

**Виноградова Т.В., Троценко Л.Н., канд. техн. наук,
Пикашов В.С., канд. техн. наук**

Институт газа НАН Украины, Киев

вул. Дегтярєвська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: t-ln@ukr.net

Тепловые методы восстановления сыпучести смерзшихся грузов

Представлен анализ существующих методов восстановления сыпучести смерзшихся транспортируемых дисперсных материалов. Профилактические методы осуществляются в местах погрузки насыпных материалов. К восстанавливающим сыпучесть относятся механические и тепловые методы. Механическое рыхление осуществляется при помощи различных рабочих органов: клиньев, рыхлящих приспособлений, скребков, буров, фрез и др. Тепловой разогрев осуществляют в специальных гаражах при помощи электрических и радиационных нагревателей, а также потоком теплоносителя. Показано, что тепловой разогрев материалов целесообразен при наличии в пунктах приема вагоноопрокидывателей и определенных источников тепла (природный, доменный газ, пар и др.) для быстрой разгрузки большого количества вагонов. При этом допускается частичное восстановление сыпучести груза, так как для этого достаточно оттаивания тонкого слоя материала, примерзшего к внутренним стенкам и днищу вагона. Приведены классификация существующих методов, выводы по каждому из представленных методов, а также некоторые их сравнительные характеристики. *Библ. 14, рис. 3, табл. 1.*

Ключевые слова: сыпучие грузы, методы восстановления сыпучести, тепловой разогрев грузов, размораживание, железнодорожные вагоны.

Около 60 % всех перевозимых железнодорожным транспортом грузов в Украине составляют сыпучие материалы: уголь, кокс, руды, известняк и пр. В зимнее время под воздействием низких температур и повышенной влажности перевозимые сыпучие грузы смерзаются, образуя монолитную массу, в которой отдельные частицы груза не только плотно соединены между собой, но и примерзают к днищу и стенкам вагона. Возвращение свойств сыпучести таким грузам является одной из наиболее актуальных задач в организации работ по разгрузке насыпных материалов.

Проблема разгрузки смерзшихся насыпных грузов из железнодорожных вагонов в разных странах решается по-разному. Методы, применяемые для решения этой проблемы, разделяются на две основные группы (рис.1): профилактические методы, предохраняющие грузы от смерзания, и методы, возвращающие грузам их сыпучесть.

Профилактические методы осуществляются в местах погрузки сыпучего материала. К их числу относятся предварительная сушка насыпных грузов до безопасной влажности; равномерное обрызгивание материала и поверхностей

вагонов и платформ минеральными и каменноугольными маслами (выделяют из фракций каменноугольной смолы), профилактическими жидкостями (ниогрином, северином, растворами хлористого кальция и поваренной соли), пересыпка грузов негашеной известью и древесными опилками; оборудование вагонов нагревательными устройствами. В условиях устойчивых морозов эффективным методом предохранения грузов от смерзания является также предварительное промораживание груза с одновременным многократным пересыпанием его массы [1].

К методам, возвращающим сыпучесть смерзшимся грузам, относят разного рода приемы механического и теплового воздействия, осуществляемые в пунктах приема груза.

Все механические рыхлители сходны между собой по основным конструктивным признакам. Отличительным является их рабочий орган, непосредственно контактирующий со смерзшимся материалом. Такие рыхлители имеют высокую производительность (100–150 т/ч), но им присущи следующие недостатки:

– малый ресурс работы отдельных элементов;

- неэффективность использования для сильно смерзшихся и пластичных грузов;
- потребность в дополнительной очистке вагонов вручную или с помощью специальных методов (разогрева, динамического удара водяной струи, накладного вибратора, щеточной машины и др.);
- механические повреждения вагонов;
- фракционная неоднородность разрыхленного материала.

В последнее время наиболее широкое распространение получили методы теплового воздействия на смерзшийся материал, которые могут быть использованы для полного (длительного) размораживания и в качестве предварительной операции перед механическими методами для быстрого (20–30 мин) пленочного оттаивания сильно смерзшихся грузов. Производят такой разогрев чаще всего в специальных гаражах-размораживателях (тепляках), состоящих из одной или нескольких секций. Тепловой разогрев в них осуществляется различными способами: электронагревом, конвективным или лучистым (радиационным) нагревом и их комбинациями.

