

**Володимир КОРОЛЬОВ¹, Юрій ВИСОЦЬКИЙ²
Ольга ШЕВЧЕНКО², Петро КОРОЛЬОВ²**

**ТЕОРЕТИЧНІ І ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РИЗИК-АНАЛІЗУ КОРОЗІЙНОЇ
ЗАХИЩЕНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ І УСТАТКУВАННЯ
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

¹ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500. E-mail: center_sts@ukr.net
²Підкомітет – 4 «Протикорозійний захист у металобудівництві»
технічного комітету стандартизації ТК 301 «Металобудівництво», м. Маріуполь

**Volodimir KOROLOV¹, Yuryy VYSOTSKYY²,
Olga SHEVCHENKO², Petro KOROLOV²**

**THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF RISK-ANALYSIS OF
CORROSION PROTECTION OF STRUCTURES AND EQUIPMENT OF
INDUSTRIAL FACILITIES**

¹State Higher School "Priazovsky State Technical University"
7, Universitetska Str., Mariupol, 87500, Ukraine. E-mail: center_sts@ukr.net
²"Corrosion protection in metal engineering" Subcommittee - 4 of "Metal engineering"
TC 301 Technical Committee for Standardization

ABSTRACT

The paper deals with a problem of justification of choosing means and measures of corrosion protection of structures and installations based on signs of corrosion hazard of industrial facilities. Logistical system is generated for specifying design requirements of structural steel corrosion protection. Method is suggested for calculating compensation corrosion losses when comparing competitive advantages of corrosion protection systems. Assessment of entrepreneurial risks includes the analysis of maintenance costs while in use. A documented procedure is developed for quality management of corrosion protection which provides for reliability and safety improvement based on introduction of innovative technical solutions.

KEY WORDS: *corrosion protection, management of quality of corrosion protection system, structural steel, reliability and safety of industrial facilities, risk-analysis.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Важливою умовою забезпечення технологічної безпеки основних фондів промислових об'єктів є вдосконалення організаційно-економічного механізму регулювання ефективності протикорозійного захисту, розробка нормативно-правової бази впровадження сучасних корозійно тривких матеріалів і технологій. При тривалому функціонуванні основні фонди піддаються корозійному руйнуванню, що призводить до поступового зниження первинних техніко-експлуатаційних якостей конструкцій і споруд. Економічні збитки від корозії пов'язані з прямими і непрямими втратами, а також з витратами на протикорозійний захист.

Актуальність даної теми зумовлена тим, що відсутні універсальні оцінні критеріїв вибирання засобів і методів протикорозійного захисту (ЗМПЗ) на основі індикаторів стійкого розвитку підприємства, що визначають ефективне використання фінансових ресурсів для вирішення завдань технологічної безпеки конструкцій і споруд. Відомо, що побудовані за галузевим і територіальним принципом типові методики обліку втрат від корозії і витрат на протикорозійний захист [1, 2] не відповідають вимогам інноваційного розвитку, обґрунтуванню інвес-

тиційних проектів з освоєння ресурсозберігаючих матеріалів і технологій. У сучасних умовах господарювання і формування ринкової економіки важливого значення набуває логістичний менеджмент корозійної захищеності конструкцій і устаткування промислових об'єктів [3, 5-6].

Метою статті є формування економічних критеріїв оцінки ризиків за ознаками корозійної небезпеки на основі процесного підходу до управління якістю та технологічною безпекою основних фондів підприємств.

ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАННЯ КОРОЗІЙНОЇ ЗАХИЩЕНОСТІ

Економічні аспекти проблеми корозії та захисту металевих конструкцій і споруд (далі – конструкцій) представлені на різних рівнях (державний, галузевий, регіональний, об'єктний) і мають багатоплановий характер (соціальний, виробничий, екологічний, техногенний, майновий). Найбільш ретельно глобальні погрози і витрати для економіки Сполучених Штатів Америки розвинуто в огляді NACE International, виконаному для Конгресу США в 1999 р. За ініціативою Української асоціації корозіоністів актуалізація проблеми в Україні проведена в Рішенні «Про стан захисту металофонду України від корозії» Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 13 жовтня 2009 р.

