

УДК 621.928.028.7

**Вавилов Андрей Владимирович**, канд. техн. наук, доц.,  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,  
ул. Серикбаева, 19, avavilov@yandex.kz

**Дудкин Михаил Васильевич**, д-р техн. наук, проф.,  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,  
ул. Серикбаева, 19, MDudkin@ektu.kz

**Гурьянов Георгий Александрович**, канд. техн. наук, проф.,  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,  
ул. Серикбаева, 19, gguryanov@mail.ru

**Ким Алина Игоревна**, докторант, старший преподаватель,  
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,  
ул. Серикбаева, 19, k.a.i.90@mail.ru

## **ОБ АСПЕКТАХ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРАЦИОННЫХ ГРОХОТОВ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются новые методы повышения эффективности процесса грохочения на плоских виброгрохотах. В основе предлагаемых решений лежит принцип интенсификации первой стадии грохочения. Результатом предлагаемых решений является повышение производительности и снижение металлоемкости плоских виброгрохотов.

**Ключевые слова:** грохочение, грохоты, вибрация, эффективность, сыпучие материалы.

**Vavilov Andrey V.**, Ph. D., associate professor,  
D. Serikbayev EKSTU, 19, Serikbaeva Street,  
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, avavilov@yandex.kz

**Doudkin Mikhail V.**, Ph. D., prof.,  
D. Serikbayev EKSTU, 19, Serikbaeva Street,  
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, MDudkin@ektu.kz

**Guryanov Georgiy A.**, Ph. D., prof.,  
D. Serikbayev EKSTU, 19, Serikbaeva Street,  
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, gguryanov@mail.ru

**Kim Alina I.**, doctoral student, senior lecturer,  
D. Serikbayev EKSTU, 19, Serikbaeva Street,  
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, k.a.i.90@mail.ru

## THE ASPECTS OF PRODUCTIVITY IMPROVEMENT OF VIBRATING SCREENS

**Abstract.** The article presents new methods to improve the efficiency of the screening process at the flat vibrating screens. The basis of the proposed solutions is the principle of first stage screening intensification. The result of the proposed solutions is to increase productivity and metal consumption decrease of flat vibrating screen.

**Ключевые слова:** screening, screens, vibrating, efficiency, bulk materials.

Потребность многих отраслей промышленности в машинах для сортировки сыпучих материалов (грохотах) различных конструкций очень велика. Подтверждением является то, что только за пределами СНГ производством грохотов занято более 300 предприятий и фирм, из них 90 – крупных, в числе которых 32 фирм, находящиеся в США, 16 – в Великобритании, 11 – в ФРГ; 6 – в Японии [1, 3].

Литературный и патентный анализ последних лет показывает, что интерес к совершенствованию грохотов, созданию их новых конструкций и новых способов грохочения все более возрастает.

Основные тенденции развития грохотов направлены на достижение следующих целей: повышение эффективности грохочения; повышение надёжности и долговечности эксплуатации; расширение области применения и технологических возможностей.

Наибольшее внимание уделяется обычно повышению эффективности грохочения. При этом иногда на второй план уходит немаловажный вопрос о снижении энергопотребления на процессы грохочения. Хотя в таких отраслях, как строительная и горнорудная при их объёмах обработки материалов этот вопрос также имеет немаловажное значение.

Одним из новых и наиболее перспективных направлений развития техники грохочения на сегодняшний день, по нашему мнению, являются грохоты «со сложным возбуждением материала». Иногда используется

термин «динамическое возбуждение» [2]. При этом данное направление позволяет не только создавать новые сортирующие агрегаты, но и модернизировать существующие.

Термином «грохочение со сложным возбуждением» мы называем процесс, когда на частицы сыпучего материала воздействует несколько возбуждающих факторов, например, вибрация и вращательное движение или вибрация и ударное воздействие и т.д.

Одним из примеров сложного воздействия на сыпучий материал является конструкция спирального вибрационного грохота [3]. Данный грохот представляет собой агрегат, совмещающий принципы работы барабанного и вибрационного грохотов. В качестве поверхности просеивания используется упругая цилиндрическая спираль, приводимая к сложному движению – вращению вокруг собственной продольной оси и вибрации в поперечном сечении. Классификация сыпучего материала происходит при отсеве нижней фракции через зазоры между витками спирали.

Примером грохочения со сложным воздействием на материал являются в общем любые способы возбуждения материала, когда частицы приводятся к сложному составному движению, при этом так же, как в грохоте без сита разделение происходит не в монослое, а в «толстом слое» материала.

