

УДК 623.418

**В.А. Порєв (д-р техн. наук, проф.), М.В. Сенаторов (канд. техн. наук),
В.М. Сенаторов (канд. техн. наук, доц.)**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
кафедра «Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи», м. Київ

E-mail: prof@barvinok.net

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ НАУКОВИХ, АНАЛІТИЧНИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ ПРИЛАДІВ

Запропонована інженерна методика ранжування, застосування якої дозволить обґрунтовано вибрати прототип для подальшої розробки наукових, аналітичних і екологічних приладів та систем.

Ключові слова: методика, ранжування, прототип, проектування, прилад.

Мета роботи. Фах «Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи» (початкова назва «Наукові та аналітичні прилади») в нашій країні започатковано в 1989 році одночасно зі створенням однойменної кафедри в Київському політехнічному інституті. Аналогічні спеціалізації пізніше були створені в Ужгородському національному університеті (кафедра приладобудування), Східноукраїнському національному університеті (кафедра електротехніки), Донецькому національному технічному університеті (кафедра електротехніки), НТУ «Харківський політехнічний інститут» (кафедра приладів і методів контролю). Відкриття нової кафедри та нового фаху було закономірним, так як стало очевидним, що кризові ситуації в екологічній сфері не є тимчасовими, вони зростають і ставлять перед людством критичні питання. Розвиток промисловості і транспортних засобів призвів до стрімкого зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, отже, до погіршення екологічного стану довкілля в глобальному вимірі.

Сьогодні в Україні понад 300 закладів освіти готують фахівців для екологічної галузі. В той же час відчувається гостра потреба в спеціалістах, які не тільки розуміють сучасні екологічні проблеми, причини їх виникнення та можливі наслідки, але й вільно орієнтуються в розмаїтті технічних засобів, володіють специфікою екологічного моніторингу та основами аналітичного екологічного приладобудування [1].

Остання теза, власне, і обумовлює мету даної роботи — започаткувати обговорення і пошук шляхів покращення підготовки фахівців з аналітичного екологічного приладобудування та екологічного моніторингу.

Стан аналітичного екологічного приладобудування

Аналітичне екологічне приладобудування сьогодні розглядається як важлива і певною мірою самостійна складова екологічної галузі, а структура, задачі та роль сучасного аналітичного екологічного приладобудування в навчальних планах Університетів висвітлюються з врахуванням положень Болонської декларації та концепції екологічної освіти України.

Перелік шкідливих антропогенних речовин налічує сьогодні десятки тисяч найменувань і катастрофічно зростає. Але головну роль в забрудненні довкілля відіграє досить обмежена кількість речовин. Це газові викиди (сірчаний газ, оксиди азоту, вуглецю, фреон, аміак) та пил, сажа, аерозолі, парогазові фракції. Зрозуміло, що більшість сучасних аналітичних засобів призначена для вимірювання концентрацій саме цих речовин. Вказані прилади характеризуються широким діапазоном призначень та великим розмаїттям технічних і споживчих характеристик, оскільки різноманітність об'єктів та умов контролю, вимог до діапазону та до точності вимірювань — практично виключають можливість

створення універсальної методології. Очевидно, що задачі створення ефективних методів та технічних засобів для екологічного моніторингу завжди залишатимуться актуальними.

Екологічний моніторинг включає неперервний контроль змін вибраних параметрів екосистеми, їх співставлення і порівняння із значеннями, які вважаються сприятливими для еволюційного розвитку, а також накопичення цих даних. Екологічний моніторинг як сукупність методів та засобів постійного контролю стану довкілля це, по-перше, головне джерело достовірної інформації про стан довкілля.

