

АСУ очисткой вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом

О.Ю. Топчиева (ИрГУПС)

Представлены структурная схема и алгоритм системы автоматического управления очисткой вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом, позволяющим контролировать и производить разрушение смерзшейся массы без повреждения самого вагона. Приведены результаты апробации разработанной системы на полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: очистка вагонов, магнитоимпульсный способ, автоматизация, разрушение льда.

Разгрузка вагонов от примерзших, слежавшихся и сыпучих грузов является актуальной задачей для таких потребителей и перевозчиков, как ТЭЦ, морские порты, металлургические, химические, обогатительные комбинаты и др. Эта проблема характерна для стран с холодным климатом, в число которых входят Россия, Китай, Казахстан, Монголия, Финляндия, Швеция, Норвегия, США, Германия, Франция и др.

Правила перевозок смерзающихся грузов на железнодорожном транспорте утверждены приказом МПС РФ от 5 апреля 1999 г.

Основные способы разгрузки смерзшегося груза – разогрев и дробление. При этом попытки очистить вагоны от смерзшейся массы традиционными способами не эффективны, так как выгрузка занимает много времени и приводит к повреждению вагона [1-2].

В настоящее время ведутся разработки новых способов очистки вагонов и усовершенствования уже существующих. Например, в Петербургском государственном университете путей сообщения разработан электрогидроимпульсный способ разгрузки смерзшегося угля [3]. Также к решению проблемы разгрузки смерзшихся грузов подключились отраслевые ученые. Среди предложенных технологий – обработка подвижного состава и продукции различными жидкостями, препятствующими замерзанию груза, а также предварительное промораживание груза [4].

В Иркутском государственном университете путей сообщения при поддержке Фонда содействия инновациям была изготовлена и апробирована на полигоне Красноярского института железнодорожного транс-

порта установка очистки вагонов магнитоимпульсным способом [5-9].

Описание принципа работы установки очистки вагонов магнитоимпульсным способом

Функциональная схема испытаний представлена на рис. 1. Для эксперимента к пластине примораживались последовательно лед и гравий различной толщины. На пластине был зафиксирован датчик ускорения (акселерометр), подключенный к осциллографу.

При помощи маятника по центру пластины наносились удары с фиксированными не изменяемыми параметрами. Удары проводились до полного разрушения льда и гравия. При каждом ударе снимались показания датчика ускорения.

Была получена следующая зависимость. Когда материал плотно прилегает к пластине, ускорение пластины самое низкое. По мере разрушения материала и его отставания от пластины ускорение возрастает. На свободной пластине (без намерзшего материала) ускорение наибольшее. Такая зависимость ускорений характерна для обоих материалов при всех испытываемых толщинах.

На установке проводились исследования допустимой силы удара, при которой напряжения, возникающие в пластине, не превышают ее предела текучести, но при этом примерзший материал разрушается, и пластина освобождается.

При проведении экспериментов на полигоне маятник был заменен на магнитоимпульсную установку, вырабатывающую импульсы электромагнитной силы, которые передают на очищаемую поверхность мгновенный импульс механической силы, разрушающий адгезионные связи налипшего или намерзшего материала.

АСУ очисткой вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом

В результате проведенных экспериментов и применения компьютерного моделирования были получены необходимые зависимости, на основании которых был разработан автоматизированный процесс очистки вагонов от примерзшей и слежавшейся массы, который не будет приводить к повреждению вагона.

АСУ очисткой вагона (рис. 2) включает: устройство ввода параметров груза и вагона, контроллер управления процессом, систему подвода магнитоимпульсной установкой, блок управления магнитоимпульсной