Формування заходів щодо забезпечення корозійної захищеності основних фондів має визначальне значення як чинник забезпечення стійкого розвитку промислових підприємств. У процесі експлуатації будівель і споруд кожне підприємство проводить амортизаційні відрахування відповідно до розмірів фізичного і морального зносу. Розглянемо корозійне руйнування як економічну категорію, що характеризує старіння основних фондів промислового підприємства. При такому підході корозійне руйнування представляє компенсаційну складову вартості конструкції, перенесену на продукцію у вигляді грошової суми амортизації для відшкодування збитків. У даному випадку компенсаційна складова корозійних втрат (КСКВ) визначає розмір фінансових коштів, пов'язаних з втратою показників якості та довговічності конструкцій і їх захисних покриттів. Слід зазначити, що амортизація і збитки від корозії виступають як самостійні економічні категорії, різні і за суттю, і за величиною. Якщо компенсаційні втрати відображають старіння діючих фондів, амортизація включає накопичення грошових коштів на відновлення працездатності конструкцій шляхом включення амортизаційних відрахувань у витрати виробництва, тобто є складовою частиною собівартості.

Амортизаційні відрахування займають значну частку в структурі собівартості продукції. Їх збільшення дозволяє, по-перше, підвищити собівартість продукції і тим самим зменшити прибуток підприємства, а значить відповідно зменшити абсолютну суму податків з прибутку. По-друге, амортизаційні відрахування з 1 січня 1991 року залишаються на підприємствах і можуть використовуватися як фінансове джерело для відтворення основних фондів. На вимоги бухгалтерської звітності амортизаційні відрахування у вигляді КСКВ можуть означати повне відшкодування збитків у результаті корозії та відновлення конструкцій. У такому розумінні КСКВ визначають найкоротший шлях економічного рішення проблеми корозії. Разом з цим, при наростаючих фінансових труднощах багато підприємств використовують засоби амортизаційних відрахувань для фінансування оборотного капіталу, що означає нецільове використання КСКВ і, як результат, прогресуюче корозійне руйнування і старіння основних фондів.

Як впливає з представленого аналізу, КСКВ як економічна категорія може бути використана при рішенні наступних задач:

- грошового відшкодування корозійного зносу основних фондів;
- інвестування на застосування ресурсозберігаючих технологій протикорозійного захисту;
- формування витрат на ремонтно-фарбувальні і відновні роботи;
- визначення розміру амортизаційних відрахувань залежно від корозійної небезпеки промислових об'єктів;
- економічного обґрунтування інвестицій для підвищення корозійної захищеності;
- запобігання надмірному моральному і фізичному зносу основних фондів;
- впровадження інноваційних розробок у галузі технологічної безпеки промислових об'єктів.

У даний час інтерес до економічних критеріїв оцінки витрат на протикорозійний захист викликаний необхідністю здійснення правильної амортизаційної політики. Розширюються можливості використання амортизаційних відрахувань як інвестиційного ресурсу для реалізації інноваційних

проектів у галузі ресурсозбереження, безпеки і захисту від корозії промислових об'єктів.

Збільшення корозійної захищеності конструкцій дозволяє зменшити об'єм необхідних щорічних витрат на відновлення ЗМПЗ і направити більше ресурсів на розширене відтворення. Практика експлуатації основних фондів свідчить про те, що найбільший вплив на економічно доцільний термін експлуатації конструкцій мають два чинники: щорічний розмір амортизації та середньорічні ремонтні витрати. Це дозволяє застосовувати найраціональніший метод активізації термінів експлуатації на основі мінімізації сумарної величини цих економічних показників.

