

Н. Луців, В. Юзевич*

Львівський інститут економіки і туризму (Львів),

* Фізико-механічний інститут ім. Г. Карпенка НАН України (Львів)

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ТОВАРІВ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ

© Луців Н., Юзевич В., 2009

Запропоновано систему захисту випробувальної екологічної лабораторії від негативних впливів техногенного та антропогенного характеру з використанням еколого-економічних показників. Систематизовано процедуру прогнозування змін параметрів екологічного стану об'єкта досліджень з урахуванням елементів теорій надійності, ризиків, а також оптимізації випробувань.

The system defence of proof-of-concept ecological laboratory from negative influences of technogenic and anthropogenic character with use the ecological-ekonomical indexes is offered. Procedure prognostication of parameters changes of the ecological state of object researches taking into account the elements of theories of reliability, risks, and also optimization of tests is systematized.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку вітчизняної економіки мають складний та суперечливий характер, характеризуються негативним впливом на довкілля і потребують впровадження систем захисту на підприємствах пріоритетних галузей промисловості, зокрема в складних технічних системах (СТС), якими є, наприклад, випробувальні екологічні лабораторії (ВЕЛ). ВЕЛ є важливим контрольним органом екологічної безпеки, до якої належить проблема оцінки екологічного ризику при техногенних та антропогенних діях.

У зв'язку з цим виникає практичне завдання розробити кваліметричну модель оцінки змін якості товарів ВЕЛ з урахуванням моделі захисту відповідної СТС від негативних впливів у навколишньому середовищі, що дасть змогу здійснювати якісний та кількісний прогноз системних удосконалень в екологічних дослідженнях.

Наукове завдання пов'язано з виділенням найінформативніших факторів і методик, що допоможуть розробити оптимальну систему захисту ВЕЛ, дослідження якої стандартизовані, сертифіковані і сприятимуть зменшенню негативного впливу на суспільство наслідків технічного прогресу.

Новизна проблематики полягає у розробленні математичної моделі системи захисту ВЕЛ (СЗ ВЕЛ) з урахуванням критеріїв якості і методів оптимізації СТС.

У праці [1] з даної проблеми розглядаються елементи стандартизації та сертифікації товарів і послуг, а у [2] – захист інформації в автоматизованих системах обробки даних. Аналізуються умови обробки інформації, отримані в результатах експертних оцінок [3,4]. Робиться спроба обґрунтувати необхідність розроблення та використання комплексного підходу щодо дослідження соціально-економічних аспектів екологічної та інноваційної політики на промислових підприємствах [5].

Не вирішеною раніше частиною загальної проблеми, якій присвячується стаття, є розроблення комплексної системи захисту ВЕЛ (КСЗ ВЕЛ) від техногенних впливів.

Метою дослідження є математичне моделювання комплексної системи захисту ВЕЛ з урахуванням експертного методу в оцінці якості товарів і методу оцінювання якості процедури вимірювання параметрів в екологічних дослідженнях, які забезпечували би мінімальний екологічний ризик.

Методи дослідження будемо орієнтувати на побудову математичної моделі у межах трьох підходів: оптимізації функції захисту КСЗ ВЕЛ, оптимізації методу оцінювання якості вимірюваних параметрів в екологічних дослідженнях, оптимізації вектора керованих змінних в умовах функціонування системи захисту.

Система захисту інтелектуального продукту екологічної лабораторії

Об'єкт дослідження – система товарів ВЕЛ (СТ ВЕЛ). Як відомо, товарами можуть бути фізичні об'єкти (речі), послуги, організації та ідеї [1, 4]. У такому широкому аспекті розглядаємо послуги й результати досліджень (як інтелектуальний продукт) ВЕЛ. Товарознавство вивчає різноманітні параметри системи товарів, фактори забезпечення цих параметрів і характеризується міждисциплінарними зв'язками, зокрема з маркетингом, менеджментом якості, стандартизацією та сертифікацією товарів і послуг.

