

**Перелік використаних джерел**

1. Тимошенко Д. О., Кухар В. В., Воловненко І. В. Порівняння енергоспоживання при виробництві сталі застарілими аглодоменим та мартенівським переділами із сучасною технологією прямого відновлення заліза midrex h2 та виплавою в дуговій сталеплавильній печі. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*. 2024. № 2. С. 49–54. URL: <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-2-8>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-35>

**EFFECTIVE SYSTEM FOR DEFROSTING VANISHES  
IN FROZEN CARS****ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА РОЗМОРОЖУВАННЯ ВАНТАЖІВ  
В ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНАХ****Trotsenko L.N.,**

*PhD (Engineering), Senior Researcher,  
The Gas Institute of the National  
Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Троценко Л.Н.,**

*к.т.н., с.н.с.,  
Інститут газу  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

**Pikashov V.S.,**

*PhD (Engineering), Senior Researcher,  
The Gas Institute of the National  
Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine*

**Пикашов В.С.,**

*к.т.н., с.н.с.,  
Інститут газу  
Національної академії наук України,  
м. Київ, Україна*

**Vinogradova T.V.,**

*Researcher, The Gas Institute  
of the National Academy of Sciences  
of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

**Виноградова Т.В.,**

*науковий співробітник,  
Інститут газу Національної академії  
наук України, м. Київ, Україна*

В зимовий період під час перевезення у залізничних вагонах сипкі вантажі змерзаються у міцний конгломерат через високий вміст вологи. Через це для промислових підприємств виникають великі проблеми з їх розвантаженням, особливо, якщо на виробництві відсутні вагоноперекидачі.

Одним з ефективних способів опалення виробничих приміщень та нагрівання різних поверхонь є використання радіаційних випромінювачів різних конструкцій, теплова ефективність яких на 20-40-50% вище інших способів опалення. При цьому К.К.Д. роботи високотемпературних радіаційних випромінювачів становить не більше 30% через високу температуру продуктів згоряння (ПЗ), що відходять.

А обігрів деяких матеріалів, наприклад, вугілля з точки зору пожежної безпеки високотемпературними випромінювачами не рекомендований.

Спосіб опалення низькотемпературними випромінювачами різних конструкцій має К.П.Д. у 2-2,5 рази вищий, так як втрати тепла з ПЗ менше. В Інституті газу НАНУ розроблено і на Побужському феронікелевому комбінаті (ПФК) запущено в експлуатацію систему обігріву вагонів у гаражі-розморожувачі розмірами 12×5,4×90 м з одночасним розміщенням 12 ж/д вагонів вантажопідйомністю 70 т (два ряду по шість вагонів).

Кожна система розморожування для одного потягу з вагонами складається з теплогенератора, вентилятора, системи димовідведення та тепловипромінюючих труб з екранами, що складають робочий випромінюючий контур. Продукти згоряння з теплогенератора розбавляються до температури 250–350 °С, надходять в випромінюючі труби та нагрівають їх, віддаючи тепло на борти та донну частину вагонів. Частина відпрацьованих ПЗ з температурою 80-120 °С через димову трубу видаляється з системи, а частина повертається в робочий контур для підтримки заданого температурного режиму. Фотографії гаражу-розморожувача представлені на рисунку 1.



а



б

**Рис. 1. Гараж-розморожувач ПФК:**

*а – зовнішній вигляд гаражу-розморожувача з боку приміщення встановлення теплогенераторів; б – внутрішнє приміщення з випромінюючими трубами та відбивними екранами*

Теплова потужність теплогенератора, розміри труб та екранів робочого контуру, їх розташування, тепловий режим роботи системи визначені з урахуванням оптимальної опроміненості та збереження цілісності корпусу та підшипників ковзання колісних пар вагонів. Система автоматизована, забезпечує надійний захист від перегріву бортів і колісних пар вагонів.

