

*Світлана ОСАДЧУК<sup>1</sup>, Людмила НИРКОВА<sup>1</sup>, Анатолій РИБАКОВ<sup>1</sup>  
Володимир ЧЕРВАТЮК<sup>2</sup>, Володимир ВАСЬКІВСЬКИЙ<sup>3</sup>, Андрій БІЛИЧЕНКО<sup>4</sup>*

## **АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ В СФЕРІ ПАСИВНОГО ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

<sup>1</sup>*Інститут електрозварювання НАН України  
вул. Казимира Малевича, 11, м. Київ, 03150. E-mail: lnyrkova@gmail.com*

<sup>2</sup>*Фізико-механічний інститут НАН України  
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79601*

<sup>3</sup>*ПАТ «Укртранснафта» ПАТ «Нафтогаз України»  
вул. Кутузова, 18/7, м. Київ, 01133*

<sup>4</sup>*ПАТ «Укртрансгаз» ПАТ «Нафтогаз України»  
Кловський узвіз, 9/1, м. Київ, 01021*

*Svitlana OSADCHUK<sup>1</sup>, Lyudmyla NYRKOVA<sup>1</sup>, Anatoliy RYBAKOV<sup>1</sup>,  
Volodymyr CHERVATYUK<sup>2</sup>, Volodymyr VASKIVSKYY<sup>3</sup>, Andriy BILYCHENKO<sup>4</sup>*

## **URGENT QUESTIONS OF NATIONAL STANDARDIZATION IN SPHERE OF PASSIVE CORROSION PROTECTION OF MAIN PIPELINES**

<sup>1</sup>*Ye.O. Paton Electric-Welding Institute of the NAS of Ukraine  
11, Kazimir Malevich Str., Kyiv, 03150, Ukraine. E-mail: lnyrkova@gmail.com*

<sup>2</sup>*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine  
5, Naukova Str., Lviv, 79060. Ukraine*

<sup>3</sup>*JSC «Ukrtransnafta»  
18/7, Kutuzov Str., Kyiv, 01133, Ukraine*

<sup>4</sup>*JSC «Ukrtransgas»  
9/1, Klovsky Descent, Kyiv, 01021, Ukraine*

### **ABSTRACT**

The analysis of normative documents of different countries in the sphere of corrosion protection in relation to the indexes of external protective coatings for main pipelines was carry out. It is marked, that there are some differences in the values of indexes «transient specific electric resistance» of polyurethane and roll coatings, «adhesion of ribbon to the bitumen-polymer resin» and in testing conditions during determination of impact strength. It is suggested to correct the values of indexes for protective coatings such as «transient specific electric resistance» and to specify the tests conditions during determination of impact strength by development of changes to the National Standard of GSTU 4219-2003 «Steel pipe mains. General requirements for corrosion protection».

**KEY WORDS:** *main pipelines, corrosion, protective coatings, polyurethane coating, transient electric resistance, impact strength.*

Світовий досвід доводить, що надійний протикорозійний захист будь-якого трубопроводу можуть забезпечити тільки три чинники, що діють спільно: висока корозійна тривкість металу труби, наявність вірно обраного і правильно нанесеного протикорозійного покриття та електрохімічний захист. Звичайно, в цій тріаді істотну роль відіграє матеріал протикорозійного покриття, тому саме цьому чиннику приділяється підвищена увага останнім часом, оскільки застосування корозійнотривкої сталі різних марок у комбінації із захисним покриттям зможе у декілька разів збільшити термін служби трубопроводу [1]. Вимоги до протикорозійного захисту в Україні встановлюють такі основоположні нормативні документи:

- ДСТУ 4219-2003 «Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії» [2], який встановлює загальні вимоги до захисту від підземної та атмосферної корозії зовнішньої поверхні сталевих (маловуглецеві низьколеговані сталі класу не вище К60) магістральних трубопроводів методами пасивного (захисні покриття) та активного (наведення катодного потенціалу) захисту;
- ДСТУ-Н Б А.3.1:2015 «Магістральні трубопроводи. Нанесення захисних покриттів та улаштування теплової ізоляції. Настанова» [3], у якому наведена інформація про новітні матеріали, вимоги до них та технології нанесення на магістральні трубопроводи у базових та трасових умовах, представлені типи зовнішніх покриттів магістральних трубопроводів: поліетиленові, поліуретанові, епоксидні, на основі мастики та полімерної стрічки, стрічково-мастикові (холодного нанесення) тощо.

