

**К ВОПРОСУ ВИБРОРЫХЛЕНИЯ АГРЕГИРОВАННОГО
УГЛЕПОРОДНОГО МАТЕРИАЛА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

Рассмотрен опыт и схемы вибросистем, используемые для разрыхления агрегированного сыпучего груза из полувагонов в зимнее время

**TO QUESTION OF VIBRATO-LOOSENING AGGREGATED
COAL-ROCK MATERIAL IN WINTER TIME**

The experience and circuits vibrato-systems used for loosening of aggregated loose cargo from half-cars in winter time is considered.

На предприятиях горно-перерабатывающего комплекса выполняется большой объем разгрузочно-перегрузочных работ, требующих значительных энерго и трудозатрат, а, в некоторых случаях, оказывающих негативное влияние на ритмичность технологического процесса. При этом, особую сложность представляет собой разгрузка минерального сырья, потерявшего свою сыпучесть вследствие смерзания в зимнее время в железнодорожных полувагонов.

Исследования выполненные ранее показывают, что на процесс смерзаемости сыпучих материалов существенную роль оказывают такие свойства груза, как: влажность, теплопроводность, крупность (кусковатость) материала и пр. Как и большинство сыпучих материалов, транспортируемая угольная масса имеет невысокую скорость промерзания и, как следствие, оттаивания. Так, например, теплопроводность угля составляет порядка 0,27-0,97 ккал/м*ч*град, а по данным работы [1] при температуре минус 10°С угольная масса не смерзается во время транспортирования в течение 50 ч, при минус 20°С – в течение 26 ч, при температуре минус 30° С в течение 18 ч. Не меньшее влияние на прочность смерзающейся угольной массы имеет ее влажность – к, примеру, наибольшую прочность при смерзании Донецкий уголь будет иметь при влажности 4 – 12%; а Карагандинский – при влажности 7,5% [1].

Промерзание транспортируемой в ж.д. полувагонах угольной массы определяется скоростью промерзания, зависящей от времени, влажности угля, температуры и в некоторой степени крупности кусочков угля [2]. Способы борьбы со смерзаемостью сыпучих материалов условно разделяются на две группы: профилактические меры и меры, направленные на восстановление сыпучести смерзшегося в полувагонах груза. К профилактическим мерам относят: обезвоживание, послойное деление груза несмерзающимися материалами, добавка веществ, поглощающих влагу грузов или образующие в ней плохо смерзающие растворы, обмасливание грузов, специальная обработка внутренних поверхностей вагона, предварительное перемораживание груза перед погрузкой и др. [2].

К мерам восстановления сыпучести смерзшихся материалов, транспортируемых в железнодорожных полувагонах можно отнести такие, как: разрыхление вручную при помощи кирок, ломов и разогреваемых или холодных клиньев; рыхление груза с помощью отбойных молотков; разогрев смерзшегося груза в специальных тепляках (гаражах); разогрев смерзшегося груза инфракрасными

излучениями; использование токов промышленной и высокой частоты; разогрев груза открытым пламенем костров, факелов и передвижных или стационарных форсунок; размораживание паровыми пиками; размораживание теплой или горячей водой; оттаивание при помощи растворов хлористого кальция или других солей; разрыхление смерзшегося груза взрыванием; восстановление сыпучести смерзшегося груза бурофрезерными установками; разрыхление смерзшегося груза падающими железобетонными или металлическими клин-бабами, порожными или заполненными грейферами, оббивание стенок полувагона маятниковыми бабами и пр.; использование виброразгрузочных установок (накладные или прижимные вагонные вибраторы или накладные разгружающие виброустройства), а также различные установки экскаваторного типа для выгрузки из открытых полувагонов смерзшихся материалов. Кроме того, в последнее время достаточно перспективными технологиями восстановления сыпучести смерзшихся материалов являются различные рыхлительные установки, основанные на использовании рыхлящих штырей (клиньев), нагружаемых вибрационными, виброударными или ударными воздействиями. В зависимости от параметров технологической схемы разгрузки, применяемой на каждом конкретном предприятии, используются те или иные мероприятия по восстановлению сыпучести смерзшегося груза. При высоких объемах разгрузки смерзшихся материалов, как правило, применяется комбинированный комплекс мер по восстановлению сыпучести материала [2]. Анализ эффективности применяемости различных методов и способов восстановления сыпучести транспортируемых грузов, проведенный в работе [2] показал, что большинство из рассматриваемых технологий в настоящее время не может использоваться в силу целого ряда недостатков, либо, если и могут быть применены то в очень специфически ограниченных условиях.