Унікальною особливістю представленої системи розморожування є обігрів вантажів у вагонах з чотирьох сторін: опромінюванням з боків

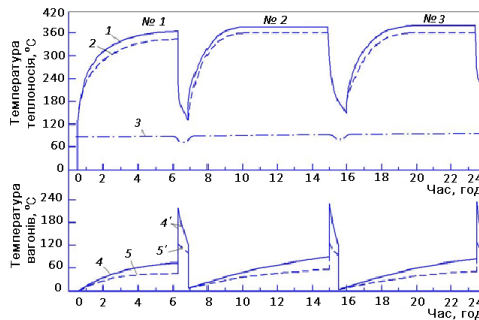
двох бортів і днища вагонів та природною конвекцією зверху сипких матеріалів за рахунок прогрітого від випромінюючих труб повітря у приміщенні, що підіймається вгору.

При однакових витратах на будівництво експлуатаційні та капітальні витрати такої системи опалення значно менші, ніж при встановленні великої кількості окремих випромінювачів. Ця система має значну перевагу перед раніше відомими системами – надійний і безпечний прогрів донної частини вагонів. Система розморожування простіше в обслуговуванні, дешевше і надійніше в роботі, так як робочий контур складається зі звичайних сталевих труб, не вимагає великої кількості газопальникових пристроїв і приладів КВП та автоматики (в даному випадку один теплогенератор на шість вагонів), може бути зібрана з вітчизняних комплектуючих та матеріалів.

Температура випромінюючих труб виключає виникнення аварійної або пожежонебезпечної ситуації, а забруднення та запиленість труб та екранів легко усуваються. Крім того, низькотемпературні випромінюючі труби можуть бути максимально наближені до поверхонь, що нагріваються, що забезпечує компактність будівлі гаража-розморожувача. У компактному приміщенні роль природної конвекції для нагрівання вантажів збільшується.

За рахунок циркуляції гріючих газів у робочому контурі системи забезпечується відносно рівномірне підведення тепла по всій довжині складу вагонів і підвищується К.П.Д. розморожування загалом.

На рис. 2 надано приклад температурного режиму роботи системи.



**Рис. 2. Добова зміна основних параметрів теплового режиму системи розморожування у промислових умовах:**  
**№ 1– № 3 – номери дослідів; 1, 2 – температура теплоносія на виході з теплогенератора та в районі 1-го вагона відповідно;**  
**3 – температура теплоносія на виході з системи перед димарем (або в зворотних трубах перед димососом); 4, 5 – температура першого та останнього вагонів відповідно.**

Вимірювання проводилися за температури навколишнього середовища – 23 °С. Початкова вологість руди становила 28%. У

середньому тривалість процесу повного розморожування руди становила від 4 до 6 годин залежно від товщини, температури змерзлого конгломерату та інших його характеристик.

Відмічено, що після припинення подачі палива на теплогенератор і вмикання всієї системи розморожування продовжувався потік тепла всередину вагонів від відтанутих пристінних шарів вищої температури теплопровідністю до внутрішніх замерзлих більш холодних шарів вантажів, що дає можливість подальшого вдосконалення режиму нагрівання за рахунок періодичного включення теплопостачання.

Температура на зовнішній поверхні бічних стін вагонів і на колісних парах за весь процес обігріву вагонів у гаражі-розморожувачі не досягала граничних значень: 90 °С для стін вагонів і 65 °С для підшипників ковзання, що забезпечувало цілісність рухомого складу.

Система опалення на основі загального контуру випромінюючих труб конструкції Інституту газу НАНУ може бути використана для обігріву різних поверхонь, окремих ділянок, робочих місць і може бути адаптована до відповідних технологічних умов виробництва. Вона економічна, оскільки передбачає мінімальні капітальні та експлуатаційні витрати, має ресурс економії палива за рахунок рециркуляції теплоносія та періодичного включення теплогенератора, може використовувати різні види пального.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-36>

## TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF DEEP OXIDATION OF ALUMINUM STEEL

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ГЛИБОКОГО РОЗКИСЛЕННЯ СТАЛІ АЛЮМІНІЄМ

**Fedorov R.F.,**

*Student (group 136-22-1a),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Федоров Р.Ф.,**

*студент гр. 136-22-1а,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Stoianov O.M.,**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Стоянов О.М.,**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

Процес розкислення сталі є одним із ключових етапів у виробництві металів, що значно впливає на чистоту та якість кінцевого продукту. Серед найефективніших розкислювачів виступає алюміній, проте його