

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ОТВАЛОВ НА КАРЬЕРАХ

Е. Г. Куликова<sup>1</sup>, А. В. Морозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, Новосибирск, Россия, e-mail: alex02@ngs.ru

**Аннотация:** описан механизированный комплекс для отсыпки доставляемой автосамосвалами породы в отвал с последующим уплотнением поверхности площадки отвала, использование которого позволяет повысить безопасность работ при отвалообразовании и сократить парк дорогостоящей техники, применяемой для этих целей. Отсыпку отвала предлагается производить с помощью самоходного вибрационного отвалообразователя, конструкция которого включает в себя самоходную опорную раму увеличенной площади, позволяющей максимально снизить давление на породный массив, и рабочий орган, разделенный на два участка: загрузочный и разгрузочный. Разгрузочный участок имеет ложное днище, в качестве которого используются вибротранспортирующие устройства с двумя самосинхронизирующимися дебалансными вибровозбудителями. Уплотнение предлагается осуществлять самоходным вибрационным устройством для формирования устойчивого отвального массива, состоящим из рамы достаточной длины, на которой смонтированы блоки динамической и статической обработки массива и механизм передвижения. В предлагаемом устройстве реализуются режим уплотнения материала в ограниченном пространстве вибрационным рабочим органом с полигармоническим режимом колебаний. Приведены некоторые соотношения конструктивных и динамических параметров вибротранспортеров, полученные методом физического моделирования и обеспечивающие стабильность синхронного режима виброисточников. Приведены результаты полигонных испытаний предлагаемого оборудования.

**Ключевые слова:** безопасность, отвалообразование, вибрация, вскрышные породы, вибрационное устройство для формирования устойчивого отвального массива, уплотнение, полигармонические колебания, уплотнение.

**Благодарность:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках научного проекта ФНИ № гос. регистрации АААА-А17-117122090003-2.

**Для цитирования:** Куликова Е. Г., Морозов А. В. Повышение безопасности формирования автомобильных отвалов на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5–2. – С. 91–100. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_52\_0\_91.

### Increasing the safety of formation automotive dumps on quarry

E. G. Kulikova<sup>1</sup>, A. V. Morozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: alex02@ngs.ru

**Abstract:** the article concerns a described mechanized complex for dump of rock delivered by the tip-lorry to the heap with subsequent compaction of the waste space surface. The use of this mechanized complex allows to increase the work safety during dumping and reduce the expensive equipment fleet used for these purposes. It is proposed to fill the dump with the help of a self-propelled vibration dumper. The construction of a self-propelled vibration dumper is based on a vibration-transporting device with two self-synchronizing unbalanced vibration exciters. The compaction is carried out by a self-propelled vibration device for forming a stable dump mass that implements the compaction mode in a limited space by a function vibration element with a polyharmonic oscillations. The relations of the structural and dynamic parameters of vibration transporters are obtained by the method of physical modeling and ensuring the stability of the synchronous mode of vibration sources. The findings of field tests are presented in conclusion.

**Key words:** safety, dumping, vibration, overburden rocks, vibration device for forming stable dump mass, compaction, function element, polyharmonic oscillations, compaction.

**Acknowledgements:** The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Project No. AAAA-A17-117122090003-2.

**For citation:** Kulikova E. G. , Morozov A. V. Increasing the safety of formation automotive dumps on quarry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5–2):91–100. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_52\_0\_91.

---

## Введение

Развитие народного хозяйства в двадцать первом веке связано со стремительным ростом объемов добываемых полезных ископаемых, как открытым, так и подземным способами, что ведет к увеличению размеров и мощностей технических средств, применяемых как для разработки, так и для транспортирования горных пород. Отработанные породы отсыпаются в отвал, причем при разработке крутопадающих залежей площади под породные отвалы значительно превосходят площади самого карьера. Постепенно отвалы развиваются в высоту, складываясь из пород разной крепости, что в условиях пониженных температур определяет их устойчивость и безопасность эксплуатации техники, работающей вблизи их склонов. Анализ опыта формирования отвалов показал, что можно выделить ряд технологических схем отвалообразования, которые позволяют повысить устойчивость и вместимость отвалов [1–5].