В последнее время наиболее широкое распространение при разгрузке смерзшихся сыпучих грузов из ж.д. полувагонов через опрокид нашли вибрационные, виброрыхлительные и бурофрезерные установки, а также традиционный метод в виде оттаивания смерзшихся грузов в «тепляках». Однако оттаивание груза в «тепляке» сопряжено со значительными временем и энергозатратами, лежащими значительным бременем на себестоимость и производительность разгрузочного процесса. Достаточно перспективными считаются комбинации вибрационных и химических методов разупрочнения смерзшихся грузов. Однако, ряд крупных Заказчиков устанавливает определенные ограничения на возможность дополнительного внесения химдобавок в транспортируемые грузы.

Потому, в последнее время, наиболее рациональными, с точки зрения энергоемкости, надежности и металлоемкости для разупрочнения смерзшихся агрегированных грузов считаются штыревые виброрыхлители, передающие статическое и динамическое воздействие непосредственно на массив разрыхляемого груза. Применяемые вибромеханизмы могут работать в дорезонансном, резонансном и зарезонансном режимах, причем в последнее время более широкое распространение получили более эффективные резонансные и зарезонансные вибромеханизмы. Основным недостатком резонансных виброустановок с на-

правленными колебаниями рабочего органа является высокая чувствительность к перегрузкам и, соответственно, сложность настройки вибровозбудителя на этот режим. Виброустановки зарезонансного типа отличаются высокой стабильностью рабочих режимов, что объясняется малой долей кинетической энергии, расходуемой в процессе воздействия от влияния обрабатываемой горной массы в общем объеме энергетического баланса установки. Однако, чтобы виброустановка вошла в зарезонансный режим работы, она должна перейти область резонанса, где у нее возможно возникновение некоторых проблем, в частности значительное нагружение подшипников и установки в целом большими центробежными силами, действующими в области резонанса, которые могут привести к поломкам и существенным энергетическим потерям. Конструктивно-вибрационные штыревые рыхлители, как правило, komponуются по двухмассной динамической схеме. По принципу работы штыревые виброрыхлители можно условно разделить на две группы: а) виброрыхлители, работающие в режиме вибромолота с направленными колебаниями нижней массы, снабженной штырями, перпендикулярно днищу полувагона; б) виброрыхлители, работающие в далеко зарезонансном режиме и реализующие круговые колебания нижней массы, снабженной штырями, в плоскости, перпендикулярной днищу полувагона при одновременном перемещении вдоль указанной плоскости.

В виброрыхлителях, работающих в режиме вибромолота с направленными колебаниями перпендикулярно днищу полувагона [2-5], верхняя масса служит ударником нижней массы, снабженной штырями. Обе массы соединены между собой нелинейными упругими связями. Обязательным условием является наличие жесткой пространственной рамы с направляющими, обеспечивающими перемещение верхней и нижней масс вдоль их. Пространственная рама вместе с виброрыхлителем устанавливается на верхнюю обвязку полувагона посредством различных грузоподъемных устройств (козлового, стрелового или автомобильного крана и т.п.), при этом между пространственной рамой и верхней обвязкой полувагона необходимо устанавливать виброизолирующие прокладки. Вместе с этим, виброрыхлители, работающие в режиме вибромолота имеют определенные недостатки, в частности:

а) направленные колебания штырей обеспечиваются двухвальным вибровозбудителем перпендикулярно днищу полувагона, при этом штыри имеют конусность (из условия прочности) от низа штырей к месту их заделки в нижней массе виброрыхлителя, а это способствует заклиниванию штырей в обрабатываемом грузе, что можно устранить только увеличением динамической составляющей нагрузки на обрабатываемый груз, что не всегда возможно из условий соблюдения требований норм эксплуатации полувагонов [2, 5];

б) размещение вибровозбудителя и электродвигателя на верхней массе виброрыхлителя, которые в этом случае подвергаются интенсивным ударным нагрузкам, а, следовательно, пониженной надежностью при эксплуатации.

