

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ КАБЕЛІВ І ВАНТ ВІД КОРОЗІЯ ДЛЯ ВИСЯЧИХ ТА ВАНТОВИХ МОСТІВ

*Воровік О.А., Терех Є.С. ст. гр. ДМ-31-21,  
Науковий керівник: ас. каф. МКіБМ Штефан О.М.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

На рис. 1 і 2 показано деякі способи захисту кабелів і вант від корозії.

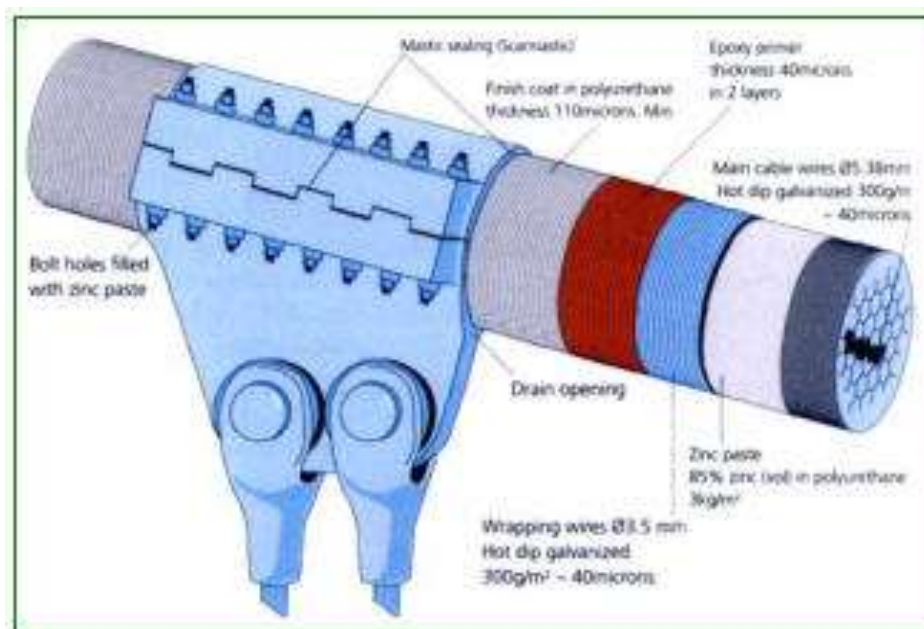


Рисунок 1 – Антикорозійний захист канатних елементів мосту Сторебелт

Слід додати, що основні несні канати нових споруд за всією вільною довжиною, а також у зонах анкерування мають бути оснащені, як мінімум, двома надійними системами захисту [1-3]. Внутрішній бар'єр – мастила, захисні

панчохи, епоксидні або гальванічні покриття – має повністю захищати всю довжину каната й ділянки анкерування. Зовнішній бар'єр – неметалеві матеріали, поліетиленові труби, півполовинілфторидні стрічки та інші обмотувальні матеріали.

