

620.197
P65



Л. І. НИРКОВА, С. О. ОСАДЧУК,
С. Л. МЕЛЬНИЧУК, А. О. РИБАКОВ

**РОЗРОБЛЕННЯ
МЕТОДИКИ
МОНІТОРИНГУ ЗАХИСТУ
МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВІД
АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ
НА ОБ'ЄКТАХ
ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є. О. ПАТОНА

Л. І. НИРКОВА, С. О. ОСАДЧУК,
С. Л. МЕЛЬНИЧУК, А. О. РИБАКОВ

**РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ
МОНІТОРИНГУ ЗАХИСТУ
МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ
ВІД АТМОСФЕРНОЇ
КОРОЗІЇ НА ОБ'ЄКТАХ
ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

проект
«НАУКОВА КНИГА»

КИЇВ НАУКОВА ДУМКА 2020

УДК 620.197.2

У монографії викладено результати досліджень особливостей корозійних процесів в атмосферних умовах за зміни відносної вологості від 100 до 75 %. Запропоновано методичний підхід до розроблення коповерхневих давачів поляризаційного опору та методику моніторингу захисту від атмосферної корозії металоконструкції в замкнутих об'ємах. Наведено оригінальні методи, розроблені авторами, для дослідження атмосферної корозії.

Для фахівців у галузі моніторингу та експлуатації сталевих конструкцій в атмосферних умовах, зокрема в замкнутих об'ємах; книга буде корисною під час створення сучасних засобів моніторингу у реальному часі для середовищ низької корозивності.

Рецензенти:

член-кореспондент НАН України *В. І. Похмурський*,
доктор хімічних наук, професор *О. О. Андрійко*

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інституту електрозварювання ім. С. О. Патона НАН України
(протокол № 4 від 23.11.2018 р.)*

***Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми
«Створення та розвиток науково-видавничого комплексу НАН України»***

Науково-видавничий відділ фізико-математичної
та технічної літератури
Редактор *В. В. Вероцька*

© Л. І. Ниркова, С. О. Осадчук,
С. Л. Мельничук, А. О. Рибаків, 2020
© НВП «Видавництво “Наукова думка”
НАН України», дизайн, 2020

ISBN 978-966-00-1723-8

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розділ 1. РОЗВИТОК І СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК У СФЕРІ МОНІТОРИНГУ ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЯ ВІД АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ	5
1.1. Класифікація корозійних процесів в атмосфері	5
1.2. Чинники з визначення швидкості атмосферної корозії.....	6
1.3. Механізм атмосферної корозії.....	10
1.4. Дифузія кисню в умовах природної конвекції.....	10
1.5. Конвективна дифузія кисню в умовах випаровування	12
1.6. Поведінка заліза під тонкими шарами електролітів	14
1.7. Методики дослідження атмосферної корозії з урахуванням кліматичних особливостей.....	17
1.8. Методологія та сучасні засоби дослідження атмосферної корозії.....	22
1.8.1. Загальні відомості про давачі атмосферної корозії	22
1.8.2. Давачі резистивного типу.....	22
1.8.3. Давачі поляризаційного опору.....	24
1.8.4. Давачі для гальванічного моніторингу.....	27
1.9. Безпроводні технології у сфері моніторингу корозії	27
Розділ 2.. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ.....	33
2.1. Оцінювання товщини вологої плівки за різної відносної вологості повітря та температури.....	33
2.2. Дослідження умов формування плівки вологи	36
2.2.1. Вплив кута нахилу поверхні зразків на швидкість атмосферної корозії та характер корозійних пошкоджень.....	36
2.2.2. Вплив відносної вологості повітря за кімнатної температури на корозію сталі	37
2.2.3. Вплив фазових та адсорбційних плівок вологи на корозію сталі.....	38
Розділ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ДАВАЧІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАХИСТУ ВІД АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ	41
3.1. Розвиток теоретичних засад методу поляризаційного опору для моніторингу в тонких плівках	41
3.2. Методологія розроблення конструкцій електрохімічних давачів для моніторингу захисту металоконструкцій від атмосферної корозії	47
3.2.1. Виготовлення коповерхневих давачів для вимірювання швидкості корозії методом поляризаційного опору	47