В виброрыхлителях, работающих в далеко зарезонансном режиме, верхняя и нижняя массы соединены между собой "мягкими" линейными упругими связями. Вибровозбудитель установлен на нижней массе, снабженной штырями, а

электродвигатель установлен на верхней массе, являющейся успокоителем виброколебаний, передаваемых эстакаде через направляющие, по которым перемещается верхняя масса. Снижение указанных динамических нагрузок, передаваемых на эстакаду, достигается за счет увеличения верхней массы по сравнению с нижней, что способствует повышению срока службы электродвигателя. Электродвигатель и вибровозбудитель соединены между собой клиноременной передачей, позволяющей, в случае необходимости, регулировать величину динамической силы, передаваемой нижней массе посредством сменных шкивов. Величина динамической силы регулируется также количеством дебалансных масс, размещенных на валу вибровозбудителя.

Рассмотрим основные конструкции виброрыхлительных модулей разработанные в последнее время для борьбы со смерзаемостью сыпучего груза.

Рыхлитель виброударный В1 614 предназначен для точечного рыхления смерзшихся или слежавшихся в монолит навалочных материалов при выгрузке их из железнодорожных полувагонов через нижние люки (см. рис.1). Согласно рекламной характеристики он широко применяется на угольных складах, обогатительных комбинатах, шахтах, предприятиях стройиндустрии. Для установки и перестановки машин на полувагоне необходим кран, обеспечивающий грузоподъемность не менее 7 т. Исполнительный орган выполнен из высокопрочной морозостойкой стали, а электродвигатель - в виброзащитном исполнении. Управление рыхлителем дистанционное. Прост в обслуживании, надежен в эксплуатации. Заменяет ручной труд 30 рабочих.

Основные технические характеристики виброударный рыхлителя В1 614 приведены ниже:

Производительность, т/ч, в пределах	50-90
Частота ударов, мин ⁻¹	485
Энергия удара, кДж	2.85
Удельный расход электроэнергии, кВт/ч х т, в пределах	0.56-0.37
Количество электродвигателей	2
Установленная мощность электродвигателя, кВт, не более	17
Габаритные размеры, м, не более: длина – 5,3; ширина – 1,9; высота – 4.	
Масса, кг: в рабочем состоянии – 5290, в состоянии поставки – 6000.	

Вагонный накладной вибратор ВНВ-2 м (рис. 2 рекомендуется применять для очистки открытых железнодорожных вагонов с донной разгрузкой от остатков сыпучих грузов на обогатительных фабриках, сортировках шахт и других предприятиях. Технологические испытаниями ВНВ-2м было установлено времени разгрузки железнодорожных вагонов от остаточного груза в зависимости от его влажности и массы. Производительность разгрузки была достигнута от 210 до 315 т/ч при влажности угля марки А от 8,4 до 5,2% и зольности от 36,4 до 32,5%. Испытания подтвердили высокую эффективность модернизированного вибратора ВНВ-2м, однако его применение ограничивается донными методами разгрузки ж.д. полувагонов.

