



УДК 621.1

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ВИБРОСИТО С БИГАРМОНИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ И РЕГЕНЕРАЦИИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

PROSPECTIVE VIBRATING SIEVE WITH BIHARMONIC MODE OF OPERATION FOR CLEANING AND REGENERATION DRILLING FLUIDS

Букин Сергей Леонидович

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых,
Донецкий национальный технический университет
s.bukin08@gmail.com

Маслов Сергей Геннадиевич

аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых,
Донецкий национальный технический университет
s.maslov@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена описанию конструкции, результатам испытаний и эксплуатации принципиально нового вибросита с бигармоническим режимом работы.

Ключевые слова: вибрационное сито, инерционный тип, бигармонический режим работы, низкочастотный вибратор, высокочастотный вибратор, наложение колебаний, асимметрия ускорений.

Bukin Sergey Leonidovich

Ph.D., Professor Department of
Mineral Processing,
Donetsk National Technical University
s.bukin08@gmail.com

Maslov Sergey Gennadievich

Postgraduate student Department of
Mineral Processing,
Donetsk National Technical University
s.maslov@gmail.com

Annotation. The article is devoted description of design, test results and operation new vibrating sieve with biharmonic mode of operation.

Keywords: vibrating screen, inertial type, biharmonic mode of operation, low-frequency vibrator, high-frequency vibrator, superposition of oscillations, asymmetry of accelerations.

Очистка и регенерация бурового раствора – важный компонент циркуляционных систем буровых установок. Поступающие в буровой раствор частицы выбуренной породы оказывают вредное влияние на его основные технологические свойства, а, следовательно, и на технико-экономические показатели бурения, поэтому очистке буровых растворов от вредных примесей уделяют особое внимание [1].

Одним из основных элементов современных установок очистки и регенерации бурового раствора, используемого для промывки скважин в процессе бурения, является вибрационное сито (вибросито). Вибросита в этих установках применяются самостоятельно или на первой стадии технологии очистки бурового раствора. Практически все используемые в настоящее время вибросита (BC-1, B-21, ЛВС, зарубежных фирм «Swaco», «Derrick», «Kem-Tron», «Parnaby», «Brandt», «Knelson», «Varoid» и др. [2, 3]) разработаны по одномассовой динамической схеме и оснащены моногармоническим виброприводом дебалансного типа. Эти машины имеют практически одинаковые динамические параметры, которые позволяют достаточно эффективно отделять из бурового раствора частицы крупностью более 150 мкм.

Отечественный и зарубежный опыт использования вибросит показывает, что одним из путей повышения удельной производительности и эффективности сверхтонкого грохочения является увеличение интенсивности динамического режима их работы. Однако предпринимаемые многочисленные попытки снижения граничной крупности разделения в машинах традиционных схем с использованием моногармонического режима в большинстве случаев не принесли успеха. Необходимо отметить, что задача повышения показателей качества вибросит является актуальной не только для очистки и регенерации бурового раствора, но и при переработке многих видов полезных ископаемых, включая неметаллические, металлические, горючие и др.

В настоящее время можно выделить несколько наиболее перспективных направлений повышения технологической результативности грохотов и вибросит сверхтонкого грохочения [3]:

- использование законов колебаний, отличающихся от гармонических;
- применение устройств гидродинамической промывки,
- использование высокоэффективных просеивающих поверхностей (сит).

Установлено [4–7], что большие резервы повышения технологических показателей качества заложены в виброситах с полигармоническим режимом работы.

В Донецком национальном техническом университете (ДонНТУ) разработана конструкция принципиально нового вибросита [8, 9] с интенсивным бигармоническим режимом работы (рис. 1). Вибросито представляет собой одномассовую колебательную систему с двумя парами инерционных вибровозбудителей дебалансного типа, причём одна из них имеет возможность изменения угла действия вы-



нуждающей силы. Изменяя соотношение частот вращения вибровозбудителей, величины статических моментов масс дебалансов каждой ступени и угол между направлениями возбуждающих сил вибраторов, можно получить разнообразные траектории движения короба вибросита [9, 10], оптимизируя их для решения конкретных технологических задач. Кроме того, многовибраторный вибропривод обеспечивает значительную асимметрию виброускорений рабочего органа машины в далекозрезонансной зоне работы (рис. 2).

