

УДК 539.422.2

Р. І. Розум*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7812-8248>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

А. О. Вітровий

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2885-3745>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

М. Я. Шпінталь

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9864-7050>

Кафедра комп'ютерних наук

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

А. Є. Буяк

к.е.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3756-6687>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

П. В. Попович

д.т.н., професор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5516-852X>

Кафедра транспорту і логістики

Західноукраїнський національний університет, вул. Львівська, 11, Тернопіль, Україна, 46009

*автор-кореспондент, e-mail: rozoom_ruslan@ukr.net

Вплив зовнішнього середовища на міцність і довговічність будівельних металокопструкцій та несучих елементів будівельної техніки

Цитувати як:

Розум, Р. І., Вітровий, А. О., Шпінталь, М. Я., Буяк, А. Є., Попович, П. В. (2025). Вплив зовнішнього середовища на міцність і довговічність будівельних металокопструкцій та несучих елементів будівельної техніки. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 358-366. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-30](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-30)

© 2025, Розум Р. І., Вітровий А. О., Шпінталь М. Я., Буяк А. Є., Попович П. В.

У статті розглянуто вплив корозійно-агресивних чинників зовнішнього середовища, а саме різних типів ґрунтів, на міцність і довговічність будівельних металокопструкцій та несучих металевих елементів будівельної техніки. Відмічено, що комплексна дія температурних коливань, вологості, хімічно-активних компонентів та динамічних навантажень зумовлює поступове зниження міцності металів, наслідком чого є розвиток корозійно-втомних тріщин. Досліджено закономірності швидкості протікання корозії при умові контакту металевих елементів із різними типами ґрунтів, що відрізняються по складу, структурі, вологості та ступеню аерації. В процесі дослідження використано комплекс експериментальних методів, до яких відносяться: ваговий, потенціометричний та мікроскопічний аналіз, які дозволили провести оцінку швидкості протікання корозії, електрохімічну активність середовища, а також

характер пошкоджуваності металевих зразків. На основі одержаних результатів проведено класифікацію типів ґрунтів по рівню їх корозійної активності, що дозволило встановити найбільш агресивні їх типи (болотисті, торф'яні, мулові та глинисті ґрунти), а також ґрунти із мінімальним корозійним впливом (піщані та вапнякові). Одержані результати свідчать, що правильна та своєчасна оцінка величини корозійної активності ґрунтів це один із основних чинників, який визначає довговічність експлуатації будівельних металоконструкцій і металевих елементів будівельної техніки. Встановлення рівня агресивності ґрунтового середовища дозволяє не тільки робити прогноз швидкості протікання корозійних процесів, а також обґрунтовано робити вибір конструкційних матеріалів, способів їх захисту та типів покриття, що дозволить забезпечити довготривалу стійкість до впливу зовнішнього середовища. Таким чином, використання системного підходу до оцінки корозійної активності ґрунтів є важливим елементом інженерного проектування та технічного обслуговування будівельних об'єктів і будівельної техніки. Що, в свою чергу, забезпечує підвищення надійності, зниження ризиків аварійних ситуацій і тривале подовження терміну безпечної експлуатації будівельних металоконструкцій і будівельної техніки.

Ключові слова: будівельні металоконструкції, будівельна техніка, корозія металу, ґрунтова корозія, корозійна активність ґрунтів, міцність, довговічність.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Будівельні металоконструкції та несучі металеві елементи будівельної техніки піддаються впливу великої кількості зовнішніх чинників. До них відносяться температурні коливання, перепади вологості, вплив корозійно-активних складових, а також дії динамічних навантажень. Усі перелічені чинники як окремо так і в поєднанні зумовлюють поступове зниження міцності та довговічності металевих елементів будівельних конструкцій та будівельної техніки. До найбільш руйнівних відноситься дія корозійно-агресивних середовищ, що зумовлюють пришвидшення деградації матеріалів несучих елементів, а отже скорочують їх залишковий ресурс [1 – 10].

