ТЕХНОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ПРОТИКОРОЗІЙНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

В. П. КОРОЛЬОВ [1], *Ю. Б. ВИСОЦЬКИЙ* [2], *О. М. ШЕВЧЕНКО* [3]

[1] *ДВНЗ "Приазовський державний технічний університет", Маріуполь;*
[2] *ДВНЗ "Донецький національний технічний університет";*
[3] *Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Макіївка*

Обґрунтовано раціональний вибір заходів захисту від корозії на стадії проектування. Показано необхідність оцінки показників надійності за граничними станами з урахуванням вимог корозійної тривкості, довговічності та ремонтопридатності. За розробленим підходом проаналізовано корозійну небезпеку як стан або ситуацію (загрозу), за яких збільшується імовірність настання збитків. За критерієм корозійної небезпеки можна економічно обґрунтувати вимоги до вибору розрахункових характеристик первинного і вторинного захисту. Оцінено витрати і можливі ризики за розрахунковими моделями технічного обслуговування і ремонтів об'єктів різного призначення.

Ключові слова: *корозійна тривкість, захисні покриви, довговічність, граничні стани, корозійна небезпека.*

На сьогодні фінансові і матеріальні ресурси, виділені для захисту від корозії, обмежені, що викликано недосконалістю технічного і економічного регулювання умовами безпечної експлуатації виробничих фондів. Нормативна база, побудована за принципом державно-галузевого механізму управління [1], виявилася малоефективною за ринкової економіки, орієнтованої на отримання прибутку. Тому витрати на протикорозійний захист розглядають не як елемент інвестиційної діяльності підприємств, а як витрати, що знижують розмір прибутку. Значне зношування, відсутність регламентних термінів оновлення основних фондів, складний економічний і фінансовий стан більшості суб'єктів господарської діяльності вимагають реалізації заходів для забезпечення надійної експлуатації конструкцій будівель і споруд на основі механізмів антикризового управління.

Щоб визначити основні засади модернізації та оновлення основних фондів, у 2004 р. прийнято державну науково-технічну програму "Ресурс". Всебічний аналіз проблеми поданий у 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. Стратегічні завдання у галузі технологічної безпеки і захисту від корозії є пріоритетними напрямами в діяльності підкомітету "Протикорозійний захист у металобудівництві" технічного комітету стандартизації ТК 301 "Металобудівництво", створеного за наказом № 77 Мінрегіонбуду України від 21 липня 2011 р.

Мета роботи – проаналізувати можливості нормативно-технічного регулювання, впровадити управлінські заходи з діагностики, моніторингу корозійного стану для забезпечення вимог технологічної безпеки і захисту від корозії конструк цій виробничих об'єктів. Принципи управління корозійною небезпекою

Контактна особа: О. М. ШЕВЧЕНКО, e-mail: shevchenko6767@mail.ru

об'єктів господарювання включають координаційну, нормативну, контрольну та інвести- ційно-технологічну компоненти безаварійної експлуатації будівель та споруд в умовах агресивних природних і виробничих впливів. Використання раціональних заходів протикорозійного захисту металоконструкцій забезпечує зниження щорічних витрат на 25...30% тільки за рахунок вдосконалення організації робіт із захисту конструкцій від корозії.

Менеджмент технологічної безпеки у корозивних середовищах. Основою для формування вимог технологічної безпеки є теорія техногенних і природних катастроф; правове та економічне управління ризиками; методи і системи діагностики, моніторингу та інженерного захисту. При цьому техногенна безпека визначає ступінь захищеності людини, об'єктів та навколишнього середовища від створених та функціональних компонент технічних систем цивільного і промислового призначення [2].