Зміст

3.2.2. Перевірка чутливості однопарного давача (модель № 1)	53
3.2.3. Розроблення однопарного давача (модель № 2) та перевірка його чутливості.....	55
3.2.4. Розроблення двопарного давача (модель № 3) та перевірка його чутливості	58
3.2.5. Розроблення чотирипарного давача (модель № 4), перевірка його чутливості та встановлення оптимальної кількості електродних пар давача	59
3.2.6. Перевірка чутливості чотирипарного давача (модель № 4) за зниження вологості до критичних значень	66
Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ МЕТОДОМ ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО ОПОРУ.....	69
4.1. Вплив температури основи чотирипарного давача на його чутливість за різних температур і вологості повітря	69
4.2. Дослідження чутливості чотирипарних давачів за різних температур повітря в щілинах різної висоти.....	74
4.3. Дослідження чутливості чотирипарних давачів під захисним покривом	77
4.4. Дослідження чутливості чотирипарних давачів швидкості корозії у виробничих умовах.....	78
Розділ 5. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ МОНІТОРИНГУ ЗАХИСТУ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ВІД АТМОСФЕРНОЇ КОРОЗІЇ.....	83
5.1. Розроблення макета вимірювального блока для моніторингу захисту металоконструкцій від атмосферної корозії за зменшення відносної вологості повітря та регулювання температурного режиму	84
5.2. Методологія моніторингу захисту металоконструкцій від атмосферної корозії за різних значень відносної вологості та температури навколишнього середовища, а також температури металевої конструкції	85
5.3. Алгоритм вимірювання швидкості атмосферної корозії за допомогою електрохімічних давачів за різних значень відносної вологості та температури.....	88
5.4. Розроблення методики моніторингу захисту металоконструкцій від атмосферної корозії шляхом визначення швидкості корозії в атмосферних умовах.....	90
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	96
ДОДАТКИ	103
<i>Додаток А.</i> Методика моніторингу захисту металоконструкцій від атмосферної корозії на об'єктах тривалої експлуатації.....	104
<i>Додаток Б.</i> Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу розроблення давача швидкості атмосферної корозії (проект).....	128

CONTENTS

INTRODUCTION.....	3
Chapter 1. PROGRESS AND STATE-OF-THE-ART OF DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF MONITORING METAL STRUCTURES PROTECTION FROM ATMOSPHERIC CORROSION	5
1.1. Classification of corrosion processes occurring in the atmosphere	5
1.2. Factors determining the rate of atmospheric corrosion	6
1.3. Mechanism of atmospheric corrosion	10
1.4. Oxygen diffusion under the conditions of natural convection	10
1.5. Convective oxygen diffusion under the conditions of evaporation	12
1.6. Behavior of iron under thin layers of electrolytes	14
1.7. Review of procedures as to studying atmospheric corrosion with account for climatic features	17
1.8. Methodology and modern means of studying atmospheric corrosion	22
1.8.1. General information on atmospheric corrosion sensors	22
1.8.2. Sensors of resistive type.....	22
1.8.3. Polarization resistance sensors.....	24
1.8.4. Sensors for galvanic monitoring	27
1.9. Review of wireless technologies in the field of corrosion monitoring.....	27
Chapter 2. STUDY OF ATMOSPHERIC CORROSION FEATURES.....	33
2.1. Estimation of wet film thickness at different relative humidity and temperature	33
2.2. Investigation of conditions for moisture film formation.....	36
2.2.1. Influence of inclination angle of samples surface on the rate of atmospheric corrosion and nature of corrosion damages	36
2.2.2. Influence of relative humidity at a room temperature on corrosion of steel.....	37
2.2.3. Influence of phase and adsorption moisture films on corrosion of steel	38
Chapter 3. DEVELOPMENT OF ELECTROCHEMICAL SENSORS FOR MONITORING ATMOSPHERIC CORROSION OF METAL STRUCTURES.....	41
3.1. Development of theoretical fundamentals of polarization resistance method for monitoring in thin films	41
3.2. Methodology for designing electrochemical sensors for monitoring metal structures protection from atmospheric corrosion	47
3.2.1. Manufacture of cosurface sensors for measuring the corrosion rate by using the method of polarization resistance	47

Contents

3.2.2. Checking sensitivity of a single-pair sensor (model No. 1)	53
3.2.3. Designing of a single-pair sensor (model No. 2) and checking its sensitivity	55
3.2.4. Designing of a double-pair sensor (model No. 3) and checking its sensitivity	58
3.2.5. Designing of a four-pair sensor (model No. 4), checking its sensitivity and establishing the optimal number of sensor electrode pairs	59
3.2.6. Checking the sensitivity of a four-pair sensor (model No. 4) while re- ducing humidity to the values close to critical	66
Chapter 4. STUDY OF ATMOSPHERIC CORROSION BY USING THE METHOD OF POLARI- ZATION RESISTANCE.....	69
4.1. Influence of temperature of the four-pair sensor base on its sensitivity at different temperatures and humidity.....	69
4.2. Investigation of sensitivity of four-pair sensors at different air tempera- tures in the slits of different heights	74
4.3. Investigation of sensitivity of four-pair sensors under protective cover	77
4.4. Investigation of sensitivity of four-pair sensors to the corrosion rate un- der the production conditions	78
Chapter 5. DEVELOPMENT OF METHODS FOR MONITORING METAL STRUCTURES PROTECTION FROM ATMOSPHERIC CORROSION.....	83
5.1. Designing a model of measuring unit for monitoring metal structures protection from atmospheric corrosion while reducing relative humidity and regulating temperature conditions	84
5.2. Methodology for monitoring metal structures protection from atmos- pheric corrosion at different values of relative humidity and temperature, and temperature of metal structure	85
5.3. Algorithm for measuring atmospheric corrosion rate by electrochemical sensors at different values of relative humidity and temperature	88
5.4. Development of methodology for monitoring metal structures protection from atmospheric corrosion by determining corrosion rate in atmospheric conditions	90
CONCLUSIONS	93
REFERENCES	96
APPENDICES	103
<i>Appendix A.</i> Procedure for monitoring metal structures protection from at- mospheric corrosion at facilities of long-term operation	104
<i>Appendix B.</i> Technical assignment for research and development work on designing atmospheric corrosion rate sensor	128