Для стандартизації та сертифікації важливим є забезпечення вимог щодо нормативно-технічних і методичних документів системи. Вимоги до такого типу документів повинні сприяти раціональному формуванню структури й змісту екологічних досліджень, впливати з необхідності задовольнити методологічні принципи і структурні ланки наявних функціонально-цільової й організаційної структур СТС. У цих документах повинні міститися: досягнутий рівень екологічних досліджень з урахуванням матеріального та програмного забезпечення відповідно до техніко-технологічних, соціально-економічних і екологічних характеристик; перспективні нормативи світового рівня складових ланок функціонально-цільової структури ВЕЛ; фактичні і нормативні характеристики перспективного світового рівня і поточного (здійснюваного в плановому періоді) для кожного етапу функціонування СТ ВЕЛ; характеристики корисності результатів надання послуг ВЕЛ; рівень і стан локальних характеристик окремих ланок СТ ВЕЛ порівняно з перспективними і поточними нормативами розвитку; обґрунтований перелік технічних і організаційних рішень для всіх цільових ланок СТ ВЕЛ, що забезпечують досягнення поточних і перспективних нормативів розвитку; рівень захисту довкілля за допомогою ВЕЛ відповідно до комплексного (госпрозрахункового) результату оцінки умов експлуатації досліджуваного об'єкта (чи виробництва), з розчленуванням його на складові елементи.

Важливим аспектом проблеми є забезпечення вимог до інформаційного, технічного, програмного і методичного забезпечення функціонування системи (СТ ВЕЛ). Вимоги насамперед повинні враховувати можливість формування всього циклу документів або інформаційних сокупностей, які використовуються в процесі управління якістю послуг, наданих екологічною лабораторією.

Інформаційне забезпечення СТ ВЕЛ повинно бути орієнтоване на базу даних, де формуються масиви даних, що охоплюють організаційні рівні системи; функціональні підсистеми; періоди часу функціонування (оперативні, поточні, перспективні); технічні й організаційні умови підготовки рішень щодо проведення випробувань; вимоги до нормативно-технічного забезпечення.

Раціональний технічний асортимент приладів і засобів ВЕЛ забезпечить отримання інформації про зміну екологічних параметрів середовища, передасть її користувачам всіх рівнів в зручному для них вигляді. До складу технічного забезпечення повинні входити: система приладів, техніка автоматичної реєстрації параметрів екологічного стану, техніка передачі зареєстрованої інформації, пристрої вводу–виводу в ЕОМ; обчислювальна техніка для обробки інформації; організаційна техніка.

В основу випробувань лабораторії мають бути покладені еталонні нормативи, затвержені на тривалий термін (10–20 років), які є основою для п'ятирічних та однорічних планів. Нормативний підхід передбачає прогнозування та використання нормативів тривалої дії, які впроваджуємо поетапно в результаті здійснення організаційних та науково-технічних заходів.

Методи кваліметричних вимірювань дадуть змогу визначити комплексні показники якості K_j [4]:

$$K_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot K_i \quad \left(\sum_{i=1}^n \eta_i = 1 \right), \quad (1)$$

де $\{K_i\}$ – набір показників, які характеризують норми, стилі, психологію роботи та управління в процесі діяльності, вплив оргструктури, розподіл повноважень персоналу, матеріальні мотиви тощо ($i = 1, 2, 3, \dots, n$; n – кількість показників, що визначають якість управління ВЕЛ); η_i – коефіцієнти вагомості.

У зв'язку з цим важливого значення набувають питання екологічного менеджменту. Функція обліку в таких умовах повинна зафіксувати стан і рівень всіх параметрів екологічної обстановки. Аналіз СТ ВЕЛ при цьому повинен виявити резерви поліпшення стану кожного параметра. Контроль тут виконуватиме роль сигнальної функції про ступінь відповідності реального стану параметрів перспективним нормам.