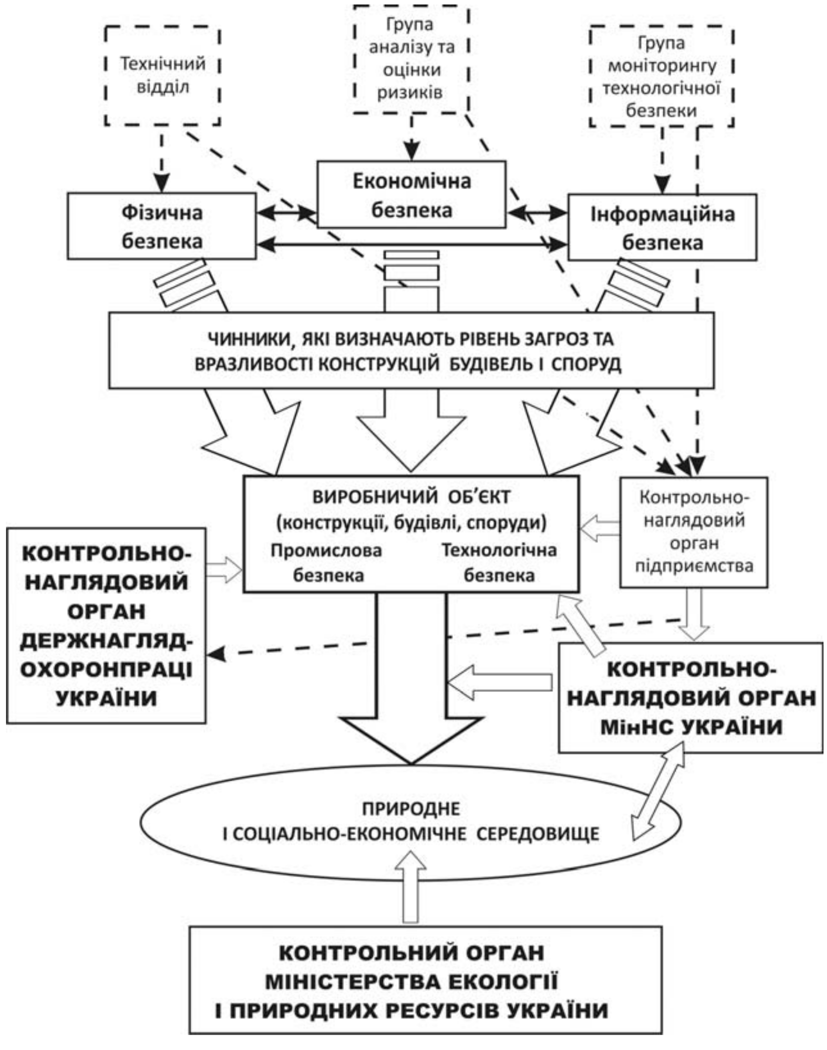

Рис. 1. Структура керування технологічною безпекою на підприємстві.

Fig. 1. Structure of enterprise technological safety control.

У галузі будівництва технологічна безпека пов'язана з регламентацією підходів щодо попередження аварійних ситуацій на основі методів програмно-цільового керування надійністю конструкцій будівель та споруд. Концепція протидії прогресуючому старінню основних фондів заснована на підході до забезпечення технологічної безпеки будівельних об’єктів [3]. Технологічна безпека – важлива структурна складова безпеки підприємства від якої залежить система заходів для підтримки роботоздатності, підвищення експлуатаційних властивостей конструкцій будівель, споруд та інженерних мереж, які повністю або суттєво вичерпали свій нормативний ресурс (рис. 1). Такі об’єкти розглядають як джерела потенційної небезпеки під час модернізації (технічному переоснащенні), реконструкції та продовження терміну експлуатації. За такого підходу корозійна небезпека – це певний стан або ситуація (загроза), коли збільшується вірогідність збитку через корозійний стан або відхилення від нормальної експлуатації – потенційні причини (загрози) небезпеки.

Через відсутність регламентних вимог щодо підтвердження якості протикорозійного захисту, заснованих на критеріях оцінки корозійної небезпеки, важко оцінити, призначити і продовжити ресурс роботи конструкцій, споруд, машин та інженерних мереж у корозивних середовищах.

Аналіз вітчизняних нормативних документів, європейських і міжнародних стандартів підтверджує, що безпека та ремонтопридатність конструкцій пов’язані з розвитком підходів до керування надійністю і якістю на основі ISO 9001:2000. Встановлення вимог і технічних характеристик будівельних об’єктів за результатами експертного діагностування конструкцій сприяє формуванню програм забезпечення надійності (ПЗН) і дає змогу визначити об’єми ремонтно-відновлювальних робіт для підтримки експлуатаційних параметрів.

Науково-технічний супровід та зниження рівня небезпеки діючих об’єктів. Підвищення ефективності заходів для захисту від корозії пов’язано із забезпеченням довговічності виробничих фондів. Для Донецького регіону щорічні прямі витрати на захист від корозії становлять 6,6...7,2 млрд. грн., з яких 1,3... 1,4 млрд. грн. через нераціональне використання засобів і методів захисту від корозії. Важливе значення має практичний досвід з підвищення довговічності на об’єктах провідних галузей економіки України, де зосереджено понад 6,4 млн. т. будівельних металоконструкцій [4–7].

