l}^{31}$	${}_2\beta_{3l}^{32}$	...	${}_2\beta_{3l}^{3i}$	...	1	${}_2\tilde{P}(I_{3l})$

Таблиця 4

Для I <sub>2j</sub>	I <sub>31</sub>	I <sub>32</sub>	...	I <sub>3i</sub>	...	I <sub>3l</sub>	${}_j\tilde{P}(\bullet)$
I <sub>31</sub>	1	${}_j\beta_{31}^{32}$	...	${}_j\beta_{31}^{3i}$	...	${}_j\beta_{31}^{3l}$	${}_j\tilde{P}(I_{31})$
I <sub>32</sub>	${}_j\beta_{32}^{31}$	1	...	${}_j\beta_{32}^{3i}$	...	${}_j\beta_{32}^{3l}$	${}_j\tilde{P}(I_{32})$
...	...	...	1	...	...	...	...
I <sub>3i</sub>	${}_j\beta_{3i}^{31}$	${}_j\beta_{3i}^{32}$	...	1	...	${}_j\beta_{3i}^{3l}$	${}_j\tilde{P}(I_{3i})$
...	...	...	...	...	1	...	...
I <sub>3l</sub>	${}_j\beta_{3l}^{31}$	${}_j\beta_{3l}^{32}$	...	${}_j\beta_{3l}^{3i}$	...	1	${}_j\tilde{P}(I_{3l})$

Таблиця 5

Для I <sub>2k</sub>	I <sub>31</sub>	I <sub>32</sub>	...	I <sub>3i</sub>	...	I <sub>3l</sub>	${}_k\tilde{P}(\bullet)$
I <sub>31</sub>	1	${}_k\beta_{31}^{32}$	...	${}_k\beta_{31}^{3i}$	...	${}_k\beta_{31}^{3l}$	${}_k\tilde{P}(I_{31})$
I <sub>32</sub>	${}_k\beta_{32}^{31}$	1	...	${}_k\beta_{32}^{3i}$	...	${}_k\beta_{32}^{3l}$	${}_k\tilde{P}(I_{32})$
...	...	...	1	...	...	...	...
I <sub>3i</sub>	${}_k\beta_{3i}^{31}$	${}_k\beta_{3i}^{32}$	...	1	...	${}_k\beta_{3i}^{3l}$	${}_k\tilde{P}(I_{3i})$
...	...	...	...	...	1	...	...

I <sub>31</sub>	${}_k\beta_{31}^{31}$	${}_k\beta_{31}^{32}$	...	${}_k\beta_{31}^{3i}$	...	1	${}_k\tilde{P}(I_{31})$
-----------------	-----------------------	-----------------------	-----	-----------------------	-----	---	-------------------------

**1.4. Визначасмо пріоритети**

${}_i\tilde{P}(I_{3j}) j=1, \bar{l}, i=1, \bar{k}$  критеріїв I<sub>3i</sub>, як нормовану суму рядків елементів відповідної матриці парних порівнянь

$$\begin{aligned}
 {}_1P_3(I_{31}) &= 1 + {}_1\beta_{31}^{32} + \dots \\
 \dots + {}_1\beta_{31}^{3i} + \dots + {}_1\beta_{31}^{3l} &= \sum_{r=1}^l {}_1\beta_{31}^{3r} \\
 {}_1P_3(I_{32}) &= {}_1\beta_{32}^{31} + 1 + \dots \\
 \dots + {}_1\beta_{32}^{3i} + \dots + {}_1\beta_{32}^{3l} &= \sum_{r=1}^l {}_1\beta_{32}^{3r} \\
 {}_kP_3(I_{3i}) &= \sum_{r=1}^l {}_k\beta_{3i}^{3r}
 \end{aligned}$$

**1.5. Визначасмо узагальнені ваги напрямків по відношенню до головної мети.**

Урахування впливу критеріїв другого рівня на третій (рис. 1) може бути

$$\tilde{P}_2 = \begin{bmatrix} \tilde{P}_2(I_{21}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \tilde{P}_2(I_{22}) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \tilde{P}_2(I_{2i}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_2(I_{2k}) \end{bmatrix}$$

$${}_M\tilde{P}_3 = \tilde{P}_3\tilde{P}_2 = \begin{bmatrix} \tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) & \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) & \dots & \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) \\ \tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) & \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) & \dots & \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i}) & \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i}) & \dots & \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i}) \end{bmatrix}$$

