

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ ТА СПОРУДИ

УДК 544.032

ПОШКОДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ І СПОРУД ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ І ПРОПОЗИЦІЇ З ЇХ ЗАПОБІГАННЯ

Д-р техн. наук А.А. Плугін, магістрант Є.О. Пшеничний,
асп. В.В. Касьянов

ПОВРЕЖДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ

Д-р техн. наук А.А. Плугин, магістрант Е.А. Пшеничний, асп. В.В. Касьянов

DAMAGE OF DESIGNS AND STRUCTURES OF THE RAILWAY STATIONS COMPLEX AND PROPOSALS FOR THEIR PREVENTION

Doct. of techn. sciences A. Plugin, undergraduate E. Pshenichnyi, graduate V. Kasyanov

У даній статті проведено дослідження конструкцій і споруд залізничних вокзальних комплексів і наведено причини їх пошкоджень струмами витoku на електрифікованих ділянках. Встановлено, що інтенсивного електрокорозійного пошкодження зазнають не тільки конструкції з нещільного бетону низької міцності, але й міцного щільного бетону. Наведено заходи з захисту конструкцій та споруд вокзальних комплексів від електрокорозії.

Ключові слова: залізничний вокзальний комплекс, постійний струм, змінний струм, бетон, залізобетон, конструкції, споруди.

В данной статье проведено исследование конструкций и сооружений железнодорожных вокзальных комплексов и указаны причины их повреждений токами утечки на электрифицированных участках. Установлено, что интенсивному электрокоррозионному повреждению подвергаются не только конструкции с неплотного бетона низкой прочности, но и крепкого плотного бетона. Приведены меры по защите конструкций и сооружений вокзальных комплексов от электрокоррозии.

Ключевые слова: железнодорожный вокзальный комплекс, постоянный ток, переменный ток, бетон, железобетон, конструкции, сооружения.

This article discusses of structures and facilities of railway station complexes and the reasons for their injuries leakage currents on the electrified sections. The intensity of damage electric corrosion exposed not only to design with loose concrete of low strength but good dense concrete. These measures for the protection of structures and facilities of the station complexes electric corrosion.

Keywords: railway station complex, constant current, alternating current, concrete, reinforced concrete, structures, constructions.

Вступ. У складі вокзальних комплексів залізниць України та інших облаштувань для обслуговування пасажирів експлуатується значна кількість споруд і конструкцій. Так, на балансі служб будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд, за даними паспорта господарства БМЕС Укрзалізниці за 2011 р., тільки пасажирських платформ нараховується

2016 загальною площею 1744700 м², з яких високих платформ – 362 загальною площею 332600 м² (рис. 1) [1]. Ці споруди та конструкції, особливо високі пасажирські платформи, інтенсивно пошкоджуються і встановлення причин пошкоджень і розроблення заходів з їх запобігання є актуальним завданням.