Розглянемо вимоги діючих норм і переваги критерію корозійної небезпеки для обґрунтування вибору протикорозійного захисту.

Діючі норми. Згідно з вимогами СНиП 2.03.11-85* табл. 29 [8] характеристики захисних покривів задають залежно від умов експлуатації (категорії розміщення) конструкцій. Відповідно до ГОСТ 9.039-74 корозійна агресивність атмосфери характеризується зволоженням поверхні матеріалів (далі – зволоження поверхні) і забрудненням повітря корозійно-активними агентами.

Оцінимо агресивність впливів для конструкцій в умовах промислової атмосфери району Донецька під навісом (категорія 2).

Тривалість загального зволоження поверхні конструкцій (τ_{tot} = 3175 g/year) встановлена за тривалостями зволоження поверхні фазовою (τ_{phase} = 2520 g/year) та адсорбційною плівками вологи (τ_{ads} = 1080 g/year), прийнятими згідно з кліматичною зоною міста Донецька.

Для промислової атмосфери (ГОСТ 15150-69, табл. 3.8) кількість корозійноактивних агентів становить:

- двоокису сульфуру SO_2: 20...250 $mg \cdot m^{-2} \cdot days^{-1}$;
- хлоридів: <0,3 $mg \cdot m^{-2} \cdot days^{-1}$.

Згідно з ГОСТ 9.039-74 (табл. 1, додаток 1б) диференційований тип атмосфери має позначення “2б”. В табл. 1а подано значення чинників корозійної агресивності для промислової атмосфери:

- двоокис сульфуру SO_2: 60...110 $mg{\cdot}m^{-2}{\cdot}days^{-1}$;
- хлориди: <0,3 $mg{\cdot}m^{-2}{\cdot}days^{-1}$.

Відповідно до ГОСТ 9.039-74 (табл. 1, додаток 1б) ступінь корозійної агресивності має позначення “4” для конструкцій категорії розміщення “2” за типом атмосфери “2б” помірного клімату (ГОСТ 15150-69).

Ступінь корозійної агресивності “4” визначає інтервальні значення корозійних втрат (A_n) від 500 до 700 $g{\cdot}m^{-2}year^{-1}$ (ГОСТ 9.039-74, табл. 2, додаток 1б), що відповідає середньоагресивним впливам на вуглецеві і низьколеговані сталі за вимогами СНиП 2.03.11-85* (табл. 29) або категорії корозії С5-1 (дуже висока промислова) за стандартом EN ISO 12944.

Згідно з вимогами СНиП 2.03.11-85* (табл. 29), під навісом за наявності малорозчинних солей і пилу для середньоагресивного середовища (втрата маси A_n для низьковуглецевої сталі від 400 до 1200 $g{\cdot}m^{-2}year^{-1}$) необхідно використовувати системи покривів IIa, IIIa-3 $(80)^{5,7}$. Рекомендовані СНиП 2.03.11-85* системи захисних покривів подані в додатку 15 для груп матеріалів покривів II, III (тип в’яжучих – поліуретанові, епоксидні та ін.). СНиП 2.03.11-85* не містить відомостей щодо термінів експлуатації захисних покривів. У рекомендаціях [9] довговічність (T_z, year) систем покривів IIa, IIIa-3 $(80)^{5,7}$ – 3–4 роки.

Науково-технічний супровід за критерієм корозійної небезпеки. За вимогами щодо надійності сталевих конструкцій і їхніх захисних покривів вибирали засоби і методи поновлення протикорозійного захисту, враховуючи коефіцієнт готовності сталевих конструкцій (K_g). Щоб визначити його під час експлуатаційного впливу середовища (A_n), необхідно розрахувати сталеві конструкції за граничними станами на корозійну тривкість і довговічність для обґрунтування заданих техніко-економічних показників ресурсу будівель та споруд [10].

