

между транспортером и перегородкой на входе в канал дополнительно размещены поворотные лопатки. За счет срыва вихрей с пластин, обеспечивающих высокую интенсивность и мелкомасштабную структуру турбулентности, происходит интенсификация теплообмена вблизи поверхности полотна.

#### Список литературы:

1. Ткачев В.С., Остапенко М.А. Оборудование коксохимических заводов. – М.: Металлургия.– 1983. - 360с.
2. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. В двух томах. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. - Т.2. - 917с.
3. [www.ecology-energy.ru/Innovations/As/as.htm/](http://www.ecology-energy.ru/Innovations/As/as.htm/)

УДК 622.7

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

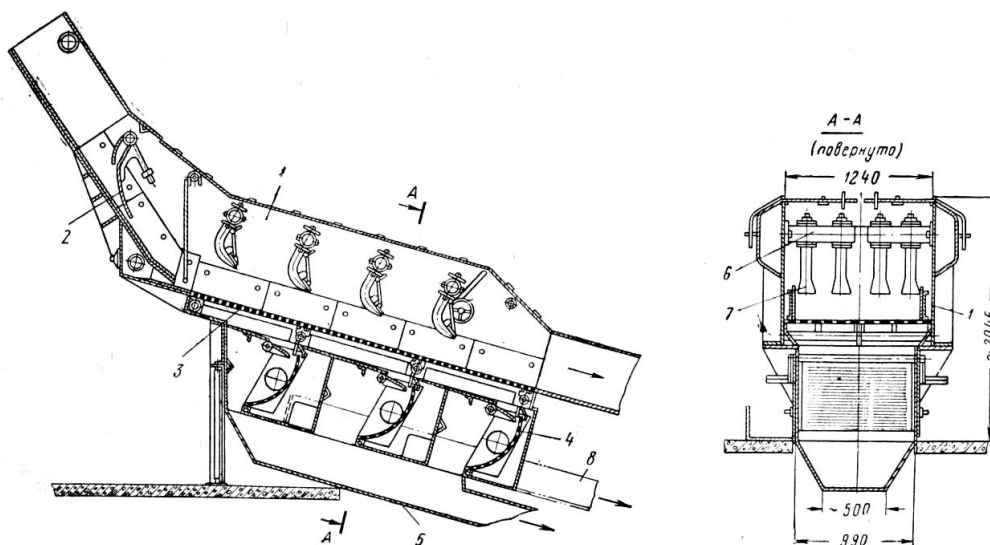
**Топоров А.А., Андреева Д.Ю.**

Донецкий национальный технический университет

*В статье рассмотрены существующие конструкции грохотов для разделения и обезвоживания дискретных материалов, предложены пути улучшения показателей спиральных вибрационных грохотов, а также сделан анализ условий работы оборудования и выделены проблемы, требующие поиска решений.*

Одной из важных технологических операций при переработке сыпучих материалов является их разделение по крупности. Процесс разделения сыпучего материала по крупности на просеивающих поверхностях (ситах, решетках) называется грохочением [1]. Грохочение также применяется с целью обезвоживания и обесшламливания продуктов мокрого грохочения [2]. Машины и устройства для грохочения называют грохотами. В зависимости от вида грохочения, влажности угля и других факторов производят выбор грохота. Все грохоты по принципу действия классифицируют на три типа: инерционные наклонные, самобалансные, резонансные. Кроме этого на углеобогатительных фабриках эксплуатируют неподвижные колосниковые грохоты, гидрогрохоты и цилиндрические грохоты [1].

Гидрогрохоты для мокрого предварительного грохочения (рис. 1) состоят из короба 1, разравнивателя 2, неподвижного колосникового (наборного) решета 3, трёх дуговых сит 4 с поддоном 5, труб 6 с консольными соплами 7. Исходное питание поступает по желобу в загрузочную часть гидрогрохота, где уголь предварительно смачивается и разрыхляется. Разравниватель 2 обеспечивает равномерное распределение потока воды и угля по ширине решета. Материал по решету 3 транспортируется под действием струй воды, выходящих под давлением из сопел 7. Подрешётный продукт вместе с водой проходит через отверстия решета 3 и поступает на три дуговых сита 4. Подрешётная вода дуговых сит удаляется по желобу 8, а надрешётный продукт – по поддону 5. Конструкция консольных сопел даёт возможность изменять в широких пределах гидравлический режим работы гидрогрохота путём смещения сопел и регулирования расхода воды [1]. Преимущества гидрогрохотов: большая удельная производительность (до 150-200 т/ч·м<sup>2</sup>); более высокий КПД (до 95%) по сравнению с грохотами для сухой классификации; простота конструкции и отсутствие динамических нагрузок на фундамент [2].