Грохот без сита (или сегрегационный виброклассификатор) является новым и перспективным решением в области грохочения [4]. Данный классификатор позволяет решать технологические задачи тонкой классификации, выходящие за рамки возможностей обычных грохотов. В отличие от грохотов у данного классификатора нет проблем с износом сит и забивкой их отверстий; интенсивность вибрации (энергозатраты) – ниже. В отличие от сепарации на виброплоскости разделение происходит не в монослое, а в «толстом слое» материала, что обеспечивает высокую производительность и возможность классификации мелких материалов.

Новые принципы возбуждения сыпучего материала применяются в грохотах с использованием технологии «Kroosher», при которой грохот обладает свойствами резонансной многочастотной колебательной системы. При этом преимуществами данной конструкции являются: большая производительность, высокая эффективность грохочения, гарантированный эффект самоочистки сита и т.д. Данный тип грохота также можно отнести к грохотам, работающим по принципу сложного возбуждения.

Примером использования принципа сложного возбуждения материала является разработка виброударных грохотов, которые также непрерывно совершенствуются. Так, достаточно недавно предложено просеивающую поверхность возбуждать «двойными» ударами. Несмотря на конструктивную простоту такого грохота, реализация виброударного режима возможна только при определенных сочетаниях конструктивных и динамических параметров.

Можно привести ещё несколько примеров технологий грохочения с использованием сложного возбуждения (в том числе крутонаклонные грохоты и пр.). При этом приведённых примеров достаточно, чтобы сделать вывод о перспективности использования принципа сложного возбуждения при разработке новых конструкций виброгрохотов.

Учитывая актуальность данного направления исследований в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева (ВКГТУ) уже несколько лет ведётся исследовательская работа в данной области. Результатом этой работы явился ряд новых решений по использованию достаточно простых по конструкции устройств, которые реализуют принцип сложного возбуждения материала на сите грохота (далее, ПП – просеивающая поверхность). Предлагаемые решения могут быть использованы в любом типе плоских вибрационных грохотов.

Данная работа обоснована тем, что в нашем регионе (Восточно-Казахстанская область) работает большое количество предприятий горнорудной и строительной промышленности, на которых используется значительное количество различных типов сортировочного оборудования. Данные исследования проводятся, в частности, для модернизации уже работающих в промышленных условиях грохотов, так как в РК отсутствует собственное производство подобных машин и агрегатов. При этом основной целью исследований является создание конструктивных решений, позволяющих снизить, прежде всего, энергоёмкость процесса грохочения при сохранении его эффективности.

Все приведённые ниже результаты получены в рамках выполнения госбюджетной НИР «Технологии дробления и сортировки с использованием новых способов обработки сыпучих материалов» (Договор с МОН РК № 53-210-15 от 12.02.2015).

Как известно, сущность процесса грохочения заключается в том, что материал на сите грохота просеивается в две стадии, протекающие одновременно и непрерывно. На первой стадии мелкие зерна проходят сквозь толщу материала к ПП, а на второй – через отверстия сита. Эффективность процесса грохочения может быть повышена за счёт интенсификации одной или обеих стадий процесса. Все нижеприведённые решения служат для интенсификации первой стадии грохочения.

Для этого первоначально нами была предложена конструкция грохота, в котором над поверхностью сита неподвижно установлены возбуждающие элементы (ВЭ), выполненные в виде стержней, закрепленных на отдельной раме (Инновационный патент РК № 25647, В07В 1/40, опубл. 16.04.2012, бюл. № 4). Данная конструкция позволяет интенсифицировать процесс перемешивания материала на ПП, что и ускоряет прохождение частиц нижнего класса к сити.

При этом в ходе экспериментов практически сразу стало ясно, что недостатком данного решения является снижение скорости потока материала (т.е. снижение производительности) за счет того, что ВЭ, по сути, являются «сопротивлением» для потока и тормозят его. Перемешивание материала на сите увеличивается, но недостаточно. Разность скоростей движения частиц сыпучего материала относительно друг друга активизирует процесс прохождения частиц нижней фракции к поверхности сита через весь слой сыпучего материала, но верхняя фракция начинает скапливаться возле каждого стержня, что в свою очередь снижает общую эффективность процесса грохочения и, как следствие, уменьшает производительность грохочения.

Для устранения этого недостатка была предложена конструкция с подвижными ВЭ, которые приводятся в движение от отдельного привода либо за счет колебаний корпуса грохота. То есть принципиальная особенность нового виброгрохота с дополнительным возбуждением (далее – ВГДВ) состоит в том, что на материал воздействует как основная динамическая фаза возбуждения, генерируемая основным виброприводом, так и дополнительная фаза возбуждения (генерируемая ВЭ) разных форм направленности.