Результат функціонування ВЕЛ – оцінка впливу техногенних та антропогенних факторів на довкілля і розроблення рекомендацій для визначення захисних функцій під час експлуатації природних ресурсів.

Ефективність функціонування ВЕЛ у довільний період часу слід оцінювати за ступенем досягнення поставлених в системі цілей щодо оцінки захисних функцій за допомогою комплексного показника якості (1).

За незмінної нормативної бази протягом тривалого періоду часу поточні оцінки якості результатів, отриманих засобами ВЕЛ, повинні відображати процес послідовного наближення до визначеної мети визначення захисних функцій як за комплексною оцінкою K_j , так і для кожної окремої складової K_i .

Для побудови системи захисту ВЕЛ визначимо дозу негативного впливу. Нехай $D = D(x_i)$ ($D \geq 0$) – доза негативного впливу на ВЕЛ ($X = (x_i)$ – множина параметрів, які характеризують ризик, збитки, конкуренцію; $i = 1, 2, \dots, n$; n – кількість параметрів); $D_z = D_z(t)$ – значення D в результаті дії системи захисту (t – час); $D - D_z$ – різниця, яка характеризує позитивну дію системи захисту, зокрема, якість і корисність випробувань.

Введемо функцію компромісу для ВЕЛ (компромід між негативним впливом і дією системи захисту):

$$F_k = q_1 \cdot D + q_2 \cdot (D - D_z), (q_1 + q_2 = 1). \quad (2)$$

Тут $q_i = (q_1, q_2)$ – коефіцієнти вагомості, які визначаємо експертним методом [3,4].

Нехай $Y = (y_i)$ – множина взаємовиключних рішень, одне з яких слід прийняти, щоб зменшити дозу негативного впливу; $G(D, Y, X) = (g_{sj})$ – функціонал оцінювання, який характеризує «позитивний результат» чи «негативний результат» під час вибору рішення $y_i \in Y$, якщо ВЕЛ знаходиться в одному із станів $X^* = (x_i^*)$.

Введемо функцію $F_z(D, Y, X, F_k, t) = D_z$, яку назвемо функцією захисту ВЕЛ (ФЗ ВЕЛ) від негативних впливів. Для F_z виконуються такі співвідношення:

$$D_z \geq F_z \geq 0, \quad F_z(0, Y, X, F_k, t) = 0. \quad (3)$$

Якщо функція F_z залежить від параметра D лінійно, то виконується співвідношення:

$$F_z(D, Y, X, F_k, t) = D/K_z(Y, X, F_k, t). \quad (4)$$

де $K_z(Y, X, F_k, t)$ – параметр СЗ ВЕЛ; $1/K_z(Y, X, F_k, t)$ – коефіцієнт пропорційності, який при ефективному захисті збільшується за величиною.

Якщо Y, X, F_k і K_z не залежать від часу (стаціонарний варіант), то розроблення СЗ ВЕЛ супроводжується вибором параметрів Y, X , для яких виконуються умови

$$F_k(D, Y, X) \Rightarrow \text{opt}, F_z(D, Y, X, F_k) \Rightarrow \text{opt}, K_z(Y, X, F_k) \Rightarrow \text{max}. \quad (5)$$

Тут позначення opt і max відповідають символам оптимального та максимального значень.

Задачу оптимізації СЗ ВЕЛ (5) розв'язуємо з урахуванням оптимізації функції захисту КСЗ ВЕЛ (аспект захисту – az), оптимізації методу оцінювання якості вимірюваних параметрів (кваліметричний аспект – ka) і оптимізації вектора керованих змінних (фактор управління – fu).

Для кожного з цих аспектів визначаємо функцію вартості W_{az}, W_{ka}, W_{fu} .

Інтегральну комплексну вартість W_z подамо у вигляді виразу:

$$W_z = \xi_1 \cdot W_{az} + \xi_2 \cdot W_{ka} + \xi_3 \cdot W_{fu}, (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 = 1), \quad (6)$$

де ξ_1, ξ_2, ξ_3 – коефіцієнти вагомості, які визначаємо експертним методом [3,4].