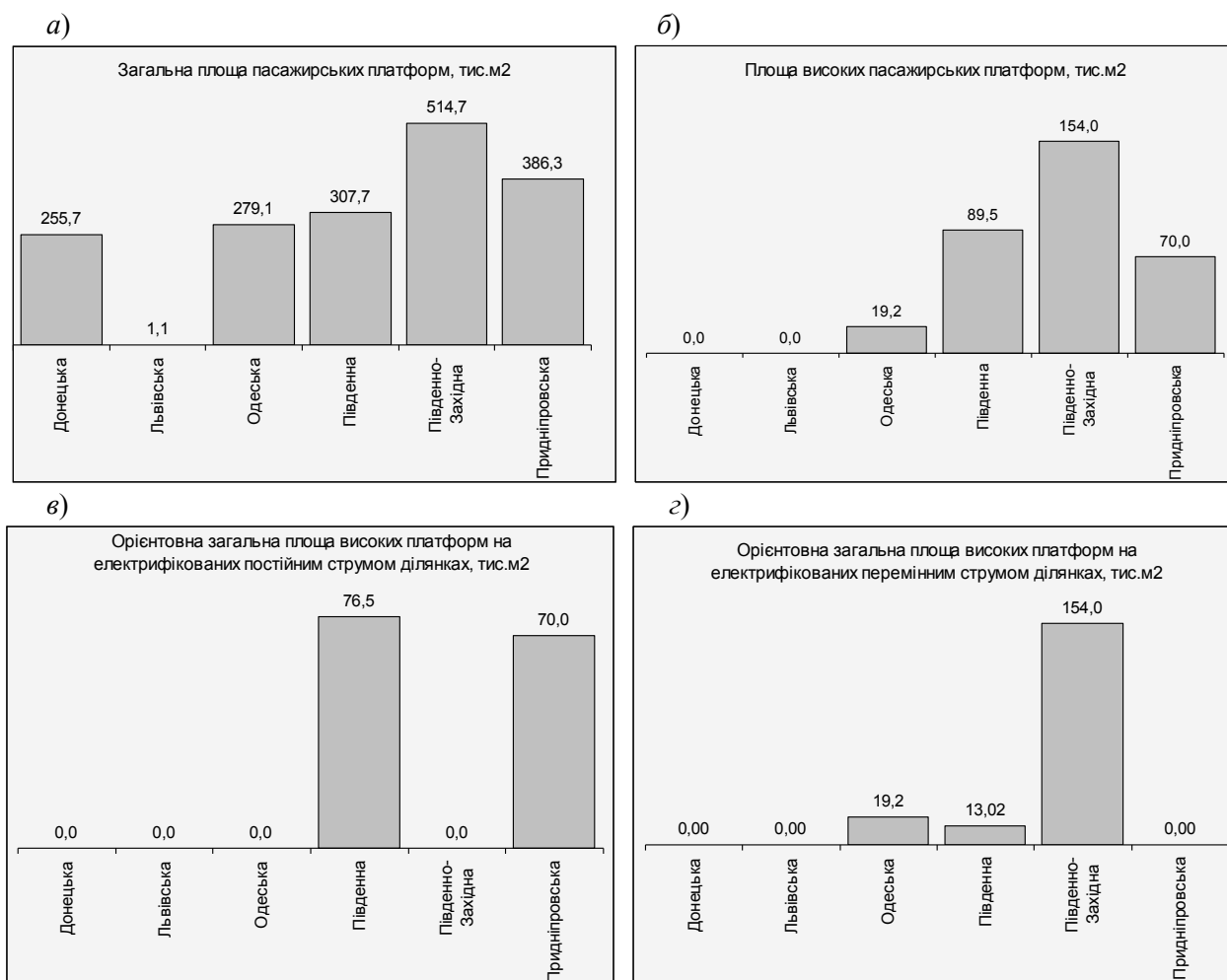


Рис. 1. Кількість (загальна площа) пасажирських платформ на залізницях України, тис. м²:
 а – загальна; б – високих платформ; в – високих платформ на електрифікованих постійним струмом ділянках; г – високих платформ на електрифікованих змінним струмом ділянках

Мета дослідження – встановлення причин пошкодження конструкцій і споруд вокзальних комплексів і розроблення пропозицій з їх запобігання.

Аналіз літературних даних і результатів попередніх досліджень. У роботі [2] доведено, що одним з найвагоміших факторів пошкодження споруд і конструкцій будівель залізниць є струми витоку на електрифікованих ділянках, особливо постійним струмом. На відміну від віддалених, будівлі і споруди поблизу залізничних колій електрифікованих постійним струмом схильні до набагато більш інтенсивного пошкодження. Але ще більше зазнають пошкодження і руйнування конструкції при поєднанні

постійних струмів витоку і обводнення [10]. Є розробки, які свідчать про руйнівну дію на конструкції в умовах обводнення і змінного струму [11, 12]. Характеристика електрифікації залізниць України наведена в табл. 1 [1].

Оцінку кількості високих пасажирських платформ, що експлуатуються на електрифікованих постійним і змінним струмом ділянках колії, виконано орієнтовно за даними рис. 1 і табл. 1. Орієнтовна кількість і загальна площа високих пасажирських платформ, що експлуатуються на електрифікованих постійним і змінним струмом ділянках, наведена на рис. 1, в і г відповідно.

Дані про електрифікацію залізниць України

Залізниця	Довжина ділянок, км / %			
	Всього	Електрифікованих		неелектрифікованих
		постійним струмом	змінним струмом	
Укрзалізниця	19905	4078	4229	11598
	100	20,5	21,2	58,3
Донецька	2601	1060	58	1483
	100	40,8	2,2	57,0
Львівська	4129	778	497	2854
	100	18,8	12,0	69,1
Одеська	3754	0	1678	2076
	100	0,0	44,7	55,3
Південна	2437	683	264	1490
	100	28	10,9	61,1
Південно-Західна	4209	0	1732	2477
	100	0,0	41,1	58,9
Придніпровська	2775	1557	0	1218
	100	56,1	0,0	43,9

На залізницях України на електрифікованих постійним струмом ділянках експлуатується близько 171 високої пасажирської платформи загальною площею близько 146500 м². З них на Південній – близько 84 (76480 м²) і на Придніпровській – 87 (70000 м²). На Донецькій, Львівській, Одеській і Південно-Західній залізницях високі пасажирські платформи на електрифікованих постійним струмом ділянках відсутні.

На електрифікованих змінним струмом ділянках експлуатується близько 191 високої пасажирської платформи загальною площею близько 186200 м². З них на Одеській – близько 16 (19200 м²), Південній – 17 (13020 м²) і Південно-Західній – 158 (154300 м²). На Донецькій, Львівській і Придніпровській залізницях високі пасажирські платформи на електрифікованих змінним струмом ділянках відсутні.

Уточнено особливості улаштування високих пасажирських платформ. Встановлено, що на сьогодні на залізницях України експлуатуються низькі та високі пасажирські платформи двох основних типів – із засипкою

між залізобетонними бортовими стінками (тип I) і з покриттям із залізобетонних плит покриттів на опорах (тип II) [3]. Високі пасажирські платформи типу II збудовані за однією з чотирьох принципових схем із застосуванням як несучих конструкцій опор залізобетонних стояків з ригелями або блоків бетонних для стін підвалів і в якості покриття – залізобетонних ребристих плит або залізобетонних багатопустотних плит (рис. 2). Платформи типу II більш уразливі для пошкоджень, ніж платформи типу I, і далі аналізували саме ніх.

Матеріали дослідження. Проведено натурні обстеження пасажирських платформ на 31 станції та зупинному пункті на електрифікованих постійним і змінним струмом ділянках Південної, Південно-Західної, Придніпровської залізниць. За результатами обстеження здійснено систематизацію пошкоджень високих пасажирських платформ відповідно до класифікації пошкоджень залізобетонних конструкцій [4] (табл. 2).

