

Минеев С. П.

*Институт геотех-  
нической механики  
им. Н.С. Полякова  
НАН Украины*

Выгодин М.А.

*ПЧФ «МЛАД»*

Минеев А. С.

*Государственный  
ВУЗ «Национальный  
горный  
университет»*

**УДК 622.534**

## **СТАЦИОНАРНАЯ ВИБРОРЫХЛИ- ТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАЗГРУЗКИ СМЕРЗШЕГОСЯ УГЛЯ ИЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЛУ- ВАГОНОВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

*Розглянуті конструкційні і експлуатаційні особливості ста-  
ціонарної вібророзпушувальної установки ВРУ, використовуваної  
для відновлення сипучості смерзлого вугілля в залізничних напів-  
вагонах перед їх розвантаженням. Приведені основні елементи  
ВРУ, розглянуті конструкції вібраційних модулів для розпушення  
агрегатів і система віброізоляції, а також система управління і  
автоматизації роботи ВРУ*

*The construction and operating features of the stationary vibro-  
crasher unit (VCU) are considered. VCU used for getting free frozen coal  
in railway half-wagons before their unloading. Basic elements of VCU are  
drawn. The constructions of the vibro-modules for vibro-crashing and  
system of vibro-isolation, and also automatic control system(ACS) for  
VCU are overviewed*

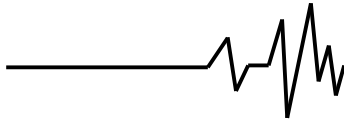
С наступлением зимнего периода предприятия, имеющие горно – перегрузочные комплексы, начинают ощущать существенные трудности связанные со смерзанием угольной массы перемещаемой в железнодорожных полувагонах. Сложность этого технологического процесса в зимнее время в значительной мере определяется степенью смерзаемости угольного сырья при его транспортировании и необходимостью разрыхления агрегированной массы в железнодорожных полувагонах в период разгрузки. Особенно смерзанию подвержена угольная масса (см. рис. 1), транспортируемая в открытых полувагонах по территории Украины, где дожди чередуются с низкой температурой. Рассмотрению вопроса эффективной разгрузки из ж.д. полувагонов смерзшихся углей и посвящена данная статья.

Авторами был выполнен комплекс исследований по восстановлению сыпучести смерзшихся грузов в зависимости от его влажности, температуры и времени транспортирования [1-3]. Необходимо отметить, что к настоящему времени разработан и опробованы целый ряд вибрационных, ударных систем для очистки смерзшегося сыпучего материала от стенок вагонов, перегрузов, бункеров и пр. целым рядом организаций. Кроме того, для устранения этой проблемы был предложен целый ряд решений, в частности в установке вибрато-

ров на вагонах, использование низкочастотных инерционных устройств, использование вибро-разгрузчиков, штыревых и торцовых рыхлителей и пр. Однако большинство предложенных вибромашин имеют ряд общеизвестных недостатков, а главное имели низкую производительность разгрузки полувагона. Следует отметить, что ряд зарубежных средств малой механизации или не приспособленные к нашим условиям, или непомерно дорогие [2].



