

**Володимир КОРОЛЬОВ¹, Юрій СЕЛЮТИН²,
Ігор КУЩЕНКО¹, Тетяна ГОДУН¹**

МОНІТОРИНГ І ДІАГНОСТИКА БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ОЗНАК КОРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

¹ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»,
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500. E-mail: center_sts@ukr.net

²ДонЦТБ ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

**Volodimir KOROLOV¹, Yuriy SELYUTIN²,
Igor KUSHCHENKO¹, Tetyana GODUN¹**

MONITORING AND DIAGNOSTICS OF STRUCTURAL STEEL BASED ON SIGNS OF CORROSION HAZARD

¹State Higher School "Priazovsky State Technical University"
7, Universitetska Str., Mariupol, 87500, Ukraine. E-mail: center_sts@ukr.net

²DonTSTB of "V.N. Shimanovsky Ukrinstalkon" LTD

ABSTRACT

Modern regulations have been analyzed which set the requirements for technical state monitoring and restoration of corrosion protection of structural steel in the course of use. Conditions have been examined which are necessary for monitoring and diagnostics of industrial facilities based on signs of corrosion hazard. Failure criteria i.e exhaustion of protective properties have been justified taking into account the criticality category of structure corrosion protection. Procedure is presented for computational and measuring examination and statistical justification of technical characteristics of corrosion resistance and durability for extension of structural steel design life.

KEY WORDS: *corrosion resistance, durability, primary protection, secondary protection, computational and measuring method, monitoring, diagnostics, identification signs of corrosion state.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В останні роки все очевиднішою стає необхідність удосконалювання нормативно-технічних вимог у галузі безпеки конструкцій при експлуатації будівель і споруд [1, 2]. Важливим показником механічної міцності, стійкості та екологічної безпеки є рівень корозійної небезпеки будівельного об'єкта, що визначає критичні інтервали коефіцієнта готовності протикорозійного захисту металоконструкцій для заданого режиму корозійних впливів [3]. Корозійна небезпека визначає технічний стан або розрахункову ситуацію (погрозу), коли збільшується ймовірність збитку, викликаного корозійним руйнуванням конструкцій будівель і споруд. Проектний рівень корозійної небезпеки дозволяє сформулювати вимоги до довговічності і ремонтпридатності, підтвердження яких при технічному обслуговуванні відповідає умовам нормальної експлуатації будівельних конструкцій. Разом із цим, невизначеність критеріїв оцінки стану захисних покриттів і корозійного руйнування конструкцій створює труднощі для своєчасного прийняття рішень і забезпечення технологічної безпеки промислових об'єктів.

Мета даної статті полягає в обґрунтуванні умов моніторингу та діагностики ознак корозійної небезпеки при технічному обслуговуванні металоконструкцій за фактичним станом.

Аналіз стану проблеми [3] дозволяє зробити висновок про те, що крім спеціальних питань, важливе значення має відмова від практики керування і організаційних структур, для яких не встановлені межі відповідальності та не визначені необхідні ресурси щодо підтримки в працездатному стані об'єктів. В обставинах, що склалися, для попередження аварійних ситуацій необхідно зробити так, щоб був зроблений «реінжиніринг» системи застарілих правил, які не враховують управлінські ризики.

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ РИЗИК-ДІАГНОСТИКИ

Необхідність залучення додаткових матеріально-технічних ресурсів для забезпечення надійності та довговічності будівельних об'єктів в умовах агресивних середовищ є основним недоліком металевих конструкцій. Вибір стратегії попередження і контролю корозійного руйнування на основі методів технічної діагностики визначає ефективність керування та зниження витрат на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій і споруд. За відсутності визначальних параметрів корозійного стану (ВПКС) необґрунтовані конструктивні і технологічні рішення викликають передчасне руйнування і ріст експлуатаційних витрат на відновлення працездатності або повну заміну проблемних конструкційних елементів.

