

С. П. МИНЕЕВ, А. А. ПРУСОВА (ИГТМ НАН Украины),  
М. А. ВЫГОДИН (СК «МЛАД»), А. С. МИНЕЕВ (НГУ, Днепропетровск)

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

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

*Ключові слова:* вантаж, вагон, вібрація, вібророзпушувальна установка

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:* груз, вагон, вибрация, виброрыхлительная установка

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

*Keywords:* cargo, wagon, vibration, vibrocrashing unit

При експлуатації горно-переробляючих підприємств виконуються більші об'єми разгрузочно-погрузочних робіт. При цьому найбільш складною є разгрузка вантажів, втрачених свою сыпучість внаслідок смерзання в залізничних напіввагонах.

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.

Автори розуміють, що така робота повинна попередньо включати в себе весь комплекс досліджень, починаючи з визначення механічних властивостей смерзлого вугілля залежно від його вологості та температури, а також удільної контактної міцності замерзання вантажу до стінок вагона. Далі на основі цих дан-

них можна виконати коректне обґрунтування застосування необхідних теплових розморожуючих методів і вібромеханічних засобів для розробки ефективної технології розупрочнення смерзаючого вугілля та разгрузки його з напіввагонів.

На основі проведених досліджень, комплексу експериментів та результатів узагальнення практичного досвіду [1-3] була розроблена технологічна схема ефективної разгрузки сыпучих, смерзаючихся вантажів (вугілля, руда, концентрат, окатиш і др.) з залізничних напіввагонів за допомогою вагоноопрокидывателя (рис. 1). Предложена 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 железнодорожных полувагонов при любой наружной отрицательной температуре воздуха.

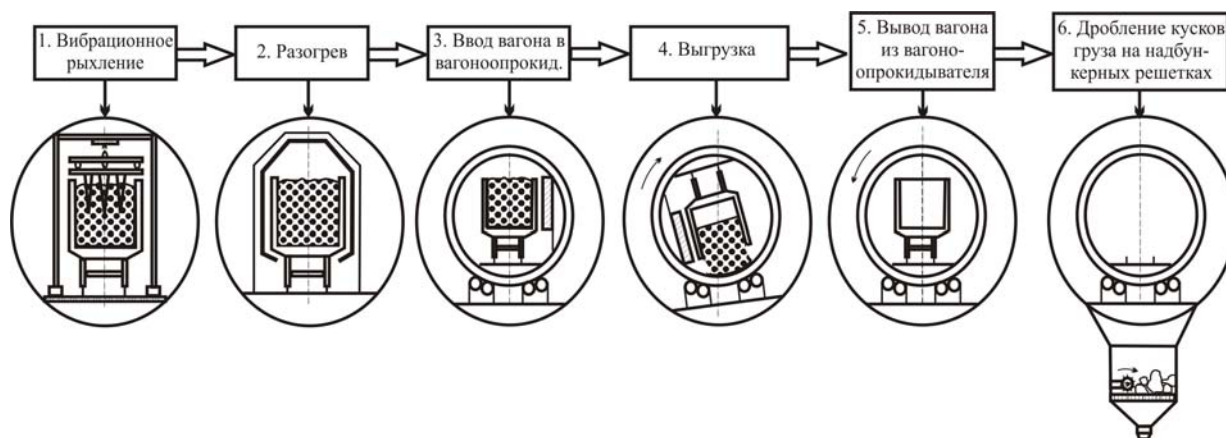


Рис. 1. Технологическая схема разгрузки смерзшегося груза из полувагона в зимнее время

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 виброрыхлительных установок типа ВРУ или, в крайнем случае, при малой производительности переносных виброрыхлителей; 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, молотково-дробильными или дробильно-фрезерными машинами, например, типа ДФМ. Ниже рассмотрим основные технические средства и технологические решения, которые хорошо зарекомендовали себя и могут применяться в элементах технологии разгрузочно-погрузочного комплекса на примере рассматриваемого нами промышленного предприятия.

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 железнодорожным путем таким образом, чтобы её продольная ось совпадала с осью пути и при этом обеспечивалось беспрепятственное прохождение полувагона под эта-

жеркой, для чего должен быть выдержан габарит подвижного состава  $C_n$  для территорий промышленных предприятий в соответствии с ГОСТ 9238-83 (рис. 2).



Рис. 2. Стационарная виброрыхлительная установка

Вибромодули расположены с заданным интервалом между собой таким образом, чтобы не разрыхленные 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 выполняться и в автоматическом режиме. Установка железнодорожных 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 траверса, 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 (см. рис. 1) применяемым для разогрева разрыхленного мерзлого груза в железнодорожных полувагонах используются специальные гаражи-размораживатели (тепляки). Тепляки предназначены для внутреннего долгого и пленочного быстрого оттаивания груза в полувагоне. Они представляют собой капитальные сооружения, и они подразделяются на несколько типов. Далее рассмотрим основные конструкции тепляков (рис. 3).