Стабільність і безперервність виробничих процесів за корозійних впливів забезпечується умовами технологічної безпеки, які можуть бути представлені у вигляді [7]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N U_i \geq \sum_{i=1}^N (S_{d,i} + S_{c,i}) \\ \sum_{i=1}^N U_i = \sum_{j=1}^M f(T_{в,j}) \Rightarrow \min ; \end{cases} \quad (1)$$

де U_i – витрати на підтримку i -того конструктивного елемента вибірки (N) у працездатному стані, що забезпечують вимоги технологічної безпеки, грн/рік; $S_{d,i}$ – втрати, викликані фізичним зносом, грн/рік; $S_{c,i}$ – втрати в результаті морального старіння, грн/рік; $T_{в,j}$ – показник ремонтпридатності, що визначає проміжок часу (рік), при відновленні працездатності при мінімальних КСКВ для j -того конструктивного елемента вибірки (M).

Головною перешкодою при реалізації економічного підходу і вживання обґрунтованих заходів при захисті від корозії конструкцій є відсутність простих і зрозумілих критеріїв, ризиків корозійної небезпеки, що дозволяють проводити причинно-наслідковий аналіз, пов'язаних з невизначеністю наслідків корозійного руйнування промислових об'єктів.

ІНДИКАТОРНА ОЦІНКА РІВНЯ РИЗИКУ КОРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Світовий досвід розвитку концепції стійкого розвитку свідчить про ефективність «індикаторного мислення» [4]. Індикатори стійкого розвитку дозволяють здійснювати оцінку тенденцій економічного зростання з урахуванням статистичної інформації, що характеризує різні варіанти розвитку подій. На основі інструментальної оцінки процесів, що відбуваються, проводиться ретроспективний аналіз, діагностика і перспекція стану складних систем шляхом обґрунтування відповідних індикаторів і кількісних показників. Найбільш поширеними, з наявних у контексті даної проблеми, є індикатори: інтенсивність забруднення атмосфери; емісія шкідливих речовин, сумарна і за класами небезпеки; коефіцієнт зносу основних фондів; коефіцієнт оновлення основного капіталу; інтенсивність використання матеріалів та ін.

Необхідність індикаторної оцінки корозійного стану основних фондів пов'язана із впровадженням інтегральних критеріїв (індексів) при визначенні стратегії управління технологічною безпекою на основі методів ризик-аналізу. Для обґрунтування системи корозійно-економічного обліку (СКЕО) пропонується використовувати розрахункові ситуації за ознаками корозійної небезпеки на основі моделей НКС (Навантаження-Конструкція-Середовище), що виявляють причинно-наслідкові зв'язки між корозійним станом конструкцій, технічним обслуговуванням і ремонтом, вартісними характеристиками заходів щодо захисту від корозії [8, 9].

За визначенням ризик є функцією вірогідності реалізації загрози, а також величини можливого збитку. Таким чином, індекс рівня ризику корозійної захищеності (РПКЗ) можна представити у вигляді:

$$\text{РПКЗ} = \text{КСКВ} / \text{ВСЗК}, \quad (2)$$

де КСКВ – компенсаційна складова корозійних втрат;

ВСЗК – витрати системи захисту від корозії.

Індикатори КСКВ і ВСЗК (у грошових одиницях) розраховують на єдину натуральну одиницю вимірювання, що характеризує порівнювані конструкції (шт., т, м³, м², м).

Індекс РПКЗ змінюється від нуля до одиниці, вище за яку ризик не виправданий. Аналіз РПКЗ дозволяє проводити нормування його інтервальних значень за групами об'єктів.

Індикаторний підхід пов'язаний, в першу чергу, з необхідністю ефективного використання матеріалів і технологій. Сутність організаційно-економічного механізму управління якіс-

тю, надійністю і безпекою конструкцій та їх захисних покриттів визначається обґрунтуванням необхідних ВСЗК на основі оцінки КСКВ і РПКЗ.