Не викликає сумнівів, що проблема забезпечення безпеки промислових об'єктів у корозивних середовищах має комплексний багатоплановий і багатофакторний характер. Особливим аспектом проблеми моніторингу і діагностики ознак корозійної небезпеки є призначення процедури, що забезпечить розрахункове підтвердження відповідності показників якості, надійності та безпеки конструкцій і їхніх захисних покриттів. Велике значення в умовах роздержавлення основних фондів здобуває відповідальність власника за своєчасну оцінку технічного стану і попередження аварійних ситуацій [4].

Надійною основою для процесу прийняття рішень і підвищення технологічної безпеки є аналіз і діагностика ризиків технологічної безпеки при використанні інформаційно-аналітичної системи менеджменту безпеки. Ризик визначає функцію реалізації погрози, а також величини можливого збитку. Рівень ризиків з технологічної безпеки встановлюють залежно від груп відповідальності, рівня погроз і уразливості конструкцій будівель і споруд [5-7].

Прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності та імовірнісних подій з урахуванням рівня ризиків технологічної безпеки залежить від наступних факторів:

- методу виявлення ризику;
- процедури (регламенту) зменшення або усунення невизначеності параметрів корозійного стану;
- варіантів конструктивних або технологічних рішень забезпечення надійності за заданих обмежень.

Встановлена послідовність етапів забезпечення якості і надійності протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій відображує стратегію діяльності DMAIC (define, measure, analyze, improve, control): визначення, вимір, аналіз, удосконалювання і контроль (табл.1). На першому етапі, «визначення» (define), виявляються особливості та формулюються принципи, умови, нормативні вимоги до характеристик первинного і вторинного захисту для досягнення заданого рівня відхилень. На другому етапі, «виміру» (measure), відбувається збір статистичних даних, що характеризують базовий рівень показників роботи, і виявлення конструктивних і технологічних особливостей, що вимагають найбільшої уваги. На третьому етапі, «аналізу» (analyze), обґрунтовуються розрахункові моделі та ситуації, після чого правильність вибору засобів і методів протикорозійного захисту перевіряється розрахунковими процедурами оцінки параметрів корозійної тривкості і довговічності. На четвертому етапі, «удосконалювання» (improve), впроваджуються рішення, що відбивають оптимальні характеристики проектних показників специфікацій якості й надійності заходів первинного і вторинного захисту від корозії. Метою п'ятого етапу, «контролю» (control), є оцінка стану і моніторинг ефективності заданих проектних рішень протикорозійного захисту будівельних конструкцій. Таким чином, скорочене позначення етапу за аббревіатурою DMAIC визначає зміст завдань ризик-діагностики ознак корозійної небезпеки будівель і споруд (див. табл. 1).

У теперішній час оцінка корозійного стану сталевих конструкцій виконується відповідно до вимог норм [8-12]. Вплив корозійних ушкоджень на несучу здатність у нормах [8] пропонується враховувати шляхом зміни геометричних характеристик перетинів на основі даних рівномірної корозії та коефіцієнта злитості перетину, що унеможливорює облік особливостей нерівномірного (місцевого) руйнування конструктивних елементів. У посібнику [12] показник глибини проникнення корозії визначається без обліку довірчого інтервалу статистичної похибки вимірів.

Таблиця 1. Функціональна ієрархія завдань ризик-діагностики ознак корозійної небезпеки
Table 1. Functional hierarchy of tasks of risk-diagnostics of corrosion hazard signs

