

УДК 691.714 : 620.169.1

Щодо питання обґрунтування проектних заходів корозійної захищеності сталевих конструкцій

Корольов В. П., д-р техн. наук

Донбаський центр технологічної безпеки,
Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського, Україна

Анотація. У статті розглянуто складові, які визначають особливості проектного забезпечення нормативних вимог зниження корозійної небезпеки та створення умов корозійної захищеності сталевих конструкцій промислових об'єктів. В основі пропонованих положень лежать кваліметричні моделі та алгоритми оцінювання показників якості сталевих конструкцій та їх захисних покриттів. Доведено науково-практичну цінність проектних заходів, пов'язаних з обґрунтуванням рекомендацій та регламентів щодо забезпечення будівель та споруд від техніко-економічних ризиків на промислових підприємствах.

Наведено практичні приклади визначення ступеня агресивності, довговічності та ремонтпридатності відповідно до категорій відповідальності конструкцій за ознаками відмови систем протикорозійного захисту. Встановлено, що впровадження процедур моніторингу, ризик-діагностики та контролінгу дасть змогу здійснювати управління корозійною захищеністю відповідно до певного класу ризику.

Показано, що методика ризик-діагностики корозійної захищеності конструкцій відповідає вимогам EN 1990 та EN ISO 12944. Удосконалено алгоритм резервування первинного та вторинного захисту за даними моніторингу кородуючих конструкцій з урахуванням положень ДСТУ Б В.2.6-193 і ДСТУ Б В.2.6-198.

Ключові слова: сталеві конструкції, система протикорозійного захисту, корозійна небезпека, корозійна захищеність, кваліметричні моделі, якість, надійність, безпека.

Постановка проблеми. Незважаючи на досягнуті протягом останнього десятиліття позитивні зміни в сфері нормативно-технічного регулювання надійності будівель і споруд [1–4], для багатьох промислових об'єктів проектні рішення захисту від корозії металоконструкцій не відображають сучасних можливостей управління корозійною захищеністю [5, 6].

Як відомо, надійність включає сукупність кількісних і (або) якісних вимог до безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, збережаності, виконання яких спрямовано на експлуатацію конструкцій із заданими показниками ефективності. Здійснення основних вимог надійності має бути забезпечено за рахунок вибору відповідних матеріалів, якісного проектування, контролю на всіх стадіях життєвого циклу конструкцій, а також сучасного рівня знань і практичного досвіду.

Вирішенню проблеми техніко-економічного обґрунтування параметрів оптимальності конструктивної форми, виходячи з умов експлуатації, надійності та довговічності, присвячені праці наукової школи доктора технічних наук, професора Я. М. Ліхтарникова, становлення якої в Донбасі пов'язано з 60–70 рр.

минулого століття [7, 8]. Сутність сформованого методологічного підходу відображає вибір базових показників якості виробництва металоконструкцій. Дослідження будівельних коефіцієнтів маси й трудомісткості виготовлення конструкцій дозволили запропонувати інтегральну структуру рангів показників якості (їх вагових коефіцієнтів).

Успішне управління й функціонування цивільних і промислових об'єктів, транспортної інфраструктури неможливе без додаткових витрат, економічна ефективність яких багато в чому визначається правильним вибором конструктивних і технологічних рішень протикорозійного захисту. Виходячи з аналізу сучасних заходів протикорозійного захисту, під час розробки стандарту ДСТУ Б В.2.6-193 [3] обґрунтовано необхідність застосування поняття корозійна небезпека, як певного стану або ситуації (загрози), коли збільшується вірогідність збитку через корозійний стан або відхилення від нормальної експлуатації конструкцій будівельних об'єктів. Невирішеність питань своєчасного виявлення можливих загроз щодо використання кородуючих конструкцій пов'язана з факторами невизначеності, що впливають на якість технічного обслуговування будівель та споруд.

Актуальність питань варіантного та оптимального проектування, згідно з дослідженнями проф. Я. М. Ліхтарникова, пов'язана з положеннями, спрямованість яких відображає інтегральний показник якості як відношення сумарного корисного ефекту від використання об'єкта до витрат на створення та експлуатацію об'єкта за призначенням. Оцінка якості будівельних металоконструкцій на основі сучасної квалітології дозволяє формувати моделі й алгоритми аналізу ризику та обґрунтування корозійної захищеності методами експертної кваліметрії.