Аналогічно як у виразах (5) запишемо критеріальне співвідношення для параметра W_z :

$$W_z \Rightarrow \text{opt}. \quad (7)$$

Задача оптимізації СЗ ВЕЛ (5), доповнена критеріальним співвідношенням (7), орієнтує ВЕЛ (зокрема послуги, ідеї, результати вимірювань) на активне впровадження нововведень, а також на підготовку персоналу і методик, необхідних для проведення випробувальних робіт відповідно до галузі акредитації.

У найближчий час не варто очікувати істотного технологічного переозброєння ВЕЛ. Тому, з одного боку, необхідно ефективно використовувати наявний технологічний і кадровий потенціали з одночасним впровадженням нових і модернізацією тих типів приладів і товарів, які є в наявності,

для поліпшення їх функціональних характеристик і техніко-економічних параметрів. З іншого боку, варто розширювати й оптимізувати доповнену системою безпеки технологічну базу ВЕЛ за рахунок попередньо розроблених і частково впроваджених у виробництво сучасних наукомістких технологій, для яких не є обов'язковим і потрібним створення кардинально нової технічної бази.

Частина ВЕЛ, які недостатньо забезпечені вимірювальними пристроями і засобами, відновлюють значну частину устаткування для того, щоб підвищити рівень якості та достовірності результатів проведених випробувань. Важливі досягнення в цій сфері мають ті напрямки гідрофізичного та екологічного моніторингу, які орієнтовані на контроль параметрів водних середовищ [6]. Надалі пріоритетним повинен стати процес підготовки нової генерації компетентних фахівців, менеджерів, експертів, здатних організувати випробування, управління, а також екологічну експертизу за законами ринку. Їхнім завданням повинно бути ефективне використання інноваційних технологій, послідовна реалізація наявних наукових розробок, подальше удосконалення структури екологічних випробувань. При цьому необхідно кардинально модернізувати устаткування і методики ВЕЛ. Для реалізації процедур реструктуризації ВЕЛ необхідно проводити:

- оптимізацію інтегрованих структур з метою підвищення компетентності лабораторій і персоналу;
- створення системи управління якістю (СУЯ) й забезпечення умов стандартизації та сертифікації в процесі проведення екологічних випробувань (засобами ВЕЛ);
- удосконалення методик відбору даних і прогнозування змін екологічної обстановки;
- контроль моніторингу природоохоронної діяльності у заповідних територіях.

Застосування системи еколого-економічних показників та критеріїв розвитку природоохоронної діяльності у заповідних територіях допоможе ідентифікувати зв'язок між наслідками загальної екологізації біологічних систем, неживої природи і станом деяких складових довілля (води, повітря тощо).

Еколого-економічні показники, які характеризують ефективність розвитку природоохоронної діяльності в заповідних територіях (наприклад, в Шацькому національному природному парку (ШНП)), будують за підходами праці [7]:

1. Показник екологічності виробництва та діяльності людей (комплексу господарської діяльності (КГД)).

Цей показник P_{ev} характеризує загальну кількість промислових і побутових відходів (антропогенного й техногенного походження), викидів забруднюючих речовин та парникових газів за i -й період часу для всього КГД, спричинених діяльністю населення на заповідній території:

$$P_{ev} = \sum_{j=1}^n V_j / \sum_{j=1}^n \Omega_j \Rightarrow \min, \quad (8)$$

де n – загальна кількість джерел забруднення для всього КГД; $\sum_{j=1}^n V_j$ – загальна маса відходів, забруднюючих речовин, парникових газів (в перерахунку на ефективну масу, виражену в кілограмах) для всього КГД за i -й період часу; $\sum_{j=1}^n \Omega_j$ – екологічно допустима кількість відходів, викидів забруднюючих речовин, парникових газів для всього КГД на заповідній території (зокрема, на території ШНПП).