| Функціональний рівень завдання | Зміст робіт | Організація, підрозділ - виконавець робіт | Ліцензійні вимоги | Каліфікаційний рівень | Форма звітності |
|--------------------------------|---|---|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| DM1 | Зонування і класифікація ступеня інтенсивності корозійних впливів | Випробувальна лабораторія | Атестація центром стандартизації і метрології | Фахівець | Протокол випробувань |
| DM2 | Оцінка якості матеріалів і покриттів | Випробувальна лабораторія | Атестація центром стандартизації і метрології | Фахівець, дефектоскопіст | Сертифікат випробувань |
| DM3 | Нагляд і контроль за вимогами специфікацій і технологічних карт | Служба технічного нагляду | Документована процедура стандарту підприємства (технічний регламент) | Фахівець, експерт | Акт приймання виконаних робіт |
| DM4 | Виявлення (технічний огляд) ушкоджень захисних покриттів і корозійних поразок | Цехова служба технічної експлуатації | Документована процедура стандарту підприємства (технічний регламент) | Фахівець | Протокол огляду |
| DMC1 | Моніторинг (експертне обстеження) ВПКС конструкцій | Служба технічного нагляду | Документована процедура стандарту підприємства (технічний регламент) | Фахівець, експерт | Специфікація моніторингу |
| DMAIC1 | Діагностика (експертне обстеження) ВПКС конструкцій, | Спеціалізована організація | Ліцензія (дозвіл) на види робіт | Сертифікований фахівець, експерт | Специфікація діагностики |
| DMAIC2 | Підтвердження відповідності (моніторинг і діагностика) якості і надійності | Уповноважена організація | Акредитація (дозвіл) на види робіт | Сертифікований фахівець, експерт | Протокол підтвердження відповідності |
| DMAIC3 | Оцінка (моніторинг і діагностика) і подовження залишкового ресурсу, | Науково-дослідна організація | Науково-технічний супровід | Науковці, фахівці, експерти | Специфікація залишкового ресурсу |
| DMAIC4 | Оцінка (моніторинг і діагностика) ризиків, розробка ПЗН | Науково-дослідна організація | Науково-технічний супровід | Науковці, фахівці, експерти | ПЗН |

Значним кроком уперед на шляху розвитку діагностичного забезпечення є внесення змін у норми [11], що допускають міри первинного захисту (збільшення товщини прокату) з урахуванням рівня корозійної небезпеки. Відзначається необхідність розробки конструктивних рішень, що перешкоджають розвитку місцевої, щільної, контактної, міжкристалітної корозії і корозійному розтріскуванню. Разом із цим, при збільшенні товщини металопрокату оцінка довговічності за мірами первинного захисту виконується тільки при розрахунковому підтвердженні відповідності до вимог [9]. Крім цього, встановлена проектна вимога не враховувати зміни несучої здатності в результаті збільшення товщини конструктивних елементів за мірами первинного захисту. Представлені особливості проектування за ознаками корозійної небезпеки створюють умови для вдосконалювання методів технічної діагностики як складової частини технічного обслуговування за фактичним станом будівельних об'єктів.

Основним завданням ризик-діагностики корозійного стану є забезпечення безпеки, функціональної надійності та ефективності заходів протикорозійного захисту конструкцій будівель і споруд. Відповідно до встановлених ознак корозійної небезпеки (табл. 2) методи моніторингу і діагностики ВПКС розділені на завдання, наведені в табл. 1. Процедурою DMAIC на основі процесного підходу стандарту ISO 9001 передбачається реалізація заходів безперервного вдосконалювання програми забезпечення надійності (ПЗН).

Таблиця 2. Класифікаційні ознаки корозійних середовищ
Table 2. Classification features of corrosive environment

| Позначення ступеня агресивності за ДСТУ Б В.2.6-193:2013 | Показник корозійної стійкості: <u>сталі</u> алюмінію K, mm/year | Характеристичне значення річних корозійних втрат сталі С 235, A_n , g/m ² year | Позначення ступеня агресивності за СНиП 2.03. 11-85* | Позначення категорії корозії за ISO 12944-2 A_n , g/m ² year |
|--|---|---|--|---|
| A1 неагресивна | <u>до 0,01</u> до 0,001 | до 80 | V1 неагресивний | C1 дуже низька (10) |
| A2 слабоагресивна | <u>0,01...0,05</u> 0,001..0,005 | 80.....400 | V2 слабо агресивний | C2 низька 10...80 |
| A3 низько-агресивна | <u>0,05...0,08</u> 0,005.. 0,008 | 400.....650 | V3 середньо агресивний | C3 низька 200... 400 |
| A4 високоагресивна | <u>0,08...0,20</u> 0,008...0,02 | 650.....1500,0 | | C4 висока 400... 650 |
| A5 дуже високо-агресивна | <u>0,20...0,50</u> 0,02.... 0,05 | 1500 ... 3900,0 | | C 5-1 дуже висока (промислова) 650... 1500 3 5-M дуже висока (морська) 650... 1500 |
| A6 сильноагресивна | <u>понад 0,50</u> понад 0,05 | понад 3900,0 | V4 сильно агресивний | — |

Ризик-діагностика спрямована на розвиток виробничо-господарської діяльності підприємства, виявлення порушень нормального режиму експлуатації, а також на попередження можливих погроз і втрат. Послідовність операцій ризик-діагностики включає аналіз факторів ризику (потенційних погроз), оцінку вразливості промислових об'єктів, встановлення відповідності превентивних заходів вимогам антикризового керування.