У контексті проблеми, що розглядається, корозійна захищеність характеризує здатність промислових об'єктів протистояти заздалегідь виявленим загрозам із можливістю виконання основних технологічних функцій в штатних і позаштатних ситуаціях на основі реалізації конструктивних заходів програм забезпечення надійності (ПЗН). За цих умов техніко-економічну ефективність досягають поєднанням функціонального та часового резервування живучості систем корозійної захищеності металевих конструкцій з урахуванням прийнятого рівня ризику [9–11].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є обґрунтування проектних заходів корозійної захищеності з урахуванням можливостей кваліметричного моніторингу і ризик-діагностики кородуючих конструкцій.

Методичні засади щодо забезпечення кородуючих сталевих конструкцій. Аналіз вітчизняних нормативних документів, європейських і міжнародних стандартів підтверджує, що забезпечення ресурсозбереження та технологічної безпеки пов'язане з розвитком підходів до керування надійністю і якістю на

основі ISO 9001. Таким чином, зв'язок між якістю, надійністю, технологічною і економічною безпекою є логічним та взаємообумовленим. Отже, проектні ризики захисту від корозії конструкцій та споруд промислових об'єктів залежать від впливу таких чинників:

- використання неякісних послуг з оцінювання ефективності засобів і методів протикорозійного захисту, від яких значною мірою залежить довговічність та міжремонтні строки служби конструкцій промислових споруд. Неповнота даних про експлуатаційні властивості наявних об'єктів ускладнює розроблення комплексу заходів із продовження дієздатності та становить загрозу для подальшого технологічного функціонування новітнього обладнання;
- застосування матеріалів, технологій захисту від корозії, які не відповідають класу наслідків руйнування та знецінювання основних фондів;
- невизначеність процедур контролю виробничих ризиків, ефективного ринкового нагляду, захисних механізмів підтримання якості та довговічності.

Разом із цим, залишаються невирішеними питання обґрунтування заданих техніко-економічних показників проектних рішень первинного та вторинного захисту від корозії. Таким чином, не використовуються механізми управління корозійною захищеністю відповідно до норм [3, п. 6.4], що дозволяють передбачати безпеку, надійність і ефективність засобів і методів протикорозійного захисту (ПЗ) на всіх стадіях життєвого циклу промислових об'єктів.

Завдання надійності та формування вимог до якості й довговічності металоконструкцій та їх захисних покриттів за ознаками корозійної небезпеки будівельних об'єктів розвинуто у дослідженні Гібаленка О. М. [12]. Разом із цим, сформована послідовність етапів оцінювання інтегральних характеристик конструктивної пристосованості та технологічної раціональності первинного й вторинного захисту від корозії: коефіцієнта готовності, K_g (стадія проектування), узагальненого показника технологічної раціональності, $\overline{B_{oz}}$ (стадія виготовлення), приведеної характеристики втрати якості, $\overline{F_e}$ (стадія експлуатації).

Результати досліджень, наведені у працях [13, 14] свідчать, що корозійна захищеність сталевих конструкцій може бути досягнута шляхом розроблення та впровадження ПЗН, що включає резервування заходів первинного та вторинного захисту за умов прийняттого ризику, який підтверджується методами кваліметричного моніторингу та ризик-діагностики промислових об'єктів. Розроблені практичні методи ризик-діагностики корозійного стану для

здійснення часового резервування несучої здатності сталевих конструкцій за розрахунком параметрів ремонтпридатності та довговічності систем протикорозійного захисту. Завдання рівня захищеності проти корозії (ZI–ZIV) або корозійної небезпеки (KI–KV) за критерієм ремонтпридатності [3, див. табл. 8] є важливою умовою раціонального використання систем протикорозійного захисту конструкцій (СПЗК).

Сучасні вимоги до системи захисту проти корозії передбачають безпеку, надійність та ефективність засобів і методів захисту від корозії, які повинні бути обґрунтовані під час установа терміну експлуатації промислових об'єктів. Задання терміну служби основних засобів за умов первинного захисту (корозійна стійкість) виконується з урахуванням встановленого резерву несучої здатності та ступеня агресивності корозійних впливів на основі розрахунків міцності. Задання терміну служби за умов вторинного захисту здійснюється на основі аналізу проектних рішень конструкцій-аналогів, з урахуванням результатів розрахунково-вимірального контролю якості систем захисних покриттів.

Відповідно до стандарту EN ISO 12944-5 [5] термін служби (стійкість) захисних покриттів визначено для трьох класів стійкості: низького (L) – від 2 до 5 років, середнього (M) – від 5 до 15 років і високого (H) – понад 15 років. Призначення терміну експлуатації захисних покриттів означає, що заданий технічний параметр не є гарантією довговічності, а використовується для забезпечення нормальної експлуатації виробничих об'єктів з урахуванням вимог технічного обслуговування або ремонту.