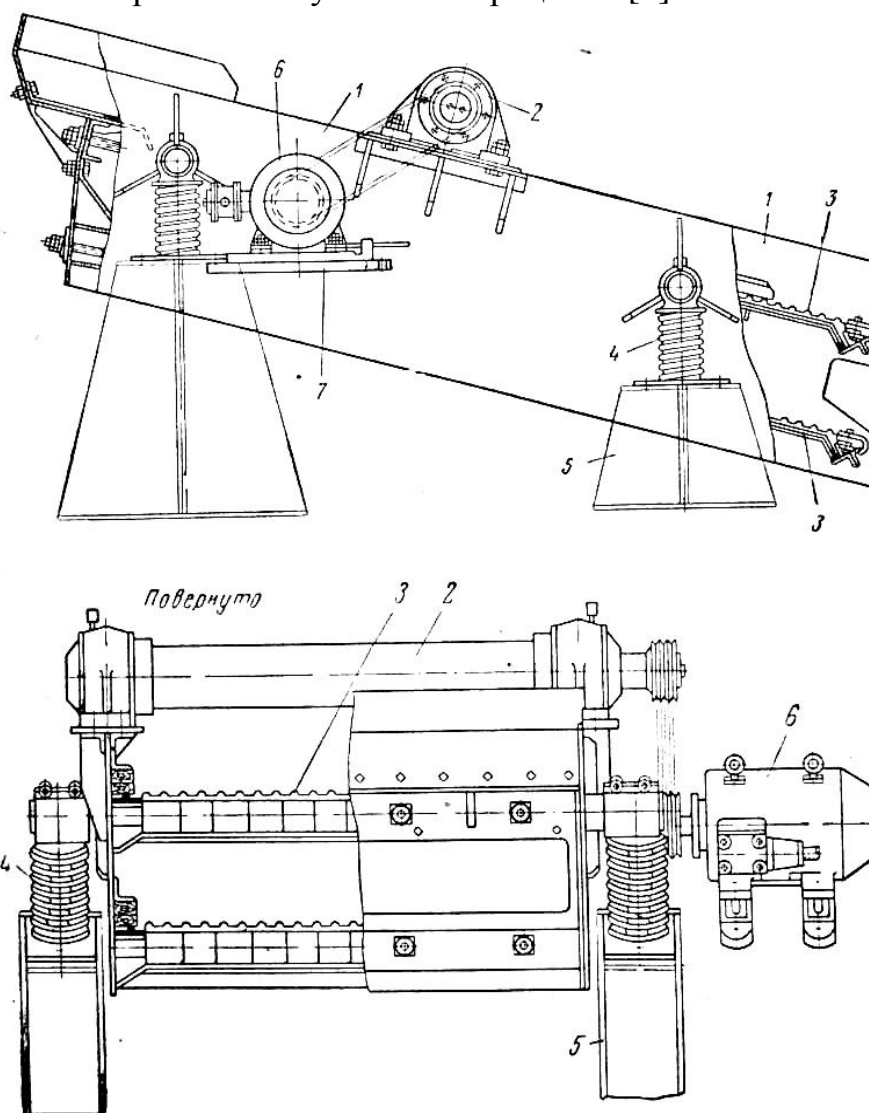


1 – короб; 2 – разравниватель; 3 – колосниковое решето; 4 – дуговые сита; 5 – поддон; 6 – трубы; 7 – консольные сопла; 8 – желоб

Рисунок 1 – Гидрогрохот

Инерционные грохоты с дебалансным вибратором выпускаются лёгкого и тяжёлого типов. Грохот инерционный лёгкого типа ГИЛ (рис.2), монтируемый на пружинных опорах или подвесках, состоит из наклонного короба 1 с ситами 3, вибратора 2, спиральных пружин 4, опор 5 и привода. Короб представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из двух боковин, которые соединены между собой двумя рядами труб и