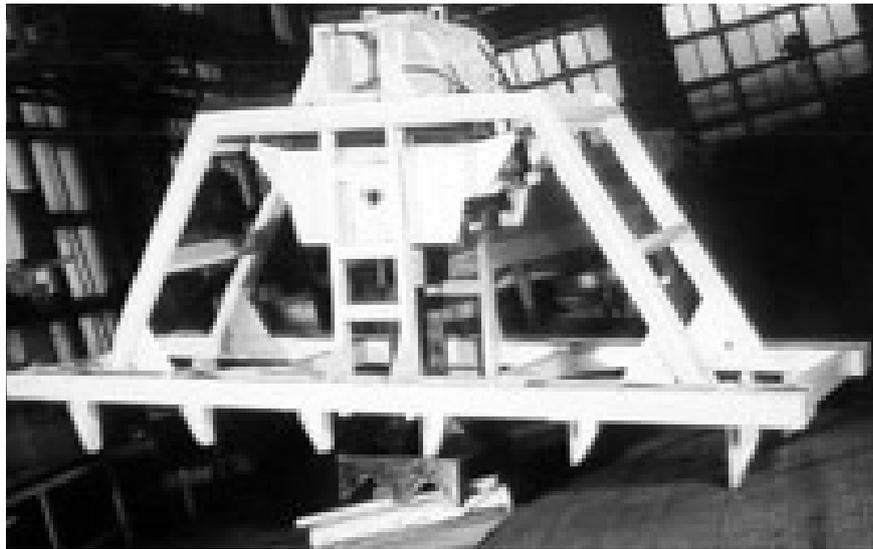
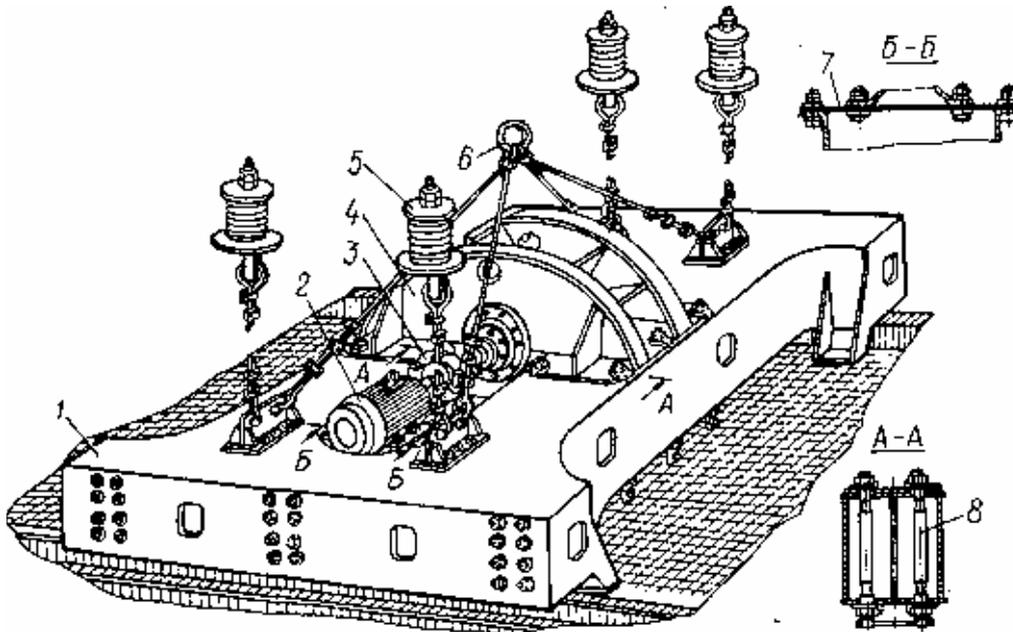


Рис. 1 - Рыхлитель виброударный В1 614



1 — рама; 2 — электродвигатель; 3 — муфта упругая; 4 — привод; 5 и 6 — контрольная и рабочая подвески; 7 — виброизолирующая опора; 8 — шпилька.

Рис. 2 - Накладной вагонный вибратор ВНВ-2м

Для условий порта Южный был рекомендован виброударный рыхлитель, оборудованный двумя двигателями по 20 кВт (рис. 3). Однако данный рыхлитель ударно направленного действия кроме разрыхления груза интенсивно воздействует на корпус полувагона. Кроме того, он неманеврен и им сложно оперативно разрыхлять большие партии груза в вагонах.

