

О' О' " О' О' (ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск),  
"М. А. ВЫГОДИН (СК «МЛАД»), А. С. МИНЕЕВ (НГУ, Днепропетровск)

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ РАЗГРУЗКЕ СМЕРЗШЕГОСЯ ГРУЗА ИЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЛУВАГОНОВ

Рассмотрены основные прогрессивные решения заложенные в технологию разрушения смерзшегося сыпучего груза в железнодорожных полувагонах перед его разгрузкой в зимнее время. Рассмотрены стационарная виброрыхлительная установка, специальные гаражи-размораживатели (конвективный, комбинированный, с инфракрасными излучателями и горелками), вагоноопрокидыватели и дробильно-фрезерные машины.

*Ключевые слова:* разгрузка смерзшегося груза, полувагон, виброрыхлительная установка, гараж-размораживатель, вагоноопрокидыватель, дробильно-фрезерная машина

При эксплуатации горно-перерабатывающих предприятий выполняются, большие объемы разгрузочно-погрузочных работ. При этом наиболее сложной является разгрузка грузов, потерявших свою сыпучесть вследствие смерзания в железнодорожных полувагонах.

Вполне очевидно, что для создания эффективной технологии разгрузки мерзлых грузов, необходимо применение целого производственного комплекса, состоящего из технических средств. Однако, до последнего времени, отсутствуют рекомендации, в которых рассмотрена технологическая схема в целом, позволяющие наиболее эффективно разгружать мерзлые грузы. Поэтому в рамках данной работы предпринята попытка разработать эффективную технологическую схему разгрузки смерзшихся и агрегированных сыпучих грузов из железнодорожного транспорта посредством вагоноопрокидывателя.

Авторы понимают, что такая работа должна предварительно включать в себя весь комплекс исследований, начиная с определения механических свойств смерзшегося угля в зависимости от его влажности и температуры, а также удельной контактной прочности примерзания груза к стенкам вагона. Затем на базе этих данных можно выполнить корректное обоснование применения необходимых тепловых размораживающих методов и вибромеханических средств для разработки эффективной технологии разупрочнения смерзающегося угля и разгрузки его из полувагонов.

На базе проведенных исследований, комплекса экспериментов и результатов обобщения практического опыта [1–3] была разработана технологическая схема эффективной разгрузки сыпучих, смерзающихся грузов (уголь,

руда, концентрат, окатыш и др.) из железнодорожных полувагонов с помощью вагоноопрокидывателя (рис. 1). Предложенная нами технологическая схема разрабатывалась, в основном, для разгрузки смерзшихся углей, однако она применима для любых других сыпучих грузов, перевозимых железнодорожным транспортом в холодное время года.

Технологическая схема, приведенная на рис. 1, включает в себя 6 основных элементов, выполнение которых является, с нашей точки зрения, необходимым для выполнения эффективной и высокопроизводительной разгрузки смерзшихся сыпучих грузов из ж.д. полувагонов при любой наружной отрицательной температуре воздуха. Для понимания сущности схемы далее рассмотрим основные технические средства и технологические приемы, соответственно, входящие конкретно в эти элементы технологической схемы: 1 – вибрационное рыхление мерзлого груза с помощью стационарных вибрыхлительных установок типа ВРУ или, в крайнем случае, при малой производительности – переносных вибрыхлителей; 2 – разогрев полувагона с “прорыхленным” мерзлым грузом в гараже-размораживателе (тепляке); 3 – подача вагонов с разогретым и частично восстановившим свою сыпучесть грузом на вагоноопрокидыватель; 4 – выгрузка груза путем опрокидывания полувагона в вагоноопрокидывателе; 5 – вывод пустого полувагона из вагоноопрокидывателя для его зачистки, ремонта и собирания в, принятые технологией на данном предприятии, ставки железнодорожного состава; 6 – дробление, при необходимости, крупных агрегированных кусков груза, которые не проходят через отверстия в надбункерных решетках, вручную отбойными молотками, мо-

лотково-дробильными или дробильно-фрезерными машинами, например, типа ДФМ. Ниже рассмотрим основные технические средства и технологические решения, которые хо-

рошо зарекомендовали себя и могут применяться в элементах технологии разгрузочно-погрузочного комплекса на примере рассматриваемого нами промышленного предприятия.