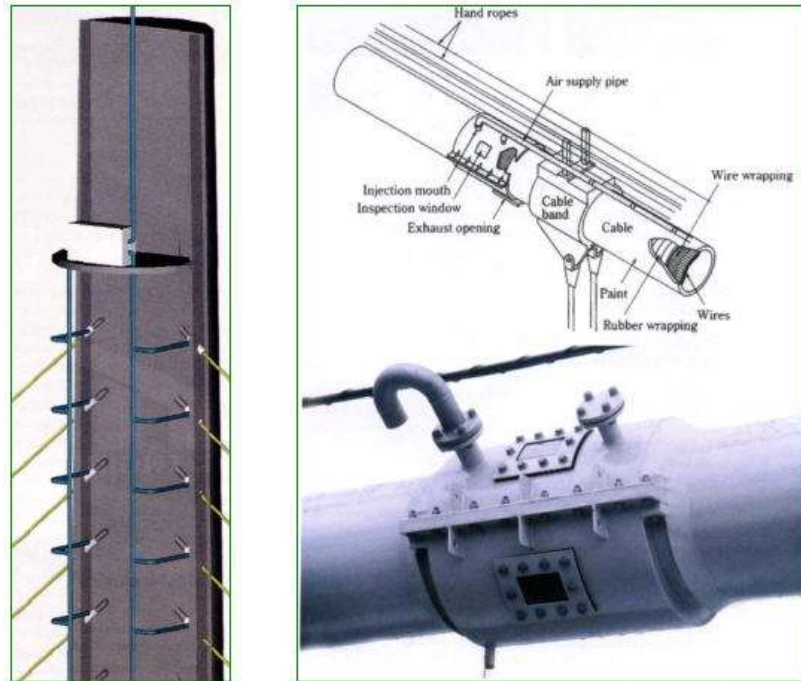


Рисунок 2 – Схеми та загальний вигляд установок зневоднення повітря для захисту вант і кабелів мостів від впливу атмосферної вологи

Як приклад системи захисту можна назвати запропоновану в 90-х роках ХХ ст. фахівцями компанії Ді-Сі Браун (DC Braun) ластомерну обмотувальну стрічку «Кейблгард», яку застосовують як під час ремонту, так і під час зведення нових мостів. Матеріал стрічки екологічно «чистий» і не вимагає особливої підготовки поверхні та очищення її розчинниками. Стрічкою можна обмотувати оголені канати і канати, захищені поліетиленовими трубами. Стрічка складається з трьох шарів: полімер - армотканина - полімер. Полімер являє собою з'єднання поліетилену хлорсульфанату. Для надання необхідного кольору до складу матеріалу корозійного захисту включають світлостійкі барвники, завдяки чому

відпадає необхідність фарбування вручну. Номінальна товщина стрічки 1,14 мм ( $\pm 0,08$  мм). Таким чином, за 50%-го перехресту стрічки (під час намотування) на канат товщина захисного покриття становитиме приблизно 2,28 мм. Стрічку «Кейблгард» можна намотувати на канат безпосередньо поверх наявного фарбування або на гальванічне покриття. Для цього використовують обмотувальну машину. Під час обмотки стрічка натягується з досить великим зусиллям (міцність на мембранний розрив – понад 425Н, під час випробування на відрив клаптя за методикою стандарту ASTM 0-751 – понад 40Н), що відповідає відносному подовженню від 3 до 10%. У першу добу після обмотки стрічку необхідно нагріти протягом 5-7 хв. до температури 150°C, щоб спаяти перехлест і забезпечити усадку стрічки, завдяки чому відбудеться обтиснення каната. Незважаючи на щільне обтиснення каната в результаті усадки стрічки, вона не приварюється до каната і не прилипає до нього, що в майбутньому забезпечує можливість видалення стрічки для огляду каната.

Для ілюстрації конструкції і роботи систем зневоднення канатів з метою стримування або запобігання корозії дротів може бути розглянута широко застосовувана нині, під час спорудження великих висячих і вантових мостів система, що має індекс SSI 2000 (D), запропонована швейцарською компанією VSL.

Дана система, використовується для канатів, що складаються з набору індивідуальних пасм по всій довжині, що укладені в повітронепроникний захисний кожух з поліуретану високої щільності (HDPE), який одним кінцем приєднують до пілона, а іншим - до анкера на прогонових будовах. При цьому обдуванням сухим повітрям від корозії захищається не тільки сам канат і його анкери, а й система гасіння коливань.

Звичайно установку зневоднення розміщують усередині пілона (рис. 2), вона має вентилятори, який створює невисокий за величиною, постійний тиск сухого повітря по всій довжині канатів, а також в анкерній камері пілона, де

повітря переміщається, доходячи, у разі потреби, до анкерів у балці жорсткості, зневоднюючи об'єм замкнутих порожнин прогонової будови. Простір між пасмами всередині кожуха канатів сприяє циркуляції сухого повітря навколо пасм, тиск залишається дещо вищим за атмосферний, що унеможливорює проникнення вологи з навколишнього середовища до канатів.

Дана система володіє трьома рівнями захисту:

- перший – суцільне металізоване покриття пасм;
- другий – потік сухого повітря, що оточує пасми і створює суцільну оболонку;
- третій - повітронепроникний кожух, у який поміщений весь вантовий канат.