здійснено відповідною корекцією елементів матриці  $\tilde{P}_3$ , яка складається з пріоритетів критеріїв I<sub>3i</sub> (табл. 2, 3, 4, 5) і має назву матриці пріоритетів напрямків. Колонками матриці  $\tilde{P}_3$  є праві стовпчики таблиць 2,3,4,5

$$\tilde{P}_3 = \begin{bmatrix} \tilde{P}_3(I_{31}) & \tilde{P}_3(I_{31}) & \dots & \tilde{P}_3(I_{31}) \\ \tilde{P}_3(I_{32}) & \tilde{P}_3(I_{32}) & \dots & \tilde{P}_3(I_{32}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{P}_3(I_{3i}) & \tilde{P}_3(I_{3i}) & \dots & \tilde{P}_3(I_{3i}) \end{bmatrix}$$

Далі визначасмо модифіковану матрицю  ${}_M\tilde{P}_3$  пріоритетів  $\tilde{P}_3$  з урахуванням пріоритетів критеріїв  $\tilde{P}_2$ . Матриця  ${}_M\tilde{P}_3$  отримується шляхом множення матриці  $\tilde{P}_3$  на діагональну матрицю  $\tilde{P}_2$ , де

Узагальнення ваги  $V$  напрямків  $I_{3i}$ ,  $i = 1, \bar{l}$  по відношенню до головної мети  $I_1$  знаходимо шляхом множення матриці  ${}_M \tilde{P}_3$  на одиничний вектор  $1_{(l)}, 1_{(l)} \in R^l$

$$V = {}_M \tilde{P}_3 \cdot 1_{(l)} = [V_1 V_2 \dots V_l]^T$$

$$\tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) + \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) + K + \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{31}) = \sum_{i=1}^k \tilde{P}_2(I_{2i}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i})$$

$$\tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) + \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) + K + \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{32}) = \sum_{i=1}^k \tilde{P}_2(I_{2i}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i})$$

$$\tilde{P}_2(I_{21}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3l}) + \tilde{P}_2(I_{22}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3l}) + K + \tilde{P}_2(I_{2k}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3l}) = \sum_{i=1}^k \tilde{P}_2(I_{2i}) \cdot \tilde{P}_3(I_{3i})$$

**1.6. Визначасмо пріоритетні напрямки побудови складної системи по максимальному впливу на головну мету  $I_1$**

$$V_i : \max[V_1 V_2 \dots V_l]$$

**Моделльний приклад.**

Запропоновану процедуру синтезу структури складної системи розглядаємо на модельному прикладі визначення перспективних напрямків системи, у якій граф критеріїв (рис. 1.) та відповідна матриця парних порівнянь другого рівня (табл. 6) мають вигляд

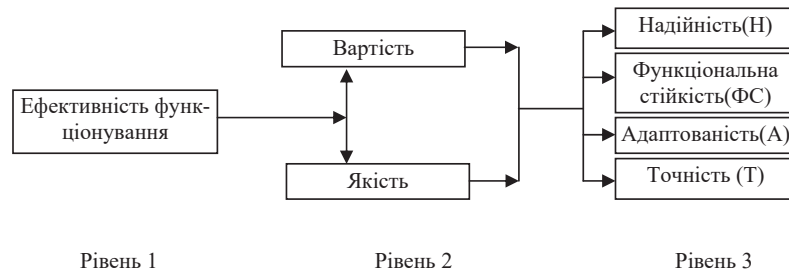


Рис. 1. Граф критеріїв

Таблиця 6

Ефективність	Вартість	Якість	$\Sigma$	Пріоритети $\tilde{P}_2$
Вартість	1	0.5	1.5	0.33
Якість	2	1	3	0.66

Таблиця 7

Вартість	Н	ФС	А	Т	$\Sigma$	$\tilde{P}_3$
Н	1	0.2	5	0.5	6.7	0.26
ФС	5	1	2	0.5	7.5	0.29
А	0.2	0.5	1	5	6.7	0.26
Т	2	2	0.2	1	5.2	0.19

Таблиця 8

Матриці парних порівнянь третього рівня мають вигляд (табл. 7,8).