Для моніторингу, оцінки, контролю і визначення характеристик ризиків використовують можливості інформаційно-аналітичних баз даних, склад і функції яких регламентовані положеннями стандартів підприємства або технічних регламентів (документованих процедур) забезпечення якості протикорозійного захисту сталевих конструкцій. Коефіцієнт K_g – по суті комплексний показник ремонтопридатності, що характеризує параметри конструктивних і технологічних заходів первинного та вторинного захисту:

$$K_g = \frac{T_{k\gamma} + T_{z\gamma}}{T_{k\gamma} + nT_{z\gamma}}, \tag{1}$$

де $T_{k\gamma}$, year – термін експлуатації сталевих конструкцій за показником корозійної тривкості (первинний захист); $T_{z\gamma}$, year – розрахунковий термін служби захисних покривів з довірчою імовірністю γ = 0,95 за наслідками пришвидшених випроб; n – кількість ремонтних циклів відновлення протикорозійного захисту за встановленого терміну експлуатації об’єкта.

Ефективність протикорозійного захисту оцінюють за показниками ($T_{k\gamma}$) і ($T_{z\gamma}$) для різних термінів експлуатації конструктивних елементів ($T_{n\gamma}$). Розрахункові коефіцієнти надійності заходів первинного (γ_{zk}) та вторинного захисту (γ_{zn}) встановлюють залежно від ступеня агресивності впливів, способу захисту від корозії та заданого терміну служби ($T_{n\gamma}$) сталевих конструкцій.

Приклад застосування нового підходу. Основні етапи робіт, пов'язані з підвищенням надійності і безпечності експлуатації споруд, розглянуті для сталевих конструкцій ферм моста радіального згущувача прольотом 30,0 m збагачувальної фабрики (рис. 2).

Причини незадовільного експлуатаційного стану об'єкта – низька технологічна дисципліна робіт з виготовлення та монтажу конструкцій, нехтування вимогами нормативно-правових актів, технічних регламентів та проектної документації. Фахівцями Донбаського центру технологічної безпеки розроблено технічні та організаційні заходи щодо зниження рівня небезпеки, проведено планові запобіжні заходи щодо поліпшення умов експлуатації. Роботи з підвищення надійності і безпечності експлуатації виконано на підставі рішення про оновлення конструкцій на ВАТ "Конструкція" та реконструйовано і підсилено конструкції прогінних споруд фахівцями ТОВ "Промбудремонт".

Постійний моніторинг стану будівель та споруд господарського призначення; реалізація планових запобіжних заходів, а також прогнозування та визначення залишкового ресурсу сприяє їх модернізації, реконструкції та продовженню терміну експлуатації, підвищенню ефективності витрат передбачених коштів.

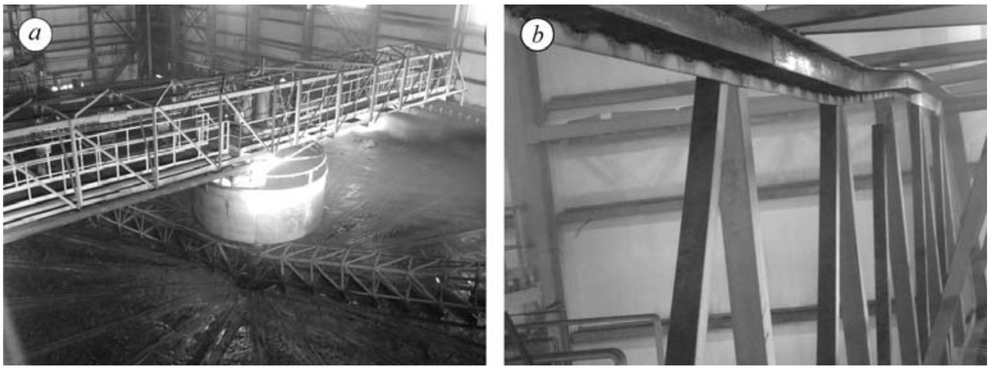

Рис. 2. Конструкції прогінних споруд радіального згущувача:
a – загальний вигляд; *b* – пошкодження сталевих ферм.

Fig. 2. Structure of the radial thickener spans: *a* – general view; *b* – steel girder damage.

Щоб обґрунтувати технічні рішення та способи забезпечення надійної і безпечної експлуатації з урахуванням вимог технологічної безпеки, необхідно встановити допустимий ступінь ризику для контролю технічного стану об'єкта. За результатами моніторингу технічного стану встановили, що за I категорії технічного стану, високої вразливості конструкцій прогінних споруд радіального згущувача (група відповідальності (*R*1)), ризик щодо технологічної безпеки становить 6 балів. Розробивши заходи ПЗН та комплекс ремонтних та відновлювальних робіт, досягнули зниження ризику до 5 балів і забезпечили умови експлуатації згідно з технологічним призначенням об'єкта. Враховуючи корозійний стан, обґрунтували заходи протикорозійного захисту (див. таблицю).

