

УДК 624.014:620.193

## ОСОБЛИВОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Виконано аналіз чинних нормативних положень, що встановлюють вимоги щодо корозійного захисту металоконструкцій. Розглянуто умови ризик-діагностики кородуючих конструкцій згідно зі стандартом IEC 61882 «Hazard and operability studies (HAZOP studies)». Обґрунтовано методичний підхід щодо оцінювання параметрів корозійного захисту з урахуванням функціонального та часового резервування заходів первинного та вторинного захисту від корозії.

Важливим результатом теоретичних та експериментальних досліджень є формування вимог техніко-економічного захисту, які дають змогу виконувати регулювання умов забезпечення якості, надійності та безпеки конструкцій і споруд на принципах сценарію управління ризик-знижувальними заходами.

Up-to-date regulations setting the requirements for corrosion protection of structural steel have been analyzed. Considered are conditions of risk-diagnostics of corroding constructions based on the IEC 61882 Standard «Hazard and operability studies (HAZOP studies)». Methodical approach has been justified to assessing parameters of corrosion protection with account for the functional and time redundancy of measures of primary and secondary corrosion protection.

The main result of theoretical and experimental studies is the development of the requirements for technical and economic protection which allow controlling conditions for assuring the quality, reliability and safety of structures and installations on the principles of scenario analysis of the risk-reduction measures.

**Ключові слова:** функціональне та часове резервування, протикорозійний захист, металеві конструкції, техніко-економічні ризики, кородуючі конструкції, технологічна безпека.

**К**орозійне руйнування металевих конструкцій будівель та споруд провідних галузей промисловості України є актуальною проблемою сьогодення як для практики господарювання, так і у сфері вдосконалення методологічної бази основних засад, принципів і критеріїв оцінювання ризиків в умовах техніко-економічної небезпеки. Згідно з ДСТУ Б.2.6-193 [1] корозійна небезпека – це певний стан або ситуація (загроза), за якої збільшується вірогідність збитку через відхилення від нормальної експлуатації конструкцій будівельних об'єктів.

Вдосконалення норм і правил щодо вибору систем протикорозійного захисту є важливою умовою забезпечення надійності будівельних конструкцій та споруд, які функціонують в агресивному середовищі [2, 3]. Проектні рішення передбачають вжиття заходів первинного захисту (збільшення корозійної стійкості) і вторинного захисту (влаштування захисних покриттів і спеціальних електрохімічних пристроїв) [4]. Особливим аспектом проблеми техніко-економічного регулювання заходів захисту конструкцій та споруд від корозії є формування системи критеріїв оцінювання якості, надійності й безпеки функції протикорозійного захисту. На відміну від класифікаційних ознак KI–KV корозійної небезпеки [1, табл. 8] комплексне поняття корозійного захисту включає вимоги забезпечення роботоздатного стану металевих конструкцій через оцінювання параметрів рівня захисту від корозії. Таким чином, захист будівель та споруд від корозії передбачає гарантійні показники



**В.П. Корольов**

директор Донбаського центру технологічної безпеки ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», д.т.н., м. Маріуполь



**О.А. Риженков**

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», к.т.н., м. Маріуполь



**П.В. Корольов**

керівник відділу МТЗ ТОВ «Інтобуд», к.е.н., м. Одеса

систем протикорозійного захисту (СПЗК) для підтримання функції захисту (ZI–ZIV) за умов прийнятного ризику (табл. 1).

У сучасних економічних реаліях розвитку промислових підприємств суттєвого значення для забезпечення безаварійної експлуатації конструкцій та споруд набуває досвід розробок Донбаського центру технологічної безпеки (ДонЦТБ) ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», в основі якого використання методів техніко-економічного захисту об'єктів підвищеної небезпеки

Таблиця 1

Узагальнена матриця вибору рівня захисту від корозії металевих конструкцій

Ступінь агресивності впливів $K$ , мм/рік	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

[5–7]. Тому дослідження функціонального розподілу заходів первинного та вторинного захисту значною мірою визначає вимоги його регулювання з метою підтримання експлуатаційної надійності конструкцій при тривалій експлуатації об'єктів.