Якість	Н	ФС	А	Т	$\Sigma$	$\tilde{P}_3$
Н	1	1	0.2	0.2	2.4	0.09
ФС	2	1	4	0.5	7.5	0.28
А	5	0.2	1	0.5	6.7	0.25
Т	5	2	2	1	10	0.38

$$\tilde{P}_3 = \begin{bmatrix} 0.26 & 0.09 \\ 0.29 & 0.28 \\ 0.26 & 0.25 \\ 0.19 & 0.38 \end{bmatrix}$$

Матриця узагальнених ваг  
Модифікована матриця

$${}_M \tilde{P}_3 = \begin{bmatrix} 0.26 & 0.09 \\ 0.29 & 0.28 \\ 0.26 & 0.25 \\ 0.19 & 0.38 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.33 & 0 \\ 0 & 0.66 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0858 & 0.0594 \\ 0.0957 & 0.1848 \\ 0.0858 & 0.1650 \\ 0.0627 & 0.2508 \end{bmatrix}$$

Узагальнені ваги

$$V = \begin{bmatrix} 0.0858 & 0.0594 \\ 0.0957 & 0.1848 \\ 0.0858 & 0.1650 \\ 0.0627 & 0.2508 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1452 \\ 0.2805 \\ 0.2508 \\ 0.3135 \end{bmatrix}$$

**II. Синтез структури складної системи на основі багатокритеріального вибору варіантів**

Отже, пріоритетними напрямками є напрямки  $V_4$  та  $V_2$ , тобто для системи, яка розглядається, найбільш важливими є точність функціонування та функціональна стійкість.

Запропонований підхід доцільно використовувати при виборі напрямків розвитку, удосконалення існуючих, побудови перспективних складних систем. Це дозволить підвищити ефективність функціонування, відшукати найкращий компроміс між суперечливими показниками якості функціонування системи, обрати та обґрунтувати пріоритетні напрями розвитку складних систем.

Подальшим етапом удосконалення запропонованої методології багатокритеріального синтезу є теоретичне обґрунтування виважених коефіцієнтів парних порівнянь з урахуванням експертних оцінок існуючих та бажаних характеристик перспективних систем.

При розв'язанні реальних задач складна екологічна техногенно небезпечна система дослідження зазвичай характеризується не одним, а кількома показниками (характеристиками) функціонування. При оптимізації (вирішенні задачі багатокритеріального вибору) вимоги до них можуть бути досить суперечливими; тобто покращення одного показника неминуче погіршує деякі інші (наприклад, суперечливими можуть бути вимоги економічні та екологічні). Тому виникає необхідність визначення деякої компромісної точки, яка у рівній мірі задовольнятиме усім вимогам (компромис Парето). Зазвичай, результати за кожним окремим показником якості будуть гіршими, ніж у випадку однокритеріальної оптимізації за цим параметром. Кожному варіанту відповідає точка у багатовимірному просторі, координатами якої є значення показників функціонування  $I_1 I_2 I_n$  (рис. 2).

Існує теоретичний підхід, коли простір нормується в одиничний гіперкуб, що по кожному показнику функціонування рух від 0 до 1 відповідь зміні параметра від найгіршого значення до найкращого. Тоді точка з координатами  $\{1, 1, \dots, 1\}$  завжди відповідає гіпотетичному об'єкту, який має найкращі з можливих значень за всіма показниками. Відстані від цієї верхньої гіперкуба до точки, яка відповідає положенню конкретного об'єкта, буде відповідати віддаленості об'єкта від найкращого значення та являє собою величину, обернену рейтингу рішення (вибір найкращого варіанта об'єкта). Однак на практиці часто мають місце нерівнозначності різних параметрів системи для визначення рейтингу рішення. Тому при обчисленні відстаней необхідно врахувати ваги, які відповідають значимості показників функціонування.