По-друге, екологічний моніторинг, точніше його результати — це практично єдиний ефективний інструмент впливу на суспільну свідомість. Отже, саме технічним засобам екологічного моніторингу належить основна роль у визначенні антропогенного впливу на довкілля. Тому об'єктивною тенденцією сучасного етапу розвитку екології є перенесення акцентів від загальних, моральних, етичних та інших, безумовно, важливих складових екологічних проблем на питання створення ефективних технічних засобів діагностики. Це і очевидно, оскільки ефективність екологічного моніторингу в цілому та правомірність законодавчих і управлінських рішень обумовлюються саме технічними характеристиками засобів екологічного моніторингу (точністю, стабільністю, довговічністю, економічністю тощо) [1].

Характерною ознакою всієї історії людства було прагнення до економічного розвитку, який оцінювався в певних матеріальних еквівалентах. В той же час практично ігнорувались проблеми стану довкілля, наростаючі соціальні проблеми. В результаті суспільство зіткнулося з парадоксом — технологічний прогрес та видатні економічні досягнення окремих країн не стали визначальним фактором в розвитку планетної цивілізації. Більше того, виникають і лавиноподібно зростають все нові й нові загрози самому існуванню людства на Землі. Усвідомлення фатальних перспектив людства привело до виникнення і формування так званої концепції сталого розвитку суспільства. Згідно з концепцією сталого розвитку стан цивілізації, (країни, регіону) оцінюється індексом — вектором в просторі 3 — х координат розвитку: економічного, екологічного, соціального. Для кількісних оцінок проекцій вектора сталого розвитку використовується система відповідних нормованих індексів та індикаторів. Рівновіддаленість вектора від кожної координати означає гармонічний (сталий) розвиток. Наближення до однієї з координат вказує на пріоритетність розвитку однієї із складових і нехтування іншими.

З погляду екології сталий розвиток має забезпечити цілісність біологічних і фізичних природних систем, їх життєздатність та здатність самооновлюватися й адаптуватися (замість збереження в статичному стані або деградації). Іншими словами, головною (і єдиною) метою всіх екологічних проектів, програм, заходів повинно стати забезпечення еволюційного характеру етногенезу.

Для оцінок проекцій вектора сталого розвитку на екологічну координату використовується показники, що визначаються, в основному, на базі даних екологічного моніторингу, яка, в свою чергу, формується за допомогою аналітичних екологічних приладів та систем.

Особливості навчальної діяльності кафедри “Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи”

Кафедра “Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи” здійснює базову підготовку за напрямом 6.051003 «Приладобудування», який включений до галузі знань «Метрологія, вимірювальна техніка та інформаційно-вимірювальні технології».

Прийнята кафедрою концепція підготовки фахівців орієнтована на забезпечення реальних перспектив застосування отриманих знань в сучасних умовах, що досягається збалансованим навчальним планом, базу якого складають традиційні для провідного технічного університету дисципліни.

Основу фахової компоненти навчального плану кафедри становлять такі дисципліни як аналітичні екологічні прилади, системи екологічного моніторингу, прилади вимірювання параметрів довкілля, прилади контролю якості харчових продуктів, інформаційні технології в екології, комп'ютеризовані системи технолого-екологічного моніторингу, екологічна

безпека, екологічний аудит, екологія сталого розвитку, логістика приладобудування, метрологічне забезпечення аналітичних приладів[2].

Особлива роль в системі підготовки фахівця відводиться дипломному проектуванню, яке є завершальною стадією навчання студентів в Університеті, головною метою якої є оволодіння методологією творчого вирішення сучасних задач наукового або прикладного характеру на основі отриманих знань, професійних умінь та навичок відповідно до вимог стандартів вищої освіти.

Дипломний проект є завершеною інженерною розробкою об'єкта проектування (пристрою, системи, процесу тощо) і передбачає його синтез в оптимальному варіанті із докладною розробкою певної функціональної частини (елемента, вузла, підсистеми, технологічної операції тощо) з урахуванням сучасного рівня розвитку відповідної галузі, досягнень науки і техніки, економічних, екологічних, ергономічних вимог, а також вимог охорони праці та забезпечення життєдіяльності об'єкта проектування.