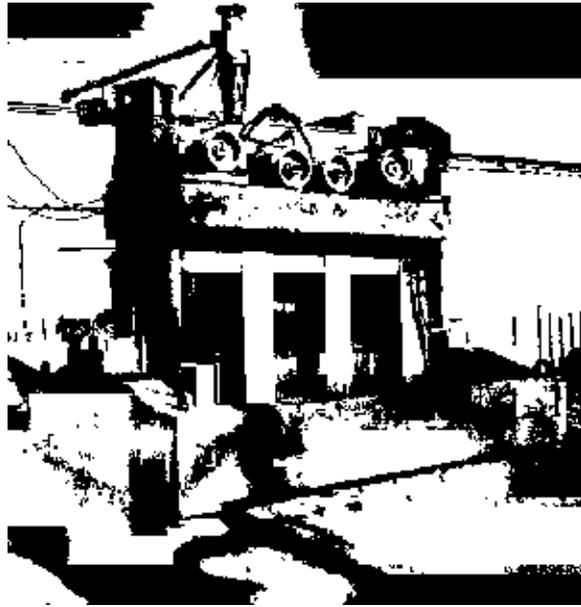


Рис. 3 – Модернизированный виброударный модуль.

Поэтому для условий комплекса по разгрузке смерзшихся, сыпучих грузов транспортируемых в ж.д. полувагонах, для порта Южный ООО «Контур» совместно с ИГТМ НАН Украины был предложен виброразгрузчик смерзшихся материалов (см. рис. 4). При его испытании на основании учета полученного опыта он был модернизирован в вибрационный рыхлитель ВР-2, принципиальная схема которого приведена на рис. 5. Масса виброрыхлителя – 5 т, при мощности электродвигателя 20 кВт. Виброрыхлитель показал хорошую работоспособность, однако необходимость его установки (или переустановки) на полувагон при каждом цикле рыхления груза значительно снижает производительность работ. Так, с учетом установки время прохождения одного цикла рыхления составляло до 5-12 мин, что в целом не позволяло выполнить необходимую порту производительность разгрузки смерзшегося угля.

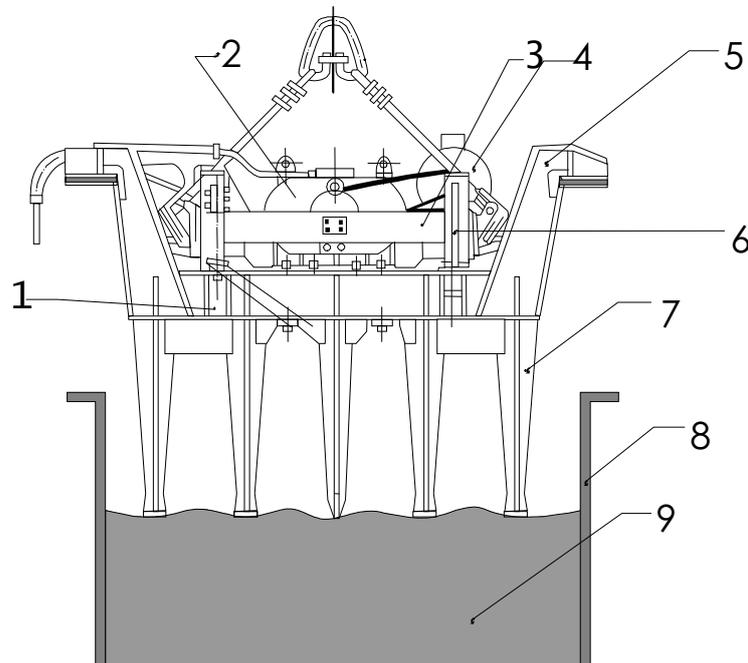
Проведенные испытания показали, что в процессе рыхления смерзшегося угля уровень ускорений от 30 до 55 м/с² для растреснутого смерзшегося груза достаточен для эффективного процесса разгрушения. Следует отметить, что полученные экспериментальные результаты полностью соответствуют расчетным с погрешностью до 15-25%. Таким образом, жесткостные параметры, частота колебаний, определенные на первом этапе при расчете двухмассной схемы оказались вполне пригодными. Дальнейшие эксперименты показали, что после опускания рыхлящих штырей в крайнее нижнее положение резко увеличивался зазор между буферами рабочего органа и верхней (добойной) плитой. Потребляемая мощность в процессе выгрузки изменялась от 18 до 5,5 кВт.