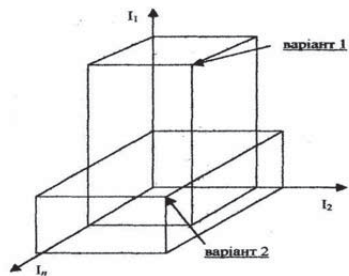


Рис. 2. Багатовимірний простір показників функціонування

При виборі "архітектури" складної системи  $(I_1, I_2, \dots, I_l)$  найбільш широко застосовуються наступні підходи.

**А.** Урахування одного чи декількох обмежень на відповідні показники функціонування

$$(I_1, I_2, \dots, I_l) : I_i > I_i^{min}, \quad i = 1, \bar{l}$$

де  $I_i^{min}, \quad i = 1, \bar{l}$  - задані (граничні, допустимі) значення показників функціонування.

**Б.** Максимізація обраного показника

$$(I_1, I_2, \dots, I_l) : \max I_j$$

**В.** Максимізація нормованої суми вважених показників

$$(I_1, I_2, \dots, I_l) : \max \sum_{i=1}^l \gamma_i I_i$$

**Г.** Максимізація об'єму гіперкуба показників якості

$$(I_1, I_2, \dots, I_l) : \max \prod_{i=1}^l I_i$$

**Д.** Максимізація псевдоплощі багатогранника показників якості

$$(I_1, I_2, \dots, I_l) : \max S(I_1, I_2, \dots, I_l)$$

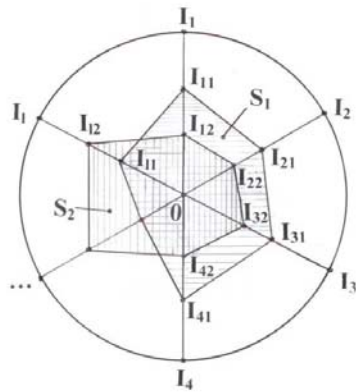


Рис.3. Гіперколо одиничного радіуса

де  $S(I_1, I_2, \dots, I_l)$  - площа багатогранника (псевдоплоща  $l$ -кутника), побудованого у колі одиничного радіуса. Для побудови  $l$ -кутника необхідно гіперколо одиничного радіуса поділити на  $l$  частин. У полярній системі

координат з центром  $O$  (центр гіперкола) по осям  $I_j, \quad j = 1, \bar{l}$  відкладаємо відповідні нормовані показники якості функціонування, а потім сполучаємо сусідні точки прямою лінією. У результаті отримуємо багатокутник, який відповідає одному варіанту багатокритеріального вибору (рис. 3). Кожному можливому варіанту буде відповідати свій  $l$ -кутник. Перевага у запропонованому підході віддається варіантові з максимальною площею  $S_{max}$   $l$ -кутника.

**Модельний приклад.** Підходи, що розглядаються, проілюструємо на модельному прикладі вибору одного з

чотирьох варіантів складної системи – транспортної. Потрібно обрати найкращий варіант системи. Нормовані (приведені до 1, тобто визначені відносно своїх максимально можливих значень) показники функціонування системи наведені у таблиці.

Виберемо найкращий з варіантів системи з використанням розглянутих підходів А, Б, В, Г, Д.

Нормовані показники якості функціонування системи (найкраще значення дорівнює 1, а найгірше - 0) наведені у табл.9

Таблиця 9

Показники	Варіанти структури			
	1	2	3	4
Структура та обсяги транспортних перевезень	0,9	0,8	0,7	0,6
Склад парку та середній вік транспортних засобів	0,8	0,9	0,5	0,8
Вплив транспорту на довкілля	0,4	0,7	0,5	0,9
Заходи щодо зменшення впливу транспорту на довкілля	0,6	0,7	0,8	0,9

**Підхід А.** Визначимо варіант системи при  $I_i^{min} = 0,6, \quad i = 1, \bar{l}$ . У нашому випадку  $\bar{l} = 4$ . Встановленому обмеженню задовольняють одразу другий та четвертий варіанти. За даним критерієм варіанти рівнозначні. Однак можна рекомендувати варіант 2, у якого мінімальне значення одного з показників (0,7) більше мінімального значення показника (0,6) у четвертого варіанта.

**Підхід Б.** Виберемо варіант, при якому показник ефективності буде мати максимальне значення. Таких варіантів три (I, II, IV), які мають значення показника 0,9. Однак переважаючим є варіант IV, при якому два пока-

зники мають максимальні значення (0,9).