Слід зауважити, що в сучасних стандартах, які регламентують вимоги до захисних покриттів, відсутні конструкції бітумних і стрічкових покриттів або наведені відомості досить обмежені. Як альтернатива для цих покриттів у стандартах наведені дані щодо комбінованих.

У певних колах виробників та організацій, які застосовують захисні матеріали для магістральних трубопроводів деякі питання викликають дискусію та на сьогоднішній день потребують вирішення. Такими питаннями є уточнення значень наступних показників для покриттів класу В (дуже посиленого типу) згідно з ДСТУ 4219 за кімнатної температури: перехідний питомий електричний опір поліуретанових покриттів; адгезія стрічки до бітумно-полімерної мастики; міцність під час удару.

Мета роботи полягала у проведенні аналізу нормативних документів різних країн щодо вимог до вищезазначених показників зовнішніх захисних покриттів магістральних трубопроводів та роз'ясненні відмінностей під час порівняння вимог до них.

Закордонні нормативні документи (далі – НД), у яких наведені вимоги щодо зовнішніх покриттів, є наступними: ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии [4]; EN 12068:1998 Cathodic protection – External organic coatings for the corrosion protection of buried or immersed steel pipelines used in conjunction with cathodic protection – Tapes and shrinkable materials [5]; ГОСТ EN 12068 Защита катодная. Наружные органические оболочки для защиты от коррозии стальных трубопроводов, проложенных под землей и в воде, в соединении с катодной защитой от коррозии. Рулоны и уплотняющие материалы (проект) [6].

У європейських НД покриття класифікують відповідно до опору механічним пошкодженням, робочій температурі або спеціальним умовам експлуатації. Класи механічної міцності рулонних покриттів А, В, С встановлені відповідно до їх механічних характеристик, визначених за допомогою таких показників: опір удару, опір вдавненню, питомий електричний опір ізоляції, опір катодному відшаруванню, міцність на відрив шару від шару, міцність на відрив від поверхні труби і заводського покриву. Історично склалося, що в російському стандарті ГОСТ Р 51164, на відміну від європейських та національного ДСТУ 4219, наведені два класи захисних покриттів: посилений і нормальний.

Далі обговорюватимуться властивості покриттів найвищих класів механічного опору або типів (табл. 1–2).

**Перехідний питомий електричний опір захисних покриттів.** Вимоги щодо показника «перехідний питомий електричний опір» поліуретанових покриттів, представлені в НД різних країн, наведено в табл. 1. Як видно, згідно з DIN EN 10290 [7] та DIN 30671 [8] поліуретанові покриття, нанесені в заводських умовах, товщиною не менше 1,5 мм повинні мати перехідний питомий електричний опір не менше  $10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$  за кімнатної температури. Через 100 діб витримування у випробувальному розчині – не менше  $10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ . Співвідношення перехідного питомого електричного опору через 100 діб до такого самого показника через 70 діб,  $R_{S100} / R_{S70}$ , повинно бути не менше, ніж 0,8.

Перехідний питомий електричний опір (початковий) покриттів посиленого типу згідно з ГОСТ Р 51164, аналогічно класу С згідно з DIN EN 10290, DIN 30671 становить  $10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ , через 100 діб витримування –  $10^7 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ . Значення цього показника для поліетиленового та термоусадкового покриттів, наведені в ГОСТ Р 51164, відрізняються та становлять  $10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$  та  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$  відповідно.