У процесі ризик-діагностики проводиться збір і обробка інформації про фактори ризику, що використовується для формування ПЗН і умов керування технологічною безпекою конструкцій і споруд [6].

ВИЗНАЧАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ КОРОЗІЙНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ

Для власника основних фондів підвищення ефективності технічної експлуатації конструкцій будівель і споруд спрямоване на зниження ризику виробничої діяльності. Система протикорозійного захисту конструкцій (СПЗК) повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-193. Якщо вторинний захист не забезпечує встановлену довговічність, допускається використання заходів первинного захисту, що враховують компенсаційні корозійні втрати [11]. Важливість своєчасного виконання контролю технічного стану промислових об'єктів пов'язана зі зниженням витрат на ремонти через передчасне зношування і зниження термінів служби конструкцій і їх захисних покриттів.

Корозійне руйнування металевих конструкцій визначається зовнішніми впливами режиму експлуатації та залежить, у першу чергу, від ступеня агресивності середовища. Ступінь корозійної агресивності встановлюють залежно від макрокліматичного району, категорії розміщення за ГОСТ 15150 і матеріалу конструкцій, характеру технологічних виділень будівель і споруд. Вплив зовнішніх факторів (агресивне середовище) і внутрішніх параметрів (конструктивна форма) на показники надійності будівельних металоконструкцій розглядаються для груп однорідних конструктивних елементів з урахуванням виду та інтенсивності корозійних ушкоджень. Відповідно до представленого підходу (див. табл. 2) основним показником агресивних середовищ є характеристичне значення річних корозійних втрат A_n , г/м²рік, умовно наведене до незахищеної поверхні сталі класу С 235 [10].

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-193 визначальні параметри корозійного стану (ВПКС) включають інтервальні характеристики, наведені в табл. 3.

Коефіцієнти надійності протикорозійного захисту ($\gamma_{зк}$, γ_{zn}) враховують припустимі відхилення експлуатаційних характеристик конструктивних елементів залежно від категорії відповідальності СПЗК. Вимоги до показників довговічності первинного і вторинного захисту встановлюють із урахуванням заданого терміну служби T_{ny} сталевих конструкцій і ступеня агресивності впливів середовища.

Інжинірингові питання моніторингу та діагностики корозійного стану в розрахунках за граничними станами розглядаються у роботах, пов'язаних з підвищенням якості і надійності будівельних металоконструкцій [13-15]. Разом з цим, набули поширення аналітичні способи інтегральної оцінки ризиків за конструктивними, технологічними, експлуатаційними і економічними факторами, пов'язані з визначенням ключового параметра – технологічної безпеки промислових об'єктів.

Таблиця 3. Категорії відповідальності конструкцій і їх захисних покриттів за корозійною тривкістю

Table 3. Criticality categories of structures and their protective coatings based on corrosion resistance

| Позначення категорії Відповідальності | Умова відповідності категорії відповідальності | Інтервальна оцінка відмови захисних властивостей покриттів за критерієм: | | Коефіцієнт надійності γ_{zn} |
|---------------------------------------|--|--|--------------------|-------------------------------------|
| | | A_z | $h_k, \mu\text{m}$ | |
| C1 | Допускає зниження декоративних властивостей вторинного захисту | 0,85 – 0,90 | – | 0,99 – 1,00 |
| C2 | Не допускає зниження захисних властивостей вторинного захисту | 0,55 – 0,60 | – | 0,95 – 0,99 |
| C3 | Допускає зниження захисних властивостей вторинного захисту | 0,40 – 0,45 | 40 – 50 | 0,90 – 0,95 |
| C4 | Допускає зниження характеристик первинного захисту | 0,30 – 0,35 | 90 – 100 | 0,85 – 0,90 |

АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ РІВНЯ РИЗИКУ З ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Технологічна безпека визначається критеріями ризиків підприємницької діяльності, що характеризують ефективність фінансово-економічної діяльності в питаннях підтримки якості і довговічності основних фондів, при реалізації інноваційно-інвестиційної стратегії розвитку підприємства. Розробку системи ризик-діагностики конструкцій (СРДК) пропонується виконувати з використанням методу аналізу чутливості до зміни рівня технологічної безпеки промислових об'єктів.

Як відомо, технологічна безпека представляє важливу структурну складову безпеки підприємства, що характеризує систему заходів для підтримки працездатності, підвищення експлуатаційних властивостей конструкцій будівель, споруд та інженерних мереж, які повністю або в значній мірі вичерпали свій нормативний ресурс. Такі об'єкти розглядаються як джерела потенційної небезпеки при модернізації (технічному переоснащенні), реконструкції та подовженні терміну їх експлуатації [6]. Ризики керування технологічною безпекою (РКТБ, R_i , бал) з урахуванням рівня погроз і вразливості конструкцій наведені в табл. 4.

Аналіз чутливості включає кількісну оцінку РКТБ залежно від показників, що забезпечують якість і надійність (ПЗЯН). Інакше кажучи, метод дозволяє робити аналітичне визначення рівня технологічної безпеки при зміні ПЗЯН.

Оцінювання РКТБ виконується залежно від ПЗЯН:

- наведеної характеристики втрати якості, $F \square_e$ [13];
- узагальненого показника технологічної раціональності, B_{oz} [14];
- індексу ресурсу живучості конструкцій, η [15];
- індексу рівня корозійної захищеності.

Аналітична оцінка РКТБ (R_i) робиться з використанням 10-бальної шкали в результаті розрахункового визначення на основі залежності:

$$R_i = \sum_{i=1}^{i=N} Q_i P_i, \quad (1)$$

де Q_i – вагова характеристика значимості ПЗЯН;

P_i – виявлене при ризик-діагностиці ВПКС значення i -того ПЗЯН.

Таблиця 4. Ризики керування технологічною безпекою (R_i , бал) залежно від груп відповідальності, рівня погроз і вразливості конструкцій будівель і споруд

Table 4. Risks of process safety management R_i , (number) depending on criticality groups, level of threat and vulnerability of structures of buildings and installations

| Клас наслідків / Групи відповідальності з технологічної безпеки | Рівень погрози (категорія технічного стану) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|----------------|---|---|----------------|---|---|--------------|---|----|---------------|----|----|
| | Низький (I) | | | Обмежений (II) | | | Середній (III) | | | Високий (IV) | | | Граничний (V) | | |
| | Оцінка вразливості (категорія відповідальності) | | | | | | | | | | | | | | |
| | В | Б | А | В | Б | А | В | Б | А | В | Б | А | В | Б | А |
| CC1 / Об'єкти з функціями обслуговування невиробничого призначення (R5) | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| CC2 / Об'єкти з функціями обслуговування виробничого призначення (R4) | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 6 | 7 | 7 |
| CC2 / Допоміжні об'єкти (R3) | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| CC3 / Основні об'єкти, що допускають ремонт і технічне обслуговування без регламентної зупинки (R2) | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| CC3 / Основні об'єкти, для яких ремонт і технічне обслуговування виконується при регламентній зупинці (R1) | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 10 | 9 | 10 | 10 |

Таким чином, безрозмірне подання різних за суттю ПЗЯН дає можливість одержати однакову оцінку інтегральної характеристики рівня технологічної безпеки.

Використання в ризик-діагностиці подібного аналітичного підходу дозволяє обґрунтувати технічні і технологічні рішення ПЗН, враховуючи фактичний стан конструкцій. При цьому, якщо технологічна безпека є головним критерієм ризик-діагностики, можливо підвищити якість матеріалів і послуг і знизити експлуатаційні витрати. Якщо міри ПЗН пов'язані зі значними вартісними витратами, більше уваги варто приділити функціональним обмеженням і критичним значенням ВПКС конструкцій.