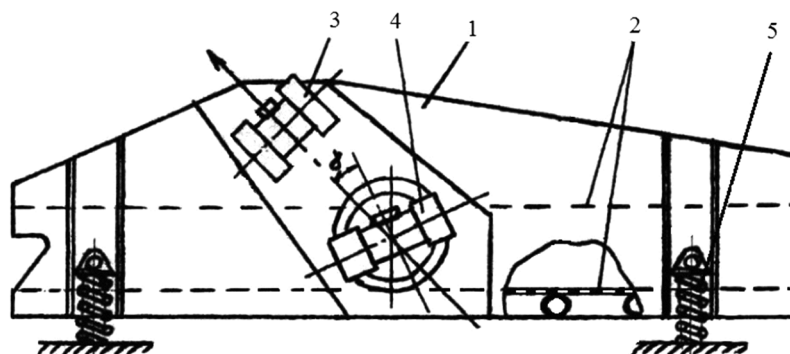


Рисунок 1 – Конструктивная схема вибросита ДонНТУ с бигармоническим режимом работы:
 1 – короб; 2 – сита; 3 – вибровозбудитель первой ступени;
 4 – вибровозбудитель второй ступени; 5 – опорные виброизоляторы

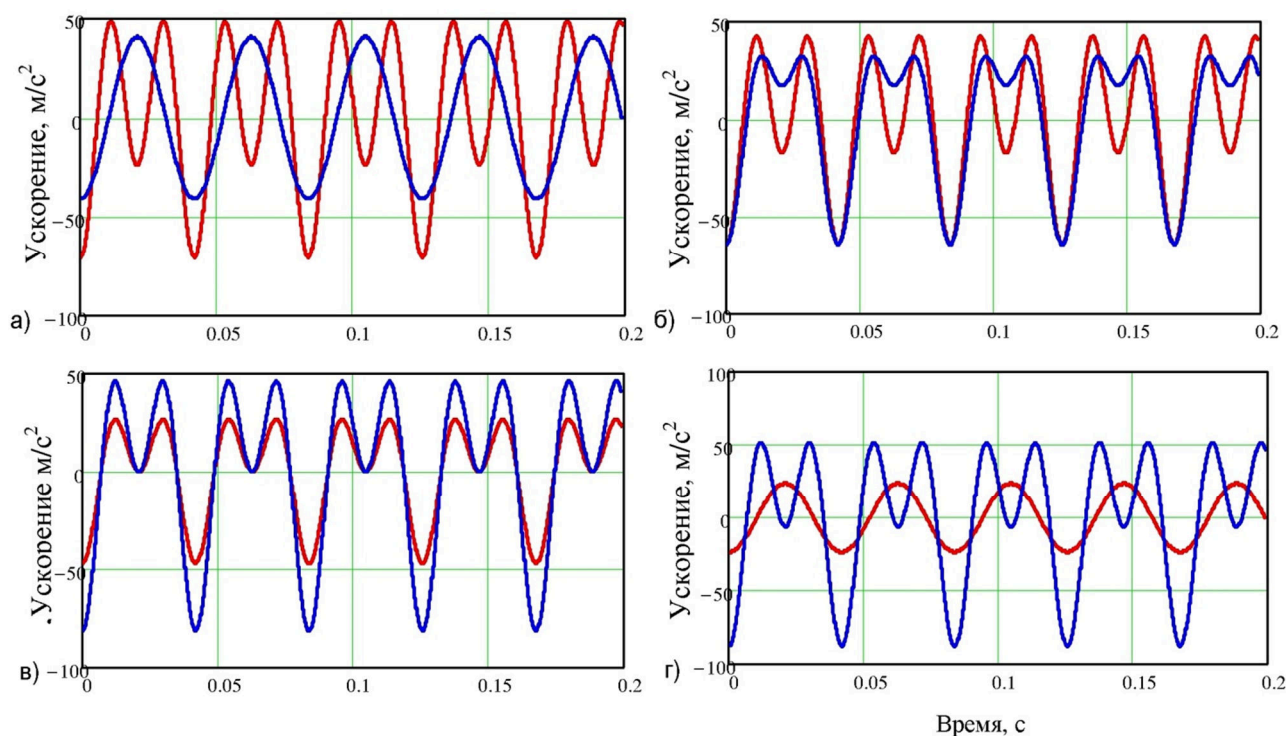


Рисунок 2 – Виброграммы ускорений рабочего органа вибросита вдоль горизонтальной (---) и вертикальной (---) оси при изменении положения угла направления возбуждающей силы высокочастотного вибровозбудителя:
 а) – 0°; б) – 30°; в) – 60°; г) – 90°