Аналіз даних СКЕО здійснюється у три етапи: використання індексів, потім базових індикаторів, і, нарешті, додаткових індикаторів. Індикатори розбиті на три категорії з урахуванням їх цільової спрямованості:

- індикатори що характеризують технологічні процеси і вплив корозії на якість і надійність;
- індикатори стану, що характеризують визначальні параметри корозійного стану (ВПКС) конструкцій і їх вплив на технологічну безпеку;
- індикатори ресурсу, що характеризують економічні регулятори підвищення якості, надійності і безпеки конструкцій.

Додаткові індикатори СКЕО дозволяють реалізувати стратегію «постійного поліпшення» шляхом порівняння з наявними базовими характеристиками:

- питомої маси конструкції, G_k ;
- зниження витрати матеріалів на протикорозійний захист β_m :

$$\beta_m = S_m(P) \cdot S_m(I) \cdot S_m(E), \quad (3)$$

де $S_m = G_{mb} / G_{mr}$ – індикатор зміни витрати протикорозійного матеріалу при порівнянні базового варіанту (G_{mb}) з тим, що розробляється (G_{mr}) при проектуванні (P), виготовленні (I) та експлуатації (E);

- зниження трудомісткості протикорозійного захисту і ремонтно-фарбувальних робіт β_T :

$$\beta_T = S_T(P) \cdot S_T(I) \cdot S_T(E), \quad (4)$$

де $S_T = T_b / T_r$ – індикатор зниження трудомісткості фарбувальних робіт при порівнянні базового варіанту (T_b) з тим варіантом, що розробляється (T_r) при проектуванні (P), виготовленні (I) та експлуатації (E);

- зниження експлуатаційних витрат β_p :

$$\beta_p = S_p(P) \cdot S_p(I) \cdot S_p(E), \quad (5)$$

де $S_p = P_b / P_r$ – індикатор зниження витрат на підтримку якості і довговічності конструкцій базового (P_b) варіанту і варіанту, що розробляється (P_r), при проектуванні (P), виготовленні (I) та експлуатації (E);

- надійності протикорозійного захисту β_z :

$$\beta_z = S_z(P) \cdot S_z(I) \cdot S_z(E), \quad (6)$$

де $S_z = \gamma_{zb} / \gamma_{zr}$ – індикатор підвищення надійності протикорозійного захисту базового варіанту (γ_{zb}) і варіанту, що розробляється (γ_{zr}), при проектуванні (P), виготовленні (I) та експлуатації (E).

Під системою економічного управління (менеджменту) корозійною захищеністю конструкцій розуміємо вибір ЗМПЗ на основі ризик-аналізу корозійної небезпеки промислових об'єктів за розміром можливих збитків. З урахуванням існуючої класифікаційної оцінки ризику поділяються:

- допустимий ризик – це ризик, втрати за яким не перевищують розрахункової суми прибутку від використання відновлених конструкцій і споруд;
- критичний ризик – це ризик, втрати за яким не перевищують розрахункової суми валового доходу при відновленні об'єктів;
- катастрофічний ризик – це ризик, втрати за яким визначаються частковою або повною втратою основних будівель і споруд.

Таким чином, якісна і кількісна оцінка РПКЗ дозволяє проводити обґрунтування ЗМПЗ у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.6-193.

ІНЖИНІРИНГОВА СИСТЕМА КРИТЕРІВ ЯКОСТІ І НАДІЙНОСТІ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ БЕЗПЕКОЮ

Розвиток нормативної бази в Україні здійснюється з використанням досвіду Європейського Союзу. Ухвалою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764 затверджений Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд, розроблений з урахуванням вимог Директиви Ради Європи від 21.12.1988 р. про зближення законів, підзаконних актів і адміністративних положень держав – членів Ради ЄС відносно будівельної продукції.