С начала 1960-х гг. известен способ восстановления сыпучести смерзшихся грузов с применением токов высокой частоты. Он заключается в следующем: в смерзшемся грузе создается токопроводящий канал при помощи прямого контакта с источником высокой частоты. Разогревание токопроводящего канала и окружающей смерзшейся массы груза приводит к постепенному восстановлению сыпучести всего груза. По данным [2, 3], на восстановление сыпучести образцов смерзшейся руды весом от 6 до 62,5 кг затрачивалось от 18 до 43 с. Еще одним примером использования электрического тока для разогрева являются системы размораживания с использованием электронагревателей. Такие системы могут представлять собой разогревающий комплекс, который не нуждается в специальном гараже-размораживателе с утепленными стенами и воротами, или могут применяться непосредственно в кузове вагона.



Рис.1. Методы и средства сохранения и восстановления сыпучести смерзшихся грузов.

Известна размораживающая установка «Инфрасиб» на базе ленточных электронагревателей с температурой на поверхности до 860 °С [4]. Она состоит из электронагревателей с экранами, расположенными вдоль вагонов и обеспечивающими разогрев грузов до температуры, позволяющей произвести выгрузку без последующей зачистки вагонов. Элементы такой установки легко монтируются и не требуют дополнительных строительных площадей. Главное преимущество таких обогревателей – малая инерционность: с момента подачи напряжения к нагревателям до достижения рабочей температуры на их поверхностях проходит 2,5–3 мин.

Самарским государственным университетом путей сообщения предложено устройство для разогрева смерзшегося груза непосредственно в вагоне [5]. На внутренние поверхности боковых стенок и днища вагона друг за другом закрепляют теплоизоляционный материал, экранящий материал, нагревательные элементы и металлический экран. Нагревательные элементы представляют собой электрокабели, подключенные параллельно к источнику тока с напряжением. Экран защищает кабель от повреждения в процессе погрузки материала и служит проводником тепла, усиливая нагревательное действие кабеля. По прибытии на станцию состава из вагонов, оборудованных такими устройствами, каждый вагон поочередно подключают к источнику электропитания. При этом основным нагревательным элементом является электронагревательный кабель, который в зависимости от температуры наружного воздуха разогревает груз до температуры, при которой возможно производить выгрузку насыпного груза. Предлагаемое устройство позволяет регулировать скорость разогрева вагона в зависимости от силы тока в интервале температур от –40 до –5 °С и обеспечивает быстрый разогрев вагона (10–60 мин) со смерзшимся грузом. Главными недостатками такой конструкции являются большие капитальные затраты, сложность в эксплуатации, необходимость иметь большой парк спецвагонов и устройств подачи электропитания в пункте приема.

Конвективный обогрев грузов в вагонах осуществляется в специальном гараже-размораживателе. Помещение гаражей может разделяться на секции. Температурный режим в гараже в зависимости от расположения теплогенераторов по отношению к вагонам поддерживается постоянным во всем помещении либо регулируется относительно сторон вагонов или по секциям гаража (вдоль вагонов). Например, вагоны располагают в гараже и подают теплоно-

ситель, полученный смешиванием продуктов сгорания топлива и отработанных газов из гаража. Теплоноситель подается одновременно и с постоянной интенсивностью через систему трубопроводов, расположенных вдоль боковых стен вагонов по всей их длине. Формирование направленных потоков под днище и на стенки вагонов осуществляется с помощью патрубков с соплами на концах.

Существуют также способы размораживания с использованием горячего пара. Примером может служить система отопления гаража на Металлургическом заводе им. А.К.Серова [6]. Воздух, омывая паровые трубы, нагревается и через систему сопел подается на внешние поверхности стенок вагонов. Такую систему целесообразно использовать лишь на предприятиях, где горячий пар присутствует в избытке. В обоих описанных примерах из-за опасности перегрева ходовой части вагонов температура на их поверхности не превышает 50–60 °С. Из-за этого интенсивность теплоотдачи к сыпучему материалу незначительна и длительность размораживания превышает 10 ч.