У зв'язку з цим важливим є оцінювання технологічної безпеки будівель та споруд на підставі п'яти принципів стратегії DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) [8].

Ціллю статті є формування вимог регулювання протикорозійного захисту металевих конструкцій та розроблення методів сценарного управління техніко-економічними ризиками відновлення роботоздатності кородуючих конструкцій промислових об'єктів. Одним із чинників вирішення завдань часового і функціонального оцінювання надійності пропонується визначення коефіцієнта готовності протикорозійного захисту [5]. Урахування факторів невизначеності й ризику, вжиття заходів регулювання захисту від корозії при технічному обслуговуванні за фактичним станом конструкцій здійснюється за процедурою HAZOP і нормами менеджменту ризиків IEC / ISO 31010 [9, 10].

**Визначальні параметри ризик-діагностики кородуючих конструкцій.** Підтримання експлуатаційних характеристик роботоздатності металевих конструкцій, що піддаються впливу агресивних середовищ, забезпечується вимогами ДСТУ Б.2.6-193 із проектування захисту від корозії, правилами технологічної та технічної експлуатації будівель і споруд, а також рекомендаціями Посібника з контролю та відновлення протикорозійного захисту [11].

Нормальна експлуатація за умов розвитку деградаційних процесів залежить від встановленої концепції технічного обслуговування, що визначає вибір проектних рішень первинного та вторинного захисту від корозії:

- $f$ -стратегії відмовостійкості протягом життєвого циклу конструкції (*fault-tolerance*);
- $s$ -стратегії забезпечення живучості за фактичним станом конструкцій (*survivability*).

Результати аналізу теоретичних і експериментальних досліджень захисту від корозії та запобігання ризиків корозійного руйнування сталевих конструкцій у промисловій та цивільній сферах економіки України свідчать про необхідність контролювання стану існуючих конструкцій будівель та споруд задля попередження їх критичного зносу та спонтанних руйнувань із метою забезпечення технологічної безпеки цих промислових будівель і споруд.

Спектр визначень поняття технологічна безпека досить широкий, а концепція подолання загрози корозійного руйнування при впровадженні нових матеріалів і технологій перебуває у стадії формування. В роботах [12, 13] розглядаються критерії оцінки економічних і техніко-технологічних ризиків на методичній основі стандарту IEC 61882 «Hazard and operability studies (HAZOP studies)». При такому підході оцінка технологічної безпеки  $R_i$  (бал) є основним елементом для прийняття рішень на підставі ідентифікації ризику, аналізу та порівняльному визначенні заходів із відновлення роботоздатності та подовження проектного строку служби кородуючих конструкцій (див. табл. 1). Зазначені умови дозволяють розглядати процедуру ризик-діаг-

ностики кородуючих конструкцій у два етапи: моніторингу ( $R_i = 1-6$  балів) і оцінювання живучості ( $R_i = 7-10$  балів).

Критерії технологічної безпеки дають змогу сформувати вимоги до довговічності та ремонтпридатності, підтвердження яких при технічному обслуговуванні за фактичним станом відповідає умовам прийнятного рівня СПЗК. Таким чином, процедура ризик-діагностики містить можливість управління корозійною захищеністю конструкцій за умов прийнятого ризику, відповідно до заданого рівня корозійної небезпеки (захищеності) промислових об'єктів.

Класифікаційні ознаки класів ризиків СПЗК за процедурою HAZOP наведено у таблицях 2, 3.

Оцінювання параметрів роботоздатності кородуючих конструкцій виконується з урахуванням встановленої категорії відповідальності СПЗК відповідно до показників, наведених у таблиці 4.