Відомим є той факт, що ріст корозійно-втомних тріщин проходить значно швидше ніж ріст звичайних втомних тріщин [1, 2, 8, 9]. Це зумовлено поєднанням дії механічних та хімічних чинників, що зумовлює замкненість циклу «корозія – тріщиноутворення – корозія», чим прискорюється деградація матеріалу.

З огляду на вищесказане, в процесі дослідження міцності та довговічності будівельних металоконструкцій і несучих металевих елементів будівельної техніки необхідно проводити врахування впливу корозійно-активних складових зовнішнього середовища не тільки на загальну швидкість поширення корозії, а також на розвиток і поширення втомних процесів у матеріалі. Особливу увагу необхідно приділяти зонам

зварних з'єднань, стиків металевих елементів та місць у яких відбувається накопичення вологи [7 – 9].

Не дивлячись на велику кількість досліджень у сфері проблем корозії, є необхідність подальшого вивчення впливу корозійно-агресивного середовища на процеси зародження та подальшого розвитку корозійно-втомних тріщин у будівельних металоконструкціях та несучих металевих елементах будівельної техніки.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз впливу корозійно-агресивних чинників зовнішнього середовища, перш за все різних типів ґрунтів, на міцність і довговічність будівельних металоконструкцій та несучих металевих елементів будівельної техніки.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних завдань: провести аналіз наукових джерел, присвячених проблематиці корозії металів та впливу зовнішніх чинників на процеси деградації матеріалів; дослідити вплив різних типів ґрунту на протікання корозійних процесів.

Матеріали та методи

Методикою досліджень передбачено використання зразків сталей, які найбільш часто застосовуються у будівельних конструкціях і будівельній техніці – низьковуглецеві та низьколеговані сталі марок Ст3, 09Г2С та 10ХСНД, що відрізняються по хімічному складу та механічних характеристиках, а також володіють різним рівнем стійкості до корозії.

Дослідження виконувалися в умовах, максимально наближених до реальних умов експлуатації будівельних металоконструкцій і будівельної техніки. Зразки піддавалися впливу різних типів ґрунтів (болотисті, торф'яні, глинисті, лесові, суглинкові, піщані та вапнякові), які відрізнялися між собою по структурі, мінералогічному складу, ступеню вологості та рівню аерації.

Для дослідження закономірностей розвитку корозійних процесів нами було використано наступні методи дослідження: ваговий метод – для встановлення зміни маси металевих зразків; потенціометричний метод – для аналізу електрохімічної активності різних типів ґрунтів і ступеня їх агресивності; мікроскопічний – для оцінки характеру ураження металу, а також глибини корозійної пошкодженості.

Результати та обговорення

На будівельні металоконструкції та будівельну техніку в процесі експлуатації впливають різноманітні чинники, які зумовлюють розвиток корозії. Швидкість протікання корозійних процесів залежить від багатьох факторів, до яких належать: ступінь агресивності середовища та тривалість його впливу, матеріал несучих елементів, наявність (відсутність) захисного покриття тощо. Дослідження показують, що швидкість протікання

атмосферної корозії металевих елементів за наявності агресивних домішок (залишків хімічних речовин, ґрунту, розчинів солей тощо) може збільшуватися у рази в порівнянні із звичайними умовами. Так, для прикладу, залишки хімічних речовин, які знаходяться на поверхні, взаємодіючи із вологою, утворюють електроліти, що стають каталізаторами електрохімічних процесів руйнування металу. Дослідження зламів демонструє те, що причиною більшості руйнувань є глибока корозія, яка з часом зумовлює виникнення втомних тріщин. До найбільш вразливих категорій відносяться тонкостінні металеві профілі та тонколистові сталі, у яких навіть невелика локальна корозія може зумовити втрату несучої здатності.

Одним із експлуатаційних корозійно-агресивних факторів є водний розчин ґрунтів, що перебувають у контакті із металевими частинами будівельних конструкцій та елементами будівельної техніки. Це пояснюється тим, що ґрунти в своєму складі містять органічні кислоти, солі та мікроорганізми, які є каталізаторами електрохімічних процесів.