2. Для оцінки умов екологізації довілля використовуємо показник P_{np} , який визначає питому норму платежів і штрафів за результати негативних антропогенних та техногенних дій на довілля:

$$P_{np} = \sum_{j=1}^n Z_j / \sum_{j=1}^n W_j \Rightarrow \min, \quad (9)$$

де $\sum_{j=1}^n Z_j$ – загальна сума платежів і штрафів за лімітне й позалімітне забруднення заповідної території, що припадає на i -й період часу для всього КГД; $\sum_{j=1}^n W_j$ – загальний фінансовий баланс виробництва продукції, інновацій і надання послуг населенню за i -й період часу для всього КГД.

Критеріями для показників P_{ev} , P_{np} можуть бути їх мінімальні значення P_{evmin} , P_{nppmin} за i -й період часу.

3. Коефіцієнт використання відходів як вторинної сировини у виробництві:

$$P_{vs} = \sum_{j=1}^n S_j / \sum_{j=1}^n W_j \Rightarrow \max \cdot \quad (10)$$

Тут $\sum_{j=1}^n S_j$ – загальна вартість перероблених побутових і промислових відходів як вторинної сировини за i -й період часу для КГД. Використання відходів дає змогу скоротити потреби в природних мінеральних ресурсах. Критерієм показника P_{vs} буде його максимальне значення за i -й період часу (10).

4. Приведений показник фінансових витрат, які забезпечують матеріальні потреби і функціонування екологічної лабораторії протягом заданого періоду:

$$P_{fv} = \sum_{j=1}^n F_j / \sum_{j=1}^n W_j \Rightarrow opt \cdot \quad (11)$$

Тут $\sum_{j=1}^n F_j$ – загальний обсяг фінансування матеріальної бази і екологічних випробувань за i -й період часу. Критерієм показника P_{fv} буде його оптимальне значення (opt) за i -й період часу (11).

Систему захисту ВЕЛ у нормативному плані забезпечимо рекомендаціями щодо сертифікації на основі серії міжнародних стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025 [8,9]. При цьому враховано систему визначальних приладів, основні параметри, що характеризують систему об'єктів ШНПП і довкілля, а також елементи імітаційної математичної моделі [10], яка описує гідрохімічний і водний режими в акваторії озер (зокрема, для ШНПП).

У процесі вимірювань параметрів, які характеризують водну систему ШНПП і довкілля, можуть виникати невідповідності. Оброблення невідповідностей (чи корегувальна дія) – це дія, призначена для корегування констатованого відхилення між отриманим результатом та очікуваним, чи попередньо визначеним результатом [8]. Цикл життя елемента системи якості (СЯ) "Корегувальні дії" буде перетинатися з циклами життя "Внутрішні аудити" та "Аналіз з боку керівництва" і охоплювати всі елементи СЯ. Впровадження стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 дасть змогу визначити необхідну кількість документів (інструкцій, методик і процедур) для забезпечення функціонування СЯ ВЕЛ.

5. Розглянемо приведені показники екологічних витрат, що відповідає менеджменту якості та корпоративному менеджменту господарської й природоохоронної діяльності за КГД:

$$P_{km} = \sum_{j=1}^n \Psi_j / \sum_{j=1}^n W_j \Rightarrow opt \cdot \quad (12)$$

Тут $\sum_{j=1}^n \Psi_j$ – загальний обсяг фінансування природоохоронних заходів за i -й період часу для всього

КГД. Критерієм показника P_{km} вибирають його оптимальне значення за i -й період часу (12).

Передову практику менеджменту якості й корпоративного менеджменту узагальнено в ряді відповідних міжнародних стандартів, які виберемо за основу нормативного забезпечення випробувань: ISO 9001 на систему менеджменту якості, ISO 14001 на систему екологічного менеджменту, OHSAS 18001 на систему менеджменту професійної безпеки і здоров'я, SA 8000 на систему менеджменту соціальної відповідальності.