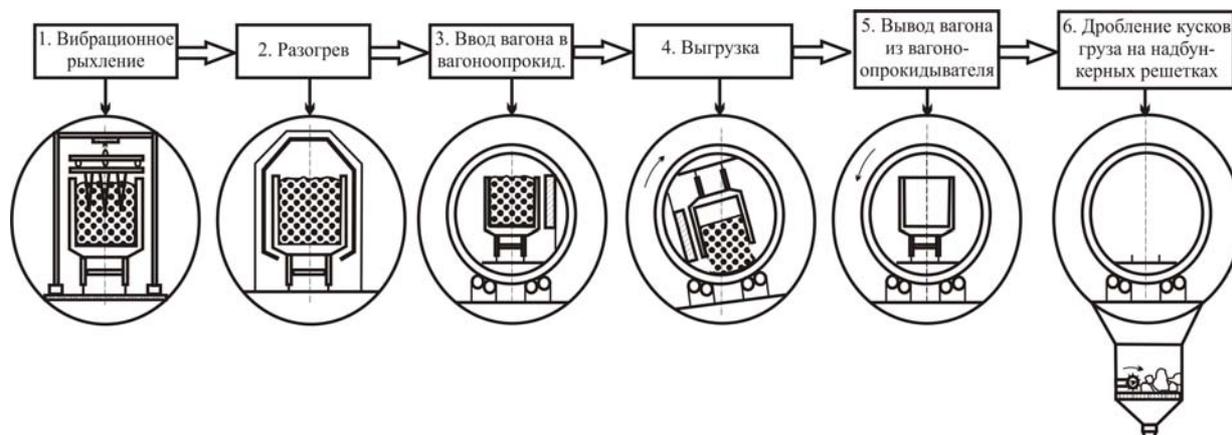


Рис. 1. Технологическая схема разгрузки смерзшегося сыпучего груза из ж.д. полувагона в зимнее время

1. Стационарная виброрыхлительная установка (ВРУ), состоящая из 3-х вибромодулей, представляет собой металлическую конструкцию шириной в нижней части 5,3 м, длиной 12 м и высотой 12 м, состоящую из 2-х ярусов. ВРУ располагается над ж.д. путем таким образом, чтобы её продольная ось совпадала с осью

ж.д. пути и при этом обеспечивалось беспрепятственное прохождение ж.д. полувагона под этажеркой, для чего должен быть выдержан габарит подвижного состава Сп для территорий промышленных предприятий в соответствии с ГОСТ 9238-83 (см. рис. 2).



Рис. 2. Стационарная виброрыхлительная установка

Вибромодули расположены с заданным интервалом между собой таким образом, чтобы неразрыхленные участки мерзлого груза между заходками имели незначительные размеры. Величина динамической силы регулируется количеством дебалансных масс вибровозбудителя, расчетными амплитудно-частотными характеристиками воздействия, а главное выдержкой строго определенного соотношения между массами верхней рамы и всего вибромодуля, а также жесткостью связывающих нелинейных упругих связей.

Управление ВРУ осуществляет один оператор. Управление работой ВРУ может выпол-

няться и в автоматическом режиме. Установка ж.д. полувагонов, их фиксация, управление отметками уровня подъема вибромодуля в вертикальной плоскости на верхнем положении и на нижнем регулируемом уровне разрушения смерзшегося груза рыхлящими штырями может выполняться системой автоматизации, состоящей из контролера, вращающегося определителя положения вибромодуля, контроллеров, датчиков, системы самопроверки, программного обеспечения и компьютерного оснащения. Для защиты работающих и самой ВРУ от вибрации, возникающей в процессе рыхления смерзшихся грузов, применена противовибрационная тра-

верса, удерживающая вибромодуль, а опорные узлы выполнены с резиноэластичным амортизированием.

Стационарная ВРУ разработана специалистами порта, ИГТМ НАН Украины совместно с СК “МЛАД”, ООО “Контур” и “Профессионал”, а первый ее образец смонтирован в морском торговом порту “Южный”. Установка защищена патентами [9–11], прошла в установленном порядке техническую экспертизу и полностью соответствует существующим требованиям Украины в плане пожарной безопасности, промсанитарии, требованиям сохранности вагонов, технике безопасности и охране окружающей среды. В период особо холодной зимы 2002-2003 гг в порту Южный было успешно разгружено порядка 8 тыс. вагонов с Кемеровским углем, который поступал эшелонами при повышенной влажности и перемешался по территории России при очень низких температурах. Месячная производительность достигла 5000 вагонов.

