



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **35424** (13) **U**  
(51) МПК (2006)  
**B61D 7/32** (2008.01)  
**B61D 9/00**  
**B26F 3/00**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ СИПУЧОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ЗМЕРЗЛИСЯ

1

(21) u200810187  
(22) 08.08.2008  
(24) 10.09.2008  
(46) 10.09.2008, Бюл.№ 17, 2008 р.  
(72) БУРТОВИЙ ДМИТРО ПРОХОРОВИЧ, UA,  
СУЩЕНКО ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ХОХУЛЯ  
ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ, UA  
(73) БУРТОВИЙ ДМИТРО ПРОХОРОВИЧ, UA,  
СУЩЕНКО ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ, UA, ХОХУЛЯ  
ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ, UA  
(57) Спосіб відновлення сипучості матеріалів, що  
змерзлися, при вивантаженні з металевої ємності,  
який включає руйнування суцільності матеріалів,

2

що змерзлися, енергонавантаженням, та виванта-  
ження матеріалів з відновленою сипучістю через  
відкриту поверхню металевої ємності, який **відріз-  
няється** тим, що відновлення сипучості матеріа-  
лів, які змерзлися в металевій ємності, здійснюють  
мікрохвильовим випромінюванням електромагніт-  
ного поля через відкриту поверхню металевої єм-  
ності в агрегатному стані льоду, який міститься у  
матеріалах, з можливістю регулювання потужності  
та проміжків часу дії випромінювання мікрохвильо-  
вої енергії в залежності від ступеня змерзання і  
виду матеріалу.

Корисна модель стосується галузі розігріву і  
відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися і  
може бути застосовано на підприємствах чорної та  
кольорової металургії, гірничо-збагачувальних  
підприємствах, будівництві для полегшення роз-  
вантажування вологих сипучих матеріалів що  
змерзлися із металевих ємностей різноманітного  
транспорту в зимовий період при від'ємних темпе-  
ратурах оточуючого середовища.

У зимовий час під час перевезення у відкритих  
ємностях масових насипних вантажів, зокрема  
кам'яного вугілля, руди, інертних будівельних  
матеріалів і т.п., що володіють підвищеною  
вологістю й змерзаються при низькій температурі,  
дуже утрудняється їхнє вивантаження, що  
викликає збільшення простоїв рухливого состава,  
ускладнює роботу промислових підприємств. Тому  
досить актуальним є завдання відновлення  
сипучості матеріалів, підвищення ефективності й  
економічності способів розморожування.

Відомі способи запобігти змерзання вологих  
сипучих матеріалів при транспортуванні їх у зимо-  
вий період згідно яким при завантаженні  
матеріалів у залізничні вагони до них додають  
хімічні речовини які знижують температуру замер-  
зання, зокрема, хлористий кальцій, хлорид натрію  
та інші реагенти. (Смирнов Е.К., Носков Ю.Л. Пе-

ревозка смерзающихся грузов по зарубежным же-  
лезным дорогам. -М.: Транспорт, 1959, 112с.).

Але такі заходи повністю не запобігають змер-  
занню матеріалів при надто низьких температурах  
повітря, призводять до корозії металу вантажних  
ємностей, шкодять навколишньому середовищу.

Термічне відтаювання є універсальним спосо-  
бом, що дозволяє повністю відновити сипучість  
будь-якого виду матеріалу, що змерзся при будь-  
якій глибині його промерзання.

Найближчим за технічною суттю та результа-  
том, що досягається, є існуючий спосіб  
відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися у  
залізничних вагонах впливом теплового наванта-  
ження, зокрема, конвективною передачею до них  
теплової енергії в гаражах для розморожування  
(Борьба со смерзаемостью металлургического  
сырья при перевозке по железным дорогам. -М.:  
Транспорт, 1974).

Відповідно до цього способу, матеріали, що  
змерзлися, у вагонах нагрівають у спеціальних  
камерах гаража розморожування в результаті чо-  
го, після фазового перетворення льоду у воду  
відновлюється їхня сипучість. Як джерело  
теплової енергії застосовують газоповітряну суміш  
(природний газ або суміш коксового та доменного  
газів). Продукти згоряння в спеціальній камері  
змішують з газоповітряною сумішшю, що ре

(13) **U**  
(11) **35424**  
(19) **UA**

циркулює, чим досягається температура середовища 350°C. Надалі ця газоповітряна суміш подається ексаустером до камер гаражу, де розподіляється по трубах для нагрівання матеріалів, що змерзлися, крізь стінки та підлогу вагону і верхню площину матеріалу. Для захисту самого вагону та його обладнання температуру розморожування встановлюють не більше 130°C, а також зрошують водою деталі та вузли вагону.