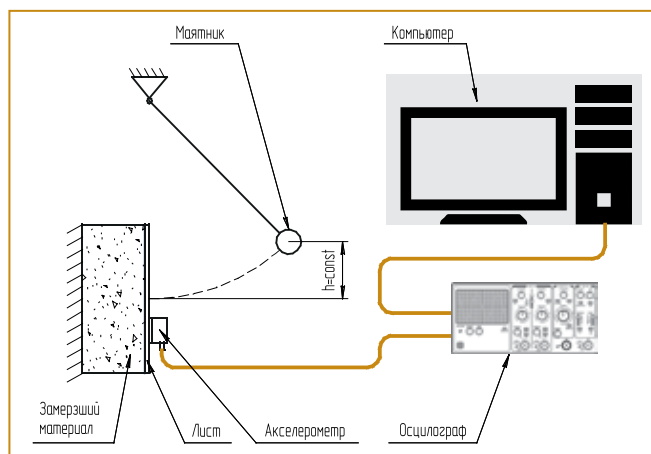


Рис. 1. Функциональная схема испытаний

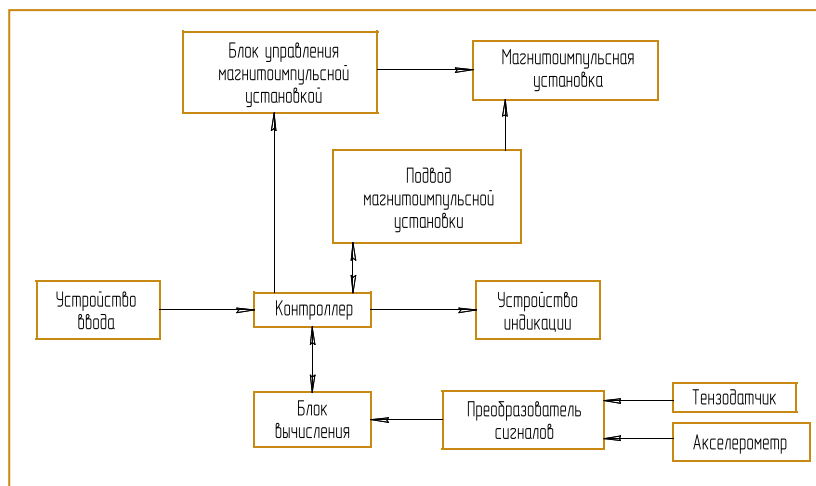


Рис. 2. Структурная схема АСУ очистки вагона

установкой, магнитоимпульсную установку, производящую удары по стенке вагона, тензодатчик, выполняющий контроль массы вагона, акселерометр, измеряющий стенку вагона, преобразователь сигналов датчиков, блок вычисления силы удара, устройство индикации.

Рассмотрим алгоритм автоматического управления очисткой вагона от слежавшегося или замерзшего груза и его выгрузкой из вагона. Предполагается, что вагон установлен на место выгрузки и разгрузочные люки открыты. Процесс очистки начинается с занесения в устройство ввода параметров перевозимого груза, вагона, условий разгрузки, массы пустого вагона, максимальной силы удара и максимально ускорения стенки пустого вагона.

1. На контроллер поступает сигнал с тензодатчика измеряющего массу вагона. Масса вагона превышает массу пустого вагона. Система отдает команду на продолжение работы.

2. К вагону подводится установка, включающая ударный механизм и акселерометр. Ожидается поступление сигнала о срабатывании концевого выключателя, отвечающего за контроль плотного прилегания установки к стенке вагона.

3. Происходит контрольный удар с силой, равной максимальной силе при пустом вагоне. После удара контроллер обрабатывает сигналы, пришедшие от акселерометра и тензодатчика. Если от акселерометра сигнал не приходит, то контроллер выдает ошибку о неисправности системы. Если значения ускорения, полученные от акселерометра, ниже ускорения, характерного для свободной стенки вагона, и при этом показания тензодатчика неизменны, то система отрабатывает режим разрушения материала.

4. При режиме разрушения материала измеряется ускорение стенки вагона и частота импульсов ускорения. Контроллер обрабатывает полученные данные и вычисляет максимально допустимую силу удара. Такие удары с постоянно изменяющейся силой, зависимой от значений акселерометра, будут производиться до тех пор, пока ускорение стенки вагона не будет равно

значению, соответствующему свободной стенке, или не начнут изменяться показания тензодатчика. Если при неизменяемом значении тензодатчика достигнуто значение ускорения свободной стенки, контроллер переводит систему в режим вибрации. То есть по стенке вагона наносятся удары небольшой силы с высокой частотой. Удары наносятся до тех пор, пока показания датчиков не начнут меняться, то есть не начнет высыпаться материал.

5. Когда начнут изменяться показания тензодатчика, система перейдет в режим помощи выгрузки материала. При этом режиме учитывается скорость высыпания материала и линейность его

выгрузки (под линейностью выгрузки имеется ввиду характер выгрузки материала, или это постоянное непрерывное ссыпание материала с течением времени, либо это прерывистая или порционная выгрузка разрушенного материала, происходящая после удара по стенке вагона). Система измеряет массу материала, выгружаемую за единицу времени, оценивает величину оставшегося материала в вагоне и в зависимости от этих значений задает силу и частоту ударов по стенке. Для корректного вычисления массы материала в программу вводятся характеристики груза и вагона, а именно, усредненное значение плотности, средний размер гранул, коэффициент истечения, коэффициент внутреннего трения перевозимого груза, размер и форма разгрузочного люка вагона, число разгрузочных люков.

6. Если выгрузка материала происходит непрерывно, равномерно и по скорости близка к пропускной способности люков вагона, то система производит удары в режиме вибрации, то есть с высокой частотой и малой силой импульса.

7. Если выгрузка материала происходит непрерывно равномерно, но по скорости ниже, чем пропускная способность люков вагона. Система производит удары в режиме усиленной вибрации, то есть с высокой частотой средней силой импульса.

8. Если выгрузка материала происходит порционно в результате удара, то система производит удары в режиме разрушения материала, то есть с низкой частотой и с силой удара, равной максимальной силе для свободной стенки.

9. В процессе выгрузки система непрерывно контролирует и анализирует характер разгрузки материала. И в случае изменения характера разгрузки материала система динамически меняет режим нанесения ударов. Если материал перестал высыпаться, при этом масса вагона превышает массу пустого вагона, то система заново перейдет в режим разрушения материала, описанный в пункте 4.