Величина корозії металевих елементів будівельних конструкцій та будівельної техніки під дією впливу ґрунтів є складним комплексним процесом. Корозійна активність ґрунтів залежить від їх мінералогічного складу, вологості, величини органічної складової, ступеню аерації й активності мікроорганізмів. Для підвищення надійності та довговічності будівельних металлоконструкцій і несучих металевих елементів будівельної техніки необхідно володіти чітким розумінням щодо агресивності різних типів ґрунтів, оскільки дані про властивості та корозійну активність останніх забезпечують можливість їх класифікації по ступеню небезпеки для металевих елементів, а також можливість вибору оптимальних методів їх захисту. Класифікацію основних типів ґрунтів по рівню корозійної активності показано у таблиці 1.

Таблиця 1. Класифікація ґрунтів по рівню корозійної активності

Тип ґрунту	Основні характеристики	Причини або чинники корозійної активності	Рівень корозійної активності
Болотисті ґрунти, торф'яники	Включають сірководень, органічні кислоти, іноді – сірчану кислоту	Кислотна корозія через високу концентрацію агресивних речовин	Високий
Гумусові ґрунти	Висока буферна здатність, слабка аерація, включення сульфідів	Розклад органічних сполук зумовлює	Високий

		виникнення сульфідів	
Глина	Присутність сульфатовідновлювальних бактерій та сульфатів	Біохімічна активність бактерій	Високий
Ял	Щільна структура	Обмежена аерація, утримання вологи	Дуже високий
Шлик	Органічні, глинисті, вапняні компоненти, присутність сульфиду заліза	Зростання агресивності з підвищенням вмісту сульфиду заліза	Високий
Шлам	Глинисті відкладення з органічними домішками, анаеробний	Продукти розкладу органічних домішок прискорюють корозію	Дуже високий
Лес	Шарувата осадова порода, містить оксиди Na, K, Ca	Без сульфідів – слабоагресивний; із сульфідами – активний	Середній / Високий (залежно від складу)
Суглинок	Суміш глини та піску з домішками заліза	Подібна активність до лесу	Середня
Марш	Відкладення з суглинку, мулу, глини, торфу; анаеробний, вологий, солоний	Висока вологість і концентрація солей	Дуже високий
Вапняк	Осадова дрібнозерниста порода з CaCO ₃ , аеробний	Важкорозчинний склад, добра аерація	Низький / відсутній
Мергель	Суміш глини та вапняку (вапняковий, глинистий, піщаний)	Корозійна активність близька до суглинку	Середній
Пісок	Скупчення зерен кварцу різного розміру, у вологому стані – анаеробний	Низько-агресивне середовище	Низький / відсутній

Аналіз таблиці 1 показує, що найвищу агресивною дією володіють болотисті, торф'яні, мулові та глинисті ґрунти, зокрема ті, що містять сульфати, сульфід заліза або продукти розкладу органічних речовин. На

відміну від них вапнякові та піщані ґрунти мають мінімальний вплив на протікання корозійних процесів за рахунок високої аерації та низької концентрації агресивних складових.