**Рис. 1 Уголь, транспортируемый в полувагонах, начинает смерзаться превращаясь в цельный агрегат**



Учитывая изложенное коллектив авторов начал разрабатывать виброрыхлительную установку для высокопроизводительного разгрузочного угольного комплекса, на базе морского торгового порта «Южный». В этом порту проектными решениями была предусмотрена следующая транспортная цепочка для разгрузки сыпучих грузов из ж.д. полувагонов в зимнее время: разогревающее устройство «тепляк» – вагоноопрокидыватель. При этом, технологией предусматривалось весь грузопоток делить на сцепки из 20 полувагонов, которые вначале поступали в «тепляк», а затем для разгрузки на вагоноопрокидыватель. После чего груз поступал в бункерно-конвейерный комплекс, посредством которого направлялся для погрузки в судна либо на склад. Продолжительность разгрузки сцепки из 20 полувагонов через опрокидыватель составляла около 2 часов, поэтому все остальные операции по восстановлению сыпучести груза должны были привязываться к этой цифре. В противном случае они бы снижали производительность разгрузочного комплекса. Кроме того, после выгрузки полувагона с грузом через ротор вагоноопрокидывателя в зимнее время, даже после прогрева груза в течение 6-24 часов в тепляке груз выпадал на подбункерные решетки, с ячейкой 0,5\*0,5 м, 2-3 блоками, которые не могли пройти в бункер образуя заторы на решетках. Эти заторы, в виде нескольких блоков смерзшегося угля на решетках, приходилось разрушать вручную отбойными молотками, либо отбойными молотками совместно с буровфрезерной машиной типа ДФМ. На разрушение и уборку такого затора уходило до 1-5 час. Несмотря на наличие в порту параллельно размещенных 2-х вагоноопрокидывателей проектная технологическая цепочка не могла справляться с зимним грузопотоком особенно в холодные периоды времени. При этом, в последнее время, объемы поступающих на разгрузку через опрокидыватель полувагонов с углем в зимнее время достигали 100-200 вагонов в сутки. Это ставило серьезные вопросы перед разгрузочным комплексом особенно в зимнее время.

Разработку, монтаж и запуск в работу виброрыхлительной установки выполнил коллектив, состоящий из специалистов порта, ИГТМ НАН Украины, ПКФ «МЛАД» и «Профессионал». Разработанная конструкция виброрыхлительной установки защищена патентом [4], в последствие она была защищена рядом патентов Украины и России.

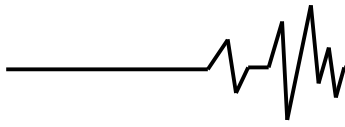
Первоначально была изготовлена и испытана одномодульная виброрыхлительная установка в достаточно суровый зимний период 2002-2003гг при рыхлении углей Кемеровского

региона. Испытания показали, что при рыхлении смерзшегося сильно влажной угольной массы образуются большие куски и мелкие кусочки смеси угля со льдом, которые только вначале углубления штырей в монолит могут слегка разлетаться в стороны, а в дальнейшем происходит за счет внедрения рыхлящих элементов простое раскалывание обрабатываемой глыбы в полувагоне.

При проверке работоспособности ВРУ было установлено, что один ее модуль выполнял один проход по смерзшему углю в полувагоне за 2-4 мин. На один полувагон в зависимости от свойств, влажности и степени смерзаемости угля было необходимо выполнить 2-3 прохода, а некоторых редких случаях до 5 проходов. Поэтому в процессе испытаний рыхлящие элементы рабочего органа виброустановки по длине полувагона были увеличены почти в 2 раза с одновременным изменением шага их расстановки и формы самих рыхлящих элементов. Это позволило, скорость внедрения в рыхлящих элементов в груз оставить практически прежней, а производительность рыхления существенно повысить.

Испытания установки показали, что принятая технология разрыхления смерзшегося угля практически решила существовавшую проблему выгрузки угля и показала высокую свою эффективность. Однако необходимо было повысить производительность рыхления смерзшегося груза для получения резерва при возможном резком увеличении грузопотока или ухудшения условий работы. В последнее время, при разгрузке полувагонов с углем, поступающего из района г. Кемерово в зимнее время, производительность разгрузки составила до 200- 250 полувагонов в сутки.

В дальнейшем был осуществлен 2-й этап по модернизации виброрыхлительной установки в которой уже были размещены 3 виброрыхлительных модуля. Виброрыхлительная установка представляет собой металлическую этажерку шириной в нижней части 5,3 м, длиной и высотой по 12 м, состоящую из 2-х ярусов. Виброрыхлительная установка располагается над ж.д. путем таким образом, чтобы её продольная ось совпадала с осью ж.д. пути и при этом обеспечивалось беспрепятственное прохождение полувагона под этажеркой, для чего был выдержан габарит подвижного состава для территорий промышленных предприятий (рис. 2). Внутри виброрыхлительной установки размещено рабочее перекрытие, на котором с помощью установленных 3 лебедок, работающих соответственно, с 3<sup>х</sup> полиспадами грузоподъемностью по 12 т, подвешенных к несущим балкам. С помощью полиспадов осуществля-