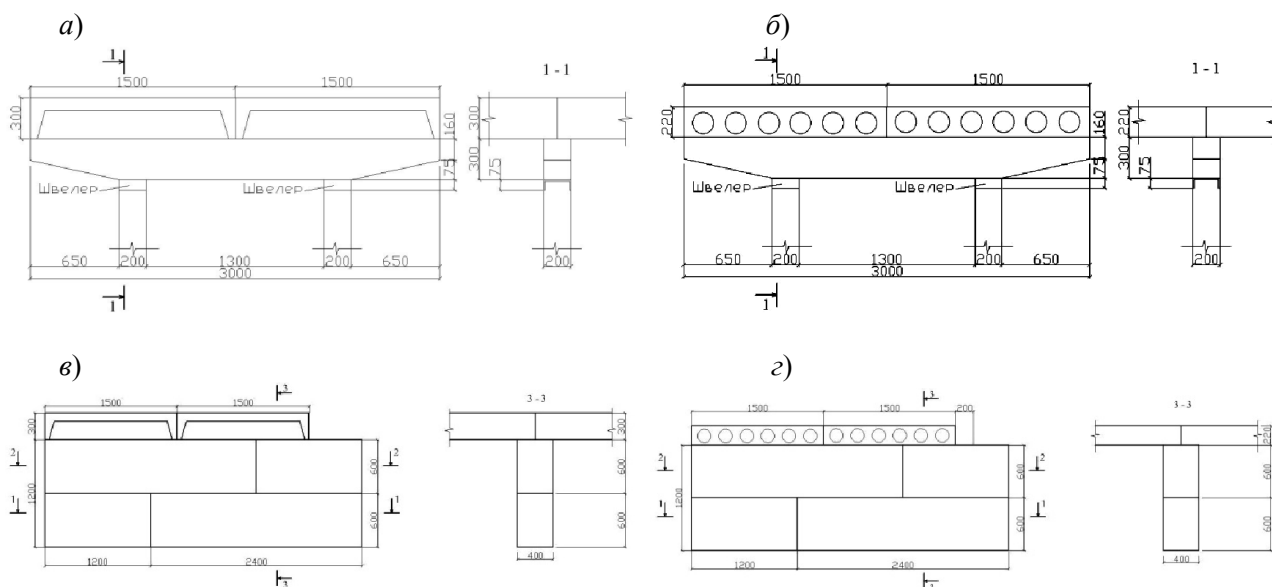


Рис. 2. Конструкція високих пасажирських платформ: опори – залізобетонні стояки та ригель (а, б) або блоки бетонні для стін підвалів (в, г); покриття – залізобетонні ребристі плити (а, в) або залізобетонні багатопустотні плити (б, г)

Таблиця 2

Пошкодження високих пасажирських платформ і заходи з їх усунення

Конструктивний елемент	Опис і зовнішні ознаки пошкоджень	Ступінь пошкодження за роботою [4]	Заходи з відновлення
1	2	3	4
Покриття платформи	Тріщини, відшарування, фільтрація або течії крізь плити або шви між ними (рис. 3)	Слабкий, середній	Відновлення або заміна покриття платформи з забезпеченням його водонепроникності
Плити покриття, ригелі	Вилуговування (рис. 4), відшарування, розтріскування та відколи захисного шару, у т. ч. з оголенням арматури та її незначною корозією (рис. 5, а, б, а)	Слабкий	Відновлення захисного шару, нанесення захисного складу
	Відшарування та відколи захисного шару з оголенням і помітною корозією арматури (рис. 5, б)	Середній	Відновлення захисного шару або підсилення плити, нанесення захисного складу
	Відшарування та відколи захисного шару зі значною корозією робочої арматури з помітним зменшенням її перерізу, руйнуванням розподільчої арматури або з втратою зв'язку робочої арматури з бетоном (рис. 5, в)	Сильний	Підсилення або заміна плити (ригеля), нанесення захисного складу
Плити покриття, ригелі	Руйнування захисного шару з втратою зв'язку робочої арматури з бетоном або руйнуванням бетону стиснутої зони з помітним прогином плити (ригеля) (рис. 5, г)	Повний	Негайна заміна плити (ригеля), заміна або підсилення стояка, нанесення захисного складу

1	2	3	4
Стояки опор	Відшарування, розтріскування та відколи захисного шару, у т. ч. з оголенням арматури та її незначною корозією (рис. 6, б)	Слабкий	Відновлення захисного шару, нанесення захисного складу
	Відшарування, розтріскування та відколи захисного шару з оголенням і помітною корозією арматури	Середній, сильний	Підсилення стояка, нанесення захисного складу
	Руйнування бетону з втратою зв'язку арматури з ним, зі значною корозією арматури з помітним зменшенням її перерізу, руйнування хомутів	Повний	Негайне підсилення стояка, нанесення захисного складу
Опори (із блоків)	Вилуговування, поверхнєве руйнування бетону (рис. 7, а)	Слабкий	Відновлення поверхневого шару бетону, нанесення захисного складу
	Незначне руйнування бетону в зоні обпирання плит (рис. 7, б)	Середній, сильний	Підсилення опори*, нанесення захисного складу
	Руйнування бетону в зоні обпирання плит з їх «зависанням» (рис. 7, в)	Повний	Негайне підсилення опори*, нанесення захисного складу

Примітка. * На ділянках залізниць, електрифікованих постійним струмом, при позитивному або знакозмінному потенціалі на рейках рекомендується підсилення металоін'єкційною сорочкою з діодним заземленням.