На основі представленого аналізу нормативних положень стає очевидним той факт, що вимоги до забезпечення терміну служби основних засобів повинні бути засновані на регламентній процедурі розрахунково-вимірального контролю показників довговічності та ремонтпридатності на стадії проектування і в процесі експлуатації [3, п. 6.7]. Важливою умовою забезпечення захищеності основних засобів від корозії промислових об'єктів є обґрунтування критерію відмови СПЗК. У дослідженнях авторів [7] представлено теоретичні та експериментальні результати, що характеризують процеси деструкції за ознаками корозійної небезпеки.

Встановлено статистичні закономірності зниження декоративних і захисних властивостей, які відповідають вимогам оцінювання граничної корисності відновлення кородуючих конструкцій. Оцінка репрезентативних вибірок даних, отриманих під час прискорених або стендових випробувань, дозволяє визначити контрольний норматив (K_p , г/м²), що встановлює економічний критерій зносу, з урахуванням корозійних втрат незахищеної сталі С235 у момент вичерпання захисних властивостей еталонних зразків покриттів. Як правило, граничному стану захисних властивостей $A_z = 0,35$ відповідає критичне значення товщини

іржі ($h_k = 100$ мкм) під шаром лакофарбового покриття. Використання критерію відмови $h_k = 100$ мкм є доцільним для підтвердження термінів служби вторинного захисту, коли відсутні видимі руйнування, які встановлюють визначальні параметри корозійного стану (ВПКС) виробничих засобів.

Серйозною проблемою є дослідження зміни захисних властивостей у часі, а також ступеня взаємозв'язку між різними факторами корозійного руйнування конструкцій. Без такого аналізу неможливо забезпечити ефективне і цілеспрямоване управління корозійною захищеністю. Автором дослідження [15] запропоновано процедуру управління економічною безпекою основних засобів, яка містить операції кваліметричного моніторингу, аналізу (ризик-діагностики) та контролінгу корозійної захищеності (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика функцій управління техніко-економічною захищеністю сталевих конструкцій в частині корозійного впливу

Функції	Кваліметричний моніторинг	Ризик-аналіз	Контролінг
Призначення	Збір і систематизація даних та інформації внутрішнього і зовнішнього середовища, проектні та нормативні вимоги надійності СПЗК, фінансові й економічні показники ПЗ	Виявлення відхилень експлуатаційних параметрів від проектних, визначальні випробування якості й надійності СПЗК, моделювання сценаріїв відновлення ПЗ, рівень ризику корозійної захищеності (РРКЗ)	Визначення етапу розвитку ПЗ, постійне поліпшування, погодження та координація заходів СПЗК, системи техніко-економічного обліку (СТЕО)
Компоненти	Ступінь агресивного впливу (САВ), визначальні параметри корозійного стану (ВПКС), елементи первинного та вторинного захисту, термін захисту від корозії (ТЗК), витрати системи захисту від корозії (ВСЗК)	Засоби і методи захисту від корозії (ЗМЗК), компенсаційна складова корозійних втрат (КСКП), норма доходності (НД) інновацій, показник інтегральної ефективності (ІЕ)	Управлінський облік, бюджетування, контролінг маркетингу, фінансів, логістики, інвестицій, інновацій. Антикризове управління та стратегічний менеджмент циклами розвитку ПЗ

Доцільно створювати системи контролінгу техніко-економічних показників захищеності основних засобів підприємства поетапно: оцінка рівня технологічної безпеки промислових об'єктів; визначення цілей і завдань контролінгу для довготривалого захисту на основі ресурсозберігаючих матеріалів і технологій; виявлення функцій управління, за допомогою яких здійснюється розвиток циклів корозійної захищеності; проектування системи управління ризиками оновлення основних засобів; формування організаційно-

економічного механізму дії системи ризик-менеджменту захисту основних засобів від корозії (рис. 1).



Рис. 1. Структурна схема ризик-менеджменту захисту сталевих конструкцій від корозії

Індикатори КСКВ і ВСЗК (у грошових одиницях) розраховують на єдину натуральну одиницю вимірювання, що характеризує порівнювані СПЗК (шт., т, м³, м², м). Індекс РРКЗ змінюється від нуля до одиниці, вище якої ризик не виправданій. Аналіз РРКЗ дозволяє аналізувати зміни його інтервальних значень по групах об'єктів за класом ризику СПЗК.

Одержані результати експериментальних досліджень забезпечують використання даних ризик-діагностики параметрів СПЗК для часового резервування несучої здатності сталевих конструкцій на основі індикаторного підходу до вибору заходів захисту від корозії з урахуванням вимог технологічної безпеки. Отже, для відновлення експлуатаційної придатності конструкцій запропоновано ефективний механізм аналізу техніко-технологічних і економічних ризиків із застосуванням розрахункових моделей живучості, пов'язаний із прийняттям рішень щодо управління функціональним і часовим резервуванням СПЗК.