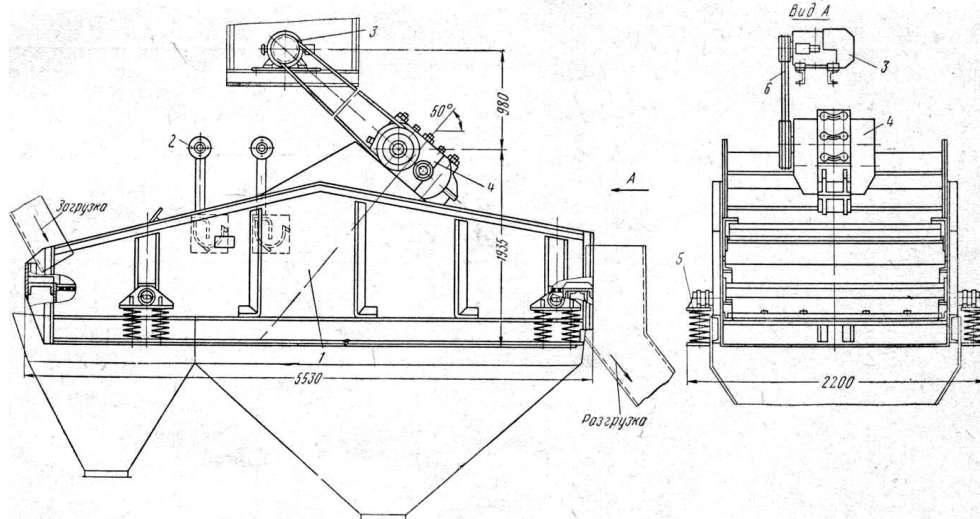
задней стенкой. Сита уложены на трубах. Их крепят с двух сторон захватами и натягивают вдоль короба болтами. Для лучшего натяжения сит трубы в коробе уложены так, что образуют выпуклую опорную поверхность. К внешним сторонам боковин укреплены опорные цапфы для пружин или подвесок [1]. Исходное питание по желобу подаётся на верхнее сито, где под действием силы тяжести и колебаний короба подрешётный продукт проходит через отверстия сита, а надрешётный удаляется с грохота. Преимущества: простота конструкции; лёгкое регулирование режима работы; надёжность в эксплуатации и высокий КПД. Недостатки: малая площадь сит и небольшая производительность. Грохоты такого типа применяют для подготовительного, вспомогательного и окончательного грохочения углей и антрацитов [1].



1 – короб; 2 – вибратор; 3 – сита; 4 – пружины; 5 – опоры; 6 – электродвигатель; 7 – салазки

Рисунок 2 – Инерционный грохот

Самобалансные грохоты легкого типа и монтируют на пружинных опорах или подвесках. Грохот (рис. 3) состоит из короба 1 с ситами, пружинных опор 5 (или подвесок), самобалансного вибратора 4, привода, состоящего из электродвигателя 3 и клиноременной передачи 6. Короб грохота клепано-сварной конструкции состоит из двух боковин, связанных балками из швеллеров. Нижние поперечные связи короба служат опорой для щелевидного сита. Щелевидное сито состоит из десяти отдельных секций. Крепление секций осуществляют деревянными клиньями (рис. 37) и болтами. Верхнее сито является разгрузочным и состоит из десяти секций, которые крепят также деревянными клиньями. Наверху короба в средней части расположена мощная связь-балка, на которой крепится болтами вибратор. Угол наклона короба к горизонту от 0 до 8°. На четырех цапфах, прикрепленных к боковинам, короб устанавливают на пружинные опоры или подвески. Брызгальное устройство 2 выполнено из труб — одной горизонтальной и трех вертикальных, по которым вода поступает в брызгало, предназначенное для равномерного ополаскивания материала на сите [1].



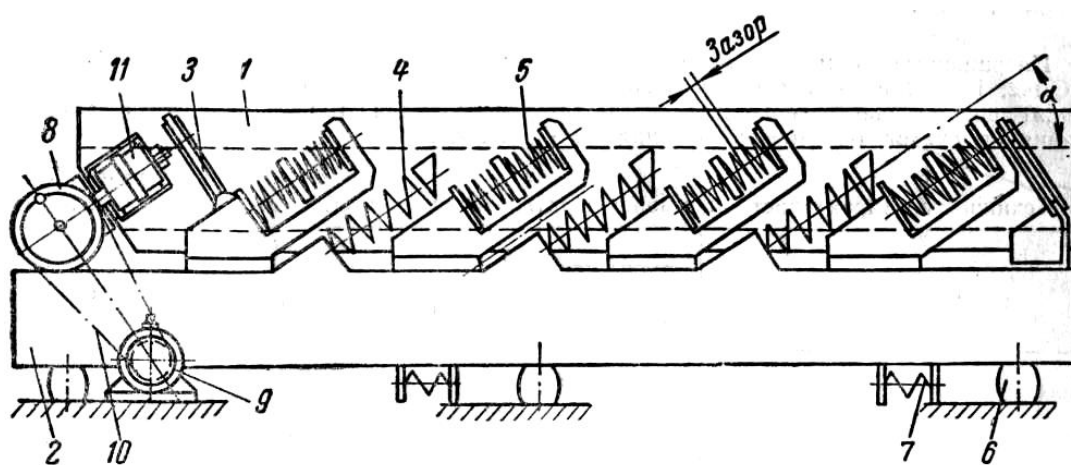
1 – короб; 2 – брызгальное устройство; 3 – электродвигатель; 4 – самобалансный вибратор; 5 – опоры