За результатами моніторингу здійснюється підтвердження відповідності категорії відповідальності сталевих конструкцій. Умови первинного або вторинного резервування визначаються вимогами відповідності категорії відповідальності (див. табл. 4). Характеристики технічного стану СПЗК мають кількісні оцінки у вигляді часткового (в межах допустимого) зниження параметрів роботоздатності первинного захисту (коефіцієнт надійності  $z_k$ ) та вторинного захисту (коефіцієнт надійності  $z_n$ , узагальнений показник

Таблиця 2

**Ризики технологічної безпеки  $R_i$  (бал) залежно від рівня СПЗК, рівня загроз і вразливості конструкцій будівель і споруд**

Рівень СПЗК	Рівень загрози (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
ZI	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7
ZII	1	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
ZIII	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7
ZIV	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8
KI	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8
KII	3	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9
KIII	3	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9
KIV	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10
KV	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	10

Таблиця 3

**Класифікація ознак техніко-економічних ризиків відновлення працездатності кородуючих конструкцій**

Стан СПЗК	Клас ризику	Найменування ризику	Характеристика втрат	Показник $R_i$ , бал	Розмір потенційного збитку, м.р.з.п.*
Корозійна небезпека	1	Катастрофічний	Часткове або повне руйнування будівель та споруд	9–10	> 72500
	2	Критичний	Втрати перевищують розрахункові суми валового доходу відновлення об'єктів	7–8	25000–72500
Корозійний захист	3	Допустимий	Втрати не перевищують розрахункові суми прибутку від подовження ресурсу та технологічного оновлення об'єктів	5–6	2500–25000
	4	Прийнятний	Втрати не перевищують витрат на підтримку якості впродовж терміну експлуатації	1–4	< 2500

\* Мінімальний розмір заробітної плати

Таблиця 4

Параметри працездатності сталевих конструкцій за класом ризику СПЗК

Позначення категорії відповідальності	Умови первинного (ПР) та вторинного резервування (ВР)/вимога відповідності категорії відповідальності	Клас ризику	Інтервальна оцінка відмови за технічним критерієм		Коефіцієнт надійності	
			$A_z$	$h_k$ , мкм	$z_n$	$z_k$
П1	ВР / Не допускає зниження декоративних властивостей вторинного захисту	3	0,85	–	0,99	0,95
		4	0,90		1,00	0,99
П2	ВР / Не допускає зниження захисних властивостей вторинного захисту	3	0,55	–	0,95	0,9
		4	0,60		0,99	0,95
П3	ПР / Допускає зниження захисних властивостей вторинного захисту	3	0,40	50	0,90	0,85
		4	0,45	30	0,95	0,9
П4	ПР / Допускає зниження характеристик первинного захисту	3	0,30	100	0,85	0,8
		4	0,35	70	0,90	0,85

захисних властивостей  $A_z$ , товщина продуктів корозії  $h_k$  під шаром лакофарбового покриття), які відповідають визначальним критеріям відмови захисних властивостей.

Ідентифікація загроз через корозійний стан або відхилення від нормальної експлуатації будівельних об'єктів створює необхідні умови для відновлення робоздатності конструкцій шляхом підтримання або змінення рівня протикорозійного захисту.

Резервування рівня корозійної небезпеки (захищеності) передбачає зміну стану рівня захисту (КІ–КV, ZI–ZIV) за рахунок збільшення проектних захисних властивостей у порівнянні з передбаченими (див. табл. 1) при техніко-економічному обґрунтуванні ризикознижувальних заходів.

Послідовність етапів процедури регулювання показників надійності (ПН) СПЗК приведена на рис. 1.



Рис. 1. Етапи управління протикорозійним захистом СПЗК

Виконання процедури ризик-діагностики дає змогу сформулювати кількісну оцінку рівня технологічної безпеки за даними моніторингу кородуючих конструкцій та передбачити вжиття своє-

часних заходів із відновлення робоздатності шляхом регулювання рівня протикорозійного захисту промислових об'єктів з урахуванням прийняттого ризику СПЗК.