10. Выгрузка завершится, когда значения тензодатчика будут соответствовать значению пустого вагона



Рис. 3. Механические узлы макета комплекса по очистке вагонов

или занесенному в программу значению массы, равной массе вагона и оставшейся массе материала, которую в автоматическом режиме невозможно выгрузить. В этом случае от вагона отводится ударный узел, система сообщает оператору, что процесс выгрузки вагона завершен, и переходит в режим ожидания для подачи следующего вагона.

Описание проводимых экспериментов

Макет комплекса был смонтирован на полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта. Конструкция макета включает: поддон, помост и лестницу для подъема на помост. Внутри вагона размещена опалубка, необходимая для фиксации загруженного груза до момента его смерзания. Для защиты используемого поддона от сыпучего груза выгружаемого из вагона, внутренняя поверхность этого поддона дополнительно была обшита металлом.

На стенке вагона был закреплен блок преобразования электрической энергии в механическую, подключенный к блоку накопления электроэнергии и разряда, а также была смонтирована специальная сварная конструкция, для опоры электрической лебедки, используемой для загрузки вагона грузом (рис. 3).

Было проведено два эксперимента по проверке установки для груза с различной степенью адгезии со стенкой вагона.

В первом эксперименте зона между возведенной опалубкой и стенкой вагона заполнялась гравийно-песчаной смесью, поливалась водой и в течение 5 сут. выдерживалась для замерзания при уличных условиях. При этом температура окружающей среды варьировалась в диапазоне от $-17,5^{\circ}\text{C}$ (ночью) и в дневное время до 0°C (в дневное время). Опыт был проведен в 9:00 по местному времени при температуре воздуха -10°C . Стенка опалубки была удалена, гравийно-песчаная смесь осталась зафиксированной на стенке вагона, система была приведена в действие. После завершения подачи второго импульса смесь начала обрушаться, а после 10 импульсов стенка вагона была полностью очищена. Общее время работы составило менее 1 мин.

*Топчиева Оксана Юрьевна - аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов» ИрГУПС.
E-mail: o-vahrusheva@bk.ru*

Во время второго эксперимента, проводимом при температуре около 5°C в дневное время, слежавшийся груз моделировался гипсовой смесью, предварительно нанесенной на внутреннюю стенку вагона толщиной 1...15 см и выдерживался в течении 24 ч. Обрушение смеси начало происходить с первого импульса и уже на 6...8 импульсе стенка вагона полностью очистилась.

Вывод

Таким образом, в результате проведения теоретических и экспериментальных исследований были получены контролируемые параметры, используемые при работе АСУ очисткой вагонов от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом. Предложенный способ очистки не приводит к повреждению вагона. Разработанные методы и алгоритмы были апробированы на полигоне Красноярского института железнодорожного транспорта.

Список литературы

1. Endres M., Sommerwerk H., Mendig C., Sinapius M., Horst P. Experimental study of two electro-mechanical de-icing systems applied on a wing section tested in an icing wind tunnel // Ceas Aeronautical Journal. 2017. С. 429-439.
2. Левенсон С.Я. Повышение эффективности выпуска смерзшегося угля из полувагонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 2
3. Ким К.К. Шпилев М.А. Электрогидроимпульсная установка для разрыхления смерзшегося угля // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2016. №1. С. 123-129.
4. АО «КАУСТИК» пыление и смерзание угля: проблемы и решения // Уголь. 2018. №4. С. 43-46.
5. Ильин Е.С., Вахрушева О.Ю., Ратушняк В.С. Об эксперименте применения магнитоимпульсного способа по очистке вагона от примерзшей массы // Современные технологии. Системный анализ моделирование. ИрГУПС. 2018. №1. С. 117-122.
6. Ильин Е.С., Вахрушева О.Ю., Ратушняк В.С., Юрьев А.В. Experience in the magnetic pulse installation model use to clean the gondola car from the frosted and packed cargo // The Sixth International Symposium on Innovation and Sustainability of Modern Railway, ISMR 2018, ИрГУПС. 2018. С.237-245.
7. Ратушняк В.С., Ильин Е.С., Вахрушева О.Ю. Некоторые аспекты выбора средств борьбы с гололедными отложениями на ЛЭП // Известия Транссиба. 2019. № 1 (37). С. 102-111
8. Патент 2681621. РФ. Устройство очистки полувагона / Е.С. Ильин, А.В. Юрьев, В.С. Ратушняк. – Патент на изобретение RU 2681621 C1, 11.03.2019. Заявка № 2017136368 от 16.10.2017.
9. Патент 2666225. РФ. Генератор импульсных токов для высоковольтных электрогидравлических технологий / В.С. Ратушняк, А.Е. Гаранин, А.В. Юрьев, Е.С. Ильин – Патент на изобретение RU 2666225 C1, 06.09.2018. Заявка № 2017123323 от 03.07.2017.