В зону отсыпки породы доставляются преимущественно автомобиль-

ным транспортом. Грузоподъемность автосамосвалов в настоящее время достигает 450 т [6]. При такой массе машина не только имеет высокую производительность, но и оказывает большое давление на грунт, что влияет на ее проходимость и безопасность разгрузки. Превышение допустимого давления может вызвать деформацию кромки отвала в виде оползней и, как следствие, опрокидывание и потерю транспортного средства и даже причинение вреда здоровью обслуживающего персонала. Поэтому автосамосвалы разгружаются вдали от откосов, при этом для формирования отвалов требуется большой парк бульдозерного или экскаваторного оборудования [7–9].

Снизить расходы на приобретение и эксплуатацию отвалообразующей техники, обеспечивая безопасность формирования отвалов, позволит укрепление их кромок и уменьшение расстояния от места разгрузки автосамосвалов до бровки отвала.

Решение данных задач возможно с помощью вибрационных методов воздействия на сыпучие горные породы.

## Использование вибрационных устройств для формирования отвалов

Вопросами вибрационного выпуска и уплотнения различных сыпучих материалов, а также создания техники для их реализации в лаборатории вибротехники ИГД СО РАН занимаются более сорока лет. За это время было разработано большое количество вибрационных машин, эффективность которых подтверждена в промышленных условиях.

Одним из основных направлений деятельности лаборатории является создание вибротранспортирующих устройств под общим названием «виброленты», предназначенных для эксплуатации в различных условиях при подземной и открытой разработке месторождений полезных ископаемых (рис. 1). Принципиальной особенностью этих машин является волновое движение упругого рабочего органа малой изгибной жесткости 2, свободно укладываемого на раму 1 без использования упругих опорных элементов [10, 11].

Колебания транспортирующей поверхности создаются пневматическими или электрическими вибровозбудителями. Для обеспечения необходимой дальности транспортирования могут использоваться два виброисточника. В этом случае применяются дебалансные вибровозбудители, что обусловлено их способностью к самосинхронизации. Одной из первых двухприводных машин с упругим рабочим органом является ВТУ-6 [12].

Особенности конструкции дают возможность использовать виброленты под любыми завалами горной массы, в условиях значительных динамических нагрузок, изменяющихся по величине в широком диапазоне. А простота конструкции и малая вибропередача

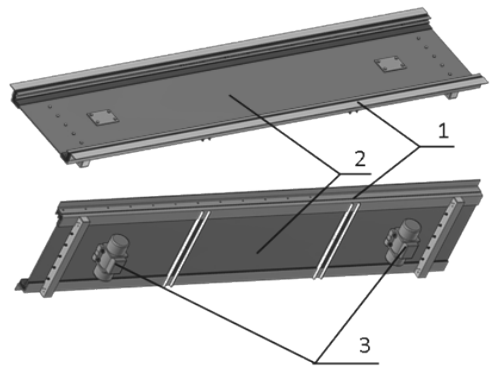


Рис. 1. Вибрационное транспортирующее устройство с упругим рабочим органом: 1 – рама; 2 – упругий рабочий орган; 3 – вибровозбудитель

Fig. 1. Vibrating conveying device with elastic working body: 1 – frame; 2 – elastic working body; 3 – vibration exciter

позволяют использовать их и как самостоятельные машины, и как составляющие более сложных конструкций. В подтверждение последнему на рис. 2 приведены осциллограммы виброперемещения элементов устройства ВТУ-6, которые показывают, что амплитуда колебаний рамы меньше амплитуды рабочего органа более чем в 20 раз.