Выявлено, что при работе вибросита нет необходимости в синхронизации вращения неуравновешенных валов первой и второй ступени вибровозбудителя. Поскольку затруднительно обеспечить соотношение частот вынуждающих сил натуральному числу больше единицы (2, 3...) без существенного усложнения машины, реальное соотношение частот приводит к тому, что, форма траектории движения рабочего органа утрачивает «статический» характер и принимает «динамический» – т.е. траектория колебаний меняет своё положение в пределах определенной области. Такой эффект вибрационного воздействия на обрабатываемый материал способствует улучшению условий грохочения – «трудные» зёрна подвергаются не только знакопеременному силовому воздействию со стороны сита, но и переменному углу направления этого воздействия. Тем самым создаются благоприятные условия для удаления заклинивших ячейки сита частиц, а также эффективного перемешивания зёрен в слое надрешётного продукта, что, в конечном счете, повышает эффективность технологического процесса.



В результате выполненных исследований были разработаны технико-экономические требования к экспериментальному образцу одномассового бигармонического вибросита для сверхтонкой классификации шламов. В качестве базы для экспериментального образца вибросита выбран вибрационный грохот ГЛКВ-1500, получивший достаточно широкое распространение при переработке угольных шламов в Донбассе.

Вибрационный грохот (вибросито) ГЛКВ-1500/3000 (рис. 3) состоит из корпуса 1 с просеивающей поверхностью 2, установленного на раме 3 при помощи опорных виброизоляторов 4. Низкочастотный вибровозбудитель 5, состоящий из двух однофазных дебалансных вибровозбудителей, жёстко закреплён на корпусе и создаёт направленную возбуждающую силу под углом 45° к горизонту. Оба дебалансных вибровозбудителя, вращающихся в противоположные стороны, приводятся во вращение от двух асинхронных электродвигателей 6 через упругие муфты 7 лепесткового типа.

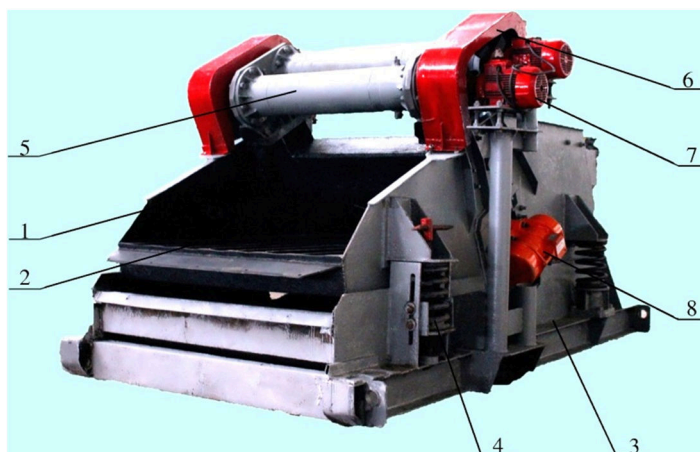


Рисунок 3 – Общий вид экспериментального образца бигармонического вибросита (виброгрохота) ГЛКВ-1500/3000

На боковинах корпуса в центре масс колебательной системы закреплён высокочастотный вибровозбудитель 8 (рис. 4), состоящий из двух мотор-вибраторов 1, жёстко закреплённых на восьмиугольных платформах 2, которые своими наклонными гранями входят в контакт с наклонными гранями оснований 3, в свою очередь закреплённых болтами на боковине корпуса и поперечной связью-балке 4. Клины 5 предназначены для надёжной фиксации платформ с установленными на них мотор-вибраторами. Восьмигранная форма платформ обеспечивает возможность дискретного изменения направления возбуждающей силы высокочастотных вибраторов: 15° ; 60° и 105° .

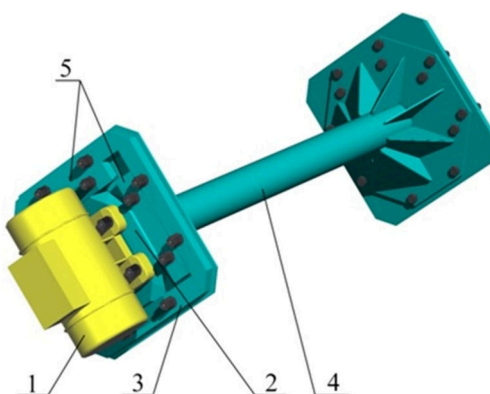


Рисунок 4 – Конструкция узла высокочастотного вибропривода бигармонического вибросита ГЛКВ-1500/3000

Техническая характеристика вибросита ГЛКВ-1500/3000 приведена в табл. 1.