**Підхід В.** У якості вважених коефіцієнтів обираємо (наприклад на основі методу експертних оцінок):  $y_1 = 0,35; y_2 = 0,15; y_3 = 0,25; y_4 = 0,25$ .

Обчислюємо для кожного варіанта адитивний показник функціонування

$$\sum_{i=1}^4 \gamma_i I_{1i} = 0.685 \quad \sum_{i=1}^4 \gamma_i I_{2i} = 0.765$$

$$\sum_{i=1}^4 \gamma_i I_{3i} = 0.645 \quad \sum_{i=1}^4 \gamma_i I_{4i} = 0.780$$

У даному випадку найбільш ефективним є варіант 4 ( $\Sigma = 0,780$ ).

$$\max \sum_{i=1}^4 \gamma_i I_i = 0.780$$

**Підхід Г.**

$$\prod_{i=1}^4 I_{1i} = 0.1728$$

$$\prod_{i=1}^4 I_{2i} = 0.3528$$

$$\prod_{i=1}^4 I_{3i} = 0.2800 \quad \prod_{i=1}^4 I_{4i} = 0.3888$$

У даному випадку також кращим є варіант 4

$$max \prod_{i=1}^4 I_i = 0.3888$$

**Підхід Д.** Будемо коло одиничного радіуса та ділимо його на 4 рівні частини (рис. 4). Відкладаємо по осях  $I_1, I_2, I_3, I_4$  значення показників, які відповідають кожному з чотирьох варіантів (табл.). Далі сполучаємо точки відповідних варіантів та отримуємо чотири чотирикутника. Обчислюємо площі кожного чотирикутника:  $S_1=0,910$ ;  $S_2=1,200$ ;  $S_3=0,645$ ;  $S_4=1,275$ .

При даному підході більш прийнятним є варіант 4 ( $S_4 = 1,275$ ).

Слід зазначити, що остаточне визначення оптимального (найкращого,

раціонального) варіанту складної системи обирає особа, яка приймає управлінські рішення.

Таким чином, можливо визначити, що запропоновано простий та досить наглядний метод вибору оптимального варіанта складної системи з множини можливих. Цей метод дозволяє розв'язувати задачу безпосередньо по сукупності показників якості без згортання критеріїв у комплексний (скалярний) показник. Перспективами розвитку запропонованого методу є його удосконалення з метою реалізації можливості надання переваги окремим критеріям, а також можливого врахування нестаціонарності та стохастичності синтезованих систем. Запропонований підхід також доцільно використовувати при побудові інформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності початкових умов при управлінні складними системами.

$I_1$  (структура та обсяги транспортних перевезень)

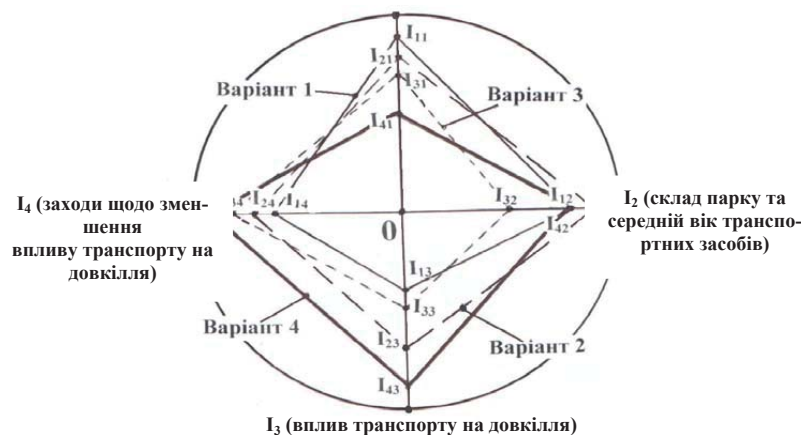


Рис. 4. Варіанти системи

**Висновки**

Задачу забезпечення функціональної стійкості екологічних систем можна розглядати як одну з актуальних наукових задач сучасної теорії управління складними системами.