**Методика оцінювання ризиків техніко-економічного захисту конструкцій.** Відомо, що побудовані за галузевим і територіальним принципами типові методики обліку втрат від корозії і витрат на протикорозійний захист не відповідають вимогам інноваційного розвитку, обґрунтуванню інвестиційних проектів з освоєння ресурсощадних матеріалів і технологій [9]. У сучасних умовах господарювання і формування ринкової економіки пропонується запровадження логістичного менеджменту захисту від корозії конструкцій і устаткування промислових об'єктів [10].

Сучасні вимоги до системи протикорозійного захисту передбачають безпеку, надійність та ефективність засобів і методів захисту від корозії на всіх стадіях життєвого циклу промислових об'єктів згідно з ДСТУ Б В.2.6-193. Термін служби конструкцій за умов первинного захисту (корозійна стійкість) визначається з урахуванням встановленого резерву несучої здатності і ступеня агресивності корозійних впливів на основі міцнісних розрахунків, за умов вторинного захисту – на основі аналізу проектних рішень конструкцій-аналогів, з урахуванням результатів розрахунково-вимірювального контролю якості систем захисних покриттів.

Для розкриття економічної суті заходів захисту від корозії запропоновано класифікаційні ознаки циклів розвитку основних засобів за умов корозійної небезпеки ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ) або корозійного





Рис. 2. Матриця циклів економічного розвитку систем захисту основних засобів від корозії на засадах ресурсозбереження

захисту (Q3, Q4), які визначають норму дохідності СПЗК (рис. 2). При такому підході створюються умови для обґрунтування системи менеджменту захисту від корозії основних засобів, спрямованої на управління ризиками з використанням адаптаційних і превентивних інструментів підвищення ефективності роботи підприємств.

Висока капіталізація інновацій свідчить про використання витратного (ресурсного) підходу (Q2), пов'язаного із заходами короточасного захисту ( $K_g = 0,5$ ). А зростання довговічності СПЗК ( $0,5 < K_g < 1$ ) надає можливість генерації прибутків, сприяє досягненню певної економічної вигоди від використання інноваційних матеріалів і технологій.

Важливою умовою раціонального використання систем протикорозійного захисту конструкцій є визначення рівня корозійного захисту або корозійної небезпеки основних фондів. Корозійне руйнування є компенсаційною складовою вартості конструкції, перенесеною на продукцію у вигляді грошової суми амортизації для відшкодування збитку. Таким чином, компенсаційна складова корозійних втрат відображає розмір фінансових коштів, пов'язаних із втратою показників якості і довговічності конструкцій та їх захисних покриттів.

Наголосимо, що ідентифікація та аналіз ризиків надзвичайно важливі як необхідні етапи прийняття управлінських рішень для підприємств, у структурі яких експлуатуються основні фонди тривалої експлуатації. Таким чином, інвес-

тиційні ризики протикорозійного захисту промислових об'єктів визначають: втрачання вигоди; зниження прибутковості; прямі фінансові втрати, пов'язані із вибором заходів відновлення виробничих фондів.

На підставі викладеного запропоновано ознаки ризикознижувальних моделей, які закладені у функціонування організаційно-економічного механізму управління корозійним захистом основних фондів підприємств (рис. 3):

- *модель антикризового управління* відображає стан корозійної небезпеки деградації і руйнування основних фондів промислових підприємств;
- *модель витратного інерційного розвитку* характерна для процесів управління за відсутності економічних умов стимулювання та зростання показників ефективності промислових підприємств;
- *стимулююча модель* набуває переважного значення за нових умов ринкових відносин за рахунок часткового зняття обмежень інерційного розвитку і необхідності реалізації конкурентного потенціалу при технологічному оновленні та подовженні ресурсу промислових об'єктів;
- *модель інноваційно-інвестиційного розвитку* є найбільш прийнятною для бізнесу.

Така модель використовує конкурентні переваги підвищення якості, надійності і безпеки промислових об'єктів для перетворення інноваційних факторів в основне джерело економічного зростання.