Рисунок 3 – Грохот самобалансный

Самобалансный вибратор грохота состоит из литого корпуса, в котором на четырех подшипниках установлены два вала с дебалансами 1. Валы связаны между собой зубчатой передачей 2Г благодаря которой вращение валов с дебалансами происходит синхронно навстречу друг другу. При вращении дебалансов короб 3 получает прямолинейные колебания под углом 50° к ситам, что и обеспечивает транспортирование материала. Исходное питание вместе с водой (пульпа) подается на сито, на котором задерживаются частицы крупнее отверстий сита. Под действием

силы тяжести и колебаний короба вода проходит через отверстия сита вместе с тонким материалом, а надрешетный продукт транспортируется к разгрузочному концу. Преимущества самобалансных грохотов: простота и надежность конструкции, высокая эффективность обезвоживания, так как сита расположены горизонтально. Грохоты самобалансные предназначены для обезвоживания крупного и мелкого угля, а также для обесшламливания и отмывки магнетита от продуктов обогащения [1].

Резонансные грохоты пригодны для всех видов классификации, обезвоживания крупного и мелкого концентрата и шлама. Грохоты этого типа имеют высокую производительность, требуют небольшого расхода электроэнергии и при высококачественном изготовлении и правильном монтаже надежны в работе и не передают вибраций на конструкции зданий. Принципиальная схема резонансного грохота показана на рис. 4. Грохот представляет собой колебательную систему, состоящую из двух масс (короб 1 с ситами и подвижной рамы 2), соединенных между собой системой упругих связей. Короб связан с рамой плоскими рессорами 3 и пружинными опорами 4. Буфера 5 укреплены на коробе и раме, установленной на амортизаторах 6. При слегка наклонном расположении грохота применяют поддерживающие пружины 7. Кривошипно-шатунный привод 8 установлен на раме с загрузочной стороны грохота [2].



1 – короб; 2 – рама; 3 – рессоры; 4 – опоры; 5 – буфера; 6 – амортизаторы; 7 – пружины; 8 – кривошипно-шатунный привод; 9 – электродвигатель; 10 – клиноременная передача; 11 – резиновые элементы

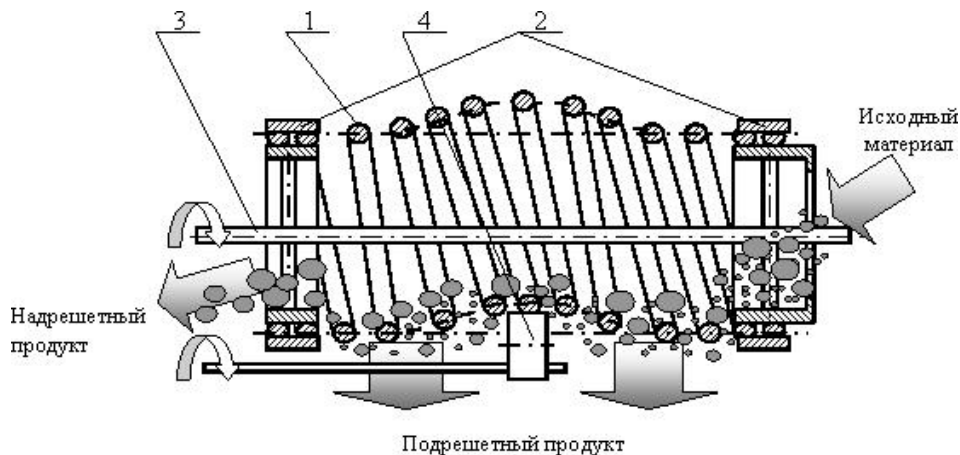
Рисунок 4 – Принципиальная схема резонансного грохота

Вал приводится во вращение от электродвигателя 9 через клиноременную передачу 10. Шатун привода резиновыми элементами 11 упруго соединен с коробом, в результате чего привод не нагружается

большими инерционными силами движущихся масс. Резиновые буфера 5 установлены с зазором. Это определяет нелинейный характер упругих связей и обеспечивает стабильность режима работы грохота под нагрузкой. Плоские рессоры 3 обеспечивают направленность прямолинейных колебаний короба и рамы под углом к плоскости сита. При вращении вала привода происходит деформация приводных упругих связей по закону, близкому к гармоническому. Периодически изменяющаяся сила упругости резиновых элементов вызывает вынужденные колебания короба и рамы. Частота вынужденных колебаний системы близка к резонансной.