Для рішення проблеми підвищення безпеки складних екологічних систем доцільно застосовувати системний підхід та зокрема теорію функціонально стійких систем. При цьому функціональна стійкість екологічних систем є властивістю, яка принципово відрізняється від надійності, адаптованості, відмовостійкості. Застосування будь-якого підходу визначається специфікою складної системи, завданнями та умовами її функціонування.

Розглянутий у статті підхід до багатокритеріального вибору складної системи дозволяє ранжувати показники якості функціонування, здійснювати їх нормування і за обраним підходом знаходити найкраще рішення у галузі екології та природокористування, галузі технічного маркетингу складних систем.

Запропонований підхід на сьогодні застосовують при підготовці щорічної Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні, Національної доповіді про стан формування екологічної мережі України.

**Література**

1. Машков О.А., Барабаш О.В. Проблеми моделювання функціонально-стійких складних інформаційних систем // Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України, 2002.- С. 137-142.
2. Машков О.А., Чумакевич В.О., Шуренок В.А. Шляхи створення та дослідження функціонально-стійкої моделі вимірювально-обчислювального комплексу / Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип. 24.- С. 40-47.
3. Машков О.А., Барабаш О.В. Топологічні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем / Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип. 25.- С. 29-35.
4. Машков О.А., Кравченко Ю.В., Савченко В.А., Власенко Г.М. Метод багатокритеріального вибору оптимального варіанту системи радіонавігаційного забезпечення / Збірник наукових праць НАН України, ІПМЕ – „Моделювання та інформаційні технології”, 2003, Вип. 22.- С. 37-41.
5. Машков О.А., Барабаш О.В. Понятійний апарат функціональної стійкості розподілених інформаційних систем // Збірник наукових праць Наукового Центру Повітряних Сил ЗСУ. К.: НЦ ПС ЗСУ, 2004. - №7. – С. 20-26.
6. Машков О.А., Кононов О.А. Возможности обеспечения функциональной устойчивости эргатических систем управления в рамках существующего методического аппарата / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці, Вип. 32, Київ, 2006.- С.151-157.
7. Машков О.А., Дурняк Б.В., Усаченко Л.М., Сабат В.И. Разработка моделей нештатных ситуаций в автоматизированной системе поддержки принятия решений при управлении подвижным объектом / Моделювання та інформаційні технології / Інститут проблем моделювання в енергетиці, НАН України, вип. 48, 2008.- С. 3-24.
8. Машков О.А., Дурняк Б.В., Усаченко Л.М., Сабат В.И. Методология обеспечения функциональной стійкості ієрархічних організаційних систем управління / Збірник наукових праць: Інститут проблем моделювання в енергетиці, НАН України, вип. 48, 2008. -С. 3-21.



9. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 1) (вступ) / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 55, 2010.- С. 131-148.
10. Машков О.А. Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 2) ( принципи організаційного управління) / Збірник наукових праць / моделювання та інформаційні технології / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 55, 2010.- С. 119-132.
11. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина3) (системні функції організаційного управління) / Збірник наукових праць / моделювання та інформаційні технології / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 56, 2010.-С. 115-132.
12. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 4) (системний підхід в організації управління) / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 54, 2010.- С. 114-133.
13. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез функціонально-стійкої системи керування рухомим об'єктом із заданими динамічними властивостями / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, вип. 60, Київ, 2011.- С. 186-214.
14. Машков О.А., Косенко В.Р. Задача синтезу оновлюючого керування при побудові функціонально-стійких бортових інформаційно-керуючих комплексів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 61, Київ, 2011.-С. 202-229.
15. Машков О.А., Косенко В.Р. Розробка алгоритмів синтезу оновлюючого керування для інформаційно-керуючих комплексів рухомих об'єктів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 62, Київ, 2011.-С. 208-225.
16. Машков О.А., Дурняк Б.В., Обідін Д.М. Забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем // Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 64, Київ, 2012.-С. 36-41.
17. Машков О.А., Дурняк Б.В., Сабат В.І., Тупкало В.М., Тупкало С.В. Понятійний апарат теорії процесного управління / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 70, Київ, 2013.-С. 146-153.
18. Mashkov V.F., Mashkov O.A. Problems of diagnosability with sensor networks when dealing with environment monitoring / Науково-технічний журнал «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті», НТУ, Київ, № 1, 2014.-С. 182-191.
19. Mashkov V.F., Mashkov O.A. Problems of organization of test performance in sensor networks applied for environment monitoring / Науково-технічний журнал «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті», НТУ, Київ, № 2, 2014.-С. 170-179.
20. Машков О.А., Косенко В.Р. Проблеми побудови функціонально-стійких комплексів екологічного моніторингу з використанням псевдосупутникових технологій / Проблеми інформатизації: Матеріали третьої міжнародної науково-технічної конференції. – Київ: ДУТ; Полтава ПНТУ; Катовіце КЕУ; Париж: Університет VII Венсент-Сен-Дені; Орел: ОДУННВК; Харків: ХНДІТМ, 2014.- С.71.
21. Бондар О.І., Машков О.А. Інформаційні технології оцінювання впливу техногенних катастроф та діяльності екологічно небезпечних підприємств з використанням даних аерокосмічного моніторингу / Проблеми інформатизації: Матеріали третьої міжнародної науково-технічної конференції. – Київ: ДУТ; Полтава ПНТУ; Катовіце КЕУ; Париж: Університет VII Венсент-Сен-Дені; Орел: ОДУННВК; Харків: ХНДІТМ, 2014.-С.71.
22. Mashkov V.F., Mashkov O.A. Diagnosis of sensor networks applied for environment monitoring / Науково-практичний журнал «Екологічні науки», № 1/2015(7), К., ДЕА, 2015.-С.ч.38-54-20.