### Вибрационный отвалообразователь

Для обеспечения безопасной и высокоэффективной работы автосамосвалов грузоподъемностью до 300 т при формировании отвалов на слабом основании из пород неравномерной прочности был разработан самоходный гидрофицированный вибрационный отвалообразователь. Основой его конструкции послужили двухприводные виброленты [13, 14]. Данная машина включает в себя самоходную опорную раму увеличенной площади, размеры которой дают возможность максимально снизить давление отвалообразователя на породный массив, и рабочий орган, разделенный на два участка: загрузочный и разгрузочный.

Разгрузочный участок имеет ложное днище, в качестве которого используются вибротранспортирующие устройства с упругими рабочими органами.

В процессе работы грузонесущий орган отвалообразователя устанавливается перпендикулярно линии бровки отвала и поворачивается так, что разгрузочный участок располагается горизонтально с возможностью заезда в него и разгрузки автосамосвала. Затем грузонесущий орган при помощи гидроцилиндров поворачивается в сторону отвала. Порода начинает самотеком выгружаться вниз по склону. Дополнительно включаются вибротранспортирующие устройства, которые не только активизируют перемещения сыпучего материала, но и делают этот процесс контролируемым благодаря возможности изменения частоты и амплитуды колебаний рабочих органов. После отсыпки одного участка отвалообразователь самостоятельно перемещается на следующий.

Использование такого отвалообразователя позволяет обеспечить разгрузку большегрузного самосвала непосред-

ственно вблизи бровки отвала и сократить парк бульдозеров. Устойчивость оборудования достигается малым давлением на опорную поверхность, а благодаря малой вибропередаче на породный массив динамическое воздействие на него практически не оказывается.

Несмотря на то, что ВТУ-6 прошла промышленную апробацию, условия самосинхронизации ее вибровозбудителей были установлены для работы в условиях постоянной нагрузки со стороны перемещаемого сыпучего материала. Исследований по работе в режиме выпуска не проводилось.

Конструктивные и динамические параметры подобного устройства для использования его в конструкции отвалообразователя были определены в ходе экспериментальных исследований в лабораторных условиях на физической модели с последующим подтверждением полученных данных на макете отвалообразователя (рис. 3).

Задачей исследований было определение условий стабильности синхронного режима работы дебалансных вибровозбудителей, установленных

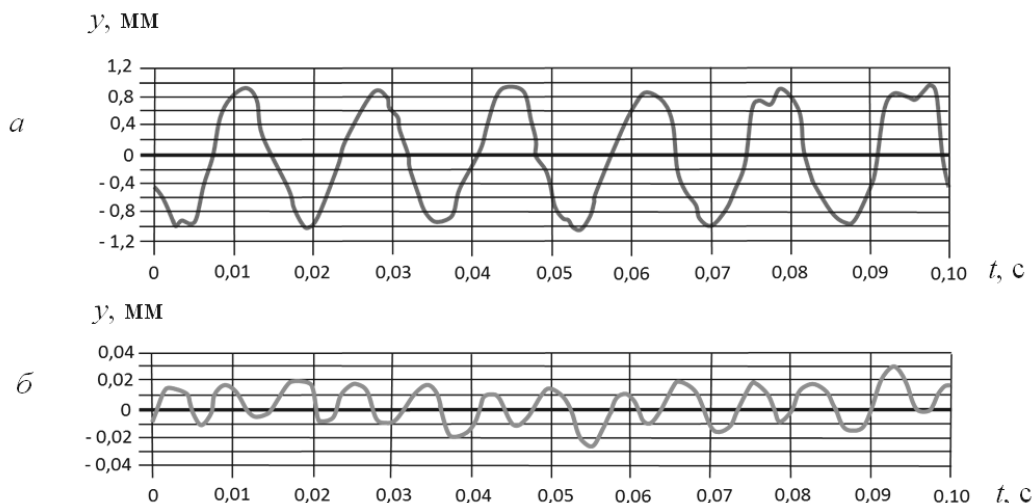
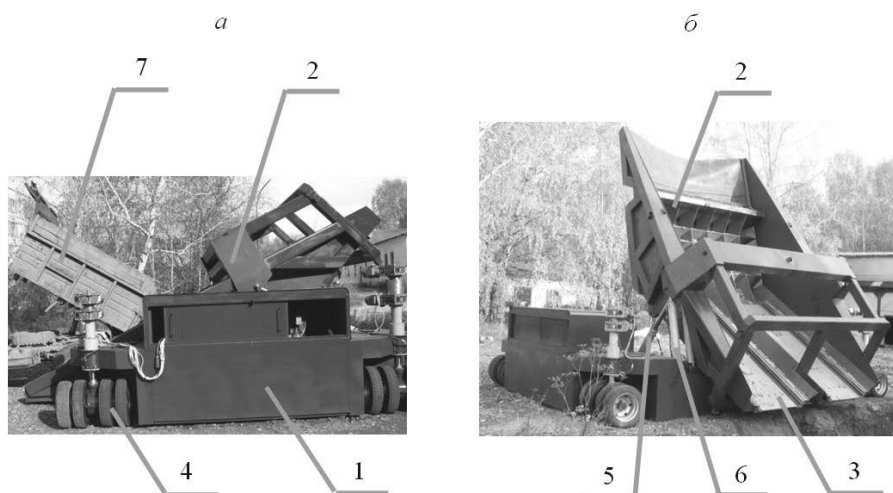


