

УДК 622.23.05

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ВИБРАЦИОННЫХ  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
С ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ**

**С.Л. Букин, В.П. Кондрахин**

ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет"

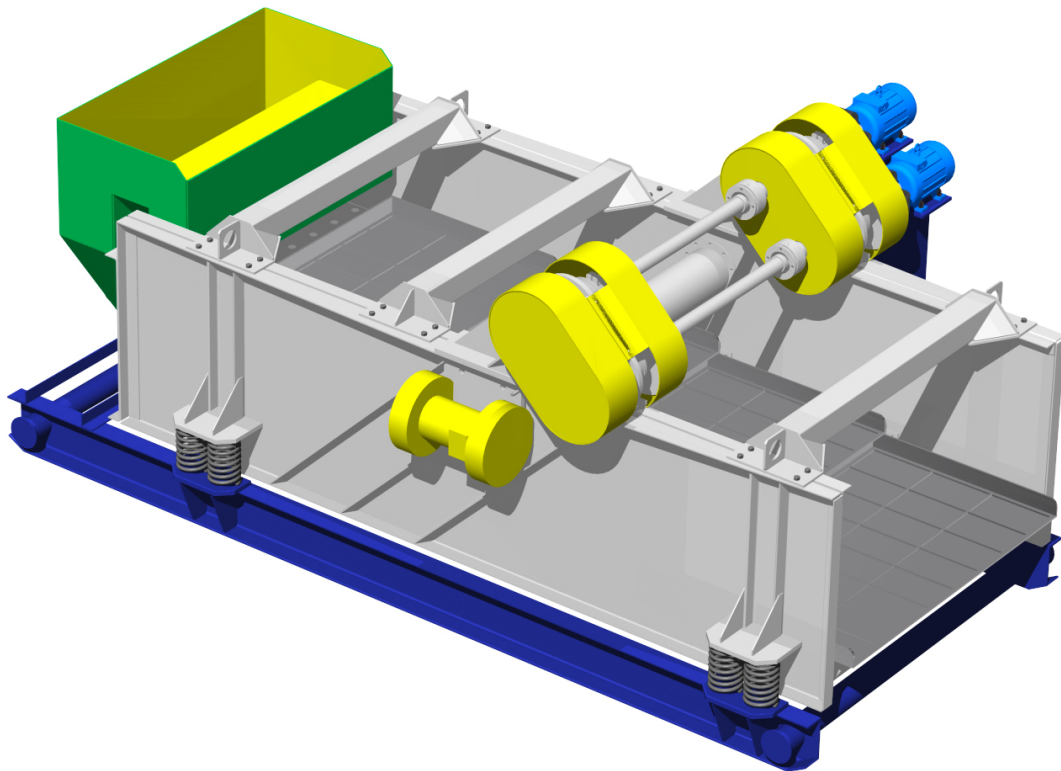
*Представлены новые направления совершенствования вибрационных транспортно-технологических машин с использованием полигармонических законов колебаний. Разработанные перспективные машины предназначены для применения на операциях грохочения, измельчения и сепарации полезных ископаемых на обогатительных фабриках и горно-обогатительных комбинатах. Все конструкции защищены патентами на изобретения.*

Вибрационные транспортно-технологические машины (ВТМ), осуществляющие в процессе транспортирования технологическую обработку полезных ископаемых, широко используются в угольной, горнорудной и других отраслях промышленности. К таким машинам относятся: горизонтальные виброконвейеры; вертикальные виброконвейеры и подъемники; вибрационные питатели и дозаторы; вибрационные грохоты; вибрационные сепараторы; вибрационные мельницы непрерывного действия; вибрационные сушилки и др.

Отечественной промышленностью освоено производство вибромашин, технологические показатели которых находятся на достаточно высоком техническом уровне при переработке полезных ископаемых для ординарных условий. Однако возрастает интерес к применению вибрационных машин для эффективной переработки материалов с неординарными свойствами. Накопленный до настоящего времени отечественный и зарубежный опыт показывает, что одним из резервов повышения эффективности вибромашин разного технологического назначения является использование полигармонических законов колебаний.

В ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет" (ДонНТУ) разработаны новые конструкции ВТМ полигармонического типа с улучшенными характеристиками работы. Так, использование "многочастотных" центробежных вибровозбудителей в ВТМ [1] позволяет интенсифицировать технологические процессы разделения. Например, экспериментальный образец одномассового виброгрохота ГЛКВ-1500/3000 с бигармоническим режимом работы, установленный

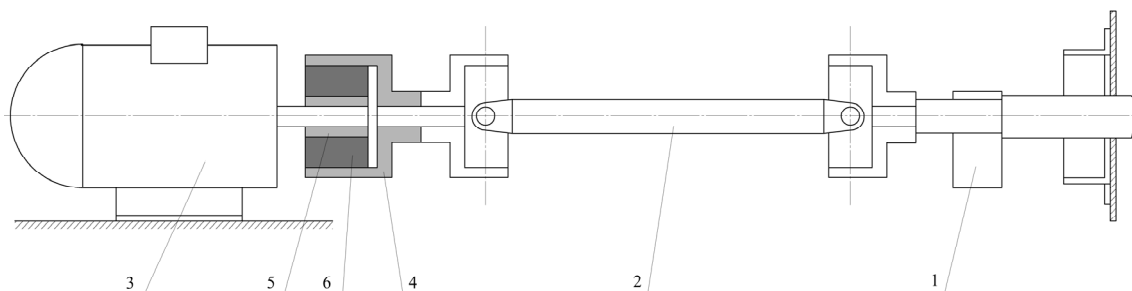
на операции сверхтонкого грохочения углесодержащих шламов ило-накопителя, показал удельную производительность на 40...55 % выше, чем грохот ГЛКВ-1500 с гармоническими колебаниями короба. Проведенные исследования послужили базой для создания виброгрохота нового типа ГВВБ-31 (рис. 1) с рядом новых инновационных решений [2,3].



**Рис. 1. Вибрационный бигармонический грохот ГВВБ-31**

В грохоте ГВВБ-31 предусмотрено плавное регулирование установки угла действия вынуждающей силы высокочастотного вибровозбудителя. Для интенсификации процесса разделения грохот имеет два промывочных кармана между тремя секциями сит, установленных со смещением по высоте относительно друг друга. В этом кармане осуществляется оттирка тонких частиц от илистых агломератов. Для усиления этого же эффекта в грохоте предусмотрена возможность установки струйных брызгал с высокой энергией струи воды. Конструкцией крепления секций сит позволяет изменять угол установки разгрузочной секции сита для снижения скорости движения материала и увеличения времени обезвоживания. Эти технические решения способствуют повышению как качественных (эффективность грохочения), так и количественных (производительность) технологических показателей.

Кроме того, сотрудниками ДонНТУ предложен простой и доступный вариант модернизации серийно выпускаемых инерционных грохотов с целью увеличения эффективности процесса сухой классификации материалов повышенной влажности на мелкие классы крупности. Установлено, что упругая муфта в трансмиссии центробежного вибропривода с обоснованными параметрами позволяет усилить супергармонические колебания вращающегося дебалансного вибровозбудителя и достичь эффективного вклада высших частот в спектр полигармонических колебаний рабочего органа [4]. Конструктивная схема трансмиссии супергармонического вибропривода вибрационной машины инерционного типа приведена на рис. 2. Установлены несомненные преимущества применения магнитной муфты [5] в качестве упругого элемента трансмиссии вибропривода по сравнению с другими видами упругих муфт.

