

**В.І. Маруха<sup>1</sup>, В.М. Федірко<sup>2</sup>, М.П. Волошин<sup>1</sup>,  
А.Т. Пічугін<sup>2</sup>, Я.Я. Гевський<sup>1</sup>, Б.М. Лавришин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Державне підприємство Інженерний центр "Техно-Ресурс" НАН України, Львів

<sup>2</sup> Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, Львів

## **РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОАБРАЗИВНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ АБРАЗИВНО-ОЧИСНИХ РОБІТ У ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ**



*Описано технологічний процес підготовки поверхні металоконструкцій до захисту від корозії. Пропонується комплект креслень на установки гідроабразивного очищення та транспортування відпрацьованого абразиву. Наведені принципово відмінна технологія очищення та технологічні режими гідроабразивного очищення поверхні в процесі підготовки метало-конструкцій до захисту їх від корозії захисними покриттями.*

*Ключові слова: поверхня, абразив, корозія, суспензія, корозійна втома, міцність, гідроабразивна обробка.*

### **ВСТУП**

Науково-технічні та проектні роботи з виготовлення комплексу гідроабразивного устаткування для абразивно-очисних робіт проведені співробітниками Фізико-механічного інституту (ФМІ) ім. Г. В. Карпенка НАН України і Державного підприємства Інженерний центр (ДПІЦ) "Техно-Ресурс" НАН України за інноваційним проектом № 30, що входив у Перелік науково-технічних проектів, вибраних для реалізації в 2007 р. Постановою бюро Президії Національної Академії наук України від 04 квітня 2007 р. за № 94.

Як відомо, основним критерієм, що забезпечує високі захисні властивості та довговічність лакофарбових покриттів, є в першу чергу якість підготовки поверхні. Тільки при абразивно-струминній обробці досягається найбільш ефек-

тивна підготовка та активація поверхні металу. В результаті такої обробки поверхня металу не тільки очищується, але і набуває рельєфу. Але в процесі традиційної сухої абразивноструминної обробки поверхні метало-конструкцій відбувається суттєве забруднення оточуючого середовища видимими і невидимими (до 4 мкм) частинками абразивного пилу, надзвичайно шкідливого для людського організму. Тому в країнах Євросоюзу традиційна піскоструминна обробка заборонена. Як альтернативу цій шкідливій обробці провідні зарубіжні фірми пропонують громіздкі енерго- та матеріалоємні установки для гідро- або гідроабразивного очищення поверхні метало-конструкцій та споруд [1–3.]

У ФМІ та ДПІЦ "Техно-Ресурс" НАН України було виконано комплексне дослідження та розроблено регламент гідроабразивного очищення, виготовлено дослідний зразок гідроабразивної установки та проведено її лабораторну апробацію [4, 5]. В рамках інноваційного

проекту № 30 співробітники ФМІ та ДПІЦ відкоригували та модернізували окремі вузли конструкції гідроабразивної установки, доповнивши її відповідним додатковим устаткуванням, створили комплекс гідроабразивного устаткування для забезпечення оптимальних режимів екологічно чистої технології очищення поверхні металоконструкцій та споруд.

#### ВПЛИВ ГІДРОАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ НА КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛУ

Важливим етапом у вирішенні завдань розробки устаткування та екологічно чистої технології очищення стало дослідження впливу гідроабразивної обробки поверхні на корозійну тривкість та втомну довговічність сталі Ст3. Електрохімічні дослідження показали, що при гідроабразивній обробці поверхні зразків сталі Ст3 їх корозійна тривкість в кислому дощі зростає ( $i_{\text{кор.}} = 0,34 \text{ мА/м}^2$ ) в порівнянні з вихідною поверхнею ( $i_{\text{кор.}} = 1,33 \text{ мА/м}^2$ ), що узгоджується з даними порівняльної характеристики різних способів абразивної обробки поверхні металу [6, 7]. Слід зазначити, що при гідроабразивній обробці циклічна довговічність зразків сталі Ст3 зростає в 20 разів порівняно з необробленими зразками. Встановлено, що при збільшенні часу обробки поверхні довговічність зразків зростає у всьому діапазоні амплітуд напружень. Відсутність підшарового максимуму напружень у зразках зумовлена, очевидно, охолоджувальною дією води, що забезпечує відсутність перенаклепу на поверхні в широкому інтервалі часу гідроабразивної обробки.