Рис. 2. Осциллограмма виброперемещения ВТУ-6: а – рабочий орган; б – рама  
 Fig. 2. VTU-6 vibration displacement oscillogram: a – working body; b – frame



*Рис. 3. Полигонные испытания вибрационного отвалообразователя: а — разгрузка самосвала; б — разгрузка отвалообразователя; 1 — опорная рама; 2 — приемный участок грузонесущего органа; 3 — вибротранспортирующие устройства; 4 — механизм передвижения; 5, 6 — гидроцилиндры; 7 — автосамосвал*  
*Fig. 3. Landfill tests of the vibrating dumper: а — dumper unloading; б — dumper unloading; 1 — support frame; 2 — receiving section of the load-bearing body; 3 — vibration conveying devices; 4 — movement mechanism; 5, 6 — hydraulic cylinders; 7 — dump truck*

на основании малой жесткости, в условиях переменной нагрузки со стороны выпускаемой породы.

Экспериментально установлено, что степень влияния вибровозбудителей друг на друга зависит от характера волнового движения рабочего органа, передаваемого от одного виброисточника к месту закрепления другого, которые в свою очередь определяются жесткостью и частотой колебаний рабочего органа, а также погонным весом перегружаемой породы. При исследовании динамики физической модели вибротранспортирующего устройства установлено, что стабильный режим работы на протяжении всего выпуска с частотой колебаний 49 — 50 Гц достигается при отношении  $= 0,5 - 0,6$  ( $l$  — расстояние между участками приложения вынуждающей силы), которое может считаться определяющим при проектировании полномасштабного вибротранспортирующего устрой-

ства. В свою очередь, наибольшее отношение погонного веса сыпучего материала к амплитуде вынуждающей силы, при котором возможное затухание колебаний рабочего органа малой жесткости не влияет на стабильность синхронного режима вибровозбудителей, составило  $= 0,6 - 0,7$ .

Результаты полигонных испытаний отвалообразователя грузоподъемностью 10 тонн, оборудованного предлагаемыми вибротранспортирующими устройствами, подтвердили адекватность полученных соотношений конструктивных и динамических параметров, а также эффективность предлагаемого вибрационного оборудования.