2. Вторым элементом технологической схемы (рис. 1) применяемым для разогрева разрыхленного мерзлого груза в ж.д. полувагонах используются специальные гаражи-размораживатели (тепляки). Тепляки предназначены для внутреннего долгого и пленочного быстрого оттаивания груза в полувагоне. Они представляют собой капитальные сооружения и их существует несколько типов. Далее рассмотрим основные конструкции тепляков (рис. 3).

Конвективные тепляки состоят из одной или нескольких секций с камерами оттаивания и машинного отделения для выработки и подачи в них теплоносителя. Смерзшийся груз в вагонах оттаивается в камерах секций тепляка различными видами теплоносителя (рис. 3, а). Конвективный тепляк для оттаивания смерзшегося угля состоит из: 1 – вентилятора; 2 – машинного отделения; 3, 4 – коробов падающих и рециркуляционных; 5, 6 – рециркуляционных и падающих патрубков; 7 – бетонных коробов; 8 – нагнетательных шахт; 9 – электродвигатель. В зависимости от пропускной способности тепляка секции сооружают длиной от 156 до 320 м, для одновременного размещения в них по 10 – 20 четырехосных или восьмиосных полувагонов. Обычно ширина каждой секции тепляка принимается 6 м, а машинного отделения 9 м.

Теплоноситель машинного отделения обогрывают специальными топками, соединенными воздухопроводящими каналами с камерами секций оттаивания и устройствами для зажигания газовой смеси. Оттаивают смерз-

шую руду дымовыми газами, получаемыми от сжигания в топках смеси коксового и доменного газов. При этом продукты сгорания, имеющие температуру до 950 °С, поступают в смешительную камеру. Теплоноситель нагнетается в секции тепляка по металлическим трубопроводам, уложенным в бетонные каналы под полом. В камерах секций газозвдушная смесь распределяется при помощи соединенной с этими трубопроводами вертикальными отводами системы разводящих труб с размещенными на них через 2 м патрубками-соплами. Через них под днище полувагона со смерзшимся грузом подается более 70 % всего объема теплоносителя. Так, например, тепляки ряда коксохимических заводов имеют длину 216 м, что обеспечивает вместимость 15 четырехосных и 13 шестиосных вагонов, ширина секции размораживания – 6 м, высота – 5,5 м. В них используется дымосос Д-15,5, производительностью  $6,5 \cdot 10^4$  м<sup>3</sup>/час, мощность ЭД дымососа – 75 кВт, производительность топок по газу 300 м<sup>3</sup>/час.

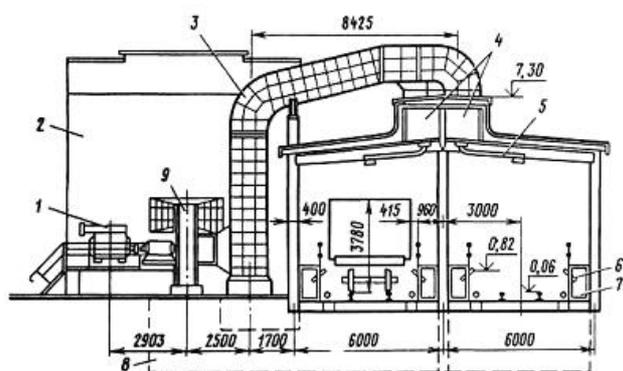
Тепляки для оттаивания смерзшейся углепородной массы отличаются в основном тем, что в них запрещена подача к углю теплоагента с температурой более 100...110°С. Тепляк с комбинированным подводом тепла к ж.д. полувагонам с размораживаемым грузом (рис. 3, б) состоит из следующих элементов: паропровода – 1; вентилятора – 2; всасывающего короба – 3; потолочной панели – 4; конденсатной магистрали – 5; общей сточной магистрали – 6; нижней панели – 7; кузова вагона – 8; напорных воздухопроводов – 9; отражательных экранов – 10 и 11 – трубчатых панелей. Типовой тепляк по длине разделен на восемь самостоятельных теплоизлучающих секций длиной по 14 м. Каждая из них состоит из потолочной панели 4, боковых вертикально-трубчатых панелей 11, состоящих из монтажных блоков длиной 3 м, и нижних панелей 7, расположенных внутри железнодорожного пути. В секциях размещены паровые излучатели с площадями поверхности нагрева: потолочные – 82 м<sup>2</sup>, боковые – 164 м<sup>2</sup> и нижние излучатели – 31 м<sup>2</sup>.