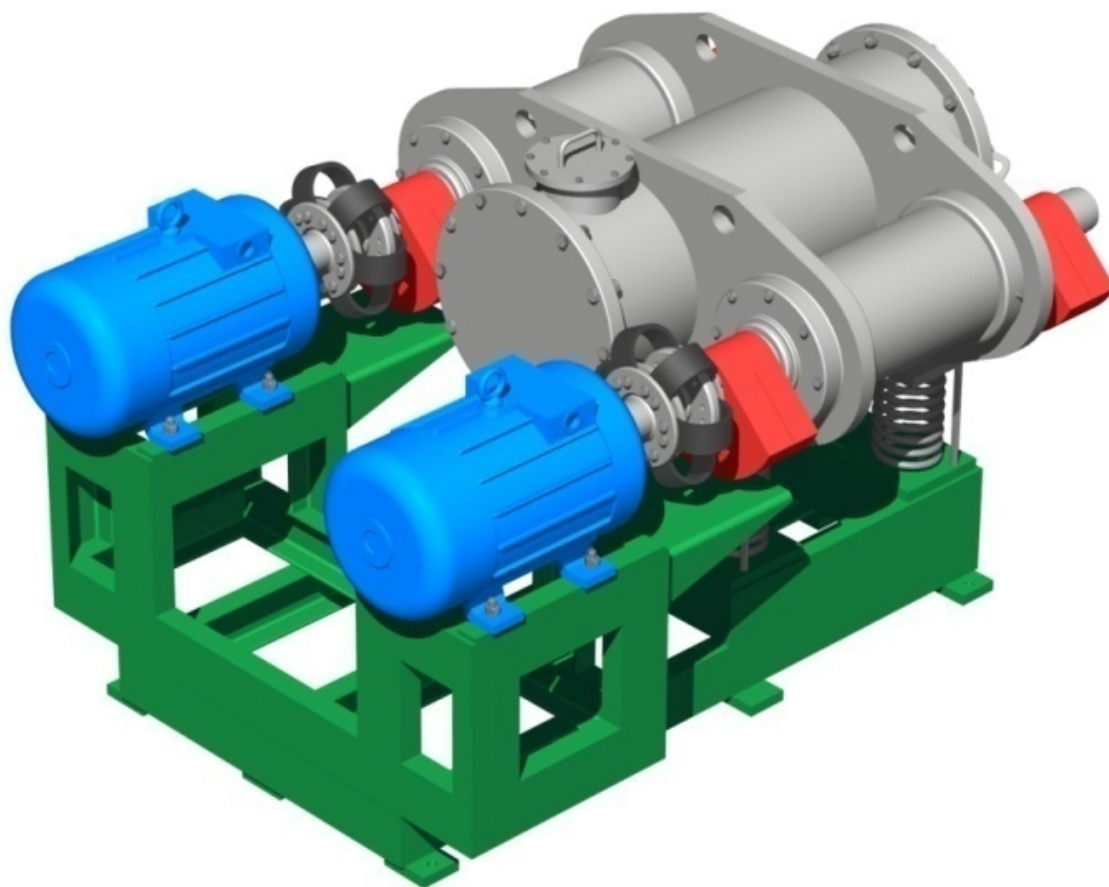


**Рис. 2. Принципиальная схема трансмиссии привода супергармонического вибровозбудителя:**

1 – дебалансный вибровозбудитель; 2 – карданный вал;  
3 – электродвигатель; 4 – обойма; 5 – вал; 6 – упругий элемент муфты

Тонкое измельчение материалов широко используется в строительной, горнорудной, металлургической, пищевой, химической и других отраслях промышленности. Наибольшее распространение получили инерционные горизонтальные вибромельницы с гармоническими однородными колебаниями по траекториям, близким к кругу или эллипсу. Основное достоинство вибрационного способа - участие всех дробящихся тел в процессе измельчения. Однако их круговая циркуляция, возникающая за счет круговой (или близкой к круговой) траектории движения корпуса, не создает достаточно интенсивного перемешивания дробящихся тел и материала. В конструкции принципиально новой вибромельницы с бигармоническим вибровозбудителем (рис. 3) в поперечном сечении рабочей камеры возбуждается неоднородное поле колебаний, которое способствует "турбулизации" движения материала и тел дробления, уменьшению объема малоподвижного

ядра, что, в конечном счете, позволяет существенно снизить энергозатраты процесса измельчения [6].