#### **Устройство для формирования устойчивого отвального массива**

Также повысить безопасность работ на отвале возможно за счет последующего уплотнения слагающих его

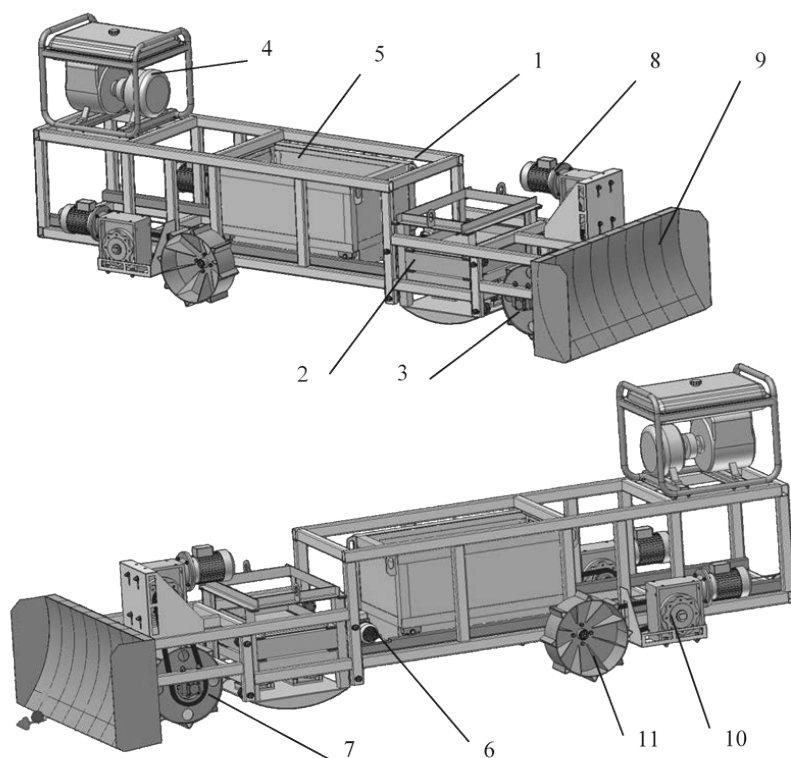
пород, если использовать оборудование для формирования устойчивого отвального массива.

На поверхности отсыпанного отвала совместно с отвалообразователем размещается устройство для формирования устойчивого отвального массива, состоящее из рамы, на которой смонтированы блоки динамической и статической обработки массива и механизм передвижения.

В основу работы устройства положен способ формирования уплотнен-

ного массива в ограниченном пространстве, эффективность которого подтверждена при обработке мелкодисперсных материалов. В качестве прототипа принята предложенная в ИГД СО РАН схема вибрационного устройства для уплотнения дисперсных материалов в ограниченном пространстве, новизна которой защищена патентами РФ [15, 16].

Результативность использования такого способа формирования уплотненного массива была подтверждена



*Рис. 4. Макетный образец устройства для формирования устойчивого отвального массива: 1 – рама; 2 – блок динамической обработки; 3 – блок статической обработки с дополнительным механизмом перемещения; 4 – генератор; 5 – противовес; 6 – привод противовеса; 7 – приводное колесо; 8 – привод дополнительного механизма перемещения; 9 – отвал; 10 – привод ходового колеса; 11 – ходовое колесо*

*Fig. 4. A mock-up sample of a device for forming a stable dump array: 1 – frame; 2 – dynamic processing unit; 3 – static processing unit with an additional movement mechanism; 4 – generator; 5 – counterweight; 6 – counterweight drive; 7 – drive wheel; 8 – drive additional movement mechanism; 9 – blade; 10 – drive running wheel; 11 – running wheel*

экспериментальными исследованиями [17], которые позволили установить, что на плотность материала основное влияние оказывает ускорение колебаний, передаваемых уплотняемому массиву.

Полигармонический режим работы уплотняющего рабочего органа обеспечивает его колебание, в котором присутствуют частоты, превышающие частоту вращения дебалансов при соизмеримой амплитуде. На плотность образуемого компакта материала оказывает влияние величина виброскорости высокочастотной составляющей в исследованном частотном диапазоне от 25 до 80 Гц, а также обеспечивается повышение плотности на 10 – 15%, если сравнивать с гармоническим режимом колебаний [18].

Имеющийся конструкторский опыт и результаты экспериментальных исследований позволили разработать и изготовить макетный образец вибрационного устройства для формирования устойчивого отвального массива. Общий вид разработанного устройства представлен на рис. 4. Оно состоит из рамы, на которой смонтированы блок динамической обработки, блок статической обработки, механизм перемещения, генератор и противовес.