ется вертикальное перемещение виброрыхлителей, причем подъем их выполняется лебедками с полиспадами, а опускание - при расторможенной лебедке, под собственным весом и воздействием вибрации. Для избежания перекосов виброрыхлительных элементов и исключения смещения их в плане предусмотрены вертикальные направляющие, а для ограничения и управления перемещений вибромодуля по высоте - система концевых выключателей.



**Рис. 2** Общий вид 3-х модульной ВРУ в морском торговом порту «Южный»

Виброрыхлительные модули располагаются с заданным интервалом между собой обеспечения незначительные размеры не разрыхленных участков между заходками. В рабочем перекрытии металлической этажерки для прохода виброрыхлительного модуля предусмотрены проемы, а для удобства их обслуживания и необходимого ремонта предусмотрены вокруг проемов свободные проходы.

Виброрыхлительный модуль состоит из двух плит, которые выполняют направленные колебания перпендикулярно днищу полувагона, при этом верхняя рама служит пригрузом нижней рамы, снабженной рыхлящими штырями. Обе рамы соединены между собой нелинейными упругими связями. Обязательным условием нормальной работы виброрыхлительного модуля является наличие жесткой пространственной рамы с направляющими, обеспечивающими перемещение верхней и нижней масс вдоль их.

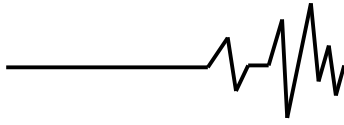
Разработанная конструкция виброрыхлительного модуля работает в далеко резонансном режиме, верхняя и нижняя рамы должны быть соединены между собой "мягкими" линейными упругими связями. Вибровозбудитель, установлен на нижней раме, снабженной рыхлящими штырями, а электродвигатель установлен на верхней раме, являющейся демпфером виброколебаний, передаваемых эстакаде через направляющие, по которым пе-

ремещается верхняя рама (рис. 3). Снижение указанных динамических нагрузок, передаваемых на эстакаду, достигается за счет соблюдения необходимых соотношений верхней рамы по сравнению с нижней, что способствует повышению срока службы электродвигателя и эффективности работы ВРУ. Конструкция позволяет регулировать величину динамической силы, передаваемой нижней плите вибромодуля. Величина динамической силы регулируется также количеством дебалансных масс, размещенных на валу вибровозбудителя, расчетными амплитудно-частотными характеристиками воздействия, а также выдержкой строго определенного соотношения между массой верхней рамы и всего вибромодуля и жесткостью нелинейных упругих связей.



**Рис. 3** Вид на рыхлящие штыри перед внедрением в смерзшийся угольный агрегат

Управление виброрыхлительной установкой осуществляет один оператор из специального помещения, расположенного рядом с основной конструкцией установки, из которого хорошо просматривается рабочее пространство над полувагоном и внутреннее пространство выше рабочего перекрытия. Пульт управления выполнен так, чтобы перемещение, остановку и включение каждого виброрыхлительного модуля можно было осуществлять индивидуально или совместно всех вместе в зависимости от принятой технологии. Операторная представляет собой отапливаемое помещение площадью 1,95×2,1 м и высотой 2,4 м, располагаемое на опорных конструкциях высотой более 3х м и примыкающее вплотную к главному фасаду основного корпуса для удобства управления технологическим процессом и хорошего обзора рабочего пространства. Управление ВРУ возможно с использованием разработанной НГУ системы АСУ [5, 6]. В качестве управления ис-



пользованы фотодатчики, концевые выключатели и система проверки работоспособности этих датчиков.