УДК 502.033.006:330

## ГАРМОНІЗАЦІЯ УКРАЇНСЬКИХ І ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ ОХОРОНИ ПРИРОДНИХ ВОД

Михайленко Л. Є.

Державна екологічна академія  
підсудипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

Проведено порівняння українських і європейських засобів і механізмів охорони природних вод з метою гармонізації національних стандартів та нормативно-правових актів до стандартів Європейського Союзу. *Ключові слова:* засоби, механізми, стандарти, охорона, природні води, нормативно-правові акти, управління, басейни.

Проведено сравнение европейских и украинских способов и механизмов охраны природных вод с целью гармонизации национальных стандартов и нормативно-правовых актов к стандартам Европейского Союза. *Ключевые слова:* способы, механизмы, стандарты, охрана, природные воды, нормативно-правовые акты, управление, бассейны.

The article compares European and National methods and mechanisms of natural water preservation to harmonize national standards and legislation of Ukraine dedicated to water supply with EU standards. *Keywords:* means, mechanisms, standards, preservation, natural waters, legislation, management, water bodies.

### Вступ

На долю водного дзеркала припадає 71% поверхні Землі. З урахуванням підземних вод вся Земля покрита водною оболонкою. В океанах і морях зосереджено 99,5% запасів води – 1,6 млрд км<sup>3</sup> без урахування льодовиків Гренландії і Антарктиди; залишкові 0,5% порівну розподілені між континентальними водоймами і підземними водами.

Нестачу прісної води відчуває третина населення планети – Гонконг (населення 4 млн чол.) одержує воду по спеціальному трубопроводу з Китаю, постійний «водний голод» відчуває Японія, в Саудівську Аравію чисту воду поставляють літаками з Нової Зеландії. Якщо в 1900 р. людством було використано лише 5% запасів прісних вод, то в 1995 р. – 35%. Мож-

ливість війн в ХХІ ст. через прісну воду стала реальністю.

Людство за останні десятиріччя синтезувало не менше 4 млн різних хімічних речовин, частина яких опинилась у поверхневих і ґрунтових водах. Найбільшу небезпеку становлять нітрати, важкі метали та їх солі, хлороганічні сполуки ДДТ, хлороформ, дихлоретан, діоксин та інші, які мають токсичну, канцерогенну та мутагенну дію.

Україна належить до маловодних країн – площа водного дзеркала від території України не перевищує 4%. Запаси водних ресурсів на одного українця в середньому становлять 1 тис. м<sup>3</sup>/рік, в Європі цей показник зростає до 5,2 тис. м<sup>3</sup>. Особливо потерпає від нестачі води Донеччина, Луганщина і південь України. На сьогодні 33 млн (90%) населення п'ють воду