Стосовно процедури проектування металоконструкцій Мінрегіон України затверджені будівельні норми, що визначають роботу конструкцій як вплив прикладених дій або передбачених умов експлуатації на встановлений рівень технічних характеристик об'єкту. Підтвердження основних вимог щодо механічного опору та стійкості конструкцій ґрунтується на концепції граничних станів з використанням відповідних розрахункових моделей. Споруда повинна бути запроєктована так, щоб протягом розрахункового терміну служби не знижувалися її експлуатаційні характеристики нижче наміченого рівня. При цьому необхідно враховувати вплив навколишнього середовища та очікуваний рівень технічного обслуговування [10, 11].

Для забезпечення довговічності конструкцій будівель і споруд слід або проектувати їх з урахуванням впливів агресивного середовища, або захищати їх від цих впливів. Корозійне руйнування є основним недоліком металоконструкцій, для усунення якого потрібне залучення додаткових матеріально-технічних ресурсів для забезпечення надійності і довговічності будівельних об'єктів в умовах агресивних впливів. За відсутності цілеспрямованого підходу до вибору системи протикорозійного захисту конструкцій (СПЗК) необґрунтовані конструктивні і технологічні рішення викликають передчасне руйнування і зростання експлуатаційних витрат на відновлення працездатності або повну заміну проблемних конструкційних елементів. Тому, для вибору стратегії попередження корозії та протикорозійного захисту пропонується використовувати індикаторні оцінки РРКЗ.

Важливою умовою ризик-аналізу СПЗК є завдання рівня корозійної захищеності (ZI – ZIV) або корозійної небезпеки (KI – KV) з урахуванням регламентних процедур забезпечення якості і довговічності заходів захисту від корозії (табл. 1).

Таблиця 1. Узагальнена матриця вибору рівня СПЗК

Table 1. Generalized matrix of choosing the level of structure corrosion protection system

Ступінь агресивності впливів K , mm/year	Інтервальні оцінки коефіцієнта готовності протикорозійного захисту, K_g				
	$0 < K_g \leq 0,1$	$0,1 < K_g \leq 0,3$	$0,3 < K_g \leq 0,5$	$0,5 < K_g \leq 0,7$	$0,7 < K_g \leq 1,0$
Слабоагресивні $0,01 < K \leq 0,05$	KI	ZIV	ZIII	ZII	ZI
Низькоагресивні $0,05 < K \leq 0,15$	KII	KI	ZIV	ZIII	ZII
Високоагресивні $0,15 < K \leq 0,30$	KIII	KII	KI	ZIV	ZIII
Дуже високоагресивні $0,30 < K \leq 0,50$	KIV	KIII	KII	KI	ZIV
Сильноагресивні $K > 0,50$	KV	KIV	KIII	KII	KI

Розроблені вимоги до визначальних параметрів узагальненої матриці рівня СПЗК включають обґрунтування вибору ЗМПЗ:

- у відповідності до регламенту технологічної безпеки визначається рівень корозійної небезпеки (табл. 1);
- призначаються необхідні умови якості і надійності первинного і вторинного захисту СПЗК;
- формулюються тендерні умови на закупівлю матеріалів і послуг;
- виконується оцінка РРКЗ з урахуванням КСКВ;
- визначаються вимоги щодо підтвердження якості СПЗК;
- укладається договір з продавцем матеріалів або послуг, що включає гарантії виробника на показники якості і довговічності відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-193.

Розробка заходів первинного і вторинного захисту за критеріями корозійної небезпеки включає інженерні і статистичні методи оцінки ефективності металоконструкцій і їх захисних покриттів:

- менеджмент якості протикорозійного захисту з урахуванням методології процесного підходу ISO 9001;
- забезпечення надійності і конструктивної безпеки на вимоги Єврокодів;
- аналіз конструктивної пристосованості і технологічної раціональності ЗМПЗ відповідно до норм ISO 12944, ISO 14713;

- ризик-аналіз корозійної небезпеки на вимоги OHSAS 18001 на основі моніторингу визначальних параметрів корозійного стану (ВПКС, табл. 2).