Фотодатчики на виброрыхлительном модуле выполняют функцию определения положения вагонов. Наиболее частой причиной неисправности фотодатчиков является их загрязненность и загрязненность в процессе работы ВРУ. Концевые выключатели на ВРУ используются для контроля механизма спуска-подъема вибромодулей и должны проверяться системой аналогично фотодатчикам. Методология размещения и использования концевых выключателей и датчиков на установке, а также система самопроверки их эффективной работы на ВРУ была разработана в рекомендациях [5] и защищена патентом [6]. Описание такой схемы и результаты ее опробования описаны в работе [5].

Для защиты работающих и каркаса сооружения виброрыхлительной установки от воздействия вибрации, возникающей в процессе рыхления смерзшихся грузов, разработана специальная противовибрационная траверса, удерживающая блок виброрыхлительного модуля, а в несущих балках для полиспастов опорные узлы выполнены с резиноэластичным амортизированием. Операторное помещение выполнено в виде отдельно стоящего сооружения на отдельных фундаментах и установлено на собственных амортизаторах для устранения действия вибрации на оператора. В качестве дополнительных мер было предусмотрено амортизирующее кресло для оператора и мягкий коврик на полу.

Технический проект и смонтированная виброрыхлительная прошли техническую экспертизу в полном объеме и полностью соответствуют существующим требованиям на Украине в плане пожарной безопасности, промышленной безопасности и охране окружающей среды.

В последнее время были изготовлены, смонтированы несколько виброрыхлительных комплексов, в частности на ряде карьеров, угольных складах заводов и других производственных предприятиях. Изготовлением основных элементов ВРУ, монтажом и запуском их в эксплуатацию в настоящее время на Украине занимается специализированная фирма – ЧПФ «МЛАД».

Таким образом, в процессе выполнения работы были установлены закономерности взаимодействия в системе углепородная масса - виброкомплекс, которые явились основой для

разработки новых технологий по разгрузке агрегированного сыпучего груза. В технологическом аспекте выполненная работа позволяет механизировать процесс дезинтеграции смерзшей угольной массы в процессе ее транспортирования от шахты к потребителю.

Наиболее перспективными участками для применения подобных технологий при транспортировании угольной массы от шахты к конечному потребителю могут быть такие узлы угледобывающего комплекса, как: перегрузочной системы поверхностного комплекса шахт, складские бункера, шахтный погрузочный комплекс на железной дороге, а также разгрузочные системы конечного потребителя в портах, коксохимическом производстве, угольных складах, ГРЕС и прочих.

Коллектив разработчиков и изготовителей ВРУ готов оказать посильное содействие организациям, проявившим интерес к данной разработке.

#### *Литература*

1. Минеев С.П., Сахненко А.Л., Обухов С.А. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей горной массы. - Днепропетровск: Дніпро, 2005. – 212 с.
2. Минеев С.П. Технологи виброрыхления смерзшегося угля и других сыпучих материалов перед разгрузкой из вагонов в зимнее время // История кафедры строительных геотехнологий и геомеханики НГУ.- Днепропетровск: Норд-Пресс, 2004.- С. 396-402.
3. Повышение эффективности восстановления сыпучести смерзшейся горной массы / Минеев С.П., Корнилов М.Г., Матюшин А.П., Ступа М.А. // Вісник Криворізького технічного університету. – Кр. Ріг: Криворізький технічний університет. – 2007. - Вип. 18. - С. 62-65.
4. Вібророзвантажувач смерзлих сипучих матеріалів. Патент України № 63724 / С.П. Мінеєв, А.Л. Сахненко, С.А. Обухов и др. - Бюл. №1. - 2004. – 6 с.
5. Минеев А.С. Рекомендации по автоматизации виброрыхлительной установки // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. - Днепропетровск, 2010 - Вып. 90.- С. 114- 118.
6. Патент України на винахід № 90195 від 01.07.08р Засіб управління пристроєм для розпушування мерзлих матеріалів у піввагона / С.П. Мінеєв, С.Д. Синиця, В.М. Скіра та ін.- Опубл.12.04.10р. Бюл.№7, 2010р. – 6 с.