Організаційні заходи ресурсозбереження та захисту від корозії. На сьогодні накопичений позитивний досвід управління технологічною безпекою, науково-технічного супроводу оцінки і продовження ресурсу об'єктів на основі розроблених стандартів підприємств різного призначення, які регламентують вимоги щодо безаварійної експлуатації конструкцій будівель та споруд за вимогами ISO 9001:2000. На підприємстві ПрАТ "Донецьксталь" – металургійний завод" впроваджена система моніторингу для попередження аварійних ситуацій на основі підходів OHSAS 18001:2007 з використанням автоматизованої аналітичної бази даних “Ресурс”.

У системі Мінрегіонбуду України на базі ДонЦТБ ТОВ “Укрінсталькон ім. В. М. Шимановського” створена експериментальна база з контролю якості протикорозійних покривів за вимогами міжнародних стандартів (EN ISO). Обґрунтований порядок розрахунків на корозійну тривкість, довговічність і ремонтопридатність за граничними станами для розроблення регламентних вимог до ресурсу будівельних об’єктів за показниками рівня корозійної небезпеки. Створено систему оцінювання ризику за умови продовження ресурсу сталевих конструкції, яка включає характеристики рівня уразливості та загроз, груп відповідальності об’єктів з технологічної безпеки [11]. Для ухвалення рішення щодо подальшої експлуатації за розрахунковим терміном служби встановлені регламентні процедури діагностики і моніторингу будівельних конструкцій в агресивних середовищах. Для створення єдиного підходу до державної системи підготовки, перепідготовки і атестації фахівців–експертів з технологічної безпеки конструкцій будівель розробляють навчально-методичне забезпечення на базі кафедри “Будівництво, технічна експлуатація і реконструкція” Приазовського державного технічного університету (м. Маріуполь).

Показники якості за результатами контролю засобів первинного та вторинного захисту сталевих конструкцій

<table>
<tr><th rowspan="2">№ за/п</th><th rowspan="2">Найменування елементів, матеріалів конструкцій та система захисного покриву</th><th>Позначення за СНиП 2.03.11-85*</th><th rowspan="2">Показник, B_{oz}</th><th rowspan="2">Характеристика агресивності режиму експлуатації, A_n, g/(m²·year)</th><th rowspan="2">Терміни експлуатації конструкцій, покривів $T_{n\gamma}$ / $T_{z\gamma}$, years</th><th rowspan="2">Коефіцієнт готовності, K_g</th><th rowspan="2">Коефіцієнт надійності, γ_{zn} /γ_{zk}</th></tr>
<tr><th>Підготовка поверхні</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>Марка Ф1, I 30 ВСт3сп5, ЦВЕС № 1</td><td rowspan="4">IIIa-3(80)
PSt2</td><td rowspan="4">4,3</td><td rowspan="4">1050</td><td rowspan="4">50/15,5</td><td>0,65</td><td>0,93/0,95</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>Марка Ф-1, I 24 ВСт3сп5, ЦВЕС № 1</td><td>0,6</td><td>0,93/0,91</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>Марка Б1, I 20 ВСт3сп5</td><td>0,55</td><td>0,93/0,88</td></tr>
<tr><td>4.</td><td>Марка Б3, –220×10, –220×8, 09Г2С, ЦВЕС № 1</td><td>0,55</td><td>0,93/0,90</td></tr>
</table>

На практиці підтверджено, щоб раціонально вибрати термін експлуатації конструкцій і їх захисних покривів, необхідно розробити інформаційно-аналітичні системи: бази даних класифікаційних ознак складу та інтенсивності агресивних впливів, що дають змогу оцінювати показники корозійної тривкості конструкцій для однорідних зон експлуатації промислових підприємств; розрахункові комплекси для діагностики і моніторингу корозійних пошкоджень, оцінки їх впливу на несучу здатність і залишковий ресурс роботи об’єктів інфраструктури і виробничих фондів; бази даних сертифікаційних випробувань й оцінки експлуатаційних властивостей первинного і вторинного захисту будівельних об'єктів. Щоб розв'язати проблеми захисту від корозії, слід у галузі стандартизації оновити та розробити нормативні вимоги щодо визначення показників якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій за рівнем корозійної небезпеки.