С целью определения технологических показателей работы бигармонического вибросита (виброгрохота) при сверхтонком разделении шламов и выявления технологических преимуществ разделения в бигармоническом поле колебаний по сравнению с гармоническим были организованы и проведены промышленные испытания. Для этого экспериментальный образец бигармонического виброгрохота ГЛКВ-1500/3000 был установлен в технологической цепи установки по очистке объединённого хвостохранилища ЦОФ «Самсоновская», ЦОФ «Дуванская», ЦОФ «Суходольская» (г. Краснодар) для разделения углесодержащего шлама по граничной крупности $0,1$ мм.



Таблица 1 – Техническая характеристика виброгрохота ГЛКВ-1500/3000

| Наименование параметра | Величина |
|--|--------------------|
| Крупность исходного продукта, мм, не более | 3 |
| Граничная крупность разделения, мм | 0,1...0,2 |
| Количество ярусов сит | 1 |
| Размеры просеивающей поверхности, мм: длина × ширина | 2640 × 1250 |
| Площадь сита, м ² | 3,25 |
| Амплитуда колебаний, мм, не более: – первой гармоники / – второй гармоники | 2,5 / 0,5 |
| Частота колебаний, кол/мин: – первой гармоники / – второй гармоники | 1410 / 2960 |
| Угол наклона к горизонту, град | -1,5...+1,5 |
| Установленная мощность вибраторов, кВт: – низкочастотного / – высокочастотного | 2×1,5 / 2×0,97 |
| Габаритные размеры, мм: длина × ширина × высота | 3190 × 2096 × 1626 |
| Масса, кг: | |
| – колеблющихся частей | 1150 |
| – полная | 2230 |

Испытания виброгрохота нового типа позволили установить [11], что он способен осуществлять сверхтонкое мокрое грохочение шламов с эффективностью 80...90 % и производительностью 60 м³/ч (14 т/ч по твердому), что соответствует удельной производительности 16 м³/ч×м² (3,7 т/ч×м²). При той же эффективности разделения производительность серийно выпускаемого высокочастотного виброгрохота ГЛКВ-1500 составила 35 м³/ч (8 т/ч по твердому).

Промышленные испытания и эксплуатация экспериментального образца виброгрохота ГЛКВ-1500/3000 в производственных условиях позволили установить следующие достоинства новой конструкции:

Грохот устойчиво работает в бигармоническом режиме со следующими параметрами:

- амплитуда первой гармоники – 2,5 мм;
- амплитуда второй гармоники – 0,5 мм;
- частота колебаний первой гармоники – 1500 кол/мин;
- частота колебаний второй гармоники – 3000 кол/мин;
- угол направления возбуждающей силы первой гармоники к горизонту – 60 град;
- угол направления возбуждающей силы второй гармоники к горизонту – 15...105 град.

Грохот прост в эксплуатации, не требует особых усилий для освоения обслуживающим персоналом.

При тех же показателях качества разделения грохот ГЛКВ-1500/3000 имеет производительность почти в два раза выше, чем серийно выпускаемый высокочастотный грохот ГЛКВ-1500 с моногармоническим режимом работы.

На основании проведенных испытаний и опыта эксплуатации экспериментального образца бигармонического виброгрохота ГЛКВ-1500/3000 сотрудниками ДонНТУ совместно с ООО «НПК «УкрВиброМаш» разработана конструкция вибрационного грохота с высокоинтенсивным бигармоническим режимом работы ГВВБ-31 (рис. 5, табл. 2).

