

УДК 624.014:620.193

РОзрахунковий метод підтвердження відповідності металевих конструкцій за рівнем корозійної небезпеки

д.т.н., проф. В.П. Корольов*, к.т.н. Ю.В. Філатов**, Н.Г. Магунова***

*Приазовський державний технічний університет, **ПрАТ «Донецьксталь» – металургійний завод», м. Донецьк, ***Донбаський центр технологічної безпеки ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М.Шимановського», м. Макіївка

1. Вступ

На сьогодні в Україні загострення проблеми підтримання у належному технічному стані споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж в екологічно небезпечних середовищах підвищує ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та становить загрозу при реалізації програми інноваційно-сталого розвитку регіонів. В Рішенні «Про стан захисту металових технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 13 жовтня 2009 р. визнано критичними наслідки корозійного руйнування основних фондів у провідних галузях економіки. За даними Європейської асоціації корозіюстів, корозія не тільки викликає збиток, який оцінюється як 2000 млрд. доларів, але й утворює загрози для безпеки промислово розвинутих країн. Приймаючи до уваги значимість проблеми, при проведенні міжнародного конгресу «EUROCORR 2012» (м. Стамбул, Туреччина, 9 – 13 вересня 2012 р.) було визначено основний девіз, що об'єднує тематичну спрямованість досліджень, сформульований як «Безпечний світ на основі покращення протикорозійного захисту».

Метою статті є узагальнення питань методичного обґрунтування показників надійності будівельних металоконструкцій для підтвердження відповідності заходів захисту від корозії встановленому рівню корозійної небезпеки.

Показники якості заходів захисту від корозії повинні враховувати функціональне призначення конструктивних елементів, безпеку, екологічність, живучість, інші складові надійності конструкцій. Система протикорозійного захисту конструкцій призначається на методичній основі ДСТУ ISO 9001, що дозволяє забезпечити якість матеріалів, виробів і конструкцій, скоротити корозійні втрати, використовувати ефективні протикорозійні технології, здійснювати контроль експлуатаційних властивостей об'єктів на підставі методів діагностики та корозійного моніторингу.

Інноваційні і інвестиційні ризики підприємств, пов'язані з використанням матеріалів і технологій протикорозійного захисту, залежать від вірогідності прояву несприятливих подій і ступеня захищеності будівельних об'єктів. Для забезпечення безпеки конструкцій і споруд важливе значення має організаційно-економічна і виробничо-технологічна діяльність основного

виробництва. Тому поставки матеріалів і послуг у галузі захисту від корозії — це складна логістична система з високим рівнем відповідальності кожного учасника процесу, кінцевою метою якої є оптимізація витрат на підтримку працездатності об'єкту за фактичним станом відповідно до встановлених нормативних, технологічних та експлуатаційних вимог.

Нормативна база в Україні розвивається з використанням досвіду Європейського Союзу [1]. Постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764 затверджено Технічний регламент будівельних виробів, будівель та споруд, який розроблено з урахуванням вимог Директиви Ради Європи від 21.12.1988 р. про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав – членів Ради ЄС стосовно будівельних виробів.

ДБН В.1.2-9-2008 [2] визначає роботу будівельного виробу, як вплив прикладеної дії або передбачених умов експлуатації на встановлений рівень технічних характеристик об'єкту. Підтвердження основних вимог щодо механічного опору та стійкості будівельних об'єктів [3,4] ґрунтується на концепції граничних станів із використанням моделей для розрахунку характеристик із відповідним діапазоном рівня механічного опору та стійкості сталевих конструкцій та їх захисних покриттів, які функціонують в агресивному середовищі.

Провідною концепцією на основі якої вирішується задача контролю якості протикорозійного захисту конструкцій, є системність визначення деградаційних процесів при розробці програми забезпечення надійності будівельних металоконструкцій будівель та споруд. Практична реалізація цього підходу пов'язана з удосконалюванням національної нормативної бази, реалізацією принципів, що дозволяють враховувати діючі вимоги [5, 6] на основі комплексного розгляду питань безпечної експлуатації будівельних об'єктів у корозійних середовищах.

2. Формування показників інформаційної системи «Навантаження-Конструкція-Середовище».