Наведені умови формують актуальне проблемне завдання, яке полягає у розв'язанні питань з усунення невизначеності чинників корозійної небезпеки щодо забезпечення сталевих конструкцій від техніко-економічних ризиків, ідентифікації загроз і можливостей проектних заходів протикорозійного захисту для відбудови корозійної захищеності промислових об'єктів [13, 16].

Для розкриття економічної суті заходів захисту проти корозії у роботі [15] запропоновано класифікаційні ознаки циклів розвитку основних засобів за умов корозійної небезпеки (Q1, Q2) або корозійної захищеності (Q3, Q4), які визначають норму дохідності СПЗК (рис. 2).

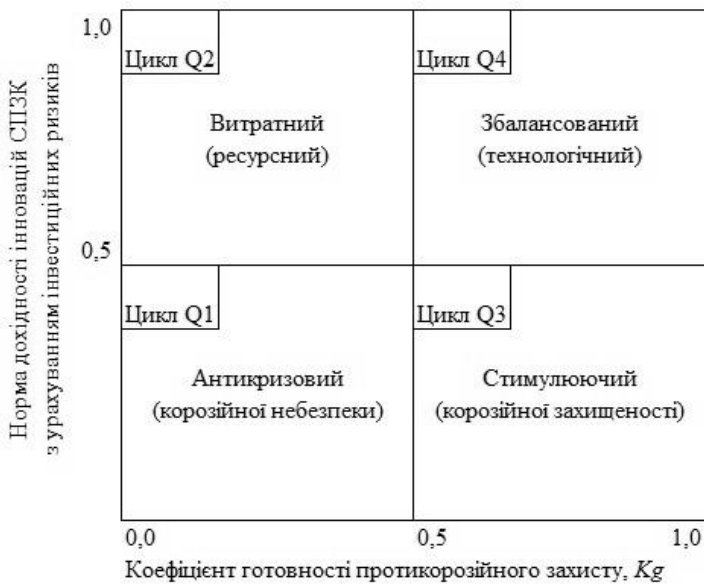


Рис. 2. Матриця циклів економічного розвитку систем захисту сталевих конструкцій від корозії

Класифікаційні ознаки чотирьох моделей розвитку техніко-економічного захисту: антикризової, витратної моделі інерційного розвитку, стимулюючої моделі розвитку ресурсозберігаючих засобів захисту і збалансованої інноваційно-інвестиційної моделі дозволяють поступово вирішувати питання корозійної захищеності промислових об'єктів. Найбільш успішною для бізнесу є модель інноваційно-інвестиційного розвитку. Така модель розглядає використання конкурентних переваг підвищення якості, надійності й безпеки промислових об'єктів для перетворення інноваційних факторів в основне джерело зростання рівня фондозабезпеченості підприємства.

Отже, своєчасне впровадження вимог ризик-менеджменту в технічне обслуговування сталевих конструкцій на заміну вказівок Посібника до СНиП 2.03.11-85 [17] дозволить забезпечити експлуатаційну придатність засобів і методів захисту відповідно до певного класу ризику захищеності.

Приклади встановлення нормативних вимог щодо оцінювання рівня корозійної небезпеки (захищеності). Влаштування протикорозійних покриттів здійснюється відповідно до вимог проектної документації та діючих стандартів ДСТУ Б В.2.6-193:2013, ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013, EN ISO 12944:2007 [1–5].

Відповідно до прийнятої номенклатури показників якості основних засобів встановлено наступні характеристики довговічності промислових об'єктів: ступінь впливу середовища (корозійна стійкість, K , мм/рік або бал); термін служби захисних покриттів T_z , рік. Ступінь корозійної агресивності режиму експлуатації встановлюють для конкретних об'єктів залежно від макрокліматичного району, категорії розміщення конструкцій згідно з ГОСТ 15150, характеру технологічних виділень і матеріалу конструкційних елементів будівель і споруд. За впливом на конструкції розрізняють: атмосферні кліматологічні впливи, вплив агресивних газів, рідких неорганічних і органічних середовищ, твердих середовищ (грунтів, солей, аерозолів, пилу).

Оцінку показників якості СПЗК проводять із використанням кваліметричних методів: реєстраційного (моніторинг) методу контролю корозійної небезпеки; або розрахунково-вимірального (ризик-діагностика) методу аналізу корозійної захищеності.

Для вивчення існуючих розмежувань між корозійною небезпекою (вхідна інформація за даними моніторингу, M) та корозійною захищеністю (вхідна інформація за даними ризик-аналізу, P) розглянемо проектне обґрунтування заходів протикорозійного захисту сталевих конструкцій на прикладах металургійного виробництва, розташованого у м. Маріуполь.