В Германии известен метод размораживания [2], когда в подлежащий разгрузке вагон сверху направляется струя теплоносителя с температурой 200–600 °С и со скоростью 100–1000 м/с. Размораживание материала происходит в вертикальном направлении. Подача теплоносителя осуществляется овальными соплами для придания струям теплоносителя вытянутой формы, чтобы обеспечить равномерность обогрева поверхности груза вдоль вагонов.

Разработана и испытана система отопления, в которой теплоноситель для обогрева груза в вагонах получают путем сжигания топлива в специальном теплогенераторе [7], а затем продукты сгорания разбавляются воздухом до температуры 180–230 °С и через систему сопел вдуваются внутрь частично разгруженных вагонов. Теплоноситель с температурой 60–80 °С из тепляка поступает на всасывание к рециркуляционным вентиляторам, которые производят обогрев груза извне.

Основными недостатками таких методов являются односторонний подвод тепла, необходимость мощного теплового вентилятора для создания достаточной скорости теплоносителя, потребление большого количества электроэнергии, сложность в обслуживании.

Нагрев вагонов на основе конвективного теплообмена направленными струями горячего воздуха, продуктов сгорания или какого-либо другого теплоносителя характеризуется общими недостатками: сложностью конструкции и орга-

низации равномерной подачи тепла к смерзшему грузу, повышенным расходом теплоносителя, большими потерями тепла из помещения тепляка, установкой мощного тягодутьевого оборудования, что приводит к повышенному потреблению электроэнергии и к удорожанию системы.

Имеется опыт отделения груза от стенок вагона при помощи огнеметов [2]. Горючим для огнеметов служит смесь из 1/3 нефти и 2/3 керосина. Вагон разогревается в течение 4 мин, а замерзший груз оттаивает в течение 40–60 мин. Такой способ является неэкологичным и пожароопасным, при использовании его значительно сокращается срок службы вагона. Он применим только в случае выгрузки с помощью вагоноопрокидывателя и в металлических вагонах.

При радиационном нагреве отсутствует необходимость прогрева всего объема воздуха в гараже, а направленный тепловой поток на поверхности нагрева значительно сокращает расход тепла. Затраты тепла на аккумуляцию стен гаража минимальны или отсутствуют.

В свое время широкое распространение получили беспламенные горелки, например, конструкции Шванка, Бахшияна и др., представляющие собой излучающую керамическую пористую или с отверстиями панель, на поверхности которой сжигается топливо, разогревая ее до 800–1050 °С [8]. Такие излучатели успешно зарекомендовали себя в пищевой промышленности и для обогрева строительных помещений ТЭС и АЭС. Горелки типа Шванка с перфорированной насадкой, разработанные в Институте газа НАН Украины в 1950–1960 гг., использовались также для размораживания вагонов с углем для электростанций.

Однако наряду с такими достоинствами, как возможность обогрева по зонам и высокие температуры (900–1500 °С) на поверхности керамической панели при полном сжигании газа и малых количествах избытка воздуха, а также передача значительной части тепла излучением (экономия тепла до 50 % по сравнению с конвективным отоплением [9]), беспламенные горелки имеют существенные недостатки: короткий срок службы керамических панелей (два-три отопительных сезона), опасность срыва пламени у некоторых типов горелок при наличии ветра (сквозняка) в помещении, поступление продуктов сгорания в отапливаемое помещение, сложность регулирования тепловой мощности в зависимости от изменения температуры окружающего воздуха, пожароопасность. КПД систем с применением беспламенных горелок — около 30 %.

В последнее время большой популярностью пользуются тепляки с инфракрасными (ИК) излучателями. В таких системах обогрева могут использоваться газовые (беспламенные горелки или радиационные трубы) и электрические излучатели, а также их комбинации. Представленные на рис.2 способы имеют четырехсторонний (рис.2, а) и трехсторонний (рис.2, б) обогрев.