Достаточно широко разрекламированными и применяемыми в последнее время являются установки с газовыми инфракрасными излучателями для оттаивания смерзшейся угля, руды и других концентратов (рис. 3, в). Принципиальная схема установки с газовым инфракрасными излучателями поясняется на рисунке 3, г: газопровод – 1; фундамент металлоконструкций – 2; панели верхнего обогрева – 3; верхние обвязочные пояса, соответственно, для шестиосного – 4 и четырехосного – 5 вагонов; приво-

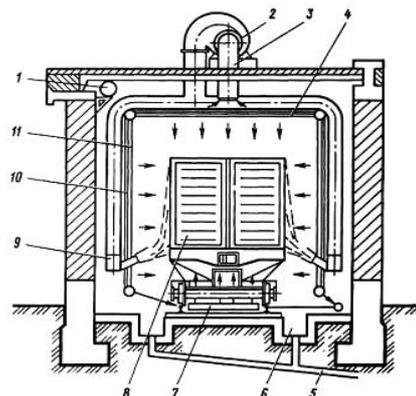
дов – 6; газопровода к горелке – 7; горелки – 8; направляющей рамы – 9 и опорных металлоконструкций – 10. Установка включает в себя: агрегаты с газовыми инфракрасными излучателями с подвижными системами, системы подвода газа и воды, контрольно-измерительную аппаратуру, пульт управления, помещение установки с железнодорожным путем нормальной колеи, маневровое устройство. Каждый моноблочный элемент состоит из горелочной панели верхнего обогрева и двух перемещающихся по направляющим кареток, на которых расположены газогорелочные устройства нижнего обогрева. Подобные тепляки эксплуатируются

на ОАО «Стахановский завод ферросплавов», в порту «Южный» и других организациях [3].

Смерзшаяся в полувагоне железная руда или концентрат с толщиной слоя 200..300 мм, от стенки полувагона, оттаивает в установке в 1,5..2 раза быстрее, чем в конвективном тепляке. Особенно заметно увеличивается скорость размораживания (в 5..6 раз) при оттаивании слоя смерзшегося груза толщиной 20..30 мм. При глубине промерзания железной руды до 100 мм на ее оттаивание установкой требуется уже не менее 20 мин [3].



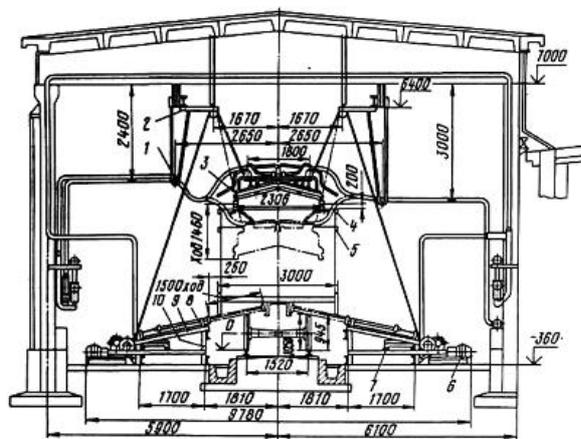
а



б



в



г

Рис. 3.– Основные типы гаражей –размораживателей:  
а – конвективный тепляк для оттаивания смерзшегося угля ;  
б – тепляк с комбинированным подводом тепла к вагонам;  
в – общий вид тепляка с инфракрасными горелками;  
г – установка с газовым инфракрасными излучателями

Все рассмотренные способы термического оттаивания смерзшейся горной массы имеют один недостаток – они являются очень энергоемкими. Так, например, по данным работы [3], общие затраты тепла на разогрев 60-тонного вагона с учетом потерь на разогрев самого вагона и ограждающих поверхностей тепляка составляет от 3-х до 4-х млн ккал, в том числе на

разогрев смерзшейся горной массы от  $-15$  до  $0$  °С расходуется только 380..400 тыс. ккал, т.е. полезное использование тепла 10..20 %. Установки с инфракрасными излучателями, не смотря на то, что они позволяют увеличить скорость приконтурного размораживания в 1,5..2 раза, они также значительно увеличивают расход природного газа по сравнению с

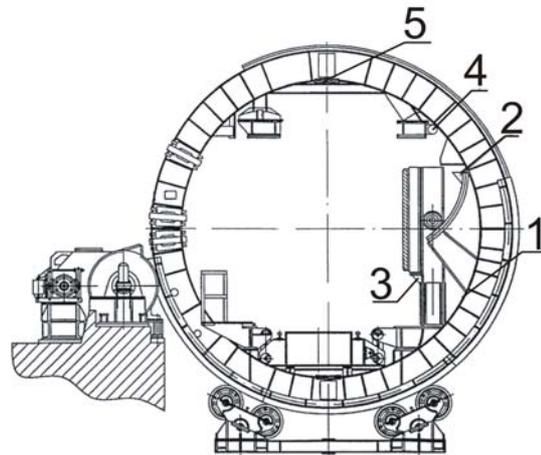
обычными тепляками и имеют достаточно сложное технологическое исполнение.