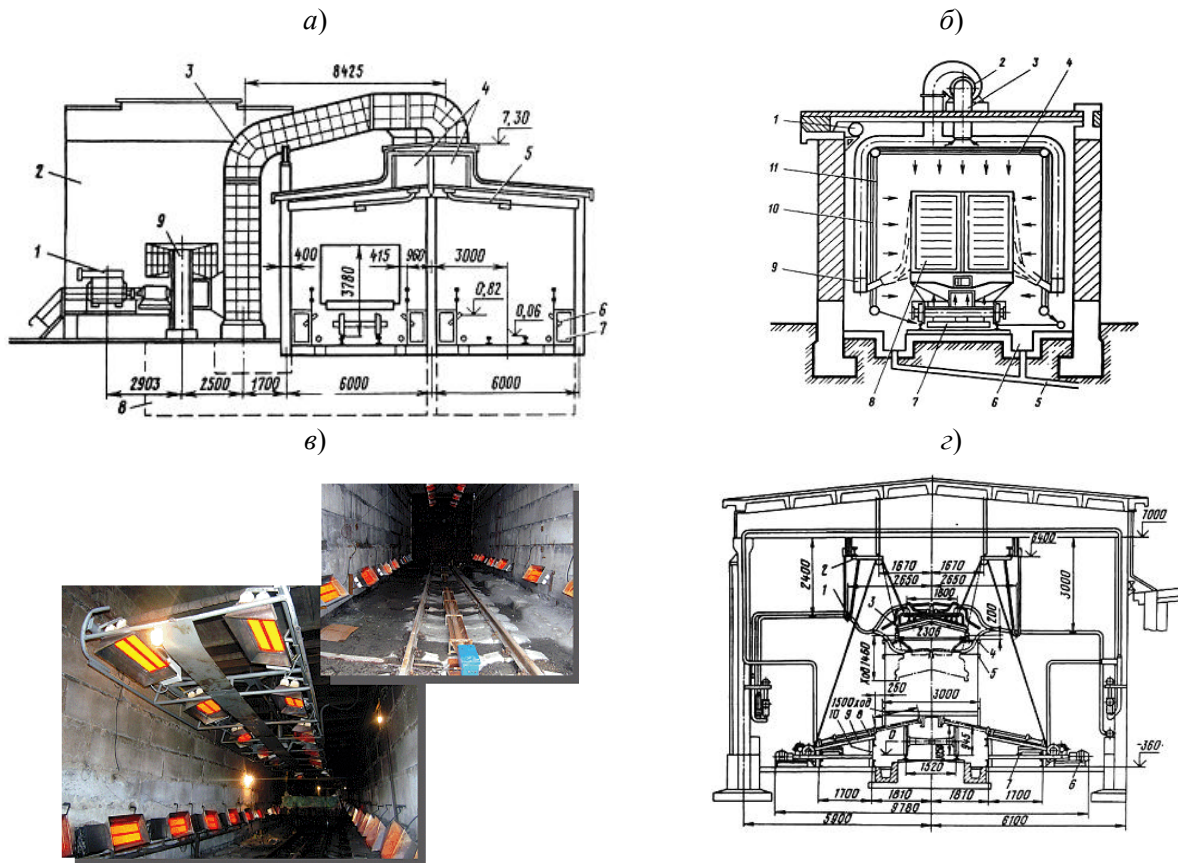


Рис. 3. Основные типы гаражей-размораживателей:

*a* – 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

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

(см. рис. 3, *a*). 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 машинное отделение оборудуют специальными топками, соединенными воздухопроводящими каналами с камерами секций оттаивания и устройствами для зажигания газозвдушной смеси. Оттаивают смерзшуюся руду дымовыми газами, получаемыми от сжигания в топках смеси коксового и доменного газов. При этом продукты сгорания, имеющие температуру до 950 °С, поступают в смесительную 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 10<sup>4</sup> м<sup>3</sup>/час, мощность ЭД дымососа – 75 кВт, производительность топок по газу 300 м<sup>3</sup>/час.

Тепляки для оттаивания смерзшейся углеродной 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 железнодорожным полувагонам с размораживаемым грузом (см. 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 рис. 3, г: газопровод – 1; фундамент металлоконструкций – 2; панели верхнего обогрева – 3; верхние обвязочные пояса, соответственно, для шестиосного – 4 и четырехосного – 5 вагонов; приводов – 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].

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-ти 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 минус 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.

а)



3, 4. Следующим элементом общей технологической схемы является роторный стационарный вагоноопрокидыватель, который выгружает груз из полувагона путем его опрокидывания (рис.4).