Таким чином, гідроабразивна обробка поверхні металу крім екологічної чистоти забезпечує підвищення корозійної тривкості та втомної міцності на стадії підготовки поверхні металоконструкцій до захисту від корозії лакофарбовими покриттями.

#### ПРОЕКТУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГІДРОАБРАЗИВНОГО УСТАТКУВАННЯ

Згідно з планом робіт інноваційного проекту № 30 було розроблено технічне завдання на



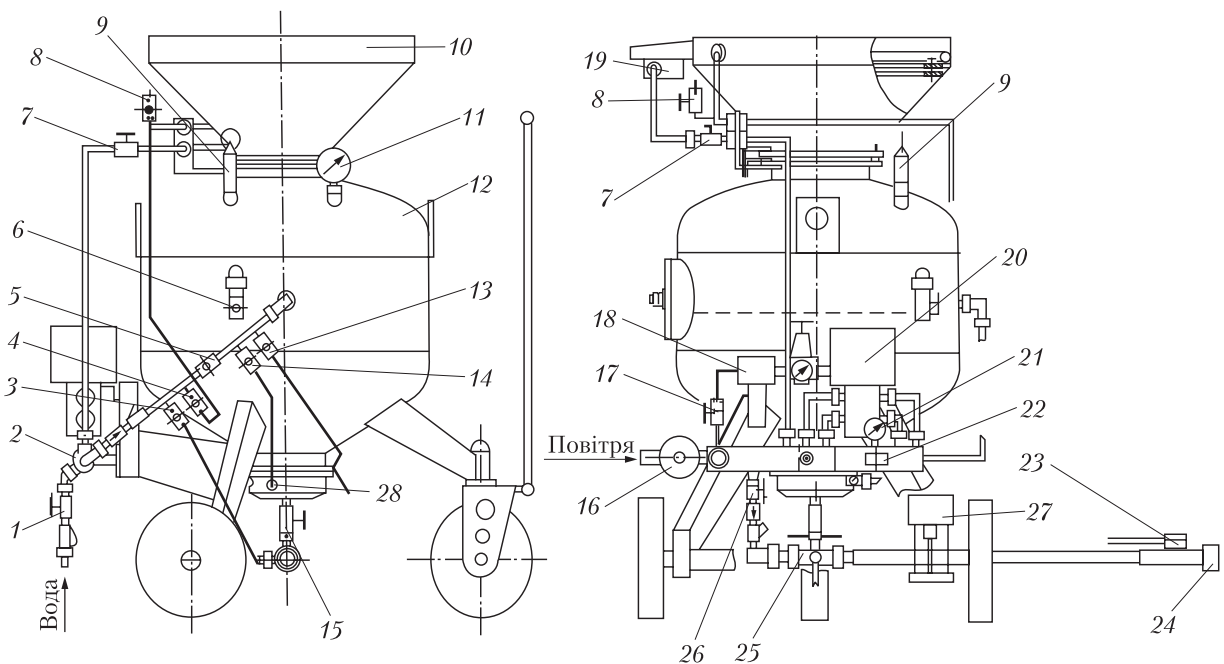
Рис. 1. Складові частини комплексу гідроабразивного очищення: а – установка гідроабразивного очищення; б – компресор ATLaS Copco XAHS106; в – резервуар для води; г – установка транспортування відпрацьованого абразиву; д – установка транспортування відпрацьованої води

проекування комплексу, а також спроекувано і виготовлено комплект креслень окремих вузлів гідроабразивного устаткування. Згідно з проектною документацією укомплектовано комплекс гідроабразивного устаткування, який сформовано з окремих складових частин, що з'єднуються між собою гумовотканинними рукавами у схемі залежно від типу виконуваних робіт. На рис. 1 наведено спроекуваний комплекс гідроабразивного устаткування, призначений для виконання наступних робіт:

- ✦ гідроабразивне очищення поверхні металу та бетону (схема а–б–в);
- ✦ промивання очищеної поверхні водою під тиском (схема а–б–в);
- ✦ осушення очищеної поверхні повітрям (схема а–б);
- ✦ транспортування відпрацьованого абразиву (схема б–г);
- ✦ транспортування відпрацьованої води (схема б–д).