Система заходів протикорозійного захисту містить взаємопов'язані і взаємообумовлені економічні регулятори, що функціонують за ринкових умов, відповідно до цілей підприємницьких структур та вимог інституціональних органів державної влади. Відповідно до сценаріїв розвитку циклів захисту від корозії для обґрунтування засобів і методів протикорозійного захисту (ЗМПЗ) запропоновано застосовувати збалансовані індекси: ступеня агресивного впливу (САВ,  $г/м^2$  рік); компенсаційної складової корозійних втрат (КСКВ, грн); рівня ризику корозійної захищеності (РПКЗ); норми дохідності інновацій (НД); інтегральної ефективності протикорозійного захисту (ІЕ); коефіцієнт фондівдачі (КФВ). Розроблені рекомендації з якісної та кількісної оцінки РПКЗ дають змогу обґрунтувати ЗМПЗ у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.6-193.



Рис. 3. Складові організаційно-економічного механізму управління корозійною захищеністю конструкцій та споруд

Методичний підхід до регулювання проти-корозійним захистом за індексом рівня ризику дає можливість застосувати інноваційно-інвестиційні моделі постійного удосконалення СПЗК, визначитися з напрямками мотивації власників до застосування матеріалів і технологій довготривалого захисту будівель та споруд промислових об'єктів [14].

Приклади використання об'єктивних даних контролінгу протикорозійного захисту на виробничих об'єктах ПрАТ «Донецьксталь» при відновленні та продовженні термінів служби виробничих об'єктів, які дозволяють усунути невизначеність при оцінюванні ефективності інвестиційних проектів, наведені у таблицях 5, 6. Здійснення моніторингу захисту від корозії для

визначення ступеня агресивності середовища  $A_n$ , ( $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ ) у випадку оцінювання індексу РРК дає змогу зменшити невизначеність терміну служби захисних покриттів  $T_z$  (рік).

Сутність оцінювання економічної ефективності заходів захисту від корозії полягає у застосуванні реєстраційного або розрахунково-вимірювального методу показників якості СПЗК за вимогами ДСТУ Б В.2.6 згідно з Технічним регламентом будівельних виробів, будівель і споруд.

Таким чином, створюються умови якості, надійності й безпеки конструкцій та споруд промислових підприємств для запровадження процедури управління протикорозійним захистом на принципах «ощадливого господарювання» концепції Lean Six Sigma.

Таблиця 5

Результати розрахунку збалансованих індексів корозійної захищеності виробничих фондів за сценаріями розвитку циклів протикорозійного захисту

Показник	Сценарій розвитку циклів ПЗ			
	антикризовий (сценарій 1)	витратний (сценарій 2)	стимулюючий (сценарій 3)	збалансований (сценарій 4)
КФВ	10,5	10,5	10,5	25,3
САВ, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$	1200	1200	1800	1300
КСКВ, тис. грн.	237,9	153,4	2387,5	1731,6
НД	–	1,1	0,7	1,4
РРКЗ	–	–	0,61	0,57
ІЕ, грн./ $\text{м}^2 \cdot \text{рік}$	–	–	6,9	10,7
ЕЕЗЗ, тис. грн.	–	–	1573	1010,1

**Очікувані результати реалізації економічного механізму управління корозійною захищеністю виробничих фондів**

Досліджувані підприємства	Корозійна небезпека (2010–2015 рр.)			Протикорозійний захист (2020 р)
	Економічне спрацювання (знос), тис. грн.	Ступінь зносу споруд (%)	КСКВ, тис. грн.	КСКВ, тис. грн.
ПраТ «Донецьксталь»	1421349	23,8	11844,6	10067,9
ПАТ «Шахтоуправління «Покровське»	41637862	25,1	31228,4	28105,5
ПАТ «Ясинівський КХЗ»	11015479	46,4	132185,7	125576,4
ПАТ «МКХЗ»	339709	29,1	35095,6	32288,0
<b>Усього:</b>			210354,3	196037,8

**Висновки.** Технічне регулювання протикорозійним захистом може бути досягнуто за умов впровадження методів ризик-діагностики сталевих конструкцій на підставі оцінювання параметрів дієздатності заходів первинного та вторинного захисту.