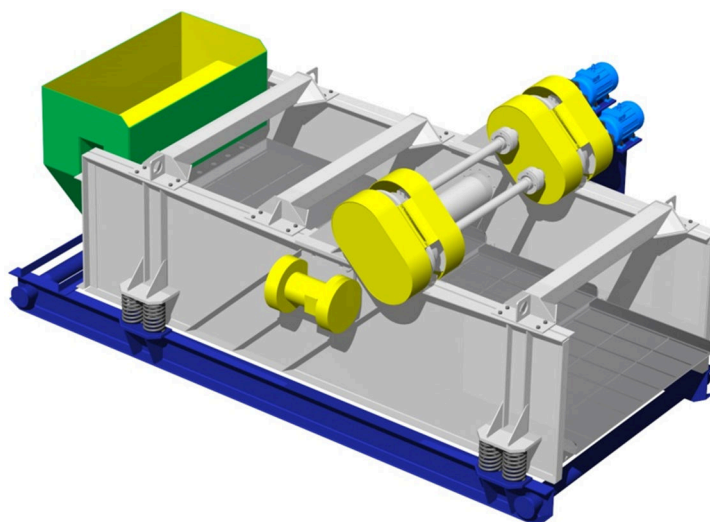


Рисунок 5 – Общий вид вибрационного бигармонического грохота ГВВБ-31



Таблица 2 – Техническая характеристика виброгрохота ГВВБ-31

| № п/п | Наименование параметра, размерность | Величина |
|-------|---------------------------------------|--------------------|
| 1 | Количество ярусов сит | 1 |
| 2 | Площадь одного сита, кв. м | 3,2 |
| 3 | Амплитуда гармоник (1-й/2-й), мм | 2...3/0,3...0,5 |
| 4 | Частота гармоник (1-й/2-й), кол/мин | 1500/3000 |
| 5 | Угол продольного наклона короба, град | -5...+3 |
| 6 | Габаритные размеры, мм | 3580 × 2250 × 1470 |
| 7 | Масса, кг | 1700 |

Грохоты типа ГВВБ предназначены для очистки и регенерации буровых растворов, а также для тонкой и сверхтонкой мокрой классификации каменных углей, антрацитов, руд, продуктов обогащения, нерудных полезных ископаемых и многих других материалов.

Конструктивно грохот ГВВБ-31 подобен грохоту ГЛКВ-1500/3000, но в отличие от последнего грохот ГВВБ-31 имеет ряд существенных особенностей:

Предусмотрено плавное регулирование угла действия вынуждающей силы высокочастотного вибровозбудителя в широком диапазоне, а не дискретное в ограниченном диапазоне.

Для интенсификации процесса разделения в грохоте предусмотрены два промывочных кармана в которых осуществляется оттирка тонких частиц от илистых агломератов.

Для усиления этого же эффекта в грохоте предусмотрена возможность установки струйных брызгал с высокой кинетической энергией воздействия на материал промывочной воды.

Конструкция крепления секций сит позволяет изменять угол установки разгрузочной секции сита, что обеспечивает возможность регулирования скорости движения материала и времени грохочения.

В конструкции грохота предусмотрено применение сит повышенной эффективности принципиально новой конструкции.

На производственной базе ООО «НПК «УкрВиброМаш» (г. Донецк) осуществлена подготовка к серийному производству бигармонических виброгрохотов ГВВБ-31. Нужен надёжный инвестор!

Литература:

1. Очистка бурового раствора от шлама механическим способом. 04 июня 2013 г. [Электронный ресурс]. – URL : <https://neftegaz.ru/science/view/838-Ochistka-burovogo-rastvora-ot-shlama-mehanicheckim-sposobom> (31.03.2018).
2. Вибросита. [Электронный ресурс]. – URL : <https://fluidspro.ru/teoriya/kontrol-soderzhaniya-tverdoj-fazy/metody-separacii-tverdych-chastich-vibrosita/> (31.03.2018)
3. Селина О.А. Анализ технических средств дешламации мелкого класса углей и антрацита перед обогащением / О.А. Селина, С.Л. Букин // Сб. мат. конф. «Комплексные технологии обогащения полезных ископаемых». – Донецк : ДонНТУ, 26.04.2017 г. – С. 16–29.
4. Учитель А.Д. Перспективные конструкции грохотов с неоднородными и пространственными колебаниями рабочего органа / А.Д. Учитель, В.И. Засельский // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 5 (239). – С. 92–96.
5. Интенсификация технологических процессов вибромашин путем реализации бигармонических режимов работы / С.Л. Букин, С.Г. Маслов, А.П. Лютый, Г.Л. Резниченко // Обогащение полезных ископаемых : Науч. техн. сб. – 2009. – Вып. 36(77) – 37(78). – С. 81–89.
6. Применение вибрационной техники с бигармоническим режимом колебаний при обогащении углей / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, С.Л. Букин и др. // Уголь Украины. – 2011. – № 5. – С. 41–44.
7. Букин С.Л. Основные направления развития вибрационных машин для классификации трудногрохотимых материалов по крупности / С.Л. Букин, В.П. Кондрахин // Инновационные перспективы Донбасса: материалы 2-й международ. науч.-практ. конф., г. Донецк, 25–26 мая 2016. – Т. 3. Инновационные технологии изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов / ГОУ ВПО «ДонНТУ» и др. – Донецк : ДонНТУ, 2016. – С. 5–11.
8. Патент Украины на изобретение № 86267, В 07 В 1/40. Инерционный грохот / С.Л. Букин, С.Г. Маслов, А.П. Лютый. Заявка № а20070471. Заявл. 27.04.2007; опубл. 10.04.2009. Бюл. № 7. – 6 с.
9. Букин С.Л. Разработка высокоэффективного виброгрохота с бигармоническим режимом работы для тонкой классификации угольных шламов / С.Л. Букин, А.Н. Корчевский, С.Г. Маслов // Обогащение полезных ископаемых : Науч. техн. сб. – 2010. – Вып. 41(82). – С. 121–126.
10. Букин С.Л. Исследования четырехвibratorной инерционной одномассовой вибромашин в стационарном режиме / С.Л. Букин, С.Г. Маслов, Р.А. Шолда // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Международ. сб. научных работ. – Донецк : ДонНТУ, 2014. Вып. 1 (47). – С. 49–60.
11. Букин С.Л. Промышленные испытания многовибраторного инерционного виброгрохота сверхтонкого грохочения / С.Л. Букин, С.Г. Маслов // Известия Донецкого горного института. – 2014. – № 1 (34) – С. 138–146.