б)

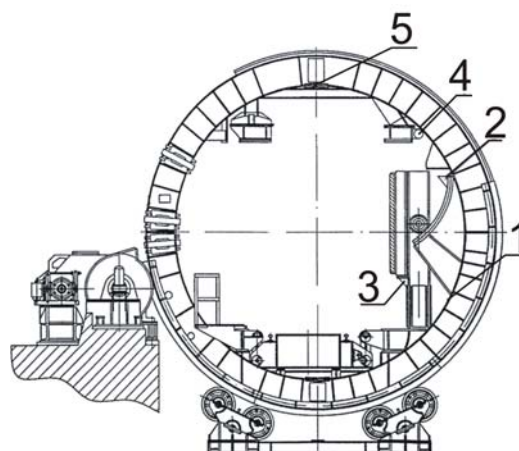


Рис. 4. Вагоноопрокидыватель:

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 вагонопрокидывателя 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 вагонопрокидывателя устанавливаются вибраторы направленного действия 4, как правило, двух типов. Малые вибраторы устанавливаются на опорные лапы вагонопрокидывателя (обычно их три) и большие вибраторы (обычно два) устанавливаются на балках соединяющих ротор вагонопрокидывателя. Для повышения долговечности большие вибраторы оборудуются специальной виброгасящей системой. В момент начала поворота ротора цепь энергоснабжения вибраторов размыкается. При включении электродвигателя вагонопрокидывателя ротор начинает проворачиваться и платформа с полувагоном перемещается к привалочной отбойной стенке. При повороте на  $175^\circ$  полувагон опирается верхней обвязкой на опорные лапы с малыми вибраторами. Когда электродвигатели вагонопрокидывателя отключаются производится включение вибраторов. Как правило, время включения вибрации составляет порядка 10...20 с.

5. Предпоследним пунктом технологической схемы является зачистка полувагонов от остат-

ков восстановившим свою сыпучесть груза после его разгрузки. Данный элемент в технологической 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 вагонопрокидывателем. Дробление при необходимости может выполняться вручную отбойными молотками, молотково-дробильными, дробильно-роторными или дробильно-фрезерными машинами, например, типа ДФМ (рис. 5). Данные машины устанавливаются по одной над каждым бункером вагонопрокидывателя.

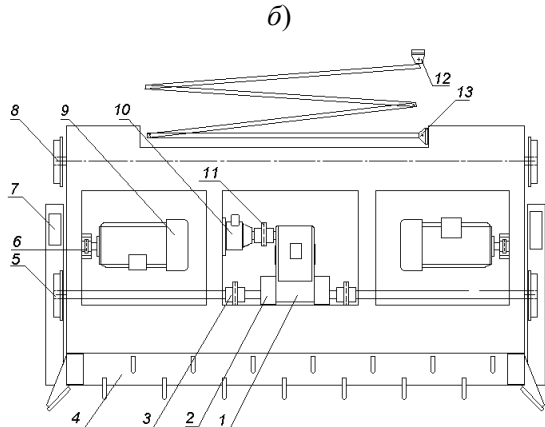
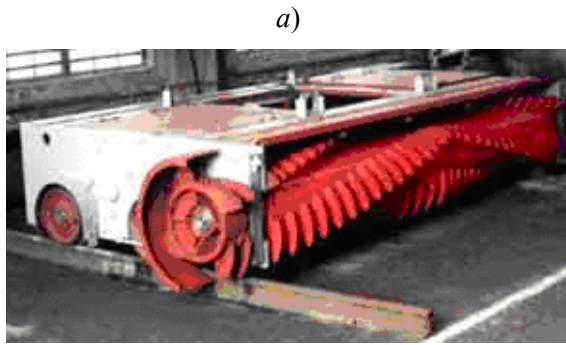


Рис. 5. Дробильно-фрезерная машина:  
 а – общий вид; б – вид сверху на дробильно-фрезерную машину; 1 – электродвигатель механизма перемещения машины; 2, 3 – редуктор и цепь механизма перемещения машины; 4 – основная центральная фреза с режущими зубьями; 5, 8 – ходовые колеса для перемещения машины;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

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 блокировок. Во время опрокидывания полувагона машина находится в исходном положении.

Управляет ею машинист вагоноопрокидывателя с дистанционного пульта.

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

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Минеев, С. П., Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей горной массы [Текст] / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов. – Днепропетровск: Дніпро, 2005. – 212 с.
2. Виброустановка для разгрузки смерзшихся сыпучих материалов из железнодорожных полувагонов [Текст] / С. П. Минеев, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск. – 2004, – № 3. – С. 86-88.
3. Минеев, С. П. Основные положения технологии разгрузки смерзшегося груза из железнодорожных полувагонов [Текст] / С. П. Минеев, М. Г. Ступа, А. С. Минеев // Науковий вісник НГУ, 2008. – Вип. № 10. – С. 24-29.
4. Вібророзвантажувач змерзлих сипучих матеріалів. Патент України № 63724 [Текст] / С. П. Мінеєв, А. Л. Сахненко, С. А. Обухов и др. – Бюл. № 1. – 2004. – 6 с.
5. Пат. 2381980 Российская Федерация, МКИ В 65 G 67/24. Стационарное виброрыхлительное устройство для разрушения мерзлых и слежавшихся материалов в полувагонах [Текст] / С. П. Минеев. – № 2007146160/11; заявл. 11.12.07, опубл. 20.02.10. – Бюл. № 5-17 с.
6. Пат. 69928 Україна Пристрій для розпушування змерзлих і злежалих матеріалів у піввагонах [Текст] / С. П. Мінеєв – № 20031211671; опубл. 10.10.07, Бюл. № 16, 07. – 6 с.

Поступила в редколлегию 25.08.2011.  
 Принята к печати 25.09.2011.