В первом случае (рис.2, а) обогрев вагонов осуществляется отдельными независимыми системами (верхней, боковой и нижней) с использованием газовых ИК излучателей [9]. В системе верхнего обогрева используются горелки 1 с защитой от срыва пламени. Сгорание газа происходит на поверхности пористых керамических насадок с открытым пламенем при температуре 850–1200 °С. В системе нижнего нагрева используются излучающие трубы 2 длиной не менее 5 м. Сгорание газа происходит в закрытом объеме. При этом за счет большого избытка воздуха существенно уменьшается температура горения: примерно до 550 °С в зоне горения и около 180 °С на выходе из трубы. Система бокового обогрева 3 состоит из элементов верхней и нижней систем. Продукты сгорания выводятся через специальные дымоходные каналы в тепляке. Полное размораживание материала в таком тепляке может достигаться через 4 ч, пленочное — через 25–30 мин.

Во втором случае (рис.2, б) для обогрева вагонов используют ИК электроизлучатели с регулируемой мощностью (рис.3) [10]. Разогрев вагонов осуществляют последовательно по зонам нагрева в ангаре. В зоне предварительного нагрева излучателями 6 разогревают боковые стенки вагона и частично его дно. В зоне основного нагрева разогревают боковые стенки и дно вагона с помощью излучателей 1–3. В зоне дополнительного нагрева осуществляют разогрев дна вагона излучателями 2, 3. Мощность теплового потока ИК излучения регулируют в зависи-

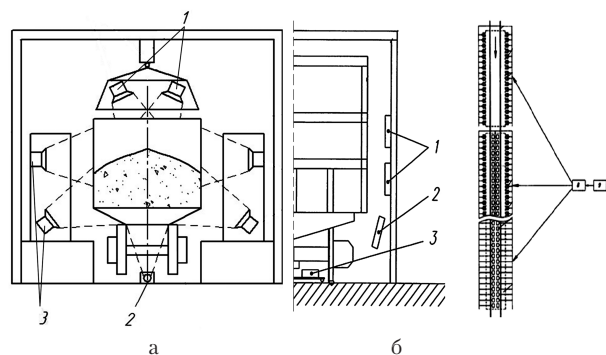


Рис.2. Схемы тепляков с четырехсторонними (а) и трехсторонними (б) ИК излучателями: 1 — горелка; 2 — излучающая труба; 3 — система бокового обогрева (с двух сторон).

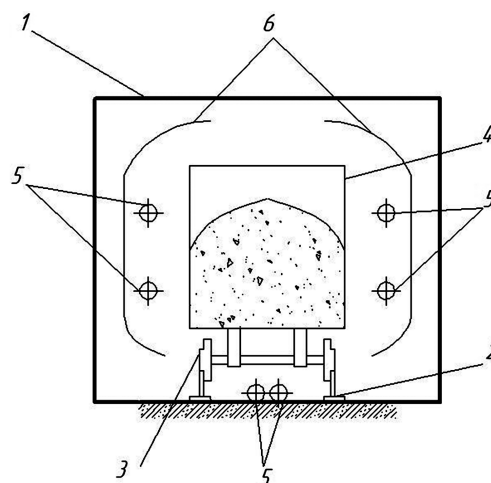


Рис.3. Низкотемпературная система размораживания: 1 — гараж; 2 — экраны; 3 — вагон; 4 — трубы обогрева.

мости от необходимой температуры разогрева в пределах 1800–2800 кВт. Длительность разогрева для пленочного оттаивания — 30–60 мин. Наличие отдельных независимых зон обогрева значительно усложняет систему автоматики и удорожает систему в целом. Несмотря на равномерный разогрев всего вагона, такие системы не удобны в эксплуатации, занимают большую площадь и могут засоряться. Отсутствие экранов в описанных схемах приводит к затратам энергии на нагрев всего помещения и потери в окружающее пространство.

Известен способ размораживания сыпучих грузов нагревом с использованием низкотемпературных излучателей различных конструкций с температурой поверхности 200–300 °С [11]. КПД таких излучателей в 2,0–2,5 раза выше, чем у высокотемпературных, так как сокращаются потери тепла с отходящими газами. Однако капитальные и эксплуатационные затраты на использование большого количества таких нагревателей высокие в связи с тем, что каждый из нагревателей имеет свои системы газо-, воздухооборудования и автоматики. Кроме того, при размораживании вагонов с грузом обеспечить прогрев днища невозможно, поскольку излучатели под днищем засоряются, что может привести к аварийной ситуации и даже пожару.