Приклад 1. Виконаємо оцінювання ступеня агресивності дій для конструкцій сталеливарного циклу згідно з вимогами табл. 1 ДСТУ Б В.2.6-193 у середині неопалюваних будівель (категорія 2) та в умовах відкритого повітря промислової атмосфери м. Маріуполя (категорія 1).

Проектна специфікація ПС-1М. Ступінь впливу середовища (корозійна стійкість, K , мм/рік або бал) складає: високоагресивний – А4 згідно з ДСТУ Б В.2.6-193; В3 – середньоагресивний за СНиП 2.03.11-85; С5 – дуже високоагресивний (промисловий) за EN ISO 12944-2). За умов А4 корозійна стійкість конструкцій складає 0,08...0,2 мм/рік.

Характеристичне значення річних корозійних втрат A_n , г/м², умовно приведені до незахищеної поверхні сталі класу С 235, становить 650...1500 г/м².

Приклад 2. Визначимо систему протикорозійного захисту та термін служби захисних покриттів T_z , рік.

Проектна специфікація ПС-2М. За вимогами табл. 9 ДСТУ Б В.2.6-193 за наявності малорозчинних солей і пилу для середньоагресивного середовища на відкритому повітрі (за умов втрати маси A_n для низьковуглецевої сталі 650...1500 г/м² рік) належить використовувати систему покриття (2) Па-3 (80)^{5,7}; усередині неопалюваних будівель – систему покриття (1) Па-4 (110). Рекомендовані ДСТУ Б В.2.6-193 матеріали для груп систем захисних покриттів II (тип зв'язувальної речовини – поліакрилові, акрилсиліконові, перхлорвінілові та ін.) представлено в додатку Л [3]. У додатку К [3] довговічність (T_z , рік) систем покриття Па-3 (80)^{5,7}, Па-4 (110) складає від 2 до 5 років.

Приклад 3. Оцінювання рівня корозійної небезпеки (КІ–КV) конструкцій та визначення циклу розвитку СПЗК.

Проектна специфікація ПС-3Р. Формування розрахункових даних оцінювання K_g згідно з формулою (2) стандарту [3] для техніко-економічного обґрунтування захисту сталевих конструкцій за варіантами проектних систем Па-3 (80)^{5,7}, Па-4 (110) наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Обґрунтування варіантів техніко-економічного захисту сталевих конструкцій за рівнем корозійної небезпеки об'єкта

Ч. ч.	$T_{кр}$, рік	$T_{зр}$, рік	n	$T_{ef} = T_{кр} + n T_{зр}$	K_g	Рівень корозійної небезпеки (КІ–КV) конструкцій	Норма дохідності (НД)	Цикл розвитку СПЗК
1	10	5	4	30	0,50	КІ	0,72	Q2
2	6	2	12	30	0,27	КІ	0,41	Q1

Приклад 4. Гарантійний строк системи протикорозійного захисту за умов передбачених заходів підтвердження відповідності.

Проектна специфікація ПС-4Р. Проектну специфікацію протикорозійного захисту з показниками гарантованої довговічності за вимогами ДСТУ Б В.2.6-193 наведено у табл. 3.

Міжнародний досвід свідчить, що вимоги щодо гарантованих показників довговічності протикорозійного захисту можуть бути забезпечені на основі документованих процедур оцінювання якості, що включають тестовий контроль під час проведення корозійних стендових випробувань. Наявність даних щодо зонування і класифікації агресивних середовищ дозволяє виключити закупівлі неякісної лакофарбової продукції, збільшити терміни служби покриттів у відповідності до гарантій виробника матеріалів і організацій, що виконують послуги з протикорозійного захисту.

Таблиця 3

Проектна специфікація показників якості протикорозійного захисту з гарантованими показниками довговічності

Ч. ч.	Призначення конструкцій та їх захисних покриттів	Маркування покриття за ДСТУ В.2.6-193 Підготовка поверхні	Категорія відповідальності	Характеристика агресивності режиму експлуатації, A_n , г/(м ² рік)	Контрольний норматив, г/м ²	Коефіцієнт надійності, γ_{zn}	Термін служби покриття T_z / T_{zr} , років	Рівень корозійної небезпеки
1	Конструкції сталеливарного циклу на відкритому повітрі	$\Pi a-3(80)^{5,7}$ PSt2	ПЗ	935	2410	0,95	2,6/2,4	КП
2	Конструкції сталеливарного циклу всередині неопалюваного приміщення	$\Pi a-4(110)$ PSt2	ПЗ	680	2750	0,90	4.1/3,6	КІ

Порядок здійснення тестового контролю характеристичних значень річних корозійних втрат визначено процедурою, регламентованою стандартами ISO 9226; EN ISO 12944-2; ГОСТ 9.905; ГОСТ 9.906; ГОСТ 9.908-85. За вимогами ISO 9226 рекомендовано визначати характеристичні значення річних корозійних втрат після одного року тестових випробувань.