Передвижение макетного образца осуществляется при помощи механизма передвижения. С каждой стороны рамы установлено по ходовому колесу, каждое из которых оборудовано своим независимым приводом. Регулирование частоты вращения ходовых колес осуществляется преобразователями частоты, что позволяет использовать механизм передвижения одновременно и как механизм поворота.

Так как механизм передвижения, блоки статической и динамической обработки располагаются на раме достаточной длины, то во время воздействия на неустойчивую зону отваль-

ного массива блоком динамической обработки механизм передвижения остается в области устойчивой зоны отвального массива (за призмой возможного обрушения) и осуществляет ее дополнительное статическое уплотнение.

Лабораторные испытания макетного образца проводились на полигоне ИГД СО РАН «Зеленая горка».

Для проверки работоспособности предложенной схемы устройства для формирования устойчивого отвального массива был реализован рабочий цикл, который включает в себя срезание и сталкивание породы под откос отвала. Для этого была подготовлена горизонтальная площадка с откосом, на краю которого был уложен материал, имитирующий породу.

В ходе проведения испытаний макетный образец уверенно осуществлял сталкивание материала под откос и уплотнение выровненного участка под сталкиваемой породой. Выбор режима вибровоздействия на отвальный массив позволяет повысить его устойчивость за счет уплотнения.

## **Выводы**

Использование комплекта оборудования для отвалообразования, состоящего из самоходного вибрационного отвалообразователя и вибрационного устройства для формирования устойчивого отвального массива, позволяет сократить парк бульдозерного оборудования, обеспечивая при этом скорость и безопасность разгрузки большегрузных автосамосвалов, а также отсыпку породы в отвал с последующим ее уплотнением. При возникновении в процессе работы деформации отвального массива (трещины, закола, оползня) существует опасность повреждения только комплекта оборудования для отвалообразования, которое может

работать в автоматическом режиме. Но учитывая, что его стоимость в несколько раз меньше стоимости автосамосвала, а также конструктивную «живучесть» установки и отсутствие в опасной зоне людей, последствия любой, самой серьезной аварийной ситуации несравнимы с последствиями аварий автосамосвалов с водителями.

### **Вклад авторов**

Вклад авторов в написание статьи равнозначен. Заявляем об отсутствии конфликта интересов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Клименко А. И.* и др. Управляемое сдвигание пород при отсыпке автомобильного отвала // Горный вестник Узбекистана. — 2000. — № 1. — С. 24–29.
2. *Еремин Г. М.* Обоснование выбора эффективной технологии отвалообразования на карьерах без обрушения отвалов с учетом экологических требований // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 5. — С. 44–50.
3. *Suleman H. A., Baffoe P. E.* Selecting sites for mine waste dumps using GIS techniques at goldfields, Damang mine // Ghana Mining Journal. 2017, vol. 17, no. 1, pp. 9–17.
4. *Arshi A.* Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method // Saudi Journal of Biological Sciences. 2017, no 24, pp. 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.009>.
5. *Наимова Р. Ш., Раимжанов Б. Р.* Разработка технологической схемы формирования высоких конвейерных отвалов на неоднородном основании // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — №9. — С.125–136. DOI: 10.25018/0236-1493–2020–9-0–125–136.
6. *Егоров А. Н., Насковец А. М., Мариев П. Л.* Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 грузоподъемностью 450 тонн // Актуальные вопросы машиноведения. — 2013. — Т. 2. — С. 18–20.
7. *Зенков И. В., Нефедов Б. Н., Барадулин И. М., Кирюшина Е. В., Вокин И. Н.* Современные тенденции и экологические проблемы в формировании и рекультивации породных отвалов при добыче угля открытым способом // Экология и промышленность России. — 2014. — № 6. — С. 22–25.
7. *Окунева А. Ю., Переверзева В. Ю.* К вопросу о формировании отвалов вскрышных пород // Сб.: Образование, наука, производство VIII Международный молодежный форум. — 2016. — С. 1207–1212.
9. *Молотилев С. Г., Васильев Е. И., Кортелев О. Б., Норри В. К., Тишков А. Я., Левенсон С. Я., Гендлина Л. И.* Интенсификация погрузочно-транспортных работ на карьерах. — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. — 208 с.
10. *Тишков А. Я., Гендлина Л. И., Левенсон С. Я.* Вибрационные машины с упругим рабочим органом для горного производства // Изв. вузов. Горный журнал. — 1992. — №10.
11. *Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Kulikova E. G.* Justification of new construction diagrams of vibrating feeders for loose material discharging from hoppers [Electronic resource] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019, vol. 262. DOI: 10.1088/1755–1315/262/1/012042.
12. *Протасов С. И., Молотилев С. Г., Левенсон С. Я., Гендлина Л. И.* Результаты испытания вибрационного конвейера: Рукопись деп. ВЦНИЭИ Уголь, №1634. — Кемерово, 1979. — 9 с.
13. Патент на полезную модель № 88004 В65G27/00. Левенсон С. Я., Гендлина Л. И., Еременко Ю. И., Морозов А. В., Протасов С. И., Голдобин В. А. Вибрационный отвалообразователь. — 2009. — Бюл. № 30.