Проектуванням та комплектуванням установки гідроабразивного очищення забезпечується виконання: гідроабразивного очищення, промивання водою під тиском очищеної поверхні від залишків абразиву, осушення очищеної та промитої поверхні стисненим повітрям. Для цього установка конструктивно змонтована з таких основних вузлів (рис. 2): резервуар, в якому утворюється суспензія абразиву з водою, завантажувальна камера, механічно закріплена до резервуара, через яку абразив завантажується водою.

Утворення суспензії абразиву з водою відбувається у нижньому конусі резервуара установки. Принцип утворення суспензії полягає в тому, що струмінь води, рухаючись по спіралі, захоплює частинки абразиву і утворює суспензію, яка під гідростатичним тиском витікає через кран-змішувач і повітрям від компресора транспортується до сопла, яким оператор здійснює гідроабразивне очищення поверхні.



**Рис. 2.** Установка гідроабразивна: 1–8, 13, 14, 17, 22, 26 – крани кулькові; 2 – колектор; 9 – клапан-запобіжник; 10 – камера завантажувальна; 11, 21 – манометр; 12 – резервуар абразиву; 15 – кран конусний корковий; 16, 23 – пневмоперемикач; 18 – блок підготовки повітря; 19 – пневмовібратор; 20 – пневмонасос; 24 – сопло; 25 – змішувач; 27 – перетискач; 28 – сопла-завихрювачі (2 шт.)

В процесі проектування відпрацьовано декілька варіантів конструкції для подачі води соплами-завихрювачами для утворення суспензії, а також різні кути  $\alpha$  конуса резервуара (рис. 3). В результаті знайдено оптимальний кут —  $\alpha = 120^\circ$ , що забезпечує максимальний вихід суспензії через нижній патрубок 3. З'явилась також можливість збільшення діаметра резервуара абразиву з одночасним зменшенням його висоти для зручності обслуговування при завантаженні абразивом.

Наступним завданням проектування камери було встановлення оптимального місця розміщення сопел-завихрювачів в ній. Апробація розміщення цих сопел в центрі резервуара напроти патрубку 3 при зміні висоти встановлення показала, що суспензія утворюється нестабільного характеру, не регулюється співвідношенням *вода—абразив*, а на виході з сопла супроводжується пульсаціями, які негативно впливають на якість очисних робіт. І лише при розміщенні сопел-завихрювачів 2 по дотичній до твірної конуса 1 на колі діаметром, що дорівнює половині діаметра основи конуса  $\varnothing D_1 = 1/2 D_0$ , вдалося позбавитися цих небажаних ефектів. Оптимальне розміщення сопел встановлено експериментально шляхом дослідження залежності продуктивності (знімання металу) гідроабразивної обробки від  $h$ . При встановленні двох сопел в камері суспензії продуктивність зростає на 30 % (рис. 4). Слід зазначити, що дана конструкція камери суспензії дає можливість регулювання співвідношення *вода—абразив* в суспензії шляхом зміни тиску води в резервуарі, що впливає на кількість абразиву в суспензії. Зміною прохідного перерізу кранів, які знаходяться в лінії кожного сопла, регулюється кількість води в суспензії. Для забезпечення оптимальної кількості суспензії, яка подається через рукав Ду32 до сопла, мінімально достатнім виявився діаметр патрубку 3, що дорівнює  $d = 3/4$ ". Для стабільності (без пульсацій та зупинок) подачі суспензії до сопла, що надзвичайно важливо для досягнення оптимальної продуктив-