З урахуванням вимог вищеперелічених стандартів і стратегії господарської діяльності конкретних заповідних територій (які функціонують, наприклад, в ШНПП), а також природоохоронних ініціатив, будують сучасну інтегровану систему менеджменту (ICM) підприємств і закладів, орієнтовану на концепцію стійкого розвитку.

Запропоновані еколого-економічні показники (8)–(12) доповнюють співвідношення системи захисту (1)–(7) і застосовуються для регулювання природоохоронної діяльності КГД та нормування стану довкілля.

Оцінка надійності системи захисту товарів і послуг екологічної лабораторії

Оцінку показників надійності КСЗ ВЕЛ, яка складається з елементів, показники надійності яких відомі, реалізуємо двома шляхами – розраховуючи структурну та функціональну надійності. Поділ за підходами відрізняється кількістю допущень і ступенем складності розрахунків. Під час розрахунків функціональної надійності враховуємо функції елементів. Тому відмова деяких елементів приводить не до повної, а лише до часткових відмов системи (КСЗ ВЕЛ). У станах часткових відмов КСЗ ВЕЛ продовжує працювати з низькими показниками якості функціонування. Структурна надійність КСЗ ВЕЛ передбачає відмову всієї системи, якщо хоча б один елемент порушує пропускну здатність. Під пропускну здатністю об'єкта (що має вхід та вихід) розуміємо ситуацію проходження сигналу від входу до виходу, якщо об'єкт працездатний. Якщо всі елементи КСЗ ВЕЛ працездатні, то етапи функціонування системи відповідатимуть нормативним (паспортним, проектним) значенням. Відповідність параметрів нормативним значенням передбачає дотримання всіх показників якості функціонування. Під час розрахунку функціональної надійності негативний вплив приводить до часткових порушень в ході екологічних випробувань, під час розрахунку структурної надійності – до відмови всієї системи. Різну пропускну здатність можуть мати і окремі елементи КСЗ ВЕЛ.

У динамічних системах, характерних для КСЗ ВЕЛ, моніторинг підготовчих і вимірювальних процесів здійснюється як за режимом роботи, так і за своїми показниками якості функціонування. Тобто надійність елементів змінюється в часі і, відповідно, ефективність системи (КСЗ ВЕЛ) змінюється загалом. Особливістю таких систем є те, що майже всі елементи функціонують в умовах ризику і є відновлюваними об'єктами.

Особливістю ряду відновлюваних елементів КСЗ ВЕЛ є те, що їх експлуатація не завершується після відмови. Елемент системи КСЗ ВЕЛ, що частково вийшов з ладу, працівники відновлюють і знову експлуатують. Відмови та відновлення утворюють потік або послідовність подій і для їх опису використовують відповідні інструкції, а також математичний апарат потоків відмов.

Для елементів КСЗ ВЕЛ з кінцевим часом відновлення можливостей велике значення має властивість готовності – здатності знаходитись тривалий час у працездатному стані. Функція готовності $F(t)$ – це імовірність того, що в заданий момент часу елемент КСЗ ВЕЛ буде працездатним.

Функція готовності $F(t)$ дорівнює сумі імовірностей подій. Імовірність позитивної реалізації першої події визначається ймовірністю безвідмовної роботи відповідного елемента протягом проміжку часу $[0, t]$. Для оцінки ймовірності здійснення наступної події розглядається невеликий інтервал $(\tau, \tau + d\tau)$. Ймовірність того, що на цьому інтервалі закінчиться останнє, n -е відновлення і елемент більше не відмовить протягом проміжку часу $(t - \tau)$, визначається співвідношенням

$$F_z = q_{kn}(\tau) \cdot F(t - \tau) d\tau, \quad (13)$$

де $q_{kn}(\tau)$ – густина розподілу часу до появи n -го відновлення (цей час дорівнює $\sum_{i=1}^n t_i$).