Висновки

Таким чином, правильна оцінка величини корозійної активності ґрунтів це необхідна умова для оптимального вибору методу антикорозійного захисту металевих елементів будівельних конструкцій і будівельної техніки, а також забезпечення їх надійності та довговічності в процесі експлуатації.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Yantsevych, K. V. (2025). *Protykoroziiinyi zakhyst vuhletsevykh stalei dyfuziynomu pokryttiamy na osnovi khromu ta sylitsiiu*. Dysertatsiia na здобuttia naukovoho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk za spetsialnistiu 05.17.14 «Khimichnyi opir materialiv ta zakhyst vid korozii». – Natsionalnyi tekhnichnyi universytet Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho», Kyiv, 2025. <https://ela.kpi.ua/items/5d489aac-3962-40b1-b43b-d7dac7384f45>
2. Khoma M.S. (2021) Stan i perspektyvy rozvytku doslidzhen u haluzi korozii ta protykoroziiinoho zakhystu konstruksiiinykh materialiv v Ukraini. *Visnyk NAN Ukrainy*, 12, 99-106. <https://doi.org/10.15407/visn2021.12.099>
3. Ivanenko, K. M., Starchak, V. H., Machulskyi, H. M., Buialska, N. P., Tsybulia, S. D., & Kostenko, I. A. (2020). Innovatsiina tekhnolohiia poverkhnevoho zmitsnennia z ekolohichno bezpechnym protykoroziiynym zakhystom. *Problemy korozii ta protykoroziiinoho zakhystu materialiv*, 13, 188-192. https://ipm.lviv.ua/corrosion2020/Chapter_02/XIV_188_TSYBULIA.pdf
4. Borysenko Yu.V. *Materialy suchasnoi tekhniky ta zakhyst vid ruinuвання: navchalnyi posibnyk*. K.: KNUVD, 2016. 111 c. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/2223/3/20161004_Borisenko_NP.pdf

5. Belopolskyi M. H., Korolov P. V. (2017) Upravlinnia ryzykamy koroziiinoi nebezpeky yak chynnyk staloho rozvytku promyslovykh pidpriemstv. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu*, 2(48), 168-176. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecvud_2017_2_23
6. Dziadykevych Yu.V., Popovych P.V., Vitrovoyi A.O., Rozum R.I., Chorna O.V., Zakharchuk O.P., Halysh N.A., Tsidylo Z.M., Shok K.P. Sumisnist komponentiv materialiv u tsyvilnii inzhenerii. *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky.* - 2023. - Vyp. 8(2). - S. 91-97. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.91-97](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.91-97)
7. Buriak M.V., Rozum R.I., Zakharchuk O.P., Popovych P.V., Prohni P.B., Chornii L.N. Vplyv ahresyvnykh seredovyshch na ekspluatatsiini kharakterystyky materialiv nesuchykh konstrukttsii kolisnykh transportnykh zasobiv. *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky.* - 2023. - Vyp. 7(38). - S. 143-150. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.143-150](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.143-150)
8. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. Callister's Materials Science and Engineering. Wiley; 10th edition, 2018. 975 p. <https://surl.li/osyhyv>
9. Adrian P. Sutton FRS. Concepts of Materials Science. OUP Oxford, 2021. 160 p. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780192661586_A42058229/preview-9780192661586_A42058229.pdf
10. Gale, W. F., and T. C. Totemeier (Editors), Smithells Metals Reference Book, 8th edition, Elsevier ButterworthHeinemann, Oxford, 2004. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780080480961_A23516914/preview-9780080480961_A23516914.pdf

Література

1. Янцевич, К. В. (2025). Протикорозійний захист вуглецевих сталей дифузійними покриттями на основі хрому та силіцію. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.14 «Хімічний опір матеріалів та захист від корозії». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2025. <https://ela.kpi.ua/items/5d489aac-3962-40b1-b43b-d7dac7384f45>
2. Хома М.С. (2021) Стан і перспективи розвитку досліджень у галузі корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів в Україні. *Вісник НАН України*, 12, 99-106. <https://doi.org/10.15407/visn2021.12.099>
3. Іваненко, К. М., Старчак, В. Г., Мачульський, Г. М., Буяльська, Н. П., Цибуля, С. Д., & Костенко, І. А. (2020). Інноваційна технологія поверхневого зміцнення з екологічно безпечним протикорозійним захистом. *Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів*, 13, 188-192. https://ipm.lviv.ua/corrosion2020/Chapter_02/XIV_188_TSYBULIA.pdf
4. Борисенко Ю.В. Матеріали сучасної техніки та захист від руйнування: навчальний посібник. К.: КНУТД, 2016. 111 с. https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/2223/3/20161004_Borisenko_NP.pdf
5. Белопольський М. Г., Корольов П. В. (2017) Управління ризиками корозійної небезпеки як чинник сталого розвитку промислових підприємств. *Економічний вісник Донбасу*, 2(48), 168-176. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecvud_2017_2_23
6. Дзядикович Ю.В., Попович П.В., Вітровий А.О., Розум Р.І., Чорна О.В., Захарчук О.П., Галиш Н.А., Цідило З.М., Шок К.П. Сумісність компонентів матеріалів у цивільній інженерії. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні*