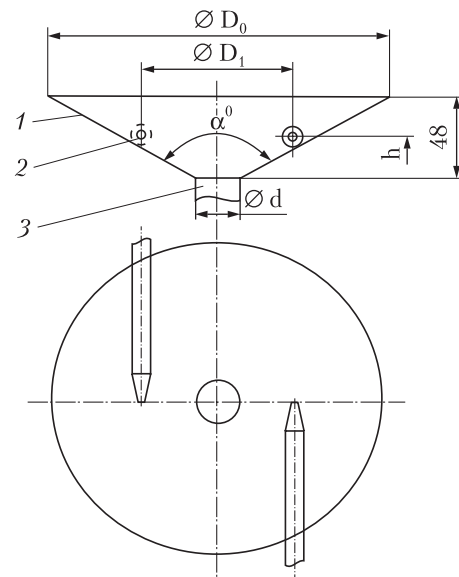


Рис. 3. Схема розміщення сопел-завихрювачів у камері утворення суспензії: 1 — конус камери; 2 — сопла-завихрювачі; 3 — патрубок виходу суспензії з резервуара

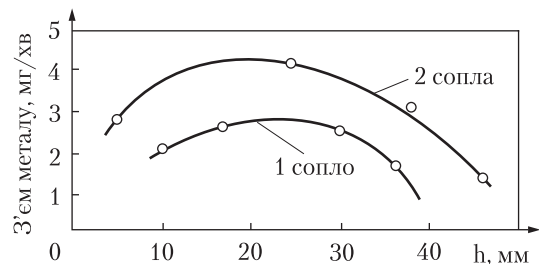


Рис. 4. Залежність продуктивності роботи установки від розміщення сопел-завихрювачів ( $h$ ) та їх кількості в камері суспензії

ності та гарантії унеможливлення проскакування сухого абразиву, гідроабразивна установка оснащена блоком підготовки повітря фірми "Комоцу" (Італія), який складається з трьох модулів, та пневмогідралічним насосом "ATV-4" фірми "Haskel" (Німеччина).

Комплекс гідроабразивного устаткування, відповідно до технічного завдання, оснащений пневмотранспортерами відпрацьованого абразиву та води, що значно прискорює підготовку очищеної поверхні до нанесення захисного покриття. Згідно з вимогами технічного завдання було підготовлено комплект норма-

тивно-технічної документації на застосування комплексу гідроабразивного устаткування:

- ✦ паспорт комплексу гідроабразивного устаткування;
- ✦ технологічна інструкція з експлуатації комплексу гідроабразивного устаткування;
- ✦ технічне завдання (ТЗ) на проектування комплексу гідроабразивного устаткування.

За договором з Морським нафтовим терміналом "Південний" філії МН "Дружба" ВАТ "Укртранснафта" комплекс гідроабразивного устаткування застосований для очищення і підготовки до нанесення системи захисного покриття зовнішніх поверхонь плаваючих покрівель заповнених нафтою резервуарів РВС-20000 № 7, 8 (площею 2 580 м<sup>2</sup>).

### ВИСНОВКИ

З урахуванням корозійно-електрохімічних факторів та довговічності сталей відпрацьовано технологічний процес гідроабразивної обробки металоконструкцій та споруд.

Розроблено комплект креслень на установки гідроабразивного очищення та транспортування відпрацьованого абразиву. Згідно з вимогами технічного завдання і проектної документації укомплектовано та змонтовано комплекс гідроабразивного устаткування. Комплект нормативно-технічної документації на комплекс гідроабразивного устаткування складається з опису технічного завдання на проектування, паспорту та технологічної інструкції.

Технологічні режими гідроабразивного очищення поверхні металоконструкцій відпрацьовані у промислових умовах. Були проведені дослідно-промислові випробування комплексу гідроабразивного устаткування, в результаті яких установлено, що комплексом забезпечується якісне виконання послідовного циклу робіт: гідроабразивне очищення поверхні об'єкту суспензією абразиву з водою; промивання очищеної поверхні водою під тиском для очищення від залишків абразиву; осушування очищеної поверхні повітрям під тиском для підготовки до нанесення захисно-