3, 4. Следующим элементом общей технологической схемы является роторный стационар-



*а*

ный вагоноопрокидыватель, который выгружает груз из полувагона путем его опрокидывания (см. рис.4).



*б*

Рис. 4. Вагоноопрокидыватель:

*а* – общий вид с выгружаемым вагоном; *б* – схема ротора, где: 1– ротор; 2– прижимное устройство; 3 – привалочная стенка; 4 – малый вибратор, устанавливаемый на опорных лапах; 5– большой вибратор, устанавливаемый на балке соединяющей диски ротора

Вагоноопрокидыватель состоит из ротора, платформы с люлькой 2, механизма опрокидывания 3 и вибрационных устройств 4 для удаления остатков груза из полувагона. Ротор вагоноопрокидывателя 1 связан балками, внутри него размещается платформа 2 и отбойная привалочная плита 3. Для улучшения высыпания груза из полувагона в момент его опрокидывания на роторе вагоноопрокидывателя устанавливаются вибраторы направленного действия 4, как правило, двух типов. Малые вибраторы устанавливаются на опорные лапы вагоноопрокидывателя (обычно их три) и большие вибраторы (обычно два) устанавливаются на балках соединяющих ротор вагоноопрокидывателя. Для повышения долговечности большие вибраторы оборудуются специальной виброгасящей системой. В момент начала поворота ротора цепь энергопитания вибраторов размыкается. При включении электродвигателя вагоноопрокидывателя ротор начинает проворачиваться и платформа с полувагоном перемещается к привалочной отбойной стенке. При повороте на 175° полувагон опирается верхней обвязкой на опорные лапы с малыми вибраторами. Когда электродвигатели вагоноопрокидывателя отключаются производится включение вибраторов. Как правило, время включения вибрации составляет порядка 10...20 с.

5. Предпоследним пунктом технологической схемы является зачистка полувагонов от остатков восстановившим свою сыпучесть груза после его разгрузки. Данный элемент в техно-

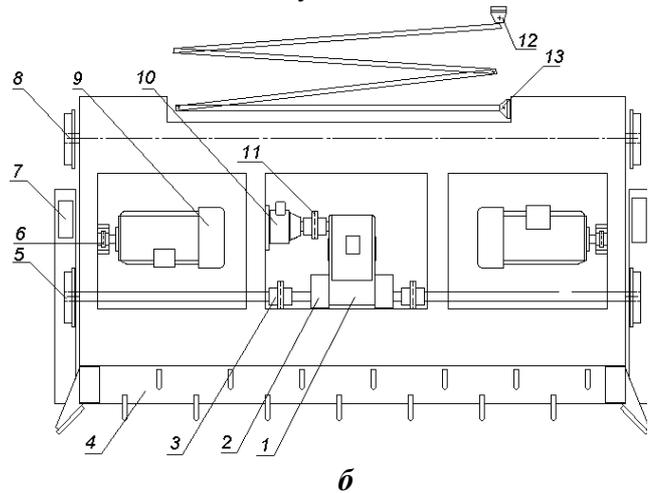
логической схеме необходим, поскольку практически при любой технологической схеме выполнения разгрузки требуется дополнительная очистка полувагонов. В настоящее время существует ряд технологических решений по очистке полувагонов от остатков насыпных грузов, в частности, механическая очистка полувагонов различными вращающимися вертикальными и горизонтальными щетками или скребками, использование вибраторов, турбореактивных технологий и другие. Поэтому при выборе оптимального способа очистки полувагона от остатков груза, в первую очередь, необходимо исходить из экономической целесообразности с учетом конкретных технологических условий.