Усередині оболонки канатів закріплюють датчики для замірів вологості, тиску повітря і його температури, забезпечуючи отримання всіх необхідних для контролю над процесом зневоднення даних. У разі необхідності, для ведення моніторингу під час експлуатації моста, захисну кришку анкера можна влаштувати так, щоб забезпечувати постійне візуальне спостереження за станом пасм, без необхідності відкривати замкнену систему (рис. 2 і 3).

Систему зневоднення обдувом сухим повітрям з метою захисту металоконструкцій і канатів підвіски, в різних країнах застосовують вже кілька десятків років, принципи роботи системи зрозумілі, корисність очевидна, величина витрат на технічне обслуговування не велика, а надійність висока.

Як правило, основні проблеми в канатних елементах мостів виявляються під час проведення моніторингу (рис. 3), а заходи з ремонту обмежуються заміною захисних покриттів обмотки та зачеканням хомутів підвісок, однак, інколи виникає потреба в ремонті або навіть повній заміні самих канатів.

Під час ремонту системи захисних покриттів канатів перша операція полягає у видаленні обмотки каната та очищенні зовнішніх дротів на ділянці між хомутами, потім слідує видалення старого покриття, яке під час будівництва

перших висячих мостів виготовляли з пасти із застосуванням свинцевого сурику (суміш 92% порошку окису свинцю та 8% сирової лляної олії).

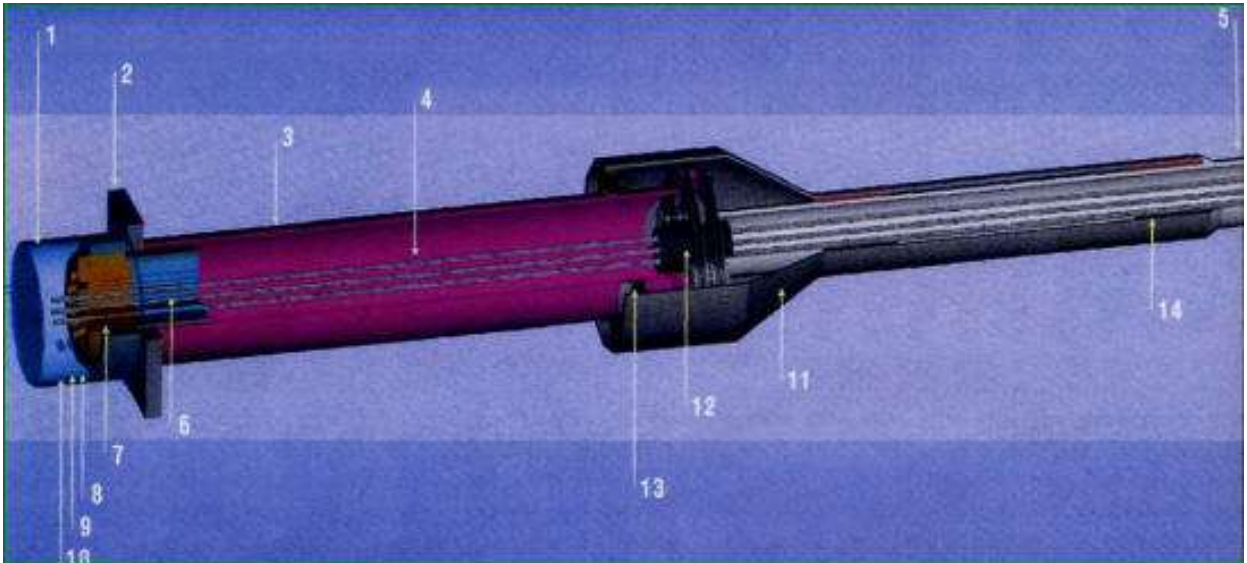


Рисунок 3 – Деталь системи зневоднення вант SSI 2000 (D) 1 – захисна кришка, що закупорює весь анкер; 2 – опорна плита; 3 – напрямна труба; 4 – незахищене панчохою пасмо системи VSL із захисним гальванічним покриттям, діаметр 15,7 мм, 1770/1860 МПа; 5 – захисний чохол каната зменшеного діаметра, виготовлений з HDPE методом екструзії, з нанесеним на поверхню гвинтовим буртиком; 6 – перехідна коробка; 7 – активний анкер, оснащений системою реєстрації даних; 8 – датчик температури; 9 – датчик вологості; 10 – датчик тиску повітря; 11 – захисна антивандальна труба; 12 – фрикційний демпфер системи VSL; 13 – металевий конічний ущільнювальний конічний сальник; 14 – з'єднання із захисним кожухом

Оскільки відходи свинцю є високотоксичними, для запобігання їхнього здування із зони робіт операції виконують усередині спеціального герметизованого укриття, яке зводять відповідно до вимог захисту навколишнього середовища.