Досвід роботи в Державній екзаменаційній комісії авторів даної статті свідчить, що студенти часто не в повній мірі володіють саме навиками системного аналізу масивів інформації. Особливо це помітно при порівняльному аналізі аналогів і виборі прототипу для подальшого вдосконалення в процесі роботи над дипломним проектом.

Тому автори статті вважають необхідним запропонувати просту інженерну методику для порівняльного аналізу (ранжування) наукових, аналітичних і екологічних приладів, виходячи з досвіду такого аналізу для приладів спеціального призначення [3].

Автори сподіваються, що ця методика буде корисна не тільки студентам-дипломникам, але й викладачам — керівникам дипломних проектів студентів.

Методика порівняльного аналізу наукових, аналітичних і екологічних приладів

В основі методики ранжування лежить метод експертних оцінок. Основними структурними компонентами методики, що пропонується, є:

- база даних (БД) щодо характеристик (технічних, експлуатаційних, економічних та інших) приладів однойменного класу;
- модель порівняльного аналізу приладів.

Зрозуміло, що кожний клас приладів містить певний перелік характеристик, які порівнюються. Зауважимо, що на більшості підприємств, де провадиться переддипломна практика студентів, такі БД вже сформовані і вони підтримуються в актуальному стані по мірі появи на ринку нових зразків. Якщо ж потрібної БД нема, то при її створенні необхідно керуватись ДСТУ, де даються переліки основних характеристик, і ТУ, де наводяться значення цих характеристик.

Групі досвідчених фахівців (основу групи мають становити користувачі цих приладів і маркетингологи, а не їх розробники) видається картка виду

Характеристика	Рейтинг характеристики
характеристика 1	
характеристика 2	
характеристика j	
характеристика M	

При роботі з цим типом картки кожному експерту пропонується ранжувати характеристики за їх значимістю, оцінюючи їх від 1 до M . Після опрацювання всіх карток знаходиться середнє значення рейтингу кожної характеристики і потім всі характеристики шикуються в порядку зростання середнього значення. Це і є остаточним рейтингом переліку характеристик. Після цього визначаються вагові коефіцієнти α_j характеристик зразків за формулою, наведеною в [4]

$$\alpha_j = 2(M - j + 1) / M(M + 1), \quad (1)$$

де: $j = 1 \dots M$ — порядковий номер характеристики в рейтингу показників.

Можливий інший підхід до ранжування, при якому видається картка виду

Характеристика	характеристика 1	характеристика 2	характеристика j	характеристика M	V _j
Характеристика 1	1				
Характеристика 2		1			
Характеристика j			1		
Характеристика M				1	

При роботі з другим типом картки кожний експерт провадить попарне порівняння значимості характеристик, користуючись шкалою відносної важливості Сааті [5]:

- 1 — рівноцінність; 7 — дуже значна перевага;
- 3 — помірна перевага; 9 — найвища перевага.
- 5 — значна перевага;

Наприклад, якщо характеристика 1 має помірну перевагу над характеристикою 2, то в другому стовбці першого рядка експерт ставить цифру «Z₁₂ = 3», а в першому стовбці другого рядка цифру «Z₂₁ = 1/3».

Характеристика	характеристика 1	характеристика 2	характеристика j	характеристика M	V _j
Характеристика 1	1	Z ₁₂ = 3	Z _{1j}	Z _{1M}	V ₁
Характеристика 2	Z ₂₁ = 1/3	1	Z _{2j}	Z _{2M}	V ₂
Характеристика j	Z _{j1}	Z _{j2}	1	Z _{jM}	V _j
Характеристика M	Z _{M1}	Z _{M2}	Z _{Mj}	1	V _M

При опрацюванні кожної картки обчислюються компоненти V_j головного власного вектору отриманої матриці Z_{ij} попарних порівнянь за формулою, наведеною в [6]

$$V_j = \left(\prod_1^M Z_{ij} \right)^{1/M} \tag{2}$$

Після цього із карток вибираються значення V_j і переносять в таблицю 1.