Рис. 3. Пошкодження (втрата суцільності) асфальтобетонного покриття і, як наслідок, пошкодження плит (а, б), ригеля та стояка (б) платформ з.п. Карачівка (а) і Жовтневий (б) дільниці Харків – Мерефа Південної залізниці



Рис. 4. Вилуговування на ребрі плити платформи з.п. Карачівка дільниці Харків – Мерефа Південної залізниці



Рис. 5. Відшарування та відколи захисного шару ребер плит покриття пасажирських платформ з.п. Жовтневий (а, в), Покотилівка (б, г) дільниці Харків – Мерефа Південної залізниці: а – з оголенням і незначною корозією арматури; б – з оголенням і помітною корозією арматури; в – зі значною корозією робочої арматури з помітним зменшенням її перерізу, руйнуванням розподільчої арматури або втратою зв'язку робочої арматури з бетоном; г – з втратою зв'язку робочої арматури з бетоном і руйнуванням бетону стиснутої зони з помітним прогином плити



Рис. 6. Розтріскування захисного шару ригеля (а) і стояка (б) пасажирської платформи з.п. Жовтневий (а) і Покотилівка (б) дільниці Харків – Мерефа Південної залізниці

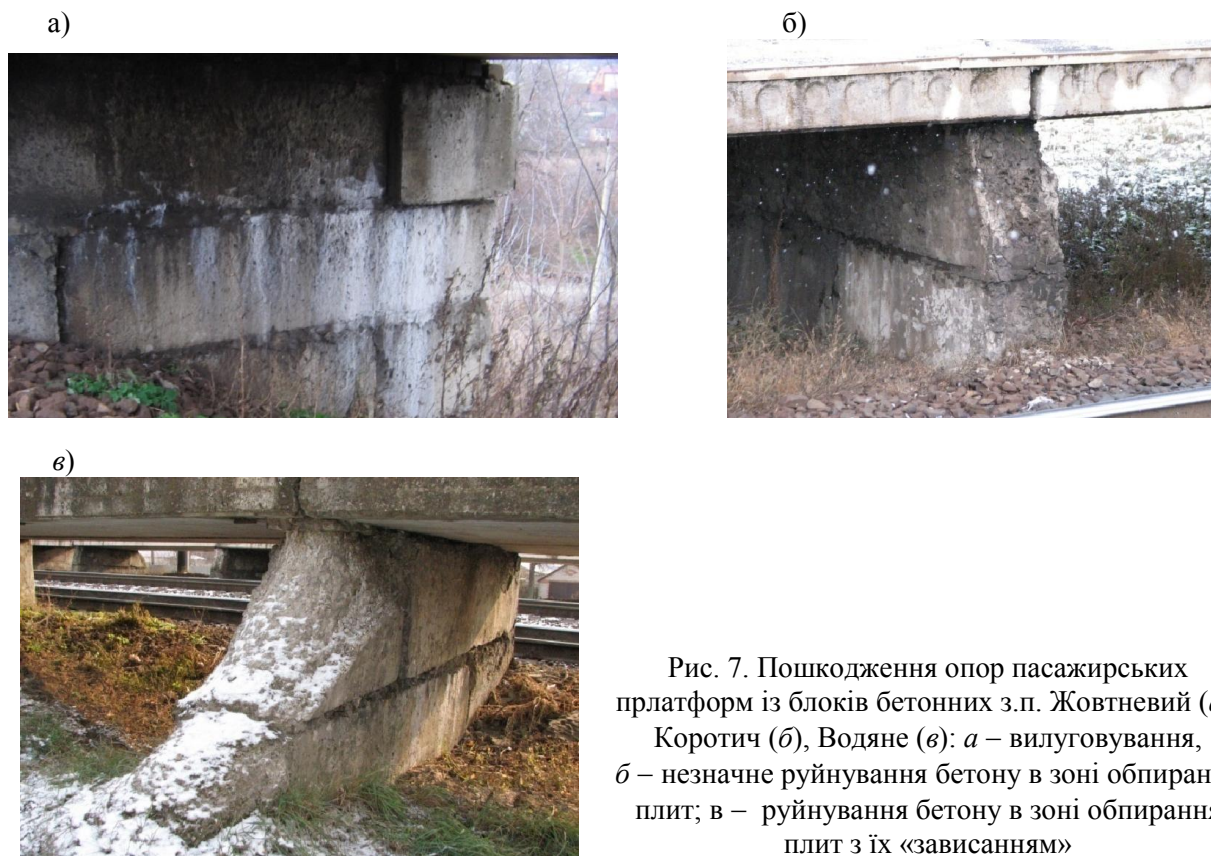


Рис. 7. Пошкодження опор пасажирських платформ із блоків бетонних з.п. Жовтневий (а), Коротич (б), Водяне (в): а – вилуговування, б – незначне руйнування бетону в зоні опирання плит; в – руйнування бетону в зоні опирання плит з їх «зависанням»

У результаті досліджень підтверджено, що пошкодження пасажирських платформ інтенсивно розвиваються не тільки на ділянках, електрифікованих постійним струмом, але й на ділянках, електрифікованих змінним струмом. Виявленою різницею в дії постійного й змінного струмів є те, що при змінному струмі протікає електрокорозія арматури під бетоном з дифузійним розтіканням продуктів корозії в бетоні вбік від арматури, а також рівномірне видалення захисного шару бетону аж до арматури, подібно розчиненню.

Встановлено, що інтенсивного електрокорозійного пошкодження зазнають не тільки конструкції з нещільного бетону низької міцності, зокрема бетонні опори, але й міцного щільного бетону, зокрема бетону залізобетонних багатопустотних плит, що формують із жорсткої бетонної суміші з малим водоцементним відношенням за допомогою інтенсивного віброущільнення на заводських віброплощадках.