Для решения проблемы безопасного обогрева (в том числе и днища) при размораживании смерзшихся сыпучих грузов в Институте газа НАН Украины разработана и внедрена на Побужском ферроникелевом комбинате (ПФК) система обогрева вагонов [12, 13], позволяющая размораживать одновременно 12 вагонов грузоподъемностью 70 т (2 ряда по 6 вагонов). Весь теплоизлучающий контур представляет со-

Технические показатели методов сохранения и восстановления сыпучести смерзшихся грузов

Показатель	Механические рыхлители			Тепловой разогрев		
	клиновые	вибрацион- ные	бурорыхли- тели	электро- нагрев	конвективный нагрев	лучистый нагрев
Производительность, т/ч	до 100	до 120	до 150	до 360	до 300	до 360
Время обработки для восстановления сыпучести, мин (ч)	30–60 (0,5–1)	30–90 (0,5–1)	30–90 (0,5–1)	10–60 (0,17–1)	до 600 (до 10)	120–420 (2–4)
Число одновременно обрабатываемых вагонов	1	1	1	1–10	6–12	6–12
Последующая зачистка вагона	нужна	нужна	нужна	не нужна	не нужна	не нужна

бой систему из прямых и обратных труб с 3–5-кратной рециркуляцией теплоносителя, что повышает равномерность температуры в трубах по всей их длине.

Система работает следующим образом (см. рис.3): вагоны со смерзшимся грузом въезжают в гараж по рельсам на пандусах. Из теплогенератора продукты сгорания топлива поступают в трубы, являющиеся источниками тепловой энергии. Тепло от труб излучается на вагоны и на экраны, которые переизлучают тепловую энергию от труб к поверхности вагонов. При этом обогрев осуществляется с трех сторон (боковые стенки вагонов и их днища), что обеспечивает равномерный и быстрый прогрев груза.

Регулирование теплового режима системы происходит в диапазоне температур, безопасных для внешних стенок вагона и его колесных пар. В среднем процесс размораживания длится 2–4 ч в зависимости от толщины и температуры смерзшегося конгломерата. Система автоматизирована и предотвращает перегрев бортов и колесных пар вагонов, что удлиняет их срок эксплуатации. После установки данной системы на ПФК количество разгружаемых вагонов за смену составило 24–25 вагонов по сравнению с 1–2 вагонами за тот же период при ручном рыхлении.

Данная установка имеет следующие преимущества:

1) простота в обслуживании, дешевизна и надежность в работе, так как рабочий контур не требует большого количества газосжигающих устройств и отдельных узлов системы автоматики (1 теплогенератор на 6 вагонов);

2) возможность максимального приближения труб-излучателей к поверхности бортов вагонов и их днищам обеспечивает компактность размещения системы и гаража-размораживателя и сводит к минимуму затраты на разогрев всего помещения;

3) сохранение целостности вагонов и их ходовых частей за счет низкой температуры рабочего контура (до 400 °С на входе в рабочий контур и до 200 °С на выходе из него);

4) высокий КПД системы за счет низкой температуры отходящих газов;

5) пожарная и экологическая безопасность.

Промышленные испытания данной системы размораживания показали, что на больших расстояниях (свыше 50 м) неравномерность температуры по длине излучающей трубы составляет 150–200 °С.

В таблице приведены сравнительные характеристики некоторых представленных методов сохранения и восстановления сыпучести смерзшихся грузов.

На основании проведенного анализа и данных таблицы можно сделать определенные выводы.

1. Профилактические методы просты в исполнении, но имеют ограниченную сферу применения, связанную с требованиями к качеству поставляемого материала и сохранности внутренней поверхности вагонов.

2. Механические методы, несмотря на высокую производительность (100–150 т/ч) при среднем времени обработки 20–100 мин, имеют существенные недостатки: малый ресурс работы отдельных элементов; механические повреждения вагонов; неэффективность использования для сильно смерзшихся и пластичных грузов; фракционную неоднородность материала после выгрузки; потребность в дополнительной очистке вагонов вручную или с помощью специальных методов.

3. Электронагревательные системы отличаются высокой производительностью, однако использование электроэнергии приводит к их удорожанию, а применение токов высокой частоты делает системы опасными в обслуживании и эксплуатации.