Приклад 5. Підтвердження відповідності фактичних річних корозійних втрат проектному ступеню впливу середовища на основі розрахунково-вимірального методу аналізу корозійної захищеності.

Специфікація відповідності СВ-5Р. Оцінювання характеристичних значень річних корозійних втрат на промисловому майданчику м. Маріуполя виконувалося за участю фахівців Донбаського центру технологічної безпеки (ДонЦТБ) ТОВ «Укрінсталькон ім. В. М. Шимановського» і кафедри «Будівництво, технічна експлуатація і реконструкція» ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» у 2013–2014 роках. Ціллю стендових корозійних випробувань було дослідження характеру та інтенсивності атмосферної корозії стандартних зразків в умовах високоагресивних впливів А4-М морського середовища. Результати тестового контролю характеристичних значень річних корозійних втрат наведено у вигляді протоколу (табл. 4).

ПРОТОКОЛ
результатів оцінювання корозійної стійкості зразків сталі С235
під час контролю характеристичних значень річних втрат від корозії

Об'єкт: Будівлі та споруди сталеливарного циклу,
м. Маріуполь

Касета зі зразками № 11.

Однорідна зона експлуатації: (ОЗ 7)

Характеристика зразків: В1(14), В2(15), В3(16) – С 235

Дата розміщення зразків: 01.04.2013 р. **Дата відбору зразків** 01.04.2014 р.

Позначення однорідної зони ГОСТ 15150	Зразки зі сталі С235. Методи контролю за ГОСТ 9.908-85				
	Позначення зразка	Характер руйнування	Корозійні втрати зразків, г	Характеристичне значення, г/м ² рік	Корозійна стійкість, мм/рік
1	В1(4)	Корозійні виразки. Ступень ураження поверхні зразка (100%). Глибина пошкодження 0,3 мм	3,32	1030	0,13

Приклад 6. Підтвердження відповідності строку служби проектної системи протикорозійного захисту на основі розрахунково-вимірювального методу аналізу даних прискорених випробувань захисних покриттів.

Специфікація відповідності СВ-6Р. Підтвердження відповідності (табл. 5) передбачає розрахункову оцінку показника $T_{z\gamma}$ для проектних систем захисних покриттів за результатами прискорених корозійних випробувань. Суть методу прискорених випробувань згідно з ГОСТ 9.401 полягає в дії на зразки із захисними покриттями штучно створюваних умов, що імітують дії корозійно-активних компонентів середовища. Послідовність випробувань регламентована вимогами стандарту EN ISO 12944-6. Тестовий контроль захисних властивостей виконується на стандартних зразках за вимогами ГОСТ 9.407.

Розрахунково-вимірювальний метод аналізу даних прискорених випробувань регламентує процедуру оцінювання контрольного нормативу (K_p , г/м²), що встановлює технічний критерій відмови захисних покриттів та дозволяє визначити гарантований строк служби (T_z , рік).

**Підтвердження відповідності строку служби проектної системи
протикорозійного захисту**

Ступінь агресивності впливу за даними тестового контролю		Проектний тип Па-4(110) покриття (грунтовка ГФ-021, емаль ХВ-124)			Проектний тип Па-3(80) ^{5,7} покриття (грунтовка ГФ-021, емаль ХВ-124)		
Позначення	Характеристичне значення річних корозійних втрат сталі С 235, A_n , г/м ²	Проектний строк служби T_z , рік	Результати тестового контролю		Проектний строк служби T_z , рік	Результати тестового контролю	
			K_p , г/м ²	T_z , рік		K_p , г/м ²	T_z , рік
A4	680	5	2750	4,0	-	-	-
A4	935	-	-	-	2	2410	2,5

Наведені приклади кваліметричного обґрунтування корозійної стійкості (K , мм/ рік або бал) і терміну служби захисних покриттів (T_z , рік) дозволяють застосовувати часове й функціональне резервування систем протикорозійного захисту сталевих конструкцій, що надає суттєві переваги детермінованого підходу до збалансованого поєднання засобів і методів первинного та вторинного захисту від корозії. До завдань ризик-діагностики записано умови розрахунку коефіцієнта сполучення елементів корозійної захищеності (СЕКЗ):

$$\text{СЕКЗ} = \text{ВСЗК(II)} / \text{ВСЗК(I)}, \quad (1)$$

де ВСЗК(I) – витрати на систему первинного захисту від корозії;

ВСЗК(II) – витрати на систему вторинного захисту від корозії.