Проведено обстеження монолітного залізобетонного балкона (галереї) над пероном Південного вокзалу, передбаченого для зручного сполучення зали очікування на 2

поверсі з пішохідним мостом (рис. 8). Прибудову з балконом зведено у 1980-ті рр. Південтрансбудом. У перші ж роки після введення в експлуатацію балкон був закритий для проходження через пошкодження, які швидко утворились і почали розвиватись. Цими пошкодженнями є руйнування захисного шару бетону і корозія арматури на нижній грані балкона (рис. 8, а, б) і вони є небезпечними, оскільки послаблюють стиснуту зону консольно защемлених плит. Спроби відремонтувати пошкодження шляхом нанесення сучасної акрилової або гіпсополімерної штукатурки були невдалими – корозія продовжувалась і штукатурка швидко руйнувалась (рис. 8, б).

Очевидними причинами цих пошкоджень є недостатня щільність і водонепроникність бетону і втрата водонепроникності асфальтобетонним покриттям поверхні балкона і гідроізоляції під ним (рис. 8, в). Менш очевидною, проте більш вагомою причиною, є наведення на поверхню плит електричних потенціалів від струмів витоку з контактної мережі постійного струму, яка проходить безпосередньо під прогоновими спорудами пішохідного мосту, сполученого з балконом (рис. 8, з, д).



Рис. 8. Монолітний залізобетонний балкон (галерея) над пероном Південного вокзалу: *а* – пошкодження нижньої грані балконної плити – руйнування захисного шару бетону і корозія арматури; *б* – відшарування ремонтної штукатурки; *в* – асфальтобетонне покриття балкона (про втрату водонепроникності свідчить наявність тріщин і рослин); *з* – контактна мережа під прогоновими спорудами пішохідного мосту (про корозійний вплив свідчать потьоки вилуговування, найбільш інтенсивні безпосередньо над несучими тросами); *д* – сполучення пішохідного мосту з балконом

Зовнішній вигляд пошкоджень свідчить про небезпечний стан балкона, і якщо негайно не вжити заходів з усунення пошкоджень і

запобігання їх подальшого розвитку, вони можуть спричинити різні аварійні ситуації аж до обрушення частини балкона. Заходи з

ремонту і захисту, крім відновлення герметичності покриття (бажано додатково улаштувати навіс) повинні передбачати розроблення складів ремонтної штукатурки з добавками інгібіторів корозії, а також схем і пристроїв захисту конструкцій балкона від наведення електричних потенціалів.

Було проведено вимірювання електричних потенціалів на рейці, поверхні плити, верхній і нижній частині стояків опор із бетонних блоків на ділянці, електрифікованій постійним струмом (з.п. Зелений Гай дільниці

Харків – Мерефа Південної залізниці). Встановлено, що в разі потенціалу на рейці +60 В на поверхню плити наводиться потенціал +0,6 В, на верхню частину стояків +0,3 В, на нижню частину -0,2 В, отже на ділянках, де під час проходження поїздів на рейці виникає позитивний потенціал, по висоті стояків виникає пульсуюча різниця потенціалів. Схема протікання струму, обумовленого цією різницею потенціалів, наведена на рис. 9.

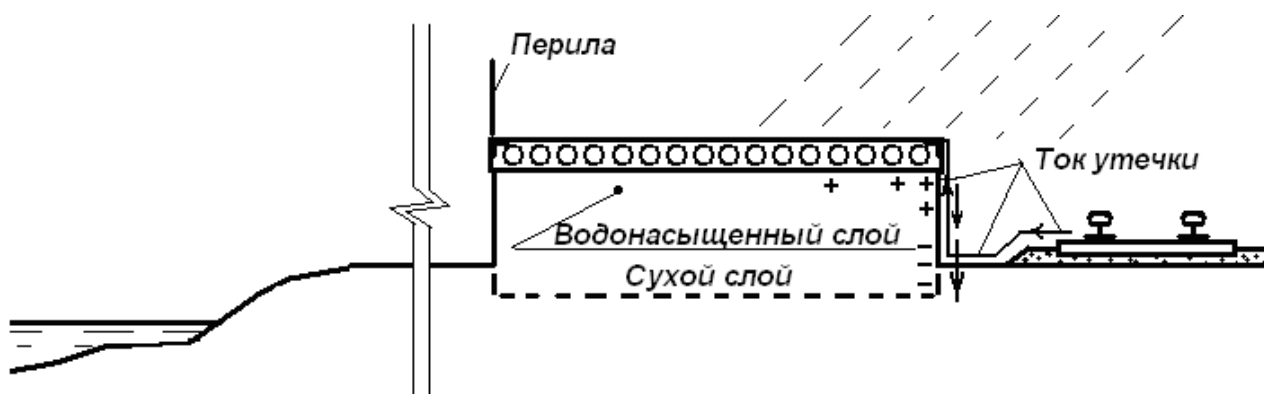


Рис. 9. Схема протікання струму витоку з рейок через конструкції платформи

Такий пульсуючий струм обумовлює електрокорозію бетону, яка полягає в електроміграції катіонів Ca^{2+} при проходженні поїздів у період дощів і сніготанення від верху торця блока по бічній поверхні плити до оздоблюючого контуру з кутків, стікаючи назад по блоку або прямо на землю у вигляді крапель. Надлишок катіонів кальцію, що накопичується в землі, далі дифундує в ґрунті в бік водоймищ або вологих зон. Таким чином, відбувається вилуговування поверхневих шарів бетону блока і плити під впливом різниці потенціалів U_{P-3} від струму витоку в ланцюзі рейка – платформа – водоймище (земля), тобто електрокорозія бетону. Набагато менша величина реєстрованого потенціалу на поверхні бетону, порівняно з потенціалом на рейці, обумовлена сильною поляризацією бетону, у результаті якої вимірюється потенціал не від зовнішнього поля, а від результуючого як різниці зовнішнього поля і поля поляризації бетону.