**Рис. 3. Общий вид экспериментального образца вибромельницы с неоднородным бигармоническим полем колебаний**

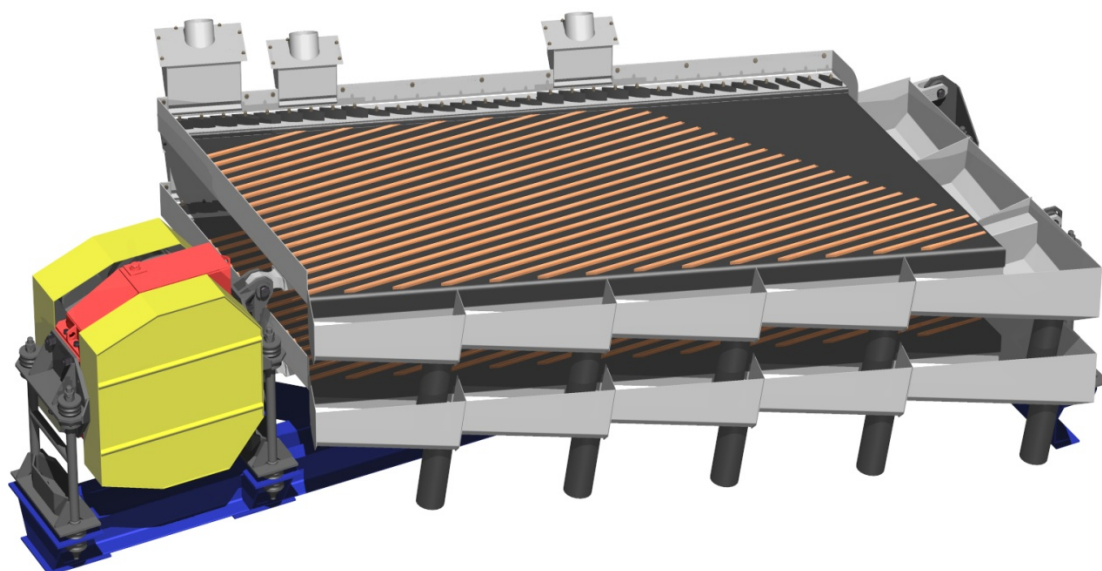
Анализ возможностей возбуждения субгармонических колебаний рабочего органа инерционной вибромашины позволил выявить наиболее рациональные структурные схемы в зависимости от перерабатываемого материала и условий работы. Например, для тонкого и мелкого грохочения целесообразно использовать вибрационные машины двухмассовой или трехмассовой схемы с креплением вибровозбудителя на раме вибромашины. Установлена возможность формирования выраженных полигармонических вибраций путем ввода вибромашины в супергармонический резонанс второго порядка в межрезонансной зоне [7]. Это может быть осуществлено путем применения нелинейных основных упругих связей между подвижными массами. Установлена перспективность использования для этих целей упругих элементов на базе высокоэнергетических постоянных магнитов. Экспериментальный образец вибромашины с работой в супергармониче-

ском резонансе находится в стадии разработки. Планируется достичь следующих показателей:

- увеличение в 1,5...2 раза удельной производительности;
- уменьшение в 2...2,5 раза потребляемой энергии;
- уменьшение в 1,5...2 раза пускового момента двигателя;
- снижение в 2,5...5 раз нагрузок на опорные конструкции.

Полигармонические режимы работы успешно реализованы и в вибрационных машинах для процессов обогащения полезных ископаемых: отсадочных машинах, концентрационных столах, вибропневматических сепараторах, дековых вибрационных сепараторах с плоской и криволинейной рабочей поверхностью и других [8,9].

Рассмотрим концентрационные столы с бигармоническим виброприводом (рис. 4), предназначенные для разделения полезных ископаемых в водной среде по их плотности и при крупности материала от 0,01 до 20 мм.



**Рис. 4. Общий вид концентрационного стола СКОБ-2,5×2**

Основными параметрами, влияющими на процесс разделения материала, являются: производительность концентрационного стола, длина хода и число ходов дек, углы их поперечного и продольного наклона, количество смывной воды, система нарифлений. Благодаря уникальной возможности управления перечисленными факторами достигается возможность достижения максимально высокой технологической эффективности разделения разнообразного сырья. Такой совокупности управляющих факторов не имеет ни одна из машин, применяемых для обогащения шламов.

Конструкции разработанных в ДонНТУ концентрационных столов обеспечивают следующие основные преимущества:

- удобство регулирования основных параметров: амплитуд и частот колебаний бигармонического режима, поперечного и продольного углов наклона деки, расхода и распределения по длине деки смывной воды.