Таблиця 1 — До вибору значень V_j

Характеристика	Картка №				V _{жсер}	α _j
	1	2	k	K		
Характеристика 1	V ₁₁	V ₁₂	V _{1k}	V _{1K}	V _{1сер}	α ₁
Характеристика 2	V ₂₁	V ₂₂	V _{2k}	V _{2K}	V _{2сер}	α ₂
Характеристика j	V _{j1}	V _{j2}	V _{jk}	V _{jK}	V _{жсер}	α _j
Характеристика M	V _{M1}	V _{M2}	V _{Mk}	V _{MK}	V _{Mсер}	α _M

Потім обчислюється середнє значення для кожної характеристики V_{жсер} і знаходяться вагові коефіцієнти за формулою

$$\alpha_j = V_{жсер} / \sum_1^M V_{жсер} \tag{3}$$

На третьому етапі провадиться нормування значень X_{ij} характеристик приладів (i — порядковий номер приладу в БД). Тобто всі значення, які мають певну розмірність (кг, м, м/с...) переводять в безрозмірні величини.

При цьому можна використовувати два підходи: консервативний і ліберальний.

При консервативному підході нормування відбувається за формулами [3] в залежності від того, яке значення характеристики більш вигідне — більше чи менше

$$p_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \text{ або } p_{ij} = (X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{\min}), \quad (4)$$

де X_{\min} і X_{\max} — відповідно, мінімальне або максимальне значення показника якості приладів в БД.

При ліберальній оцінці нормування відбувається за формулами, наведеними в роботі [4] в залежності від того, яке значення характеристики більш вигідне — більше чи менше

$$p_{ij} = X_{ij} / X_{\max} \text{ або } p_{ij} = X_{\min} / X_{ij} \quad (5)$$

На четвертому етапі обчислюється інтегральний показник ефективності приладу $P_{\text{эф}}$ за формулою з роботи [6]

$$P_{\text{эф}} = \sum_1^M \alpha_j p_{ij}; \quad (6)$$

Результати порівняльного аналізу доцільно оформити у вигляді окремої таблиці бази даних (таблиця 2).

Таблиця 2 — База даних приладів

№ п/п	Основні характеристики	Вагові коефіцієнти	Прилади		
			1	2	M
1	характеристика 1	α_1	$\underline{X}_{11}/p_{11}$	$\underline{X}_{12}/p_{12}$	$\underline{X}_{1m}/p_{1m}$
2	характеристика 2	α_2	$\underline{X}_{21}/p_{21}$	$\underline{X}_{22}/p_{22}$	$\underline{X}_{2m}/p_{2m}$
3	характеристика j	α_j	$\underline{X}_{j1}/p_{j1}$	$\underline{X}_{j2}/p_{j2}$	$\underline{X}_{jm}/p_{jm}$
4	характеристика M	α_M	$\underline{X}_{M1}/p_{M1}$	$\underline{X}_{M2}/p_{M2}$	$\underline{X}_{Mm}/p_{Mm}$
$P_{\text{эф}}$			$P_{\text{эф}1}$	$P_{\text{эф}2}$	$P_{\text{эф}m}$
Рейтинг приладу					
Вартість (Ц), тис. грн					
$P_{\text{эф}}/Ц$					
Рейтинг відношення $P_{\text{эф}}/Ц$					

В цю таблицю також слід винести економічні показники приладів — вартість серійного зразка (Ц), яка береться з прайс-листів виробників, визначену техніко-економічну ефективність приладів ($P_{\text{эф}}/Ц$) і рейтинг зразків за цим показником.

На етапі аналізу відомих приладів і вибору прототипу до БД включаються лише відомі прилади (тобто без приладу, який буде розроблятися в проекті).