го покриття; транспортування відпрацьованих абразиву і води з очищеної поверхні металоконструкцій. При виконанні очисних робіт гідроабразивною установкою застосовується пісок з кар'єру без осушування, що значно зменшує (до 20 %) енергетичні витрати. При цьому відсутнє забруднення повітря залишками дрібнодисперсного абразиву, а отже відпадає необхідність забезпечення оператора спеціальними індивідуальними засобами захисту (скафандр, система підготовки і очищення повітря для дихання), що також зменшує витрати і сприяє підвищенню продуктивності праці. Дослідно-промислові випробування комплексу гідроабразивного устаткування, проведені на підприємствах філії МН "Дружба" ВАТ "Укртранснафта" під час ремонту захисного покриття плаваючих покрівель резервуарів РВС-20000, що заповнені нафтою, показали його високу ефективність.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Kaaden R.* Wet blasting studied to replace dry blasting in Netherlands shipyards // *J. Prot. Coat. and Linings.* — 1994. — 11, № 5. — P. 81–86.
2. *Elgiert K.* Ekologiczne oczyszczania powierzchni // *Ochrona przed korozją.* — 1999. — № 1 — S. 22.
3. *Cavallo J.* An introduction to slurry blasting // *J. Prot. Coat. Europe.* — 2001. — 8, №9. — P. 31–37.
4. *Васильок В.М., Лавришин Б.М., Волошин М.П.* Технологія захисту від корозії резервуарів з нафтою та нафтопродуктами // *Нафтова і газова промисловість.* — 2004. — №5. — С. 38–40.
5. *ПАТ 46205А* Україна, *7В24С9/00, В24С7/00.* Пристрій для приготування суспензії для гідроабразивної установки // Б.М. Лавришин, Я.Я. Гевський, М.П. Волошин та ін. — Опубл. 15.05.02. — Бюл. № 5.
6. *Вплив методів та режимів поверхневої абразивної обробки на корозійно-електрохімічну поведінку сталі Ст3* // О. С. Калахан, В. Ф. Чекурін, Г. Г. Охота та ін. // *Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: В 2-х т. / Спецвипуск журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів".* — № 5. — Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006 — Т. 2. — С. 164–171.
7. *Технологія очисно-зміцнювальної підготовки поверхні перед нанесенням захисних покриттів* // В.І. Похмурський, О.С. Калахан, В.Ф. Чекурін та ін. // *Проблеми ресурсу і безпека експлуатації конструкцій, споруд та машин.* — Київ: ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. — 2006. — С. 106–110.

*В.И. Маруха, В.Н. Федирко, М.П. Волошин,  
А.Т. Пичугин, Я.Я. Гевский, Б.Н. Лавришин*

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА  
ГИДРОАБРАЗИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ  
АБРАЗИВНО-ОЧИСТНЫХ РАБОТ  
В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Описан технологический процесс подготовки поверхности металлоконструкций к защите от коррозии. Предложен комплект чертежей на установки гидроабразивной очистки и транспортирования отработанного абразива. Приведены принципиально новая технология очистки и технологические режимы гидроабразивной очистки поверхности при подготовке металлоконструкций к защите от коррозии защитными покрытиями.

*Ключевые слова:* поверхность, абразив, коррозия, суспензия, коррозионная усталость, прочность, гидроабразивная обработка.

*V.I. Marukha, V.M. Fedirko, M.P. Voloshyn,  
A.T. Pichuhin, Ya.Ya. Gevs'kyi, B.M. Lavryshyn*

DEVELOPMENT OF A COMPLEX  
OF THE HYDROABRASIVE EQUIPMENT  
FOR REALIZATION ECOLOGICAL SECURE  
ABRASIVE-CLEANING WORK IN AN INDUSTRY

The manufacturing method of metal constructions surface preparation to corrosion protection has been described. The complete set of engineering drawings of hydroabrasive clearing plants and spent abrasive transportation is offered. New technology and technological modes of metal surface hydroabrasive cleaning constructions at preparation to corrosion protection by protective coatings are presented.

*Key words:* surface, abrasive, corrosion, slurry, corrosion fatigue, strength, hydroabrasive processing.

Надійшла до редакції 07.04.08.