Таблиця 2. Визначальні параметри корозійного стану при ризик-аналізі ознак корозійної небезпеки

Table 2. Diagnostic variables of corrosion state in the course of corrosion hazard risk-analysis

Шкала стійкості металів і покриттів				Категорія відповідальності конструкцій	Коефіцієнти надійності	
Група стійкості за ГОСТ 13819-68	Оцінка стійкості, бал	Глибина поразки mm/year	Клас матеріалу первинного і вторинного захисту		Первинного захисту, γ_{zk}	Вторинного захисту, γ_{zn}
Нестійкі (IV)	8 7	1 – 5 0,5 – 1	I	C4	От 0,80 до 0,85	От 0,85 до 0,90
Знижено-стійкі (III)	6 5	0,1-0,5 0,05-0,1	II	C3	» 0,85 » 0,90	»0,90 »0,95
Задовільно-стійкі (II)	4 3	0,01–0,05 0,00–0,01	III	C2	»0,90 »0,95	»0,95 »0,99
Стійкі (I)	2 1	0,001–0,005 Менше 0,001	IV	C1	»0,95 »0,99	»0,99 »1,00

Відповідно до розробленого підходу моніторинг ВПКС виконується шляхом оцінки індикатора стану – приведеної характеристики втрати якості (F_e) в агресивних середовищах, встановленого за методом Г. Тагуті [8]. Показник якості F_e , пропорційний квадрату відхилень значень контрольованого показника γ_{zk} (γ_{zn}) від його номінального значення:

$$\bar{F}_e = \left[\frac{2}{\gamma_{zk}^{\max}(\tau) - \gamma_{zk}^{\min}(\tau)} \left(\gamma_{zf} - \frac{\gamma_{zk}^{\max}(\tau) + \gamma_{zk}^{\min}(\tau)}{2} \right) \right]^2, \quad (7)$$

де γ_{zf} – коефіцієнт корозійних втрат в період експлуатації.

Збільшення характеристики F_e свідчить про втрату якості СПЗК та дозволяє керувати ефективністю витрат при віднові ЗМПЗ.

Як показує практика розробки превентивних заходів із запобігання корозійному руйнуванню, вартісні втрати від корозії багаторазово зростають з урахуванням рівня інфляції [12]. Вказані обставини підтверджують актуальність порівняльного оцінювання збитку від корозії на основі визначення КСКВ і РРКЗ.

ОЦІНКА ЗБИТКУ І РІВНЯ РИЗИКУ КОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ

Найефективнішим методом запобігання корозійним втратам є зниження ступеня агресивності експлуатаційного середовища. Виконання робіт, направлених на зонування і класифікацію параметрів режиму експлуатації є першочерговим кроком при ризик-аналізі ознак корозійної небезпеки. Для об'єктів металургійного циклу закриття мартенівського виробництва і введення в дію дугових електросталеплавильних печей означає скорочення технологічних викидів в атмосферу в шість разів, що зумовлює зниження рівня корозійної небезпеки.

Розглянемо питання оцінки ризиків при розміщенні на одному виробничому майданчику об'єктів з різним рівнем корозійної небезпеки. Економічні збитки в результаті додаткових корозійних руйнувань конструкцій (табл. 3) під впливом технологічних викидів підприємства з вищим ступенем агресивних дій включає наступні складові:

- втрати прибутку внаслідок недоотримання продукції при позапланових простоях устаткування;
- додаткові витрати на проведення поточних і капітальних ремонтів, викликані скороченням міжремонтних періодів і збільшенням трудомісткості і матеріаломісткості ремонтів по відношенню до нормативів системи планово-запобіжних ремонтів;
- втрати підприємства від недоамортизації будівель і споруд у зв'язку зі скороченням термінів їх служби;
- супутні додаткові витрати, зумовлені попередженням підвищеного зносу основних фондів або компенсацією витрат, що виникають при цьому, на протикорозійний захист.