Виходячи з цього можна припустити, що при проходженні поїзда з електротягою по

станційному шляху в перші хвилини (до 5 хв) бетонний блок і плита поляризуються, при цьому катіони Ca^{2+} в капілярах бетону зміщуються в напрямі торця блока і плити, зверненого до рейки. У результаті їх потенціал із зовнішнього від рейки боку стає більш негативним. Потім з подальшою дією струму витоку зростає кількість катіонів Ca^{2+} і гідратованої ними води, винесене електроосмотичним потоком, і потенціал у бетоні блока і плити з боку рейки стає негативним, а з протилежного боку – позитивним. По суті це є вилуговуванням $Ca(OH)_2$ з бетону під впливом струму витоку, тобто електрокорозією бетону. У період дощу і сніготанення потік води по торцю блока і плити з боку рейки прискорює винесення $Ca(OH)_2$, що розчиняється, а отже, і електрокорозії бетону. При цьому розчин $Ca(OH)_2$, що потрапляє з потоками води в ґрунт біля блоків, несеється електроосмотичним потоком у бік водоймища. Такий механізм підтверджується тим, що при короткочасному зменшенні до нуля потенціалу на рейці потенціал на блоці і

плиті змінюється неістотно, а при тривалішій перерві в русі поїздів потенціал на них набагато зменшується. Істотне менше зростання потенціалу на плиті обумовлено тим, що площа поперечного перетину плити, а отже, кількості катіонів Ca^{2+} , що переносяться електроосмотичним потоком у дощ або при сніготаненні, набагато менше, ніж у блоці, через порожнистість і меншу висоту плити.

Крім того, проаналізовано залежність потенціалу на поверхні бетонного блока на верхній і нижній частинах. Потенціал на верхній частині блока більш негативний по відношенню до нижньої частини, що свідчить про винесення іонів Ca^{2+} призводить до зсуву потенціалу поверхні капілярів бетону в негативний бік. Викладене повністю відповідає наведеному на фотознімках характеру пошкоджень блоків і плити, а також схемі протікання струму витоку з рейок у конструкції платформи (рис. 3–7).

Розроблення заходів із захисту конструкцій і споруд вокзальних комплексів від електрокорозії. Як заходи первинного захисту від агресивних дій конструкцій пасажирських платформ, що будуються, а також нових конструкцій, якими замінюють пошкоджені, слід передбачати застосування бетону важкого за ДСТУ Б В.2.7-43 класу за міцністю на стиск не менше В20, марки з морозостійкості – не нижче F100, марки з водонепроникності – не менше W4.

Водоцементне відношення при виготовленні такого бетону не повинно перевищувати 0,42.

Спосіб підбору складу бетону повинен відповідати ДСТУ Б В.2.7-215. Рекомендується застосовувати склад бетону, призначений за методикою УкрДАЗТ із забезпеченням оптимальних значень коефіцієнтів розсунення крупного заповнювача $\alpha_{\text{опт}}$, дрібного заповнювача $\mu_{\text{опт}}$, а також водоцементного відношення $V/C_{\text{опт}}$ з оптимальним вмістом добавки суперпластифікатора, а за необхідності – добавки прискорювача твердіння за ДСТУ Б В.2.7-171, ДСТУ-Н Б В.2.7-175 і ЦБМЕС 0004.

Як заходи вторинного захисту від агресивних дій поверхонь залізобетонних конструкцій пасажирських платформ як тих, що будуються, так і експлуатованих слід передбачати захисні лакофарбові покриття. Рекомендується застосовувати розроблені в УкрДАЗТ епоксидно-кам'яновугільні склади ЗС-3, ЗС-3М, ЗС-3МЦ (на основі зневодненої кам'яновугільної смоли) і ЗС-3МЦ (модифікований цеолітом).

Для захисту від електрокорозії металоін'єкційних обойм і сорочок, застосованих для підсилення конструкцій платформ на електрифікованих постійним струмом ділянках залізниць з позитивним або знакозмінним електричним потенціалом на рейках, рекомендується улаштувати їх діодне заземлення (рис. 10).

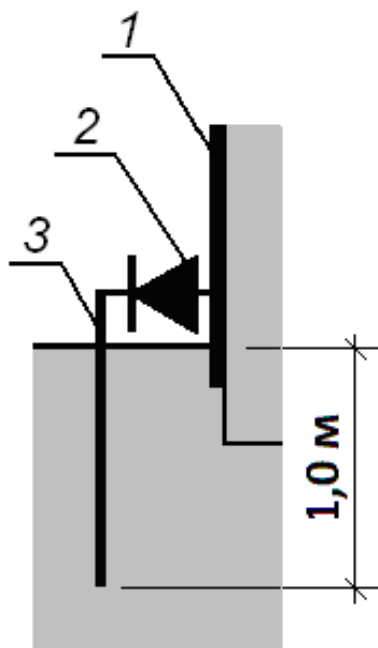


Рис. 10. Діодне заземлення металоін'єкційної сорочки бетонної опори пасажирської платформи: 1 – металоін'єкційна сорочка; 2 – діод Д231Б або Д232Б; 3 – заземлюючий стержень

При будівництві або реконструкції високих пасажирських платформ слід враховувати наявність у радіусі декількох кілометрів відкритих водоймищ. При відстані від водоймища не більше декількох сот метрів на ділянках, електрифікованих як постійним, так і змінним струмом у конструкції платформ у дослідному порядку рекомендується включити:

- підстилаючий коритоподібний гідроізоляційний шар;
- захисний заземлений екран;
- сітчастий захисний заземлений екран.