6. Последним элементом технологической схемы является дробление крупных агрегированных кусков груза, которые могут не пройти через отверстия в надбункерных решетках под вагоноопрокидывателем. Дробление при необходимости может выполняться вручную отбойными молотками, молотково-дробильными, дробильно-роторными или дробильно-фрезерными машинами, например, типа ДФМ. Данные машины устанавливаются по одной над каждым бункером вагоноопрокидывателя. Дробление кусков агрегированного груза производится вращающимися зубьями на основной и боковых фрезах ДФМ при ее движении вперед поперек продольной оси вагоноопрокидывателя. В частности, в условиях порта Южный при весе 16,5 т общая мощность электродвигателей машины ДФМ составляет 157 кВт, при

этом двигатель механизма перемещения имеет мощность 7,5 кВт и два двигателя фрезы по 75 кВт. Режим работы машины взаимосвязан с работой вагоноопрокидывателя наличием бло-



кировок. Во время опрокидывания полувагона машина находится в исходном положении. Управляет ею машинист вагоноопрокидывателя с дистанционного пульта.



а

б

Рис. 5. Дробильно-фрезерная машина:

а – общий вид; б – вид сверху на дробильно-фрезерную машину; 1 – электродвигатель механизма перемещения машины; 2, 3 – редуктор и цепь механизма перемещения машины; 4 – основная центральная фреза с режущими зубьями; 5, 8 – ходовые колеса для перемещения машины; 6 – редуктор двигателя фрезы; 9 – электродвигатель; 10, 11 – двухступенчатый редуктор; 12, 13 – масленка переносная с трубопроводом и стационарная

Таким образом, разработанная технологическая схема, включающая в себя основные технические средства и приемы, позволит эффективно разгружать смерзшийся сыпучий груз из ж.д. полувагонов при любой отрицательной температуре воздуха.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Минеєв, С. П. Вибраційне і хвильове рыхлення агрегированной сыпучей горной массы [Текст] / С. П. Минеєв, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов. – Д.: Дніпро, 2005. – 212 с.
2. Виброустановка для разгрузки смерзшихся сыпучих материалов из железнодорожных полувагонов [Текст] / С. П. Минеєв [и др.] // *Металургическая и горнорудная промышленность*. – Д., 2004. – № 3. – С. 86–88.
3. Минеєв, С. П. Основные положения технологии разгрузки смерзшегося груза из железнодорож-

ных полувагонов [Текст] / С. П. Минеєв, М. Г. Ступа, А. С. Минеєв // *Наук. вісник НГУ*. – 2008. – Вип. № 10. – С. 24–29.

4. Вібророзвантажувач змерзлих сипучих матеріалів [Текст] : Патент України № 63724 / С. П. Минеєв [та ін.]. – 2004. – Бюл. № 1. – 6 с.
5. Патент России на изобретение № 2381980, МКИ В65G 67/24 Стационарное виброрыхлительное устройство для разрушения мерзлых и слежавшихся материалов в полувагонах [Текст] / С. П. Минеєв. – Заявка № 2007146160/11; Заявл. 11.12.07, Опубл. 20.02.10. – Бюл. № 5. – 17 с.
6. Патент на винахід України № 69928 від 16.12.03 р. Пристрій для розпушування змерзлих і злежалих матеріалів у піввагонах [Текст] // С. П. Минеєв. – Заявка № 20031211671; Опубл. 10.10.07 р. – Бюл. № 16, 07. – 6 с.

Поступила в редколлегию 25.05.2011.

Принята к печати 15.06.2011.

0' 0'

." 0' 0'

. М. А. ВИГОДИН, А. С. МИНЄЄВ

## ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З ЕФЕКТИВНОГО РОЗВАНТАЖЕННЯ ВАНТАЖУ, ЩО ЗМЕРЗСЯ, ІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПІВВАГОНІВ

Розглянуто основні прогресивні рішення, закладені в технологію руйнування змерзлого сипкого вантажу в залізничних напіввагонах перед його розвантаженням в зимовий час. Розглянуто стаціонарну вибророзпушувальну установку, спеціальні гаражі-розморожувачі (конвективний, комбінований, з інфрачервоними випромінювачами і пальниками), вагоноопрокидувачі та дробильно-фрезерні машини.

*Ключові слова:* розвантаження вантажу, що змерзся; напіввагон, вибророзпушувальна установка, гараж-розморожувач, вагоноопрокидувач, дробильно-фрезерна машина

## **MAJOR TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR EFFICIENT UNLOADING THE FROZEN CARGO FROM RAILWAY GONDOLA CARS**

The basic progressive solutions put into the technology of destructing the frozen cargo in railway gondola cars before its unloading during winter time are considered. The static vibrocrashing unit, special defreezing garages (convective, combined, with infra-red radiators and torches), car dumpers and crash-milling machines are considered.

*Keywords:* unloading frozen cargo, gondola car, vibrocrashing unit, defreezing garage, car dumper, crash-milling machine