Для СРДК важливо встановити причинно-наслідкові зв'язки між ВПКС і ПЗЯН, однозначні оцінки ознак корозійної небезпеки для прийняття управлінських рішень. Основними труднощами процесу оцінювання ризиків є розробка алгоритмів збору, зберігання і пошуку необхідної інформації, що надходить у вигляді актів, сертифікатів, протоколів і специфікацій експлуатаційних характеристик матеріалів і конструкцій. Структуру інформаційно-аналітичної бази повинні становити елементи-модулі, націлені на нагромадження і використання інформації ВПКС, комплексний аналіз ПЗЯН технологічної безпеки (рис. 1).

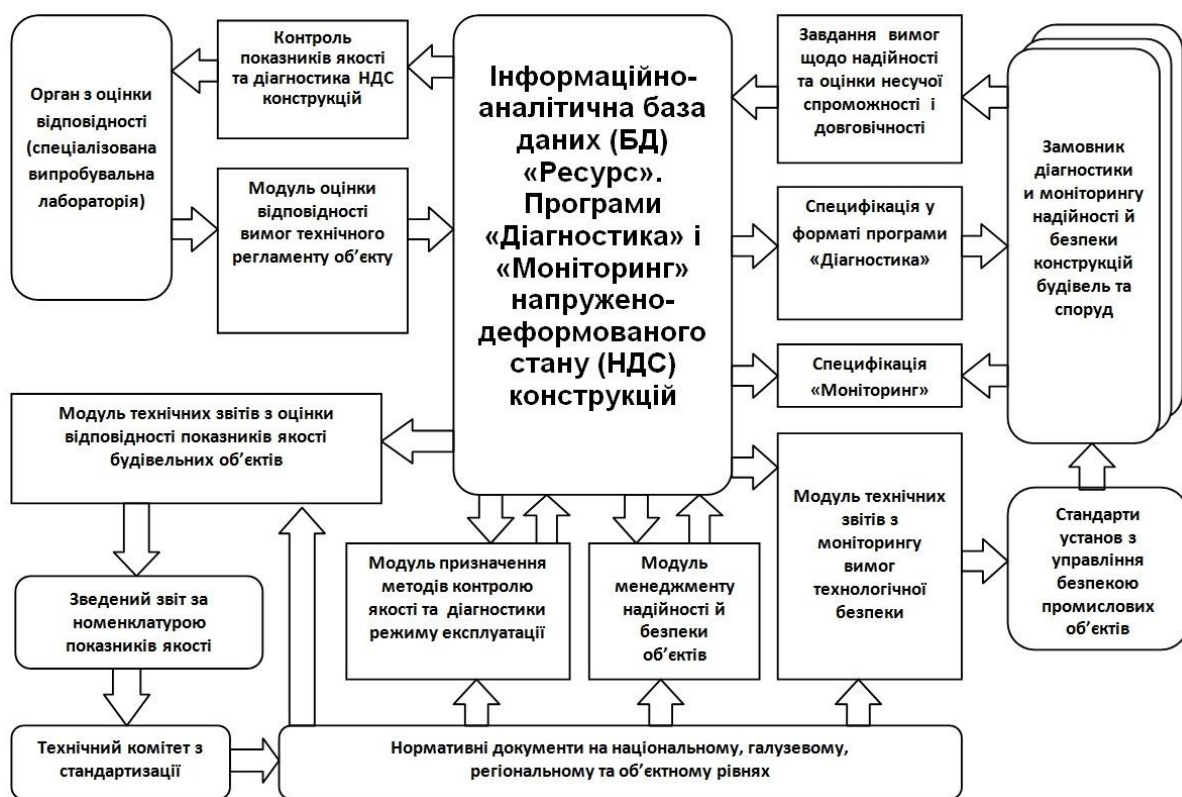


Рис. 1. Схема інформаційно-аналітичної бази системи ризик-діагностики корозійної небезпеки.