Таблиця 3. Розрахункова оцінка КСКВ для об'єктів доменного і сталеплавильного цехів
Table 3. Calculation assessment of the compensation component of corrosion losses for blast-furnace shop and steelshop

Найменування будівель і споруд	Ступінь агресивності і впливів	Характеристика конструкцій		Розрахункові корозійні втрати, t/year	Компенсаційні корозійні втрати, t/year
		Маса, t	Розгорнена поверхня, м ²		
Головна будівля	A5 дуже високоагресивна	868,6	226484	609,3	367,3
Будівля міксера		65,5	950	2,5	1,5
Будівля шихтового двору		117,9	1500	4,1	2,4
Будівля двору виливниць		116,24	1750	4,7	2,8
Будівля насосної станції		6,72	115	0,3	0,2
Будівля ливарного двору		129	1820	1,9	1,0
Будівля розливних машин		80,4	1240	1,3	1,2
Будівля насосної станції		118,8	1650	1,8	0,6
Бункерна естакада	A4 високоагресивна	223,7	3150	3,4	1,7
Кранова естакада складу холодного чавуну		222,5	2950	3,2	1,6
Будівля вогнетривкого ремонту ковшів		980	12450	13,4	6,8
Естакада рудного двору		440	5600	15,1	8,9
Руднорейферний кран №1		1200	14750	39,8	23,6
Руднорейферний кран №2		1800	22900	61,8	36,6
Разом:				762,6	456,2

Перераховані види наднормативних витрат на утримання та експлуатацію сталевих конструкцій у внутрішньозаводському середовищі, забрудненому технологічними викидами коксохімічного виробництва, підвищують собівартість продукції, що випускається, і знижують прибуток металургійного підприємства.

Розрахункова оцінка КСКВ є характеристикою прямого збитку у вигляді безповоротних втрат металу (продуктів корозії) внаслідок перевищення на один рівень інтервальних значень ступеня агресивності A4, A5 (табл. 3) порівняно з даними дій A3, A4 відповідно до ДСТУ Б В.2.6-193, (табл. 1). Компенсаційні корозійні втрати складають мінімальний розмір економічних збитків порівняно з відновною вартістю сталевих конструкцій будівель і споруд доменного і сталеплавильного цехів, схильних до корозійного руйнування в умовах додаткових дій об'єктів коксохімічного виробництва. Економічні збитки від цих безповоротних втрат металу, що не повертаються для повторного використання, можуть бути оцінені за ціною брухту чавуну (3300 грн/т), отже, складає близько 1505 тис. грн у рік. Значення КСКВ, наведені з урахуванням розгорнутої поверхні конструкцій, для даних об'єктів становлять 5, 1 грн/м² в рік.

Для ілюстрації прикладу розрахунку індексу РРКЗ встановимо витрати на проти корозійний захист, виходячи з вартості матеріалу покриття 180 грн/м² і гарантії постачальника послуг на 10 років. Не є складним виконати розрахунок: $PPK3 = 5,1 \times 10 / 180 = 0,28$.

Наведений базовий рівень обліку корозійних втрат і витрат на протикорозійний захист є спрощеним і може бути використаний для об'єктів класу відповідальності СС1 (за ДБН В.1.2-14-2009) з рівнем корозійної захищеності Z1.

За всіх інших обставин методика розрахунку КСКВ може затверджуватися як складова частина технічного регламенту або стандарту підприємства, залежно від пріоритетів стратегії розвитку, індикаторів технічного стану і технологічної безпеки промислових об'єктів. Розмір КСКВ може встановлюватися з урахуванням усіх складових прямих і непрямих втрат від корозії на підставі відомих і галузевих нормативів.