Розгляд деградаційних процесів, що протікають при дії агресивних середовищ з різним ступенем ітенсивності впливів, а також необхідність розрахункового визначення сукупності показників, що характеризують надійність сталевих конструкцій, визначили вимоги комплексного підходу до моделювання показників корозійної стійкості та довговічності засобів первинного та вторинного захисту [7,8]. Послідовність етапів оцінки довговічності при заданні рівня корозійної небезпеки з урахуванням технічного обслуговування конструкцій за фактичним станом представлена на рис. 1.

Методологічною основою для обґрунтування довговічності сталевих конструкцій та їх захисних покриттів при діях агресивних середовищ є системний аналіз експлуатаційних характеристик конструкцій, розрахунково-експериментальна оцінка коефіцієнтів надійності первинного (γ_k) та вторинного (γ_{zn}) захисту за умов, що визначають розрахункові вимоги до граничних станів.

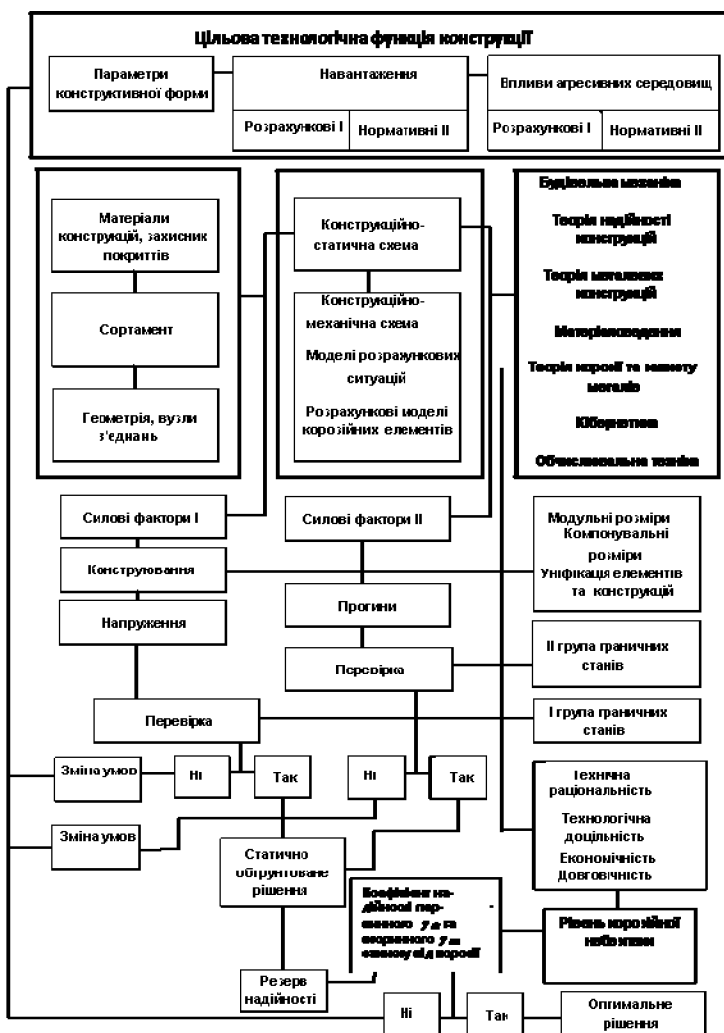


Рис.1. Система показників цільової технологічної функції сталевих конструкцій «Навантаження – Конструкція - Середовище».

Методичний підхід до визначення нормативних і розрахункових характеристик гарантованої довговічності заснован на урахуванні екстремальних значень найбільш невідповідних поєднань агресивних впливів, даних діагностики

і моніторингу ознак корозійної небезпеки (рис.2). Врахування небезпеки корозійного руйнування виконується на основі критеріїв методів імовірності при роздільному розгляді навантажень, дій і несучої здатності конструктивних елементів. Структурна схема показників надійності задається при описі розрахункової ситуації корозійного стану сталевих конструкцій та їх захисних покриттів для встановленого терміну служби об'єкту.

На рис. 2: A – розрахункове значення річних корозійних втрат; A_k – реакція опору поверхневого руйнуванню однорідного конструктивного елементу, $\text{г/м}^2\text{рік}$; $A(L, G, S, T, R)$ – характеристичні параметри дій, що викликають погіршення властивостей будівельного матеріалу в конструкції; F_1 , F_2 – силові чинники напружено-деформованого стану елементу: 1 – поверхня конструктивного елементу з ознаками корозійних руйнувань первинного захисту; 2 – поверхня з ознаками обмеження або виключення дії середовища при вторинному захисті.