**References:**

1. Cleaning mud from mud mechanically. June 04, 2013 [Electronic resource]. – URL : <https://neftegaz.ru/science/view/838-Ochistka-burovogo-rastvora-ot-shlama-mehanicheskim-sposobom> (31.03.2018).
2. Vibrating screen [Electronic resource]. – URL : <https://fluidspro.ru/teoriya/kontrol-soderzhaniya-tverdoj-fazy/metody-separacii-tverdyx-chastic/vibrosita/> (31.03.2018)
3. Selina OA Analysis technical means of deslamation small class coals and anthracite before enrichment / O.A. Selina, S.L. Bukin // Coll. materials conference «Complex technologies of mineral processing». – Donetsk : DonNTU, April 26, 2017 – P. 16–29.
4. Uchitel A.D. Perspective designs of screens with inhomogeneous and spatial oscillations of the working organ / A.D. Uchitel, V.I. Zasel'skiy // Metallurgical and mining industry. – 2006. – № 5 (239). – P. 92–96.
5. Intensification of technological processes vibromachines by implementing biharmonic operating modes / S.L. Bukin, S.G. Maslov, A.P. Liuty, G.L. Reznichenko // Mineral processing: Scientific and technical works. – 2009. – V. 36(77) – 37(78). – P. 81–89.
6. Application vibration technology with biharmonic mode oscillations at enrichment of coals / E.E. Garkovenko, E.I. Nazimko, S.L. Bukin et al. // Coal of Ukraine. – 2011. – № 5. – P. 41–44.
7. Bukin S.L. The basic directions of development vibrating machines for classification rugged materials by their size / S.L. Bukin, V.P. Kondrakhin // Innovative prospects of Donbass: materials of the 2nd international conf. Donetsk, May 25–26, 2016. – V. 3. Innovative technologies of manufacturing and operation industrial machines and units / DonNTU, etc. – Donetsk : DonNTU, 2016. – P. 5–11.
8. Patent of Ukraine № 86267, B 07 B 1/40. The inertial screen / S.L. Bukin, S.G. Maslov, A.P. Liuty. Application number a20070471. Declared. 27.04.2007; publ. 10.04.2009. Bul. № 7. – 6 p.
9. Bukin S.L. Development of highly effective vibrating screen with biharmonic mode operation for fine classification coal slimes / S.L. Bukin, A.N. Korchevsky, S.G. Maslov // Mineral processing: Scientific and technical works. – 2010. – V. 41 (82). – P. 121–126.
10. Bukin S.L. Investigations four-vibratory inertial single-mass vibrator in a stationary mode / S.L. Bukin, S.G. Maslov, R.A. Sholda // Progress. technology and systems mechanical engineering. – Donetsk : DonNTU, 2014. – V. 1(47). – P. 49–60.
11. Bukin S.L. Industrial tests multivibratory inertial vibration screen of hyperfine screening / S.L. Bukin, S.G. Maslov // News of Donetsk Mining Institute. – 2014. – № 1 (34). – P. 138–146.