Розроблено класифікацію класів техніко-економічних ризиків відновлення роботоздатності кородуючих конструкцій. Виконано адаптацію методів аналізу ризиків щодо виникнення аварійних ситуацій за процедурою HAZOP стосовно задач оцінювання та резервування роботоздатності, що дає змогу ідентифікувати загрози і приймати рішення з управління рівнем технологічної безпеки конструкцій та їх захисних покриттів.

Запропоновано умови визначення циклів економічного розвитку систем захисту основних засобів щодо регулювання терміну експлуатації і оновлення промислових об'єктів. Визначено техніко-економічні параметри, які визначають прибутковість інновацій з урахуванням реальної капіталізації промислових об'єктів та вимог узагальненої матриці вибору рівня техніко-економічного захисту. Наведено практичні приклади сценарного управління з використанням ризикознижувальних моделей щодо зменшення економічних та техніко-економічних ризиків при відновленні кородуючих конструкцій.

Отримані результати пропонуються для застосування при розробленні нормативних положень на заміну Посібника к СНиП 2.03.11-85 [11].

- [1] ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування. – Мінрегіон України. – 74 с.
- [2] 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.
- [3] Шимановский А.В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / А.В. Шимановский, В.Н. Гордеев, В.П. Королёв и др. – К.: Изд-во «Сталь», 2008. – 462 с.
- [4] Королёв В.П. Современные подходы к менеджменту качества противокоррозионной защиты и коррозионному контролю металлоконструкций / В.П. Королёв, А.А. Рыженков, А.Н. Гибаленко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2009. – № 4. – С. 7–11.
- [5] Корольов В.П. Проблеми ресурсу і технологічної безпеки металевих конструкцій у корозійних середовищах. Розробки і практичний досвід менеджменту надійності будівельних об'єктів / В.П. Корольов, Г.А. Герман, О.М. Гибаленко та ін. // Прес-досьє ДонЦТБ ТОВ «Укрінсталкон ім. В.М. Шимановського». – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2015. – 74 с.
- [6] V. Korolov. 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, V.3, No. 11. NewYork: David Publishing Company, 2013. Pp. 740 – 747.
- [7] Королёв В.П., Кущенко И.В. Нормативное регулирование надежности и безопасности систем противокоррозионной защиты металлоконструкций // Промышленное и гражданское строительство. – М.: – 2016. – № 1. – С. 37–42.
- [8] Гибаленко О.М. Методологічні підходи до забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту будівельних металлоконструкцій / О.М. Гибаленко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. – № 1. – С. 7–18.
- [9] Белопольский М.Г. Управление рисками коррозийной опасности как чинник сталого розвитку промислових підприємств / М.Г. Белопольський, П.В. Корольов // Економічний вісник Донбасу: науковий журнал. – Київ – Старобільськ, № 2 (48), 2017, с. 168–176. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/123499> (0,79/0,39 д.а.) /
- [10] Королёв П.В. Экономический механизм риск-анализа коррозионной опасности промышленных объектов // Сб. публ.: Научный журнал «Globus», 2016. – С. 69–73.
- [11] 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., Королев В.П. и др. – М.: Стройиздат, 1989. – 51 с.
- [12] Клык В.М. Курс стальных конструкций: теория и практика / В.М. Клык, В.П. Королёв, А.А. Рыженков, Ю.Ф. Филатов / Под общ. ред. Королёва В.П. – К.: изд-во «Сталь», 2016. – 575 с.
- [13] Korolov V. Structural Survivability Reserve Planning Based on Analysis of Corrosion Hazard of Industrial Facilities / V. Korolov, T. Godun, P. Korolov, T. Trofimchuk // European Corrosion Congress, 20th International Corrosion Congress & Process Safety Congress // 3–7 September 2017, Prague, Czech Republic. // Book of Abstracts, p. 639.
- [14] Корольов П.В. Науково-методичні та прикладні засади управління корозійною захищеністю основних фондів промислових підприємств / П.В. Корольов // Ефективна економіка. – 2017. – № 12. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua>

Надійшла 12.06.2019 р.