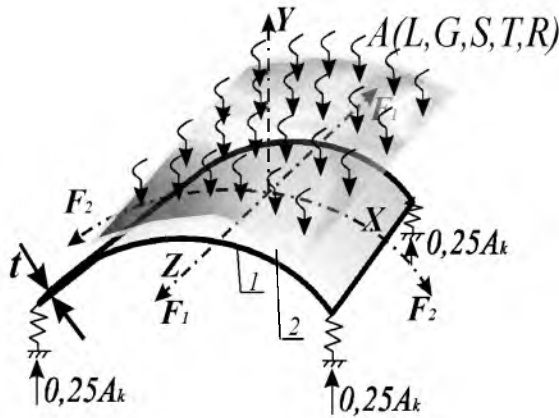


Рис. 2. Розрахункова схема характеристичних параметрів впливів режиму експлуатації корозійної системи «Навантаження-Конструкція-Середовище».

3. Розрахункове підтвердження відповідності якості протикорозійного захисту сталевих конструкцій

Необхідність проведення оцінювання чи контролю відповідності якості на різних стадіях циклу існування конструкцій та їх захисних покриттів визначено вимогами норм ДСТУ Б В.2.6-193:2013 «Конструкції будівель і споруд. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування» за показниками, наведеними в завданні на проектування або технічному паспорті будівельного об'єкту.

Проектна оцінка заходів протикорозійного захисту, яка одержана на початку проектування враховує тільки властивості матеріалів за вимогами норм [5, 6], є орієнтовною і використовується тільки для визначення принципової можливості вибору груп покриттів. Підтвердження відповідності заходів первинного та вторинного захисту від корозії рівню корозійної небезпеки

здійснюється розрахунково-експериментальним методом. Під час вибору розрахункових ситуацій потрібно використовувати консервативний підхід, який полягає в тому, що для параметрів і характеристик протикорозійного захисту приймають значення і границі, які призводять до найбільш несприятливих результатів [9].

Розрахунок на корозійну стійкість пов'язаний з урахуванням заходів первинного та вторинного захисту на основі ознак граничних станів першої та другої групи. Розрахунок показників корозійної стійкості, ремонтпридатності та довговічності виконується за розрахунковими схемами та даними таблиць відомості елементів креслень КМ. Розрахункові залежності для обґрунтування конструктивних рішень первинного та вторинного захисту на стадії КМД мають вигляд:

для граничних станів першої групи:

$$N/\gamma_{zk} \leq \Phi; \quad (1)$$

$$\gamma_{zk} = 1 - AT_{zk}^c / mt. \quad (2)$$

для граничних станів другої групи:

$$F_e = \left(\frac{\Gamma}{\gamma_{zf}} - \frac{\Gamma/\gamma_{zk} + 1/\Gamma}{2} \right)^2; \quad (3)$$

$$T_{zy} \geq \gamma_{zn} T_z; \quad (4)$$

$$T_{my} \geq \gamma_{zn} T_m. \quad (5)$$

де: Φ – граничне зусилля, яке може сприйняти елемент, що розраховується; N – найбільше розрахункове зусилля в конструктивному елементі; Γ – відношення резерву надійності; γ_{zk} – коефіцієнт надійності протикорозійного захисту, що встановлюється при обґрунтуванні методів первинного захисту; γ_{zn} – коефіцієнт надійності вторинного захисту; A – розрахункове значення річних корозійних втрат, г/(м² рік); T_{zk} – призначений термін служби первинного захисту, (рік); c – коефіцієнт кінетики корозійного зносу, що приймається з урахуванням групи корозійної стійкості сталі; $m=7,85 \cdot 10^4$ – перевідний коефіцієнт корозійних втрат, (г/см³); δ – приведена товщина перетину елемента, (см); F_e – показник якості експлуатації, що враховує стан первинного та вторинного протикорозійного захисту при експлуатації; T_z – нормативний термін служби захисних покриттів за даними сертифікаційних випробувань; T_m – нормативний термін служби захисних металевих покриттів; T_{zy} (T_{my}) – гарантований термін служби захисних (металевих) покриттів з довірчою ймовірністю $\gamma=0,95$.