14. Патент на полезную модель № 121800 В65G27/00. Левенсон С. Я., Гендлина Л. И., Усольцев В. М., Голдобин В. А., Морозов А. В. Вибрационный отвалообразователь. — 2012. — Бюл. № 31.

15. Патент РФ 2296819. МПК8 С 25 С 3/06, С 25 С 3/08 Прошкин А. В., Пингин В. В., Тимофеев В. С., Левенсон С. Я., Гендлина Л. И., Еременко Ю. И., Голдобин В. А. Способ формирования бесшовных футеровочных слоев в алюминиевых электролизерах и устройство для его осуществления. — 2007. — Бюл. № 10.

16. Патент РФ № 2553145. МПК8 С 25 С 3/08. Прошкин А. В., Левенсон С. Я., Пингин В. В., Морозов А. В. Способ футеровки катодного устройства электролизера неформованными материалами и устройство для его осуществления. 2015. — Бюл № 16.

17. Гендлина Л. И., Левенсон С. Я., Еременко Ю. И., Виданов В. В. Результаты исследования процесса уплотнения дисперсных материалов вибрационным способом // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 8 — С. 255 — 259.

18. Morozov A. V., Usoltsev V. M. Compaction of dispersed granular material by a vibratory compactor with polyharmonic oscillation exciter // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science [Electronic resource]. 2020, vol. 523. DOI: 10.1088/1755-1315/523/1/012003. **WAS**

## REFERENCES

1. Klimenko A. I. Controllable movement of rock layers in dumping with dump trucks. *Mountain Bulletin of Uzbekistan*. 2000, no 1, pp. 24–29. [In Russ].

2. Eremin G. M. Justification of efficient dumping technology choice without dump failure and with regard to environment standards. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015, no 5, pp. 44–50. [In Russ].

3. Suleman H. A., Baffoe P. E. Selecting sites for mine waste dumps using GIS techniques at goldfields, Damang mine. *Ghana Mining Journal*. 2017, vol. 17, no. 1, pp. 9–17.

4. Arshi A. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017, no 24, pp. 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.009>.

5. Naimova R. Sh., Raimjanov B. R. Process flow chart for high dumping by stacking conveyors on nonuniform base. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 9 pp.125–136. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-9-0-125-136.

6. Egorov A. N., Naskovec A. M., Mariev P. L. Offhighway truck BELAZ-75710 with capacity of 450 tons. *Topical issues of mechanical engineering*. 2013, vol. 2, pp. 18–20. [In Russ].