Застосований порядок резервування корозійної захищеності відповідає умовам п. 5.3.4 [4] та визначає послідовність техніко-економічного обґрунтування за вимогою замовника збільшення товщини прокату та стінок труб з урахуванням можливої корозії конструкцій. У цьому випадку ризик-діагностика допускає визначення безпечних умов оцінювання довговічності СПЗК, живучості та резервування несучої здатності конструкцій.

Результати досліджень з обґрунтування техніко-економічних показників первинного та вторинного захисту конструкцій будівель та споруд було використано для розроблення документованої процедури контролю якості протикорозійного захисту збагачувальної фабрики «Свято-Варваринська» та інформаційно-аналітичної бази даних промислових об'єктів ПАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь».

Кваліметричний моніторинг кородуючих конструкцій доцільно використовувати з метою технічного обслуговування за фактичним станом і подовження ресурсу промислових об'єктів. Окремі положення ризик-діагностики корозійної захищеності запропоновано для впровадження в проект ДСТУ «Настанови щодо контролю, діагностики та відновлення якості заходів захисту від корозії при експлуатації металевих конструкцій» на заміну посібника до СНиП 2.03.11-85.

Висновки. З'ясовано, що забезпечення корозійної захищеності промислових об'єктів потребує використання сучасних кваліметричних методів моніторингу та діагностування сталевих конструкцій, які містять результати оцінювання техніко-технологічних та економічних ризиків. Розроблене методичне обґрунтування часового резервування з урахуванням функціонального визначення експлуатаційної придатності елементів системи захисту від корозії сталевих конструкцій дозволяє проводити оцінювання ефективності корозійної захищеності. Проектні заходи первинного та вторинного захисту формують конкурентні переваги на основі якісного визначення взаємозв'язку елементів матриць вибору рівня надійності [3, див. табл. 6] та циклів економічного розвитку систем корозійної захищеності сталевих конструкцій. Наведені практичні приклади використання даних кваліметричного моніторингу та ризик-діагностики дозволяють забезпечити високий адаптаційний рівень експлуатаційної придатності, коригування розрахункових параметрів довговічності та ремонтпридатності кородуючих конструкцій, управління заходами довготривалого захисту від корозії.

Отримані результати теоретичних та практичних досліджень спрямовані на обґрунтування методичних положень законодавчої та нормативної бази убезпечення конструкцій будівель та споруд від техніко-економічних ризиків у процесі оновлення їх стану на промислових підприємствах.

Література

- [1] 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 : ДСТУ-Н Б А.1.2-6:2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіон України, 2010. – 19 с. – (Система ліцензування та сертифікації у будівництві. Національний стандарт України).
- [2] Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії : ДСТУ Б В.2.6-186:2013. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 45 с. – (Національний стандарт України).
- [3] Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування : ДСТУ Б В.2.6-193:2013. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 74 с. – (Національний стандарт України).
- [4] Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014 – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України Київ, 2014. – 199 с. – (Державні будівельні норми України).
- [5] Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems : EN ISO 12944:2007 (all parts). – Brussels : CEN-CENELEC Management Centre, 2007. – (Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих

- конструкцій захисними лакофарбовими системами. Європейський стандарт; всі частини).
- [6] Похмурський В. І. Розвиток досліджень у галузі корозії матеріалів в Україні / В. І. Похмурський // ФМІ ім. Г.В. Карпенко НАН України. – Львів : ТзОВ «Простір-М», 2010. – 44 с.
- [7] Лихтарников Я. М. Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я. М. Лихтарников. – М. : Стройиздат, 1979. – 319 с.
- [8] Лихтарников Я. М. Техничко-економические основы проектирования строительных конструкций : учеб. пособие для вузов / Я. М. Лихтарников, Н. С. Летников, В. Н. Левченко. – Киев-Донецк : Вища школа, 1980. – 240 с.
- [9] Корольов В. П. Технологічна безпека та удосконалення нормативної бази протикорозійного захисту у металобудівництві / В. П. Корольов, Ю. Б. Висоцький, О. М. Шевченко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – № 2. – с. 123–130.
- [10] Королёв В. П. Нормативные требования оценки коррозионной опасности при проектировании строительных объектов / В. П. Королёв, А. Н. Гибаленко // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – К. : Вид-во “Сталь”, 2014. – Вип.13. – С. 133–145.
- [11] Королёв В. П. Условия рационального проектирования защиты от коррозии металлоконструкций по критериям коррозионной опасности / [В. П. Королёв, Н. Г. Магунова, Т. Н. Годун, О. Е.Скрипченко] // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського – К. : Вид-во «Сталь», 2015. – Вип.15. – С. 5–12.
- [12] Гібаленко О. М. Методологічні підходи до забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту будівельних металлоконструкцій / О. М. Гібаленко // Промислове будівництво та інженерні споруди : науково-виробничий журнал. – 2016. – Вип. 1. – С.7–18.
- [13] Королёв П. В. Управление рисками коррозионной защищенности при решении прямой и обратной задач живучести стальных конструкций / П. В. Королёв, В. П. Королёв, И. В. Кущенко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : ОДАБА, 2016. – № 63. – С. 67–75.
- [14] Королёв В. П. Обеспечение коррозионной защищенности конструкций с учетом рисков технологической безопасности промышленных объектов / В. П. Королёв, И. В. Кущенко // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ, 2017. – № 3. – С. 130–136.
- [15] Корольов П. В. Контролінг як функція управління корозійною захищеністю основних фондів промислових підприємств / П. В. Корольов // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія «Економічні