Метою прискорених корозійних випробувань (ПКВ) є розрахункова оцінка показника T_{zy} для різних систем захисних покриттів з використанням залежності (6). Суть методу прискорених випробувань ГОСТ 9.401-91 «ЄСЗКС. Покриття лакофарбні. Загальні вимоги і методи прискорених випробувань на стійкість до дії кліматичних чинників» полягає в дії на зразки із захисними покриттями штучно створюваних умов, що імітують дії корозійно-активних компонентів середовища. Послідовність виконання випробувань регламентована вимогами стандарту EN ISO 12944. Випробування фізико-механічних і захисних властивостей виконувалися на стандартних зразках. Оцінка захисних властивостей покриттів зроблена за вимогами ГОСТ 9.407-84.

Обґрунтування терміну служби сталевих конструкцій і їх захисних покриттів пропонується виконувати згідно з розробленою методикою з урахуванням коефіцієнта готовності сталевих конструкцій (K_g). Задача визначення коефіцієнта готовності при діях агресивних середовищ (A_n , г/м²рік) сформульована як розрахунок сталевих конструкцій за граничними станами на корозійну стійкість і довговічність за наслідками прискорених корозійних випробувань захисних покриттів. Коефіцієнт готовності сталевих конструкцій (K_g) по суті є комплексним показником ремонтпридатності, що характеризує параметри конструктивних і технологічних заходів первинного та вторинного захисту:

$$K_g = \frac{T_{ky} + T_{zy}}{T_{ky} + nT_{zy}}; \quad (6)$$

де T_{ky} - термін служби (рік) сталевих конструкцій за показником корозійної стійкості (первинний захист); T_{zy} – розрахунковий термін служби (рік) захисних покриттів з довірчою ймовірністю $\gamma=0,95$ за наслідками прискорених випробувань; n – кількість ремонтних циклів відновлення протикорозійного захисту при встановленому терміні служби об'єкту.

Експериментальне оцінювання (контроль) якості експлуатації (F_e) допускається проводити шляхом збирання та оброблення статистичних даних при обстеженні корозійного стану конструкцій і споруд. Проведення оцінювання чи контроль захисний покриттів упродовж експлуатації виконується відповідно до вимог програми забезпечення надійності (ПЗН), які містять показники подовження ресурсу будівельних об'єктів та заходи ремонтних та відновлюваних робіт.

4. Висновки

1. Систематизовані інформаційно-аналітичні показники, які дозволяють використовувати комп'ютерно-інтегровані технології моделювання роботи сталевих конструкцій і їхніх захисних покриттів при дії агресивних се-

редовиц для визначення якості протикорозійного захисту за рівнем корозійної небезпеки.

2. На основі нормативних документів щодо вимог безпеки, механічного опору та стійкості сталевих конструкцій і їхніх захисних покриттів визначений порядок розрахунків на корозійну стійкість, довговічність і ремонтпридатність за граничними станами відповідно до положень ДСТУ Б В.2.6-193:2013 «Конструкції будівель і споруд. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування».
3. Сформульовані умови підтвердження відповідності гарантованих показників довговічності вимогам типової моделі експлуатації та технічного обслуговування за фактичним станом. Запропонована розрахункова модель коефіцієнта готовності сталевих конструкцій за параметрами конструктивних і технологічних заходів протикорозійного захисту.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Д.В. Барзилович. Технічне регулювання – фактор забезпечення реалізації державної політики у будівництві./ Промислове будівництво та інженерні споруди, № 3, 2011. – с. 2-6.
2. ДБН В.1.2-9-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель та споруд. Безпека експлуатації. – Мінрегіон України. – 21 с.
3. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель та споруд. Механічний опір та стійкість. – Мінрегіон України. – 15 с.
4. ДБН В.1.2-14-2008. Загальні принципи забезпечення надійності та безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ». – Мінрегіон України. – 30 с.
5. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии./ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.-48 с.
6. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии./ Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 32с.
7. Проектирование металлических конструкций: Спец. курс./ Учеб. пособие для вузов.// В.В.Бирюлев, И.И.Копин, И.И.Крылов, А.В.Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.
8. Королев В.П. Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность. // Научные труды ДГАСА. Вып. 1-95.-Макеевка: 1995. – 108 с.
9. Булесв І.П., Коновалов О.Ф., Корольов В.П. Нормативно-правове забезпечення технічного стану будівельних об'єктів за рівнем корозійної небезпеки./ Промислове будівництво та інженерні споруди, №3 2011, с. 25-29.