Fig. 1. Diagram of information and analytic base of risk-diagnostics of corrosion hazard.

Таким чином, концептуальний підхід до формування СРДК за ознаками корозійної небезпеки пов'язаний зі створенням інформаційно-аналітичної бази даних ВПКС і ПЗЯН для своєчасної та обґрунтованої реалізації ПЗН на основі раціонального рішення завдань, спрямованих на зниження РКТБ.

ВИСНОВКИ

Мета функціонування СРДК за ознаками корозійної небезпеки полягає у правильній, своєчасній та економічній витраті ресурсів при експлуатації промислових об'єктів за фактичним станом. Заходи ПЗН спрямовані на зниження ризиків, що зменшує імовірність аварійних ситуацій і обмежує можливий збиток при корозійних руйнуваннях конструкцій і споруд.

Використання підходу, який ґрунтується на аналізі чутливості РКТЬБ, дозволяє знизити невизначеність і забезпечити інтегральну оцінку ПЗЯН за даними ВПКС інформаційно-аналітичної бази СРДК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин / Цільова комплексна програма НАН України: Зб. наук. ст. – Наук. керівник – академік Б.Є. Патон. – К.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, 2009. – 709 с.
2. Исаенко Д.В. Механизмы обеспечения безопасности зданий и сооружений в контексте положений Закона Украины «О регулировании градостроительной деятельности» // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2012. – № 4. – С. 2-7.
3. Шимановський О.В., Корольов В.П. Концептуальні основи системи технічного регулювання надійності й безпечності будівельних конструкцій // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – № 1. – С. 4-9.
4. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / [Шимановский А. В., Гордеев В.Н., Корольов В.П. и др.]. – К. : Изд-во «Сталь», 2008. – 462 с.
5. Корольов В.П., Рыженков А.А., Гибаленко А.Н. Современные подходы к менеджменту качества противокоррозионной защиты и коррозионному контролю металлоконструкций // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2009. – № 4. – С. 7-11.
6. Корольов В.П. Развитие корпоративной системы менеджмента: технологическая безопасность производственных объектов / Корольов В.П., Филатов Ю.В., Селютин Ю.В.: Зб. наук. праць Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського // Під заг. ред. засл. діяча науки і тех-ки України, д.т.н., проф. О.В. Шимановського. Вип.14. – К.: Вид-во «Сталь», 2014. – С. 136-149.
7. Korolov V. Estimation of steel structure corrosion risk level in calculation according to limiting states / V. Korolov, Vysotskyu Y., Gibalenko O., Korolov P. // EUROCORR-2010. ECC: From the Earth's Depths to Space Heights, 13–17 September 2010. – Moscow : Russian Federation, 2010. – P. 534.
8. ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. – К.: Держбуд України, 1995. – 44 с.
9. ДСТУ-Н Б А.1.2-6:2010. ССПБ. Оцінювання відповідності у будівництві згідно з технічним регламентом будівельних виробів, будівель і споруд. Настанова з порядку проведення оцінки відповідності із застосування розрахункового методу підтвердження відповідності / [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 19 с.
10. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 74 с.
11. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування.– К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 199 с.
12. Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85) / [Сост.: Голубев А.И., Горохов Е.В., Корольов В.П. и др.]. – М.: Стройиздат, 1989. – 51 с.
13. Корольов В.П., Волкова И.А., Шелихова Е.В. Экспертное диагностирование коррозионного разрушения при определении остаточного ресурса строительных металлоконструкций в коррозионных средах // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – № 1. – С. 6 – 11.
14. Корольов В.П., Пожарская Г.А., Селютин Ю.В. Обґрунтування нормативних показників надійності і гарантованої довговічності протикорозійного захисту будівельних металлоконструкцій // Вісник ЛДАУ. Арх-ра і сільськогосп. буд-во, №2. – Львів: 2001. – С. 139-146.
15. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level / V. Korolov, Yu. Filatov, N. Magunova, P. Korolov // Journal of Materials Science and Engineering A & B, Volume 3, Number 11. New York: David Publishing Company, 2013. – P. 740-747.