Из практики известно, что поток материала достаточно быстро «теряет» нижнюю фракцию, особенно зёрна менее 0,75 от размера отверстия ПП. Обычно поверхность сита работает в две трети от своей рабочей площади, что значительно увеличивает энергоёмкость процесса грохочения. Последняя треть сита нагружена менее всего и используется для отсева трудных зёрен. Для снижения энергоёмкости процесса необходимо, чтобы ПП использовалась более эффективно. Предложенное конструктивное решение (рис. 1) приводит к значительной интенсификации первой стадии грохочения, при этом длина прохождения нижних зёрен по ситам значительно снижается.

Интенсификация стадий грохочения обеспечивается: во-первых, движением короба относительно ВЭ, в результате которого возникает неоднородное поведение отдельных монослоев материала (активное перемешивание); во-вторых, более рациональной загрузкой сита, что позволяет создать условия для максимального использования сил проталкивания и перемешивания. Естественно, разброс кинетических параметров поведения частиц материала должен положительно влиять на обе стадии грохочения.

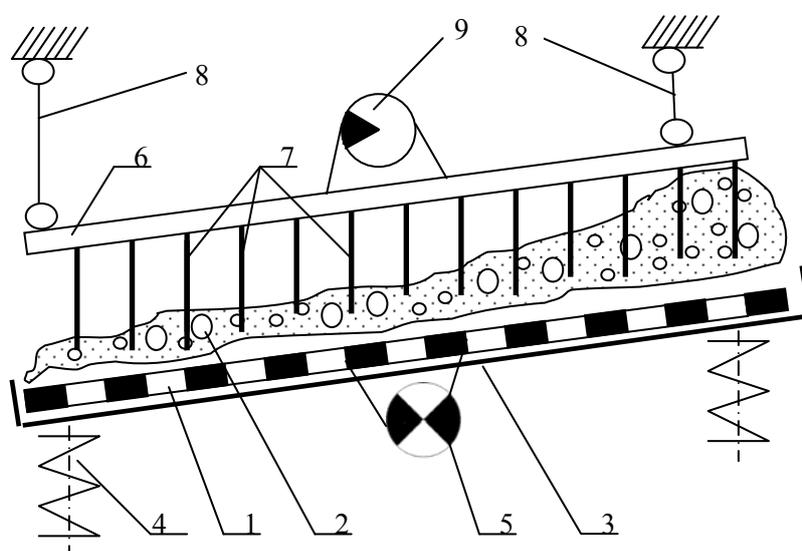


Рис. 1. Схема ВДВГ с дополнительным приводом: 1 – сито; 2 – сыпучий материал; 3 – короб грохота; 4 – упругие опоры; 5 – основной вибропривод; 6 – рама крепления ВЭ; 7 – ВЭ; 8 – подвижные опоры; 9 – дополнительный вибропривод

В результате интенсификации обеих стадий грохочения повышается производительность. Также в результате более эффективного использования поверхности сита снижается металлоемкость и, как следствие, энергоемкость грохота. Основное преимущество предлагаемого способа грохочения заключается в том, что он может использоваться для модернизации любых типов плоских грохотов. Данная конструкция вибрационного грохота защищена патентом РК [5].

Кроме вышеописанного решения была также предложена конструкция ВДВГ, представленная на рис. 2. Здесь при возбуждении

колебаний виброприводом 5 под действием его вынуждающей силы на упругих опорах 4 начинает колебаться связанный с ним короб 3, от которого колебания через упругие связи 6 передаются ВЭ. ВЭ погружены в сортируемый материал и совершают сложные колебания в среде сортируемого материала 2. Они дополнительно перемешивают материал по ширине сита, приводя к созданию сложных хаотических (или направленных) движений частиц во всех слоях материала, интенсифицируя перемешивание и классификацию.

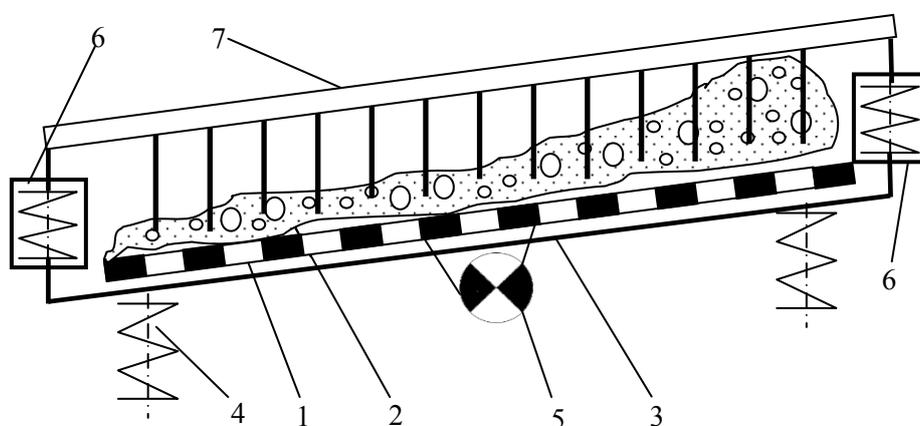


Рис. 2. Схема ВДВГ без привода: 1 – сито; 2 – сыпучий материал; 3 – короб грохота; 4 – упругие опоры; 5 – вибропривод; 6 – упругие связи; 7 – рама с ВЭ