Просумувавши вираз (13) за всіма значеннями $n = 1, 2, \dots$, отримаємо в результаті

$$\sum_{n=1}^{\infty} q_{kn}(\tau) d\tau \cdot F(t - \tau) = \omega_{kn}(\tau) d\tau \cdot F(t - \tau), \quad (14)$$

де $\omega_{kn}(\tau) = \sum_{n=1}^{\infty} q_{kn}(\tau)$ – параметр потоку відновлень.

Інтегруючи (14) за часом τ від 0 до t , оцінимо ймовірність наступної події

$$\int_0^t F(t - \tau) \cdot \omega_k(\tau) d\tau. \quad (15)$$

Отже, функцію готовності $\Gamma(t)$ елемента КСЗ ВЕЛ можна подати з допомогою формули:

$$\Gamma(t) = F(t) + \int_0^t F(t - \tau) \cdot \omega_k(\tau) d\tau. \quad (16)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Gamma(t) = \frac{1}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} \cdot \int_0^{\infty} F(t) dt = \frac{\mu_{T0}}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} = k_r. \quad (17)$$

Тут μ_{T0} і μ_{TB} – постійні величини, які визначаються за допомогою процедури усереднення функції $F(t)$; k_r – граничне значення функції готовності, яке називається коефіцієнтом готовності і визначається ймовірністю того, що елемент системи буде в працездатному стані в довільний момент часу, крім періодів, коли заплановано, що елемент не працюватиме. Коефіцієнт k_r наближено трактують як ту частину загального часу, протягом якого елемент КСЗ ВЕЛ є працездатним.

Задача оптимального керування КСЗ ВЕЛ ставиться як задача встановлення умов допустимого керування з квадратичним критерієм якості, який мінімізує функцію втрат [11]:

$$F(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_k} [x^*(t) \cdot Q \cdot x(t) + u^*(t) \cdot R \cdot u(t)] dt, \quad (18)$$

для процесу, що описується такою системою рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= A \cdot x(t) + B \cdot u(t) \text{ при } x(t) = x_0, \\ y(t) &= C \cdot x(t) + D \cdot u(t), \end{aligned} \quad (19)$$

де $x(t)$, $u(t)$, $y(t)$ – вектори стану, керування і спостережень в ході випробувань відповідно, які мають розмірності $[m \times m]$, $[p \times m]$, $[v \times m]$; A , B , C , D – матриці постійних коефіцієнтів з розмірностями $[m \times m]$, $[p \times m]$, $[v \times p]$; Q , R – симетричні вагові коефіцієнти, які змінюються в часі; t_0 , t_k – фіксовані моменти часу, які характеризують початок і кінець інтервалу; x_0 – початкове значення вектора стану $x(t)$; m – загальна кількість компонент вектора стану; p – кількість змінних керування; v – кількість параметрів, які контролюються системою захисту в процесі діагностування; $x^*(t)$, $u^*(t)$ – критичні значення функцій $x(t)$, $u(t)$, що характеризують втрати.

Ще на стадії формування цільової функції КСЗ ВЕЛ створюється можливість отримання результатів у формі, зручній для подальшої практичної реалізації. Фіксуємо два підходи до форми оптимальних розв'язків:

- у вигляді рекомендацій для подальшої реалізації за допомогою автоматизованої системи керування [12];

- формування результатів розрахунку у вигляді законів керування (для реалізації в системах автоматичного керування) [11].

Оптимізація КСЗ ВЕЛ в умовах ризику належить до класу задач прийняття рішень в умовах невизначеності [13]. Введемо міру якості прийнятого рішення щодо природоохоронної діяльності. Для цього визначимо x – сукупність величин (інформацію), які характеризують вихідні дані (початкові умови); z – сукупність величин, які характеризують прийняте рішення. Якість прийнятого рішення описуємо за допомогою функції втрат $R(z, x)$, до якої приводить рішення z при заданих значеннях x . $R(z, x)$ називають функцією ризику [13]. Тут z , x – вектори.