4. Конвективные системы нагрева предполагают следующее: наличие мощного дутьевого оборудования для создания заданной скорости теплоносителя и связанные с этим капитальные затраты; потребление большого количества электроэнергии; необходимость теплоизоляции всего гаража-размораживателя; необходимость организации отвода продуктов сгорания и пы-

ли; невозможность подачи направленных потоков на днища вагонов из-за засорения сопел, расположенных непосредственно под вагонами.

5. При лучистом (радиационном) нагреве направленный тепловой поток на поверхности нагрева значительно сокращает потери тепла из помещения, так как отсутствует необходимость прогрева всего объема воздуха помещения, а значит, затраты тепла на аккумуляцию гаража-размораживателя и потери в окружающее пространство минимальны. При радиационном способе нагрева экономия тепловой энергии составляет 20–25 %, а в некоторых случаях 40–50 % в сравнении с другими способами [14].

Выводы

На выбор метода восстановления сыпучести влияют многие факторы: объем перерабатываемого груза; климатические условия; наличие свободных площадей; парк имеющегося оборудования для выгрузки и уборки грузов; вид груза и т.д. Однако с учетом рассмотренных преимуществ и недостатков, а также накопленного предприятиями опыта можно рекомендовать следующие способы по восстановлению сыпучести.

Для непластичных смерзшихся грузов, когда допускается их переизмельчение или неоднородность фракции, применяют механические рыхлители. Они могут использоваться на площадках и на эстакадах, где есть возможность передвижения их вдоль фронта выгрузки при наличии вагонов с открытым верхом. Причем для грузов, требующих полного восстановления сыпучести, лучше использовать бурофрезерные установки. В случаях, когда допустимо частичное восстановление, применяют виброрыхлители. Для пластичных грузов используют машины эскаваторного типа.

При наличии в пунктах приема вагоноопрокидывателей и определенных источников тепла (природный, доменный газ, пар и пр.) целесообразно применять разогрев в гаражах. Причем с экономической и практической точек зрения предпочтительнее использовать гаражи с радиационным обогревом или его комбинированием с другими тепловыми методами, так как стоимость разогрева груза в таком случае ниже, чем при конвективном обогреве. Такие гаражи желательно применять и в пунктах массового поступления груза, так как для выгрузки на вагоноопрокидывателях достаточно оттаивания тонкого слоя материала, примерзшего внутри вагона (пленочное оттаивание).

Список литературы

1. Правила перевезення вантажів, які змерзаються (ст. 27 Статуту) (457-98-п) від 21.11.2000 № 644. Зареєстровано у Міністерстві юстиції України 24 листопада 2000 р. за № 870/5091.
2. Голубков В.В., Киреев В.С. Механизация погрузочно-разгрузочных работ и грузовые устройства. — М. : Транспорт, 1981. — 350 с.
3. Тепляки. — <http://motorzlib.ru/books/item>. — Система размораживания. — Режим доступа: — motorzlib.ru (20.06.2010)
4. ИНФРАСИБ в морском порту СибОРГЭС. — <http://www.siborgres.vdnh.ru/0809631280> [Инфрасиб]. — Устройство для размораживания смерзшегося угля в железнодорожных вагонах. — Режим доступа: — siborgres.vdnh.ru (20.06.2010).
5. Пат. 2395444 РФ, МПК⁸ В 65 G 69/20, В 61 GD 3/00. Устройство для разогрева смерзшегося груза в вагоне / О.В.Москвичев, К.Э.Сморшкова, А.А.Булатов, В.В.Суетин. — Оpubл. 27.07.10.
6. Рязанов В.Т., Брагина Г.Г., Орлов А.В., Виноградов В.А. Эффективная система отопления гаражей для размораживания вагонов с сыпучими материалами // *Металлург. теплотехника* : Сб. науч. тр. Нац. металлург. акад. Украины. — 2002. — Т. 7. — С. 25–26.
7. Вагоноразмораживатель. — http://teplopribor.com/st_teplopribor/katalogue/vagonorzamorazhivatel.html [Энерготехнологии]. — Каталог/система размораживания сыпучих грузов/вагоноразмораживатель. — Режим доступа: — teplopribor.com (01.03.2010).
8. Богомолов А.И., Вигдорчик Д.Я., Маевский М.А. Газовые горелки инфракрасного излучения и их применение. — М. : Стройиздат, 1967. — 252 с.
9. Родин А. К. Газовое лучистое отопление. — Л. : Недра, 1987. — 191 с.
10. Пат. 2464216 С1 РФ, МПК⁹ В 65 G 65/20. Способ разогрева смерзшегося груза в вагонах и устройство для разогрева смерзшегося груза / Е.М.Бубис, В.Е.Бубис, Н.Е.Вязигина, Е.В.Фомин, В.А.Тренин. — Оpubл. 13.05.11.
11. Пат. 42063 Укр., МПК⁷ F 23 C 3/00, F 23 D 14/2. Газовий радіаційний нагрівник для опалення приміщень / О.М.Семернін, А.Є.Єринов, Є.Р. Крамаренко, В.А.Поваренков. — Оpubл. 15.10.01, Бюл. № 9.
12. Пат. на корисну модель 67932 Укр., МПК⁹ В 65 G 67/24, В 65 G 69/20. Система розморожування сипучих вантажів, що змерзлись, в залізничних вагонах / В.С.Пікашов, Л.М.Троценко, В.О.Великодний, Т.В.Виногорова, К.О.Зуй. — Оpubл. 12.03.12, Бюл. № 5.
13. Пикашов В.С., Троценко Л.Н. Эффективный способ обогрева смерзшихся грузов в железнодорожных вагонах и отопления производственных помещений // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. — 2006. — № 6. — С. 76–79.
14. Мачкаши А., Батхиди Л. Лучистое отопление. — М. : Стройиздат, 1985. — 464 с.