Підстилаючий коритоподібний гідроізолюючий шар (рис. 11) доцільно влаштувати на експлуатованій платформі за допомогою горизонтального і вертикального (похилого) нагнітання гідроізолюючого матеріалу у ґрунт.

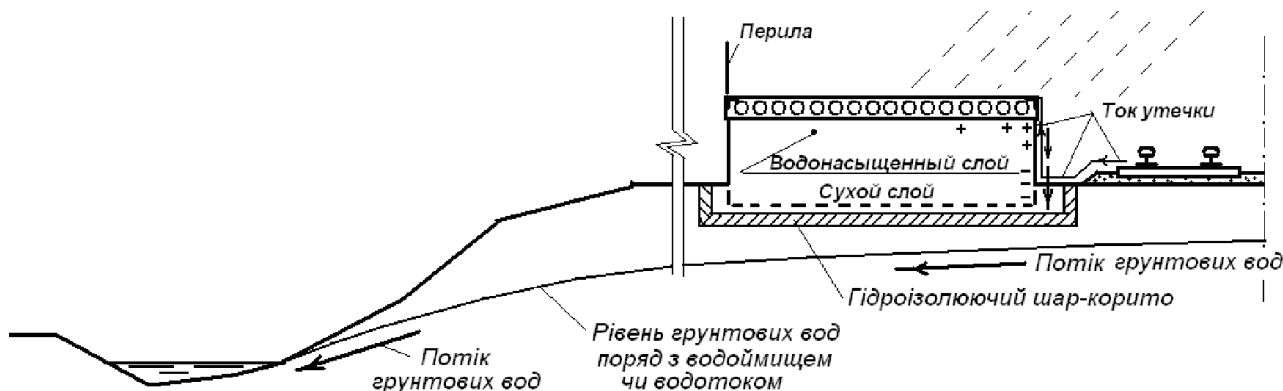


Рис. 11. Схема захисту конструкцій пасажирської платформи від електрокорозії за допомогою коритоподібного гідроізолюючого шару

Захист за допомогою захисного заземленого екрана складається зі сталеві пластини-екрана шириною 300–400 мм товщиною 6–8 мм, яка приварюється до заземлювачів з арматурних стержнів діаметром 10–12 мм. Стержні забиваються в землю на глибину до ґрунтових вод і не менше 1,5 м перед кожною бетонною або залізобетонною опорою (рис. 12). При глибокому розташуванні ґрунтових вод слід використовувати складені глибинні заземлювачі глибиною до 30 м.

На всі поверхні блоків або на торці з боку колії слід нанести епоксидно-кам'яновугільний захисний склад ЗС-3МЦ (модифікованим цеолітом) або ЗС-3МО (на основі зневодненої кам'яновугільної смоли). Вказаний склад доцільно нанести на поверхню плит під асфальтобетонним або іншим покриттям платформи.

Захист за допомогою сітчастого захисного заземленого екрана здійснюють за допомогою мідної або сталеві дрібної сітки, укладеної на поверхні опор під плитами. Порівняно з листовими екранами сітчасті мають значно меншу вагу, зручніші при монтажі.

Як екран рекомендується мідна сітка за ГОСТ 6613 з комірками розміром 0,55×0,56 мм шириною 1000 мм, діаметром дроту 0,15 мм або дрібна сталеві сітка. Як заземлення застосовують арматурні стержні, з'єднані екраном і розташовані перпендикулярно до його площини з шагом близько 6 м.

Сітчастий екран обмотується навколо опори і закріплюється із заглибленням на 30–40 см з виходом нагору до 50 см. Зверху екран вкривається захисним складом ЗС-3МЦ або ЗС-3МО у два шари.

Висновки і рекомендації. У результаті проведеного аналізу процесів пошкодження поверхонь зовнішніх бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються поблизу залізниць, було встановлено таке. Пошкодження поверхневого шару є найпоширенішими і одночасно важкоусувними у зв'язку з недостатньою адгезією традиційних матеріалів. Великі можливості для ремонту пошкодження поверхні відкриває використання таких засобів:

- епоксидно-кам'яновугільних складів ЗС-3, ЗС-3М, ЗС-3МЦ (на основі зневодненої

кам'яновугільної смоли) і ЗС-3МЦ (модифікований цеолітом);

- струмопровідні екрани з рідких скляно-графічних і цементно-графічних штукатурок.

На основі виконаного критичного аналізу, а також власної оцінки основних впливів на конструкції залізничних будівель і споруд показано, що основним фактором їх

найбільш інтенсивних ушкоджень є постійні струми витоку з рейок в поєднанні з обводненістю конструкцій. Удосконалено схеми потрапляння струмів витоку на конструкції будівлі по ланцюгу рейки – заземлення обладнання, а також високих пасажирських платформ з рейок у поєднанні з обводненістю конструкцій.