науки» : зб. наук. праць. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – Вип. 32. – С. 234–246.

- [16] Корольов В. Обґрунтування часового резервування несучої здатності кородуючих сталевих конструкцій за прийнятним ризиком / В. Корольов, О. Галактіонов, Г. Герман // Фізико-хімічна механіка матеріалів ; спец. вип. «Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів». – Львів, 2018. – № 12. – С. 289–295.
- [17] Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии : пособие к СНиП 2.03.11-85 / [сост. Голубев А. И., Горохов Е. В., Королев В. П. и др.] – М. : Стройиздат, 1989. – 51 с.

К вопросу обоснования проектных мер коррозионной защищенности стальных конструкций

Королёв В. П., д-р техн. наук

Донбасский центр технологической безопасности,
Украинский институт стальных конструкций имени В. Н. Шимановского, Украина

Аннотация. В статье рассмотрены составляющие, которые определяют особенности проектного обеспечения нормативных требований снижения коррозионной опасности и создания условий коррозионной защищенности стальных конструкций промышленных объектов. В основе предложенных положений лежат квалиметрические модели и алгоритмы оценивания показателей качества стальных конструкций и их защитных покрытий. Доказана научно-практическая ценность проектных мер, связанных с обоснованием рекомендаций и регламентов защиты промышленных зданий и сооружений от технико-экономических рисков.

Приведены практические примеры определения степени агрессивности, долговечности и ремонтпригодности в соответствии с категориями ответственности по признакам отказа систем противокоррозионной защиты. Установлено, что внедрение процедур мониторинга, риск-диагностики и контроллинга даст возможность осуществлять управление коррозионной защищенностью в соответствии с установленным классом риска.

Доказано, что методика риск-диагностики коррозионной защищенности конструкций соответствует требованиям EN 1990 и EN ISO 12944. Усовершенствован алгоритм резервирования первичной и вторичной защиты по данным мониторинга корродирующих конструкций с учетом положений ДСТУ Б В.2.6-193 и ДСТУ Б В.2.6-198.

Ключевые слова: стальные конструкции, система противокоррозионной защиты, коррозионная опасность, коррозионная защищенность, квалиметрические модели, качество, надежность, безопасность.

Problem Concerning Justification of Design Measures for Structural Steel Corrosion Protection

V. Korolov, Dr. Sc. (Eng.)

Donbass Center of Technological Safety,
V. Shimanovsky Ukrainian Institute of Steel Construction, Ukraine

Abstract. The paper deals with components determining the features of the design decisions according to regulatory requirements for reducing corrosion hazard and creating conditions for corrosion protection of structural steel of industrial facilities. The suggested provisions are based on qualimetric models and algorithms for assessing quality indices of structural steel and their protective coatings. The scientific and practical value has been proven of design measures linked with justification of recommendations and regulations for protecting industrial buildings and installations from technical and economic risks.

Practical examples are provided of determining the degree of corrosiveness, durability and repairability according to the criticality categories based on the signs of failure of corrosion protection system. It has been determined that implementation of procedure for monitoring, risk-diagnostics and controlling allows managing the quality of corrosion protection based on the established risk class.

It is shown that the methodology of risk-diagnostics of structure corrosion protection conforms to the requirements of EN 1990 and EN ISO 12944. The algorithm has been improved for reserving primary and secondary protection based on the data of monitoring of corroding structures taking into account the provisions of DSTU V.2.6-193 and DSTU BV.2.6-198.

Key words: structural steel, corrosion protection system, corrosion hazard, corrosion protection, qualimetric models, quality, reliability, safety.

Надійшла до редколегії 30.11.2018 р.