Поступила в редакцию 30.04.14

**Виноградова Т.В., Троценко Л.М., канд. техн. наук,
Пикашов В.С., канд. техн. наук**

Інститут газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: t-ln@ukr.net

Теплові методи відновлення сипучості змерзлих грузів

Представлено аналіз існуючих методів відновлення сипучості змерзлих дисперсних матеріалів, що транспортуються. Профілактичні методи здійснюються у місцях завантаження насипних матеріалів. До відновлюючих сипучість відносяться механічні та теплові методи. Механічне рихлення здійснюється за допомогою різних робочих органів: клинів, пристосувань для рихлення, скребоків, бурів, фрез та ін. Тепловий розігрів здійснюють у спеціальних гаражах за допомогою електричних та радіаційних нагрівачів, а також потоком теплоносія. Показано, що тепловий розігрів доцільний при наявності у пунктах прийому вагоноперекидачів та певних джерел тепла (природний, доменний газ, пара та ін.) для швидкого розвантаження великої кількості вагонів. При цьому допускається часткове відновлення сипучості вантажу, оскільки для цього достатньо відтаювання тонкого шару матеріалу, примерзлого до внутрішніх стінок та днища вагону. Наведено класифікацію існуючих методів, висновки щодо кожного з представлених методів, а також деякі їх порівняльні характеристики. *Бібл. 14, рис. 3, табл. 1.*

Ключові слова: сипучі вантажі, методи відновлення сипучості, тепловий розігрів вантажів, розморожування, залізничні вагони.

***Vinogradova T.V., Trotsenko L.N., Candidate of Technical Science,
Pikashov V.S., Candidate of Technical Science***

The Gas Institute of National Academy of Science of Ukraine, Kiev

39, Degtyarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: t-ln@ukr.net

Thermal Methods of Flowability Restoration for Frozen Loose Bulk

The article presents an analysis of existing recovery methods and techniques of frozen transported bulk materials flowability. They are divided into two main groups: preventive and reducing flowability. Preventive methods are used at the loading place of the transported bulk material. Such methods include pre-drying, freezing, spraying of oils and prevention liquids, filling by limestone and sawdust, equipping railway cars by heaters and others. The methods of flowability recovery include mechanical and thermal methods. Mechanical opening is carried out with the help of various operative parts such as wedges, ripper devices, scrapers, drill, milling cutters and others. Thermal heating is carried out in special garages by means of electric and radiation heaters, as well as heat carrier flow. Based on the analysis of long-term experience in the application of various recovery methods of frozen transported bulk materials flowability it may be concluded the following. Mechanical rippers are used for weakly frozen nonplastic loads, when its heterogeneity is acceptable by fraction after treatment. Thermal heating is reasonable when car dumper and specific sources of heat (natural gas, blast furnace gas, steam, et al.) are available in collection points, when it necessary to

unload quickly a large number of rail cars. At that a partial recovery flowability is accepted because it is enough to thaw a thin layer of material, frozen to the inner walls and the bottom of the rail car. As a result of this analysis, the article presents a classification of existing methods, the conclusions for each of the presented methods, as well as some of their comparative characteristics. *Bibl. 14, Fig. 3, Table 1.*