**Таблиця 1. Вимоги щодо показника «перехідний питомий електричний опір» поліуретанових покриттів**

**Table 1. Requirements for the index «transient specific electric resistance» of polyurethane coatings**

№ за/п	Назва показника	ГОСТ Р 51164 [4]	DIN EN 10290 [7]	DIN 30671 [8]	ДСТУ 4219 [2]
1	Клас механічного опору або тип покриття (найвищий)	тип посилене	–	–	клас В (дуже посилене)
2	Товщина покриття, mm, не менше	1,5-2,0	1,5	1,5	1,5-2,0
3	Перехідний питомий електричний опір поліуретанового покриття, $\Omega \cdot m^2$ , не менше: – початковий – через 100 days – $R_{S100} / R_{S70}$ *	 10 <sup>8</sup> 10 <sup>7</sup> –	 10 <sup>8</sup> 10 <sup>5</sup> 0,8	 10 <sup>8</sup> 10 <sup>5</sup> 0,8	 10 <sup>10</sup> 10 <sup>9</sup> –

\*  $R_{S100}$  – перехідний питомий електричний опір через 100 days,  $R_{S70}$  – через 70 days.

**Таблиця 2. Вимоги щодо захисних покриттів на основі рулонних матеріалів**

**Table 2. Requirements for protective coatings on the base of roll materials**

№ за/п	Назва показника	ГОСТ Р 51164 [4]	EN 12068 [5]			ДСТУ 4219 [2]
1	Клас механічного опору або тип покриття (найвищий)	тип посилене	клас С (дуже посилене)			клас В (дуже посилене)
2	Міцність під час удару, J, не менше, за температур, °C: – від -40 до +40 – +23 – +20	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0
3	Розмір бойка (імпактора) для визначення ударної міцності, mm: – радіус – діаметр	8	25±0,1			8
4	Опір катодному відшаруванню, не більше: – mm – cm <sup>2</sup>	– 5,0	10 –	15 –	20 –	11 –
5	Адгезія, N/mm, не менше: – стрічки до бітумно-полімерної мастики – відрив внутрішнього шару від внутрішнього	не нормується	1,0	1,5	1,5	1,5

Згідно з EN 12068 покриття з рулонних матеріалів мають перехідний питомий електричний опір залежно від класу механічного опору А, В, С – відповідно 10<sup>6</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>8</sup> Ом·м<sup>2</sup> через 100 діб, а початкові значення цього показника не нормуються. Співвідношення  $R_{S100} / R_{S70}$ , як і для поліуретанових покриттів, повинно бути не менше ніж 0,8.

У ДСТУ 4219 для класу В (дуже посиленого) наведені значення показника перехідного питомого опору покриття, які вищі за нормовані в закордонних стандартах значення –

$10^{10}$  та  $10^9$  Ом·м<sup>2</sup>. Такі значення показника реально досягти для поліетиленового покриття, для інших конструкцій – дуже важко, тому треба провести гармонізацію з європейськими нормами.

**Міцність під час удару захисних покриттів.** Як видно з табл. 2, значення міцності під час удару, наведені в НД різних країн, відрізняються.

У ГОСТ Р 51164 це питання вирішено у такий спосіб. Для всіх покриттів посиленого типу заводського нанесення, крім поліетиленових, для труб діаметром понад 1020 мм значення показника «міцність під час удару» за температури від -40 до 40 °С встановлено на рівні 10,0 Дж та визначається за допомогою ударного пристрою з радіусом бойка 8 мм. Для поліетиленових покриттів за температури 20 °С цей показник обчислюють відповідно до товщини покриття – не менше, ніж 5 Дж/мм товщини покриття для труб діаметром до 1220 мм та не менше, ніж 6 Дж/мм для труб діаметром понад 1220 мм. Згідно з ГОСТ Р 51164 [4], якщо товщина поліетиленового покриття становить 3 мм, міцність під час удару – не менше 15 Дж, що не суперечить вимогам EN 12068 [5] для покриттів класу С.

Згідно з EN 12068 [5] міцність під час удару має становити не менше 15 Дж за випробувань із застосуванням бойка діаметром 25 мм.