Рисунок 4 – Моніторинг кабелів і підвісок висячих мостів

Технологія ремонту обірваних або сильно пошкоджених корозією дротів (рис. 5) з роками не зазнала значних змін. Найчастіше застосовують обтискні або різьбові втулки, за допомогою яких нову вставку з'єднують із кінцями дроту в місці розриву або видаленої пошкодженої ділянки.

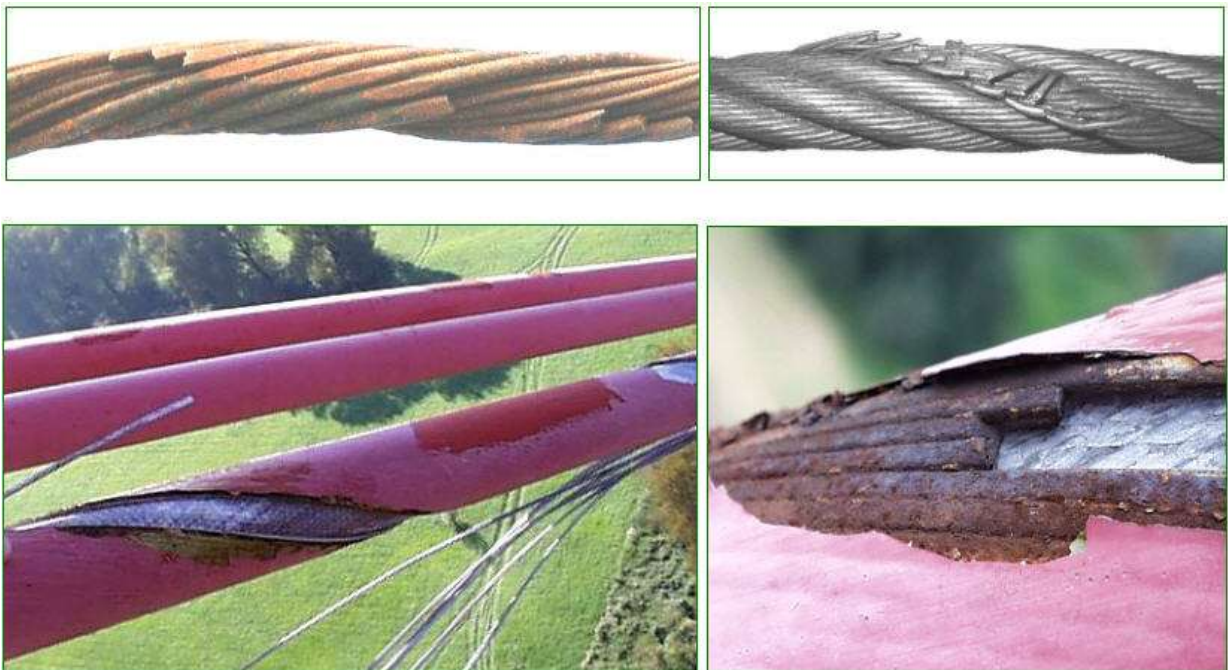


Рисунок 5 – Характерні дефекти дротів у канатах

За допомогою клинів із твердих порід дерева несучий канат розклинюють на ділянках між найближчими хомутами, завдяки чому в тілі каната утворюється довга канавка. Клинці зазвичай забивають зверху вниз уздовж напрямку радіуса кола, що являє собою поперечний переріз каната. Відстань між клинами зазвичай призначають рівною 300 мм, однак вона може змінюватися залежно від положення ремонтованої ділянки вздовж каната: на ділянках більшої крутизни каната, близьких до пілона, відстань між клинами зменшують до 225 мм, а на пологіших ділянках при наближенні до середини прогону клини розташовують на відстані 450 мм. Така зміна відстаней між клинами пояснюється прагненням сповільнити процес розтікання лляної олії після її введення в структуру каната. Другу лляну олію заливають із витратою приблизно 12,4 л на 1 м каната за його діаметру від 500 до 600 мм, при цьому необхідно «утримати» олію всередині каната максимально довго, щоб забезпечити повне обволікання олією кожного дроту.