науки. - 2023. - Вип. 8(2). - С. 91-97. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.91-97](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.91-97)

7. Буряк М.В., Розум Р.І., Захарчук О.П., Попович П.В., Прогній П.Б., Чорній Л.Н. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* - 2023. - Вип. 7(38). - С. 143-150. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.143-150](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.143-150)

8. William D. Callister Jr., David G. Rethwisch. Callister's Materials Science and Engineering. Wiley; 10th edition, 2018. 975 p. <https://surl.li/osyhyv>

9. Adrian P. Sutton FRS. Concepts of Materials Science. OUP Oxford, 2021. 160 p. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780192661586_A42058229/preview-9780192661586_A42058229.pdf

10. Gale, W. F., and T. C. Totemeier (Editors), Smithells Metals Reference Book, 8th edition, Elsevier ButterworthHeinemann, Oxford, 2004. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780080480961_A23516914/preview-9780080480961_A23516914.pdf

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.11.2025	Received 14.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 15.11.2025	Received in revised form 15.11.2025
Прийнято 20.11.2025	Accepted 20.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

<https://orcid.org/0000-0001-7812-8248>

A. O. Vitrovyi

Н
У
Р
Е

К. Ye. Buyak

Р
Е
Н
Н
Н
Н

Corresponding author, e-mail: rozoom_ruslan@ukr.net

The influence of the external environment of the strength and durability of building metal structures and load-bearing elements of construction equipment.

Б
Н
К
Б
Н

How to Cite:

Rozum, R. I., Vitrovyi, A. O., Shpintal, M. Ya., Buyak, A. Ye., Popovych P. V. (2025). The influence of the external environment and the strength and durability of building metal structures and load-bearing elements of construction equipment. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 358-366. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-30](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-30)

Abstract. The article considers the influence of corrosive and aggressive factors of the external environment, namely different types of soils, on the strength and durability of building metal structures and load-bearing metal elements of construction equipment. It is noted that the complex action of temperature fluctuations, humidity, chemically active components and dynamic loads causes a gradual decrease in the strength of metals, which results in the development of corrosion fatigue cracks. The patterns of the corrosion rate under the condition of contact of metal elements with different types of soils, differing in composition, structure, humidity and degree of aeration, were studied. In the process of research, a complex of experimental methods was used, which include: gravimetric, potentiometric and microscopic analysis, which allowed to assess the corrosion rate, electrochemical activity of the environment, as well as the nature of damage to metal samples. Based on the results obtained, a classification of soil types was carried out according to the level of their corrosion activity, which made it possible to establish the most aggressive types (swamp, peat, silt and clay soils), as well as soils with minimal corrosion impact (sandy and limestone). The results obtained indicate that the correct and timely assessment of the value of the corrosion activity of soils is one of the main factors determining the durability of construction metal structures and metal elements of construction equipment. Establishing the level of aggressiveness of the soil environment allows not only to predict the rate of corrosion processes, but also to make a reasonable choice of structural materials, methods of their protection and types of coating, which will ensure long-term resistance to the influence of the external environment. Thus, the use of a systematic approach to assessing the corrosion activity of soils is an important element of engineering design and technical maintenance of construction sites and construction equipment. Which, in turn, ensures increased reliability, reduced risks of emergencies, and a long-term extension of the safe operation of building metal structures and construction equipment.

Keywords: building metal structures, construction equipment, metal corrosion, soil corrosion, soil corrosion activity, strength, durability.