Прототип обирається в залежності від глобальної мети проекту. Якщо глобальна мета — підвищення технічної ефективності приладу, то прототипом є прилад з найкращим рейтингом за показником $P_{\text{эф}}$. Якщо ж глобальна мета — підвищення техніко-економічної ефективності, то прототипом є прилад з найкращим рейтингом за показником $P_{\text{эф}}/Ц$.

На завершальному етапі проекту і оцінці ефективності спроектованого приладу до БД додається проектний зразок. Цю таблицю з БД, яка містить аналоги, прототип та спроектований зразок, доцільно оформити у вигляді окремого плакату і представити на захисті проекту.

Не виключено, що рейтинг проектного зразка буде менший, ніж рейтинг прототипу. Тобто на даному етапі глобальна мета проекту не досягнута. Тому в матеріалах пояснювальної записки мають бути перелічені подальші заходи, спрямовані на досягнення глобальної мети.

Висновки

Останнім часом стрімко зростає потреба в спеціалістах, які не тільки розуміють сучасні екологічні проблеми, причини їх виникнення та можливі наслідки, але й вільно

орієнтуються в розмаїтті технічних засобів, володіють специфікою екологічного моніторингу та основами аналітичного екологічного приладобудування.

Особливості навчально-наукової діяльності кафедри “Наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи” передбачають акцентування уваги на дипломному проектуванні, яке є завершальною стадією навчання студентів в Університеті, головною метою якої є оволодіння методологією творчого вирішення сучасних задач наукового або прикладного характеру на основі отриманих знань, професійних умінь та навичок відповідно до вимог стандартів вищої освіти.

Для підвищення якості дипломних проектів запропонована інженерна методика ранжування наукових, аналітичних і екологічних приладів, застосування якої дозволить обґрунтовано вибрати прототип для подальшого його вдосконалення в процесі роботи над дипломним проектом.

Список використаної літератури

1. Аналітичні екологічні прилади та системи: монографія / В.А. Порєв, О.А. Дашковський, Я.Л. Миндюк и др.; під ред. В.А. Порєва. – 2009. — 336 с.
2. Порєв В.А. Організація навчально-наукової діяльності фаху «наукові, аналітичні та екологічні прилади і системи» / В.А. Порєв // Стандарти, сертифікація, якість. – 2010. — № 1. — С. 78 – 83.
3. Сенаторов М.В. Підвищення ефективності оптичних прицілів для стрілецької зброї: автореферат дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук / М.В. Сенаторов. — К.: НТУУ «КПІ», 2005. — 16 с.
4. Дочкін А.Г. Порівняльна оцінка зразків артилерійського озброєння за критерієм «ефективність-вартість» / А.Г.Дочкін, С.В.Лапицький, І.Б.Чепков // АСО. — К.: НТЦ АСО, 2003. — № 7.— С. 52 – 55.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер с англ. — М.: «Радио и связь», 1993. — 278 с.
6. Хмелевская О.А. Методика оценивания технического уровня зенитного ракетного вооружения с использованием средств автоматизации процедур принятия решений О.А. Хмелевская // Системы обработки інформації. – 2007. — Вип.5. — С. 121 – 124.

Надійшла до редакції:
16.02.2012р.

Рецензент:
д-р техн.наук, проф. Зорі А.А.

V.A. Poryev, M.V. Senatorov, V. M. Senatorov. Methodic for Scientific, Analytic and Ecological Devices Designing. Engineering methods for ranking of the scientific, analytic and ecological devices has been proposed.

Keywords: methods, ranking, prototype, design, device

В.А. Порєв, М.В. Сенаторов, В.М. Сенаторов. Методика проектирования научных, аналитических и экологических приборов. Предложена инженерная методика ранжирования, применение которой позволит обоснованно выбрать прототип для дальнейшей разработки научных, аналитических и экологических приборов и систем.

Ключевые слова: методика, ранжирование, прототип, проектирование, прибор.

© Порєв В.А., Сенаторов М.В., Сенаторов В.М., 2012