Визначення ознак корозійної небезпеки і обґрунтування раціональних заходів протикорозійного захисту металоконструкцій виконане при проектуванні, підтвердженні показників якості і надійності, моніторингу і діагностиці технічного стану і продовженні залишкового ресурсу ряду промислових об'єктів ПАТ «Авдіївській КХЗ» (м. Авдіївка), ПАТ МК «Азовсталь» (м. Маріуполь). Регламентация вимог при оцінці ризиків проведена при розробці документованої процедури контролю якості протикорозійного захисту будівельних конструкцій і технологічного устаткування об'єктів філіалу «Збагачувальна фабрика «Свято-Варваринська» (м. Красноармійськ).

ВИСНОВКИ

Розглянуті особливості економічного обґрунтування ЗМПЗ, що стримують реалізацію ефективної інноваційно-інвестиційної політики для підвищення надійності та безпеки конструкцій і споруд. Запропонований організаційно-економічний механізм ризик-аналізу, що включає оцінку КСКВ на основі нормативних вимог ДСТУ Б В.2.6-193:2013 «Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування». При формуванні системи індексів і індикаторів ознак корозійної небезпеки промислових об'єктів використані моделі НКС, що дозволяють відображати причинно-наслідкові зв'язки конструктивних, технологічних і експлуатаційних чинників корозійної захищеності. Показана ефективність ухвалення рішень на основі індексу РРКЗ при логістичному менеджменті корозійної захищеності конструкцій будівель і споруд.

Представлений спрощений розрахунок РРКЗ характеризує можливості управління ефективністю заходів первинного і вторинного захисту від корозії за допомогою критеріїв економічної доцільності для заданої технологічної безпеки промислових об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Инструкция по учету потерь от коррозии металла и затрат на противокоррозионную защиту на предприятиях газовой промышленности. – М. ВНИИГАЗ, 1983. – 29 с.
2. МДС 80-1.99 Методические рекомендации по определению экономической эффективности защиты от коррозии в строительстве. – М.: ГУП «НИИЖБ», 2000. – 21 с.
3. Корольов В.П., Гібаленко О.М., Шевченко О.М. Удосконалення нормативних вимог до засобів і методів протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій // Будівництво України. – 2003. – № 7. – С. 19–23.
4. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике. – М.: Акрополь, ЦЭПР, 2007. – 60 с.
5. Korolov V., Vysotsky Y., Ryzhenkov A. Monitoring of steel structure corrosion state // EUROCORR-2007: The European Corrosion congress. Book Of Abstracts. – Freiburg im Breisgau, Germany, 2007. – P. 276.
6. Dementyev V., Gibalenko O., Korolov P. Justification of corrosion protection economic efficiency criterion according to design and experimental estimation of building structures // 2nd International Conf. “Corrosion and Material Protection”, 19–22th April 2010, Prague, Czech Republic. – P. 25–26.
7. Королёв В.П., Лотоцкий О.Б., Филатов Ю.В. Реинжиниринг для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – № 2. – С. 26–33.
8. Корольов В.П., Висоцький Ю.Б., Шевченко О.М. Технологічна безпека та удосконалення нормативної бази протикорозійного захисту у металобудівництві // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2012. – № 2. – С. 123–130.
9. Булеев І.П., Коновалов О.Ф., Корольов В.П. Нормативно-правове забезпечення технічного стану будівельних конструкцій за рівнем корозійної небезпеки // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2011. – № 3. – С. 25–29.
10. 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. – 2013. – Vol. 3, N 11. – P. 740–747. New York: David Publishing Company
11. Проблеми ресурсу і технологічної безпеки металевих конструкцій у корозійних середовищах. Розробки і практичний досвід менеджменту надійності будівельних об'єктів / Прес-дос'є ДонЦТБ ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського// Під загальною ред. засл. діяча науки і техн. України, д.т.н., проф. Корольова В.П. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2015. – 74 с.
12. Cost of Corrosion / [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.rustbullet.com/.../cost-of-corrosion> (viewed on February 28, 2016). – Title from the screen.