7. Zenkov I. V., Nefedov B. N., Baradulin I. M., Kiryushina E. V., Vokin V. N. Current Trends and Environmental Challenges in Generation and Reclamation of Waste Heaps during Open-Pit Coal Mining. *Ecology and Industry of Russia*. 2014, no. 6, pp. 22–25. [In Russ].

8. Okuneva A. Yu., Pereverzeva V. Yu. On the formation of overburden dumps. *Collection: Education, Science, Production VIII International Youth Forum*. 2016, pp. 1207–1212. [In Russ].

9. Molotilov S. G., Vasil'ev Ye. I., Kortelev O. B., Norri V. K., Tishkov A. Ya., Gendlina L. I., Levenson S. Ya. Intensification of loading and transport operations on quarry, Novosibirsk, 2000, 208 p. [In Russ].

10. Tishkov A. Ya., Gendlina L. I., Levenson S. Ya. Vibratory equipment with flexible active member to mining operations. *News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 1992, no.10. [In Russ].

11. Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Kulikova E. G. Justification of new construction diagrams of vibrating feeders for loose material discharging from hoppers [Electronic

resource]. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019, vol. 262. DOI: 10.1088/1755–1315/262/1/012042.

12. Protasov S. I., Molotilov S. G., Levenson S. Ya., Gendlina L. I. Vibration Conveyor Test Results. Manuscript № 1634, Kemerovo, 1979, 9 p. [In Russ].

13. Useful model patent № 88004 B65G27/00. Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Eremenko Yu. I., Morozov A. V., Protasov S. I., Goldobin V. A. Vibrational dumper. *Bull. Izobret*, 2009, no. 30. [In Russ].

14. Useful model patent № 121800 B65G27/00. Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Usol'tsev V. M., Goldobin V. A., Morozov A. V. Vibrational dumper. *Bull. Izobret*. 2012, no. 31. [In Russ].

15. Pat. 2296819 RF 2007. Proshkin A. V., Pingin V. V., Timofeev V. S., Levenson S. Ya., Gendlina L. I., Eremenko Yu. I., Goldobin V. A. Seamless lining layers forming method in aluminum cells and apparatus for performing the same. *Bull. Izobret*. 2007, no. 10.

16. Pat. 2553145 RF 2015. Proshkin A. V., Levenson S. Ya., Pingin V. V. and Morozov A. V. Method for fettling electrolyzer cathode assembly with unmolded materials and device for its implementation. *Bull. Izobret*. 2015, no. 16. [In Russ].

17. Gendlina L. I., Levenson S. Y., Eremenko Yu. I., Vidanov V. V. Research results of particulates compaction processes by vibrating method. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011, no. 8, pp. 255–259. [In Russ].

18. Morozov A. V., Usoltsev V. M. Compaction of dispersed granular material by a vibratory compactor with polyharmonic oscillation exciter. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science [Electronic resource]*. 2020, vol. 523. DOI:10.1088/1755–1315/523/1/012003.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Куликова Евгения Григорьевна*<sup>1</sup> – канд. техн. наук, научный сотрудник, e-mail: shevchuk\_78@mail.ru, ORCID 0000-0003-2392-4567;

*Морозов Алексей Васильевич*<sup>1</sup> – научный сотрудник, e-mail: alex02@ngs.ru; ORCID 0000-0001-5218-4858;

<sup>1</sup> Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия, 630099.  
**Для контактов:** *Морозов А. В.*, e-mail: alex02@ngs.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Kulikova E. G.*<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Eng.), research associate, e-mail: shevchuk\_78@mail.ru, ORCID 0000-0003-2392-4567;

*Morozov A. V.*<sup>1</sup>, research associate, e-mail: alex02@ngs.ru, ORCID 0000-0001-5218-4858;

<sup>1</sup> Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, 630099;

**Corresponding author:** *Morozov A. V.*, e-mail: alex02@ngs.ru

Получена редакцией 29.09.2021; получена после рецензии 23.03.2022; принята к печати 10.04.2022.

Received by the editors 29.09.2021; received after the review 23.03.2022; accepted for printing 10.04.2022.