- повышенная удельная производительность за счет подвода дополнительной воды в межрифельном пространстве;

- рациональная форма и размеры рифлей, оригинальная система нарифлений;

- возможность дальнейшего совершенствования концентрационного стола, например, увеличения числа ярусов дек при одновременном снижении массы отдельной деки за счет использования легких пластмассовых конструкций;

- уникальная возможность оперативного управления технологическими параметрами процесса разделения, позволяющая достичь максимального качества и производительности;

- низкий уровень энергопотребления, виброактивности, материалоемкости и излучаемого шума.

Проведенные испытания концентрационных столов, применяемых для разных целей и на различном сырье, показали высокие технологические результаты. Так, производительность двухдечного стола при обогащении углесодержащих шламов илонакопителей составляет 5...8 т/ч при зольности концентрата от 5 % и зольности отходов до 90 % [10]. Концентрационный стол является эффективным аппаратом и для десульфурации углей – содержание пиритной серы снижается в 2...3 раза.

Концентрационные столы с бигармоническим вибратором также успешно зарекомендовали себя при переработке лома электронной продукции с целью выделения цветных и благородных металлов [11].

Таким образом, результаты исследований и опыт эксплуатации вибрационных машин с полигармоническим режимом работы свидетельствуют о несомненной перспективности развития таких машин, способных конкурировать с лучшими зарубежными образцами, имеющих широкую область применения во многих отраслях промышленности.

#### **Библиографический список**

1. Букин С.Л., Маслов С.Г., Шолда Р.А. Исследования четырехвибраторной инерционной одномассовой вибромашины в стационарном режиме // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжн. зб. наукових праць. – 2014. – Вип. 1(47). – С. 49-60.

2. Букин С.Л., Корчевский А.Н., Маслов С.Г. Разработка высокоэффективного виброгрохота с бигармоническим режимом работы для тонкой классификации угольных шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип.41(82)-42(83). – С. 121-126.
3. Маслов С.Г. Инновационные решения в области тонкого грохочения сыпучих материалов // Машиностроение и техносфера: Сб. тр. XVII межд. науч.-техн. конф. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – С. 169-171.
4. Возбуждение полигармонических колебаний в одномассовой инерционной вибромашине с дебалансным вибровозбудителем и упругой муфтой / С.Л. Букин, В.П. Кондрахин, В.Н. Беловодский, В.Н. Хоменко // Физ.-техн. проблемы разраб. пол. ископ. – 2014. – №1. – С. 103-110.
5. Букин С.Л., Чашко М.В. Магнитная упругая муфта – как элемент трансмиссии инерционных супергармонических вибромашин // Наук. праці Донецьк. нац. техніч. ун-ту. Серія: Гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2014. – Вип. 1(27). – С. 31-39.
6. Букін С.Л., Букіна А.С. Нова конструкція бігармонійного вібромліна для тонкого подрібнення різноманітних матеріалів // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 50(91). – С. 60-65.
7. Belovodskiy V.N., Bukin S.L., Sukhorukov M.Y. Nonlinear Antiresonance Vibrating Screen // Advances in Mechanisms Design: Proceeding of TMM 2012. – London: Springer, 2012. – P. 167-173.
8. Интенсификация технологических процессов вибромашин путем реализации бигармонических режимов работы / С.Л. Букин, С.Г. Маслов, А.П. Лютый, Г.Л. Резниченко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36(77)-37(78). – С. 81-89.
9. Применение вибрационной техники с бигармоническим режимом колебаний при обогащении углей / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, С.Л. Букин и др. // Уголь Украины. – 2011. – Май. – С. 41-44.
10. Испытания концентрационного стола СКО-5×2 в полевых условиях / Е.И. Назимко, С.Л. Букин, А.Н. Корчевский и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 40(81). – С. 91-96.
11. Опыт обогащения лома цветных и драгоценных металлов на концентрационном столе с бигармоническим вибратором / С.Л. Букин, А.Н. Корчевский, В.А. Золотухин и др. // Материалы V межд. науч.-техн. конф. "Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века". – Севастополь: ДонНТУ, 1998. – С. 124-127.