Обмежуємось розглядом регресійної моделі, згідно з якою за цим значенням величини x оцінюється величина Y . Для можливих значень y і z величини Y і її оцінки Q втрати оцінюємо деякою функцією втрат $s(y, z)$ [11]. При заданій функції втрат ризик визначається як умовне математичне сподівання функції втрат при даних значеннях x , z .

$$R(z, x) = M(s(Y, z), x) = \int s(y, z) f(y, x) dx. \quad (20)$$

де $f(y, x)$ – функція розподілу.

Для оцінки регресійних залежностей мінімізуємо середній квадрат відхилень при заданому векторі x . Якість моделі характеризується квадратом модуля відхилень $s(y, z) = |z - Y|^2$.

Отже, функцію ризику визначають за допомогою співвідношення

$$R(z, x) = M(|z - Y|^2, x) = \int |z - Y|^2 f(y, x) dx, \quad (21)$$

який мінімізуємо.

Система управління якістю як особливий елемент системи захисту ВЕЛ потребує неперервного моніторингу і планомірного послідовного удосконалення. Для цього необхідна своєчасна діагностика зміни станів і відповідне застосування ефективних методичних підходів до формування й удосконалення функцій систем захисту ВЕЛ в процесах антикризового управління з використанням співвідношень (1)–(21).

Висновки

Розроблено математичну модель системи захисту випробувальної екологічної лабораторії з урахуванням критеріїв якості і методів оптимізації. Конкретизовано еколого-економічні показники ефективності розвитку природоохоронної діяльності для заповідних територій. Сформульовано комплексний показник якості і критерій якості, який мінімізує функцію втрат. Введено міру якості прийнятого рішення щодо природоохоронної діяльності за допомогою функцій готовності і втрат, яку трактують як функцію ризику. Застосування запропонованих моделей, критеріїв, методів і методик дає можливість проаналізувати складні процеси обґрунтування результатів моделювання в екологічних дослідженнях.

Систему захисту ВЕЛ у нормативному плані доповнено рекомендаціями щодо сертифікації на основі серії міжнародних стандартів ISO 14000 і ISO/IEC 17025.

Перспектива. Розроблення й впровадження оптимізаційних підходів та систем захисту дасть змогу створювати раціональні підсистеми управління якістю для випробувальних екологічних лабораторій, оптимальні щодо забезпечення сучасними приладами й методиками вимірювань і мінімально залежними від суб'єктивних особливостей експертів.

1. Болотніков А.О. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг. – К.: МАУП, 2005. – 144 с. 2. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. Кн.1. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 400 с. 3. Вдовиченко П. М. Методи обробки інформації, атриманої в результаті експертної оцінки // Відбір і обробка інформації. – 2006, № 24. – С. 56–58. 4. Райхман Э.П. Экспертные методы в оценке качества товаров. – М.: Экономика, 1974. – 151 с. 5. Подсолонко В.А. Концепция системы оценки и обеспечения комплексного социально-экономического развития предприятий в рыночных условиях // Ученые записки Таврического национального университета. – 2007, № 3(42). – С. 5–12. 6. Зорі А.А., Коренев В.Д., Хламов М.Г. Методи, засоби, системи вимірювання і контролю параметрів водних середовищ. – Донецьк: РВА Дон ДТУ, 2000. – 368 с. 7. Фалько В.В. Основные направления в проблеме оценки экологического риска // Вісник СумДУ. Технічні науки. – 2007. – № 1. – С. 100–112. 8. http://www.iso.org/iso/management_standards.htm. 9. Новіков В., Никитюк В. Аналіз елементів системи якості лабораторії в рамках методу життєвих циклів // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2004. – № 4. – С. 48–52. 10. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології: Навч. посібник. – К.: Видавничий дім “КМ Академія”, 2002. – 204 с. 11. Острем К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ: Пер с англ. – М.: Мир, 1987. – 480 с. 12. Горский Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука, 1988. – 327 с. 13. Хохлов Н.В. Управление риском. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 239 с.