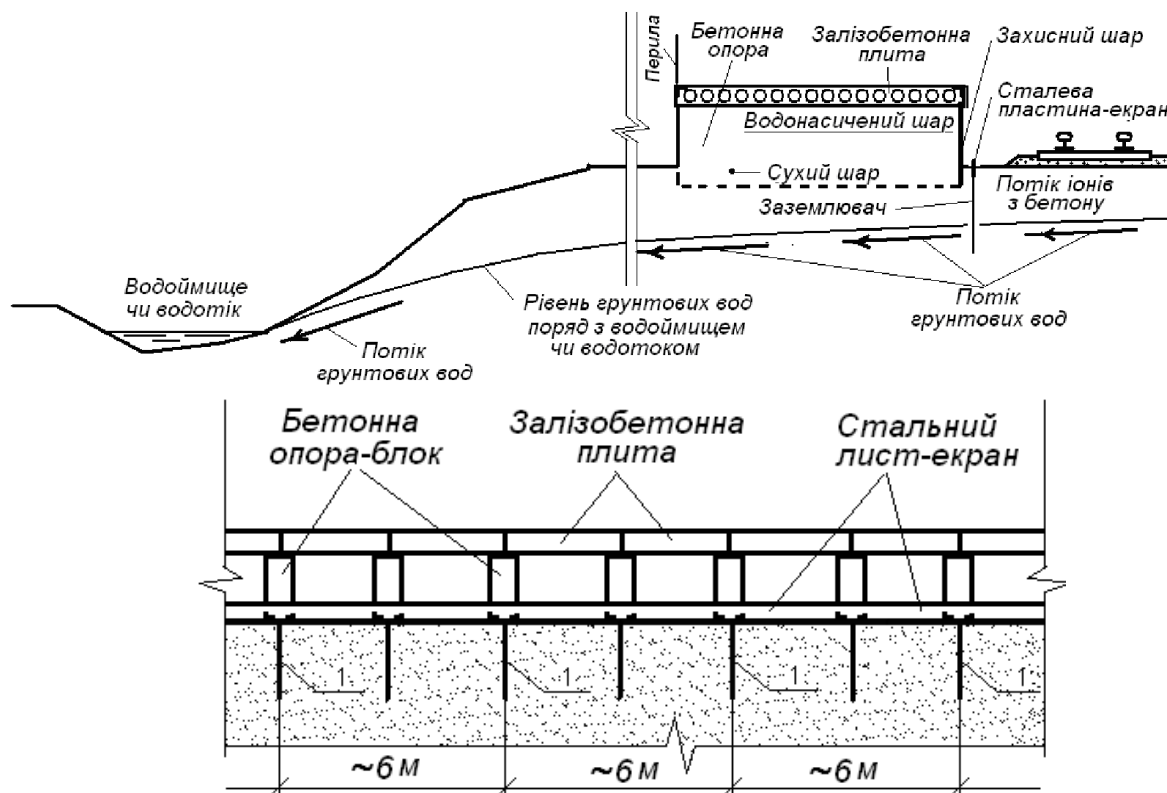


Рис. 12. Схема захисту конструкції пасажирської платформи від електрокорозії за допомогою вертикального захисного заземленого екрана

Список використаних джерел

1. Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць [Текст]: звіт з НДР. Етап 1. Аналіз впливу струмів витоку, блукаючих струмів та інших агресивних дій на конструкції пасажирських платформ та проведення попередніх експериментальних досліджень / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – 63 с.

2. Пługін, О.А. Електричні впливи на бетон (електрообробка та захист від електрокорозії бетонів, виробів і конструкцій із них) [Текст]: монографія / О.А. Пługін, О.С. Борзяк, В.Б. Мартинова, О.К. Халюшев; за ред. А.А.Пługіна і М.М.Зайченка. – Харків: Форт, 2013. – 300 с.

3. ВБН В 2.3-1-2008. Споруди транспорту. Проектування, будівництво та експлуатація будівель і службово-технічних споруд залізничного транспорту при швидкісному й високошвидкісному русі поїздів [Текст]. – 112 с.

4. Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений [Текст] / НИИСК. – Москва: Стройиздат, 1989. – 104 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Бетони важкі. Технічні умови [Текст]. – К.: Держкоммістобуд України, 1997. – 16 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу [Текст]. – К.: Укрсерхбудінформ, 2009.
7. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2001, NEQ) [Текст]. – К.: Мінрейдбуд України, 2010.
8. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах [Текст]. – К.: Мінрейдбуд України, 2010.
9. Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць [Текст] / УкрДАЗТ; ЦБМЕС УЗ. - Затв. 20.12.2011. - Харків, 2011. – 26 с.
10. Research of influence of leakage currents and stray currents / A.N. Plugin, A.A. Plugin, O. Plugin, O. Dudin, O. Borzyak // 17 International Baustofftagung 23-26 September 2009/ - Weimar^ Bundesrepublik Deutschland/ - Tagungsbericht. В. 2. - Р. 2-1151-1156.
11. Дослідження впливу змінного електричного поля в бетоні на його електрокорозію [Текст] / А.М. Плагін, А.А. Плагін, А.А. Дудін [та ін.] // Вісник ОДАБА.- Одеса, 2010.- Вип. 43.- С. 517-524.
12. Дудин, А.А. Механізм впливу змінного струму витoku і високовольтної напруги на обводнені бетонні, залізобетонні та кам'яні споруди [Текст]: дис. канд. техн. наук / А.А. Дудин. - Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 275 с.

Плагін Андрій Аркадійович, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-63.

E-mail: plugin_aa@kart.edu.ua.

Пшеничний Євген Олександрович, магістрант, навчально-науковий інститут перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 376-36-78.

E-mail: vgen.wheat@yandex.ua.

Касьянов Володимир Володимирович, аспірант, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. E-mail: vovochka_08@mail.ru.

Plugin Andrii A., DSc, Professor, Head of Building Materials and Constructions Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (+38 057) 730-10-63. E-mail: plugin_aa@kart.edu.ua.

Pshenichnyi Evgeny, master student, educational-scientific, Institute of retraining and advanced training, Ukrainian State University of Railway Transport, tel.: (057) 376-36-78. E-mail: vgen.wheat@yandex.ua.

Kasyanov Vladimir, graduate, Department of building materials, constructions and structures, Ukrainian State University of Railway Transport. E-mail: vovochka_08@mail.ru.

Наукова праця здана до друку 10.09.2015 р.