Основываясь на полученном опыте применения виброрыхлителя ВР-2, разработки различных других конструкций вибросистем, работающих в виброрыхлящем режиме, а также используя данные выполненного расчета на том этапе исследований и экспериментов специалисты ООО «Контур», порта и ИГТМ посчитали возможным провести следующий этап модернизации уста-

новки., что оптимальная масса виброрыхлительного модуля будет находится в пределах 5000-10000 кг. Частота колебаний виброрыхлителя может быть принята в пределах (12,5-25 Гц). А амплитуда колебаний нижней массы виброрыхлителя, снабженной рыхлящими штырями составляет 2-6 мм.



Рис. 4 - Виброразгрузчик смерзшихся материалов



1 – нижняя рама; 2 – вибратор; 3 – верхняя рама; 4 – электродвигатель; 5 – посадочные лапы; 6 – направляющие; 7 – рыхлящие штыри; 8 – вагон; 9 – груз.

Рис. 5 - Вибрационный рыхлитель ВР-2.

В дальнейшем ООО «Контур», ИГТМ, ЗАО «Профессионал» совместно со специалистами порта была разработана конструкция стационарной виброрых-

лительной установки специально для условий комплекса по разгрузке смерзшихся агрегированных углей, транспортируемых в ж.д. полувагонах в порту Южный. Коллектив разработчиков предложил одномодульную виброрыхлительную стационарную установку. Масса ее колеблющихся частей – 4170 кг. Электродвигатель мощностью 22 кВт. Габаритные размеры: длина, мм – 2060; ширина, мм – 4190; высота, мм – 3280 мм. Поскольку конструкция виброрыхлительного модуля, выполнена по двухмассной динамической схеме, работающей в далеко зарезонансном режиме, для чего верхняя и нижняя массы подобраны в определенном соотношении и соединены между собой "мягкими" линейными упругими связями, то это обеспечивает выполнение минимально возможный уровень динамических нагрузок, передаваемых эстакаде (21 кгс) и на рельсы пути (253 кгс) в процессе обработки смерзшихся грузов в полувагонах железнодорожного состава.

До применения виброрыхлительной установки состав из 20 полувагонов с углем помещался в «тепляк» на 10 часов и более, при этом положительный эффект достигался не всегда. После запуска виброрыхлительной установки полувагоны после рыхления помещались в тепляк на 2 часа и затем поступали на опрокид, т.е. технологией предусматривалось перемещение составов из 20 полувагонов по следующей цепочке: виброрыхлительная установка, тепляк, опрокид. На каждый элемент этой цепочки затрачивалось по 2 часа, и каждый полувагон в зимнее время проходил цикл разгрузки приблизительно за 6 часов. В период особо сложной зимы 1999-2000 гг. в порту Южный было успешно разгружено порядка 6 тыс. вагонов с Кемеровским углем, который поступал в порт эшелонами при повышенной влажности и перемешался по России при очень низких температурах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браун Д.А. Вопросы борьбы со смерзаемостью грузов.- Днепропетровск: ДГИ, 1940.- 45с.
2. Минеев С.П., Сахненко А.Л., Обухов С.А. Об эффективности разрыхления агрегированного сыпучего груза из полувагонов в зимнее время// Сб. научн. трудов НГУ №17.- Т.2.- Днепропетровск: РИК НГУ, 2001.- С.176-182.
3. Vibrotechnical methods of rock mass loss of strength /other and S.P. Mineev / –Geotechnological Issues of underground space use for environmentally protected world.- NMUU: Dnipropetrovsk, 2001.- С. 47-50.
4. Бауман В.А., Быховский И.И. Вибрационные машин и процессы в строительстве - М.: Высшая школа, 1977. –250с.
5. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов: Справочник/ Под редакцией В.А. Баумана и др. – М.: Машиностроение, 1970.- 548с.
6. Минеев С.П. Малоэнергетические методы разрушения массива при строительстве подземных сооружений городского комплекса.– Науковий вісник НГА України. – Дніпропетровськ, Вип. 4, 1999. – С.22-24.
7. Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1964. - 270с.