ДСТУ 4219, на відміну від вищезазначених НД, встановлює значення показника міцності під час удару для будь-яких покриттів класу В, як і EN 12068 [5] для покриттів класу С – не менше 15 Дж, але яке повинно досягатися із застосуванням бойка радіусом 8 мм, і викликає труднощі під час випробувань щодо дотримання вимог стандарту. Таким чином, для досягнення гармонізації щодо значень показника «міцність під час удару», наведених у ДСТУ 4219 та в ін. НД, треба уточнити умови випробувань, а саме вимоги до розмірів бойка.

**Адгезія полімерної стрічки до бітумно-полімерної мастики.** Відомо [5, 6], що зовнішні базові органічні покриття на основі рулонних матеріалів, як правило, містять декілька шарів: внутрішній – для захисту поверхні труби від корозії; зовнішній – для захисту внутрішнього шару від механічного напруження. Покриття можуть складатися з одного основного типу матеріалів або більше, основними з яких є:

- петролатумна стрічка, що застосовується в холодному стані для захисту від корозії та містить синтетичний армувальний матеріал, нанесений по обидва боки за допомогою напівтвердого петролатума, який формується за температури зовнішнього середовища;
- бітумна стрічка (застосовується в гарячому стані) та містить склоармувальний або синтетичний армувальний матеріал, нанесений по обидва боки за допомогою бітумного компаунда;
- полімерна стрічка (застосовується в холодному або гарячому стані), яка містить високо адгезійний до сталі склад, нанесений на полімерну плівку, і, за потреби, синтетичний армувальний матеріал.

Основним завданням протикорозійного покриття є недопущення контакту агресивних ґрунтів з поверхнею сталі [9]. Але практично всі ізоляційні покриття є проникними для води та кисню, в результаті чого під покриттям протікають електрохімічні реакції, а за наявності дефекту проходить інтенсифікація електрохімічних реакцій в області дефекту та на прилеглих до нього ділянках. Тому ізоляційне покриття відшаровується від металу труби. За поляризації ці процеси стають інтенсивнішими. Якщо в 1977 р. за результатами опитування фахівців в області захисту від корозії на перше місце поставлена адгезія, на друге стійкість до катодного відшарування, то в 1985 р. оцінка стійкості покриттів до катодного відшарування вийшла на перше місце [10]. Тому згідно з EN 12068 для покриттів з високою механічною міцністю класу С задані три альтернативні комбінації вимог для опору катодному відшаруванню, міцності на відрив шару від шару та міцності на відрив від поверхні труби і заводського покриття.

Вимоги щодо захисних покриттів на основі рулонних матеріалів НД різних країн наведені в табл. 2. Як видно, значення показника «адгезія стрічки до бітумно-полімерної мастики» в ГОСТ Р 51164 не нормується, можливо, внаслідок того, що цей стандарт наводить лише два класи покриттів: посилений та нормальний. Аналогічно в EN 12068 для бітумних стрічок класу А та В (посилений і нормальний) вимог щодо адгезії внутрішнього шару до внутрішнього не наведено, але встановлені вимоги щодо адгезії під час відривання внутрішнього шару покриття від внутрішнього для класу С, наприклад, стрічки від мастики, не менше ніж 1,0, 1,5, 1,5 Н/мм, залежно від опору катодному відшаруванню не більше, ніж 10,0, 15,0, 20,0 мм відповідно.

У ГОСТ Р 51164 значення опору катодному відшаруванню встановлено  $5 \text{ см}^2$  ( $\sim 13 \text{ мм}$ ). Імовірно, тому в цьому стандарті не наведений показник відривання стрічки від мастики для комбінованого покриття, що не суперечить вимогам EN 12068 до таких покриттів класу А та В.

Таким чином, слід припустити, що коригування показника адгезії стрічки до бітумно-полімерної мастики, визначене за кімнатної температури, не доцільне, що підтверджується випробуваннями бітумно-полімерних покриттів конструкцій 9, 14 згідно з ДСТУ 4219 вітчизняних і закордонних виробників.