Теплова енергія конвективним способом надходить до матеріалів, що знаходяться у вагоні. Внаслідок фазового перетворення льоду в рідину, руйнується суцільність матеріалів, що змерзлися й відновлюється їхня сипучість. Розморожені таким чином матеріали розвантажують грейфером, вагоноперекидачем або іншим способом.

Основним недоліком відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися, з використанням фазового переходу льоду, що знаходиться в матеріалах із застосуванням конвективного теплового обміну, є низький коефіцієнт корисної дії використання теплової енергії у камерах гаража, тобто:

- втрати теплової енергії в навколишнє середовище становить 22%;
- втрати теплової енергії на нагрівання та випаровування води для охолодження деталей та вузлів вагона - 40%;
- тривалий час розморожування - до 12 годин та більше внаслідок нерівномірного розповсюдження температури в усьому об'єму матеріалу;
- затрати часу на вивантаження матеріалів із металевих ємностей після розморожування;
- велика металоємність гаражів, та енергоємність процесу розморожування;
- значні викиди продуктів згоряння в атмосферу.

В основу корисної моделі поставлена задача інтенсифікації процесу відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися при одночасному зниженні енергозатрат та підвищення екологічності процесу.

Технічний результат полягає в оптимізації енергонавантаження та прискоренні розморожування й вивантажування матеріалу.

Для досягнення вказаного вище технічного результату в способі відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися, який включає руйнування суцільності матеріалів під впливом енергонавантаження та вивантаження матеріалів з відновленою сипучістю з металевієї ємності, енергонавантаження здійснюють за рахунок підводу до матеріалу енергії мікрохвильового електромагнітного поля через відкриту поверхню металевієї ємності в агрегатному стані льоду, який міститься в змерзлих матеріалах з можливістю регулювання потужності та проміжків часу дії випромінювання мікрохвильової енергії в залежності від ступеня змерзання і виду матеріалу.

Руйнування суцільності зовнішнього шару матеріалів, що змерзлися, відбувається на глибині проникнення електромагнітного поля без фазового перетворення льоду на рідину.

Одночасно матеріали з відновленою сипучістю шар за шаром розвантажуються під впливом гравітаційних сил, причому кут нахилу металевієї ємності має бути більшим ніж кут природного укладу матеріалу з відновленою сипучістю і регулюється відповідним положенням вагоноперекидача.

Джерелом енергії мікрохвильового електромагнітного поля можуть бути генератори, які за допомогою магнетронів, клістронів, платинотронів або інших електронних приладів, перетворюють електричну енергію промислової частоти в енергію мікрохвильових безперервних коливань.

Рівень потужності підведеної мікрохвильової енергії та тривалість її впливу на матеріали, що змерзлися, визначають емпірично для кожного конкретного випадку, виходячи з фізико-хімічних властивостей матеріалів, ступеню їх змерзання.

Корисна модель, яка пропонується, відповідає умові "промислового застосування", оскільки здійснюється з використанням відомих засобів виробництва й існуючих технологій і може бути використана для поновлення сипучості широкого кола матеріалів і пояснюється конкретним прикладом виконання, який, проте, не є єдиною можливістю, але наочно демонструє можливість досягнення даної сукупності ознак технічного результату.

Як приклад розглянемо експериментальні результати з використанням пропонованого способу відновлення сипучості замороженого рудного концентрату Криворізького родовища на макеті залізничного вагону об'ємом 2,16 куб. Дм.

В макеті вагону при температурі мінус 12,5°C повністю був заморожений рудний концентрат з кількістю вологи 7% та масою 2кг. При підводі до концентрату через відкриту поверхню вагону мікрохвильової енергії, яка мала щільність потужності  $8,4 \times 10^{-2} \text{ кВт/дм}^2$ , вже через 5 секунд з нахилою під кутом 50° поверхні почалося зсипання рудного концентрату, який через 32 секунди повністю висипався з макету вагону. Сипучість концентрату відновлювалась поступово із зсування його з макету вагону відбувалось прошарками. При цьому температура рудного концентрату не перевищувала 0°C. Тобто відновлення сипучості концентрату, що змерзся, відбулось за рахунок руйнування кристалів льоду, який не встиг перетворитися в рідину. Таким чином, питомі витрати мікрохвильової енергії становлять 0,94 Вт\*ч/кг, а інтенсивність дорівнює 75,4 Вт/(т\*°C).

Використовуючи експериментальні результати та дані BAT "ММК ім. Ілліча" по розморожуванню концентрату в тепляках протягом трьох зимових місяців, розрахунковий економічний ефект за рахунок зниження витрат природного газу в розмірі 5400,0 тис. м<sup>3</sup> та електроенергії 378 кВт/ч дорівнює 2,33 млн. Грн. за цінами 2007р.

Таким чином, відновлення сипучості матеріалів, що змерзлися, за допомогою мікрохвильового випромінювання електромагнітного поля дозволяє значно підвищити ефективність процесу, його екологічність, та знизити витрати природного газу.