Спочатку під час роботи використовували чисту (без добавок) сіру лляну олію, у міру вдосконалення технології влаштування покриттів в олію (60 %) стали вводити різні антикорозійні інгібітори (40 %), що дало змогу поліпшити якість покриттів.

Після закінчення просочення головного несучого каната олією клини витягають, і канат за допомогою спеціальної гідравлічної обойми ущільнюють. Її розміщують на самому канаті, вмикають у дію гідравлічні обтискачі, оснащені домкратами. Ця операція виконується в три стадії. Тривалість кожної стадії триває кілька хвилин, що достатньо для щільного прилягання дротів один до одного. У міру обтиснення вимірюють довжину окружності ущільнюваного каната і порівнюють її з довжиною окружності до розклинювання. Якщо початкова або менша довжина окружності досягнута, на канат надягають обтискний хомут. Якщо не вдалося досягти контрольного показника, процес повторюють або до його отримання, або до стану, коли після чергового

обтискання домкратами ступінь ущільнення перестає зростати. Ущільнювальну обійму потім переміщують по канату на наступні 300 мм і т. д.

Після закінчення робіт з ремонту, на зовнішню поверхню ущільненого каната наносять покриття із захисного матеріалу, після нанесення якого, канат спіралью обмотують м'яким відпаленим дротом, отримуючи другий шар міцного захисного покриття.

Ділянки спірального дротяного покриття обмежують обтискними хомутами, при цьому кінці дротів обмотки зачеканюють у хомутах. Плівка із захисної пастки відіграє роль податливої основи, в яку «занурюється» дріт обмотки і яка, «втискуючись», заповнює всю порожнечу, що утворилася між витками дроту обмотки та перпендикулярно до нього розміщеними дротами головного несучого каната.

Нині для обмотки дротом несучих канатів застосовують обладнання, що дає змогу регулювати й контролювати силу натягу дроту в процесі обмотки (рис. 6).



Рисунок 6 – Улаштування обмотки дротом несучих канатів

Отруйний для працюючих і небезпечний для довкілля свинцевий сурик нині витісняють новими матеріалами - зокрема, Crickote ZN і Elettrometal (що

містять цинк і окис цинку). Основою для них слугують антикорозійні термоактивні полімери або поліуретани, порівняно зі свинцевим суриком вони мають низку переваг: присутність у них цинку сприяє утворенню на дротах гальванічного покриття; вони менш токсичні; їхні базові складові мають триваліші терміни твердіння.

Як заключний елемент захисту канатів зазвичай застосовують багат шарове фарбування. Оскільки всі елементи конструкції висячих мостів і, особливо, несучих канатів, мають високу гнучкість, матеріал фарбування повинен мати високу пластичність. Протягом останніх років було випробувано кілька систем захисту головних канатів, найкращі результати до теперішнього часу дає використання матеріалу Noxide – водного акрильного покриття, що містить високопластичні полімери. Переваги цього матеріалу полягають у його здатності при розтягуванні подовжуватися на 200% без розриву крім того, він не втрачає еластичності від ультрафіолетової радіації, досвід його експлуатації в промислових установках підтвердив його довговічність протягом 20-річного періоду. У нових проєктах ремонту канатів висячих мостів можливе застосування цього нового матеріалу замість традиційного багат шарового фарбування.

### **Перелік посилань:**

1. Niels J. Gimsing, Christos T. Georgakis. Cable supported bridges. Concept and design. Third Edition. WILEY. 2012. 592 p.
2. Holger Svensson. Cable-Stayed bridges. 40 years of experience worldwide. 2012. 451 p.
3. Judith Dupré. Bridges. A history of the world's most spectacular spans. Black Dog & Leventhal Publishers. 2017. 350 p.