На думку авторів, шляхи вирішення питань щодо коригування показників та умов випробувань такі: короткий – розроблення зміни, призначеної для швидкого реагування на проблеми виробників, експлуатуючих організацій або організацій, які проводять будівництво та реконструкцію трубопроводів. З практики відомо, що розроблення або перегляд НД в цілому є довгим шляхом, що може тривати роки. Довгий, але потрібний шлях – перегляд основоположного стандарту ДСТУ 4219 в цілому.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз нормативних документів різних країн щодо вимог до показників зовнішніх захисних покриттів магістральних трубопроводів дуже посиленого типу «перехідний питомий електричний опір», «адгезія стрічки до бітумно-полімерної мастики» та умов проведення випробувань міцності під час удару і виявлені відмінності, які пов'язані і з вимогами щодо нормування цих показників, і з методичним підходом до умов випробувань.

Встановлено, що за кімнатної температури згідно з DIN 30671 та ГОСТ Р 51164 значення показника «перехідний питомий електричний опір» поліуретанових покриттів, початковий становить  $10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ , через 100 діб витримування –  $10^5$  та  $10^7 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$  відповідно; «адгезія стрічки до бітумно-полімерної мастики» згідно з EN 12068 нормується залежно від стійкості покриття проти катодного відшарування та має значення не менше, ніж  $1,0 \text{ Н/мм}$  за радіусу відшарування не більше  $10 \text{ мм}$  та не менше, ніж  $1,5 \text{ Н/мм}$  за радіус відшарування – від  $15 \text{ мм}$  до  $20 \text{ мм}$  відповідно. Згідно з EN 12068 міцність під час удару  $15 \text{ Дж}$  досягається при випробуванні із застосуванням бойка діаметром  $25 \text{ мм}$ .

2. Запропоновано для зовнішніх захисних покриттів класу В провести коригування значень показника «перехідний питомий електричний опір» та умов проведення випробувань міцності під час удару шляхом розроблення зміни до ДСТУ 4219-2003 «Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії», а саме:

– встановити значення показника «перехідний питомий електричний опір» для поліуретанових та комбінованих покриттів класу В, не менше: початковий –  $10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ , через 100 діб витримування –  $10^7 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ ;

– діаметр бойка пристрою для випробування міцності під час удару повинен бути  $25 \text{ мм}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. С.В. Новиков, В.Ю. Гордеева. Перспективы применения коррозионностойких сталей в трубопроводном транспорте // Коррозия. Территория нефтегаз. – 2010. – № 2. – С. 37-39.
2. ДСТУ 4219-2003 Трубопроводи сталеві магістральні. Загальні вимоги до захисту від корозії.
3. ДСТУ-Н Б А.3.1:2015 Магістральні трубопроводи. Нанесення захисних покриттів та улаштування теплової ізоляції. Настанова.
4. ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
5. EN 12068:1998 Cathodic protection – External organic coatings for the corrosion protection of buried or immersed steel pipelines used in conjunction with cathodic protection – Tapes and shrinkable materials.
6. ГОСТ EN 12068 Защита катодная. Наружные органические оболочки для защиты от коррозии стальных трубопроводов, проложенных под землей и в воде, в соединении с катодной защитой от коррозии. Рулоны и уплотняющие материалы (проект).
7. DIN 30671-1992 Umhüllung (Außenbeschichtung) von erdverlegten Stahlrohren mit Duroplasten.
8. DIN EN 10290:2004-08 Stahlrohre und -formstücke für On- und Offshore-verlegte Rohrleitungen – Umhüllung (Außenbeschichtung) mit Polyurethan und polyurethan-modifizierten Materialien.
9. Бэкман В., Швенк В. Катодная защита от коррозии. – Справочник. – М.: Металлургия, 1984. – 496 с.
10. Хромихина В.Ф., Глазков В.В., Котусова Ф.В. Влияние технологических параметров на стойкость к катодному отслаиванию изоляционных покрытий трубопроводов // Изоляция трубопроводов. – Сб. науч. трудов. – М.: ВНИИСТ. – 1982. – С.57–67.