ВЭ, совершая сложные колебания, создают дополнительное сложное вибрационно-вращательное возбуждение материала, что не только снижает сопротивление движению материала со стороны стержней ВЭ, но и способствует этому движению, увеличивает скорость потока сортируемого материала вдоль сита. Учитывая повышение интенсивности перемешивания, можно ожидать повышения производительности грохочения на более короткой длине сита при сохранении качества сортировки, что, несомненно, повысит эффективность процесса грохочения и позволит уменьшить размеры, массу и металлоемкость грохота. Данная конструкция получила положительное решение по заявке на инновационный патент РК № 2015/0842.1 от 08.07.2015.

Для проверки предложенных решений был проведен ряд теоретических и экспериментальных исследований. Разработана и создана лабораторная экспериментальная установка (физическая модель).

Полученные предварительные данные показывают, что использование ВЭ приводит к возрастанию интенсивности прохождения нижнего класса сыпучего материала к сити на 6,6...13,3%. При этом требуемая длина поверхности грохочения сокращается на 10...17%. В настоящее время продолжаются работы в данном направлении с целью проведения опытно-промышленного эксперимента.

Таким образом, можно сделать вывод, что авторами предложен новый способ повышения эффективности процесса грохочения (и соответствующие конструкции сортирующих агрегатов), который оказывает существенное влияние на кинетику процесса грохочения и состояние концентрации мелких частиц в сыпучем слое; приводит к повышению общей эффективности грохочения за счет ускорения первой фазы грохочения, т.е. ускорения прохождения частиц материала к сити. Выводы о возможности использования предложенных решений в промышленности будут получены в ходе дальнейших исследований, запланированных на 2017 год.

### Список литературы

1. Иванов, А.И. Современные виброгрохоты НПО «РИВС» / А.И. Иванов // Горный журнал. – 2008. – Спец. вып. – С. 16–21.
2. Огурцов, В.А. Процессы грохочения сыпучих строительных материалов: моделирование, расчёт и оптимизация: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.А. Огурцов. – Иваново, 2010.
3. Вавилов, А.В. Спиральные вибрационные грохоты: монография / А.В. Вавилов, Н.Т. Сурашов, Д.Е. Елемес. – Алматы: КазНТУ, 2010. – 126 с.

4. Вибрационные эффекты – эксперимент, теория, использование при обогащении руд и рециклинге / И.И. Блехман, Л.И. Блехман, Л.А. Вайсберг, В.Б. Васильков, К.С. Якимова // Материалы итоговой конф. по результатам выполнения мероприятий ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.». – М., 2009.

5. Инновационный патент РК № 31145. МПК В07В 1/40. Вибрационный грохот / М.В. Дудкин, А.В. Вавилов, Г.А., Гурьянов, А.И. Ким-Вайнбергер. – Оpubл. 16.05.2016, бюл. № 5.

### References

1. Ivanov A.I. *Gornyi journal*, 2008, Special issue, pp. 16–21.
2. Ogurtsov V.A. *Processy grokhocheniya sypuchih stroitelnyh materialov: modelirovaniye, raschet i optimizatsiya* (Screening processes of bulk building materials: modeling, calculation and optimization), Abstract dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, Ivanovo, 2010.
3. Vavilov A.V., Surashov N.T., Yelemes D.Ye. *Spiralnye vibratsionnye grokhoty* (Spiral vibrating screens), Almaty, KazNTU, 2010, 126 p.
4. Blekhman I.I., Blekhman L.I., Vaisberg L.A., Vasilkov V.B., Yakimova K.S., *Materialyi itogovoy konf. po rezultatam vyipolneniya meropriyatiy FTsP «Issledovaniya i razrabotki po prioritetnyim napravleniyam razvitiya nauchno-tehnologicheskogo kompleksa Rossii na 2007–2012 gg.»*, Moscow, 2009.
5. Innovative patent of the RK, no. 31145 / Dudkin M.V., Vavilov A.V., Guriyanov G.A., Kim-Vainberger A.I., opubl. 16.05.2016, bul. N 5.