Key words: bulk load, methods of flowability restoration, thermal heating for loose bulk, thawing, the rail car.

References

1. Terms of Cargo That Freezes (Article 27 of the Charter) (457-98-P) from 21.11.2000 N 644. Registered with the Ministry of Justice of Ukraine November 24, 2000, № 870/50912. (Ukr.)
2. Golubkov V.V., Kireev V.S. Mechanization of Cargo Handling and Freight. Moscow : Transport, 1981, 350 p. (Rus.)
3. Inclosures. — <http://motorzlib.ru/books/item>, Defrost system. — Access mode: motorzlib.ru (20.06.2010) (Rus.)
4. IFRASIB port in Moscow SibORGJeS <http://www.siborgres.vdnh.ru/0809631280> [Infrasib]. — Apparatus for defrosting frozen coal in railway — Access mode: siborgres.vdnh.ru (20.06.2010). (Rus.)
5. Pat. 2395444 Rus., MPC⁸ B 65 G 69/20, B 61 GD 3/00. A Device for Heating the Frozen Cargo in the Wagon / O.V.Moskvichev, K.E.Smorshkova, A.A. Bulatov, V.V.Sujetin. — Publ. 27.07.10. (Rus.)
6. Rjazanov V.T., Bragina G.G., Orlov A.V., Vinogradov V.A. Efficient Heating System for Garages Defrost Cars with Bulk Materials. *Metallurgicheskaja teplotehnika : Sbornik nauchnyh trudov Nacional'noj metallurgicheskoy akademii Ukrainy*, 2002, 7, pp. 25–26. (Rus.)
7. Defroster wagons. — http://teplopribor.com/st_teplopribor/katalogue/vagonorazmorazhivatel.html, Katalog/sistema razmorazhivaniya sypuchih
8. Bogomolov A.I., Vigdorčik D.Ya., Maevskij M.A. Gas Burners Radiation their Application. Moscow : Strojizdat, 1967, 252 p. (Rus.)
9. Rodin A.K. Gas Radiant Heating. Leningrad : Nedra, 1987, 191 p. (Rus.)
10. Pat. 2464216 S1 Rus., MPC⁹ B 65 G 65/20. The Method of Heating the Frozen Goods in Wagons and Apparatus for Heating the Frozen Cargo. E.M.Bubis, V.E.Bubis, N.Ye.Vjazigina, Ye.V. Fomin, V.A.Trjenin. — Publ. 13.05.11. (Rus.)
11. Pat. 42063 Ukr., MPC⁷ F 23 C 3/00, F 23 D 14/2. Gas Radiation Burner for Heating of interiors / O.M.Semernin, A.Ye.Yerinov, Ye.R.Kramarenko, V.A.Povarenkov. — Publ. 15.10.01, Bull. № 9. (Ukr.)
12. Pat. 67932 Ukr., MPC⁹ B 65 G 67/24, B 65 G 69/20. Defrost system of frozen bulk cargo in railway cars / V.S.Pikashov, L.N.Trotsenko, V.O.Velikodny, T.V.Vinogradova, K.O.Zui. — Publ. 12.03.12, Bull. № 5. (Ukr.)
13. Pikashov V.S., Trotsenko L.N. Efficient way of heating of frozen goods by rail wagons and heating of industrial premises. *Jenergotehnologii i resurso-sberezhenie [Energy Technologies and Resource Saving]*, 2006, (6), pp. 76–79. (Rus.)
14. Machkashi A., Bathidi L. Radiant heating. Moscow: Strojizdat, 1985, 464 p. (Rus.)

Received April 30, 2014