ВИСНОВКИ

Практичний досвід реалізації заходів технологічної безпеки на підприємствах промисловості Донбасу дає змогу сформулювати такі основні етапи розвитку організаційно-нормативного забезпечення ресурсозбереження та захисту від корозії: встановлення контрольних функцій державних органів для об'єктів інфраструктури і виробничих фондів за рівнями корозійної небезпеки в галузі забезпечення якості протикорозійного захисту конструкцій будівель та споруд; перекладання наглядових функцій на власника – добровільне підтвердження (декларація відповідності) якості будівельних об'єктів і технологічної безпеки виробничих фондів на основі загальноприйнятих підходів управління якістю за стандартами EN ISO; побудова системи територіальних (корпоративних) нормативних документів у вигляді технічних регламентів з технологічної безпеки і застосування розроблених власником на добровільній основі стандартів підприємств і документованих процедур з технічного обслуговування конструкцій будівель і споруд за фактичним станом з урахуванням встановлених рівнів корозійної небезпеки; регулювання якості протикорозійного захисту конструкцій і споруд на основі створеного інноваційно-інвестиційного механізму регулювання ринку матеріалів і технологій за критерієм корозійної небезпеки, розрахунково-експериментального обґрунтування заходів первинного і вторинного захисту з використанням методів підтвердження відповідності показників корозійної тривкості та довговічності.

РЕЗЮМЕ. Обоснован рациональный выбор мер защиты от коррозии на стадии проектирования. Показана необходимость оценки показателей надежности по предельным состояниям с учетом требований коррозионной стойкости, долговечности и ремонтопригодности. С помощью разработанного подхода проанализирована коррозионная опасность как состояние или ситуацию (угрозу), при которых увеличивается вероятность наступления ущерба. По критерию коррозионной опасности можно экономически обосновать требования к выбору расчетных характеристик первичной и вторичной защиты. Оценены затраты и возможные риски по расчетным моделям технического обслуживания и ремонтов объектов различного назначения.

SUMMARY. Justification of corrosion protection measures at the design stage are considered. The necessity of reliability estimation according to limiting states taking into account the requirements of corrosion resistance, durability and maintainability is shown. The developed concept allows to estimate the corrosion risk as the conditions or the situations (threats) increasing the probability of damages. Application of the corrosion risk criterion gives an opportunity to make the economic justification of the requirements to the choice of primary and secondary protection design characteristics. The alternative analysis includes the estimation of the reduced costs and the possible risks of the specified design models for different purposes.

1. *Антикоррозионная* служба предприятий: Справ. изд. / И. А. Степанов, Н. Я. Савельева, О. Л. Фиговский и др. – М.: Металлургия, 1987. – 240 с.

2. *Кондратьев С. Ю*. Особенности системы обеспечения комплексной безопасности техногенных объектов // Системы безопасности. – 2006. – №3. – С. 19–23.
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. *Защита* металлических и железобетонных строительных конструкций от коррозии // VI Всесоюзн. научн.-техн. конф.: Тез. докл. (4–6 сент. 1978). – Донецк, 1978. – 96 с.
5. *Коррозия* и защита строительных конструкций производственных зданий и сооружений // VIII Всесоюзн. научн.-практ. конф.: Тез. докл. (15–17 мая 1990). – Донецк-Макеевка. – Донецк, 1990. – 124 с.
6. *Захист* від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж // Матеріали наук.-практ. конф. (Донецьк, 9–12 червня 2003 р.). – Донецьк: УАМК, 2003. – 248 с.
7. *Донбас-Ресурс 2011*. Якість і безпека у будівництві: Тези доповідей конференції. – К.: Сталь. – 116 с.
8. *СНиП 2.03.11-85**. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
9. *Рекомендации* по проектированию защиты от коррозии строительных металлических конструкций. – М.: ЦНИИпроектстальконструкция им. Мельникова, 1988. – С. 166.
10. *Korolov V., Vysotskyy Y., and Ryzhenkov A.* Monitoring of steel structure corrosion state // EUROCORR-2007: The European Corrosion congress. Book Of Abstracts. – Freiburg im Breisgau, Germany, 2007. – P. 276.
11. *Оцінка* та управління ризиками корозійної небезпеки за даними моніторингу стану протикорозійного захисту конструкцій будівель та споруд / В. Корольов, О. Гібаленко, П. Корольов, В. Суярко // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2010. – Спец. вип. № 8, Т. 2. – С. 575–580.

Одержано 17.03.2012