Сила инерции движущихся масс погашается возвратно-поступательными колебаниями короба и рамы в противоположных направлениях. Рама грохота состоит из нескольких частей, соединенных болтами. Для утяжеления рама заполняется бетоном. Ее масса в 2,5—3 раза больше массы короба, а амплитуда колебаний меньше. Упругие элементы привода и подрамные амортизаторы представляют собой резиновые цилиндры с центральным отверстием. Резиновые буфера вулканизируются совместно со стальными дисками, расположенными в торце. Короб грохота (клепаной конструкции) имеет боковые и поперечные связи, на которых закрепляют сита. Плоские рессоры укомплектованы из листов древеснослоистого пластика [2].

Для исследования процесса грохочения сыпучего материала в упругой спирали [4] был разработан спиральный вибрационный грохот (СВГ) (рис.5).



1 – спираль; 2 – стойки; 3 – приводной вал; 4 – опорные кулачки

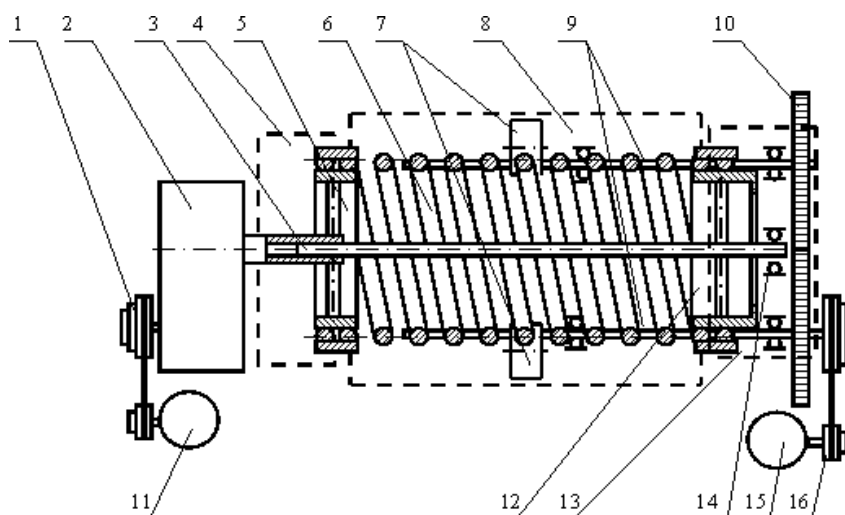
Рисунок 5 – Схема просеивания материала на спиральном виброгрохоте

СВГ представляет собой [4] совмещение конструкций барабанного и вибрационного грохотов. В качестве просеивающей поверхности в спиральном грохоте используется барабан представляющий собой цилиндрическую упругую спираль 1 с одинаковым шагом витков, навитую из проволоки одного диаметра. Упругая спираль закреплена в двух

цилиндрических стойках 2 жестко соединенных с приводным валом 3. Под упругой спиралью установлены опорные кулачки 4 имеющие определенный эксцентриситет и отдельный (возможен совмещенный) от приводного вала барабана привод. Опорные кулачки являются дополнительным вибрационным приводом.

Как известно [4], 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 поверхности просеивания, а на второй – через отверстия сита. Эффективность грохочения может быть повышена за счет интенсификации одной или обеих стадий процесса. Именно для этого служит дополнительный вибропривод.

Схема установки [4] показана на рис.6.



1,16 – ременная передача; 2 – редуктор; 3 – приводной вал упругой спирали; 4 – отводной лоток верхней фракции; 5 – неподвижная стойка упругой спирали; 6 – упругая спираль; 7 – приводные кулачки; 8 – отводной лоток нижней фракции; 9 – приводные валы кулачков; 10 – синхронизатор кулачков; 11, 15 – электродвигатель; 12 – подвижная стойка упругой спирали; 13 – загрузочное приспособление; 14 – опора подвижной стойки

Рисунок 6 – Схема экспериментальной установки спирального вибрационного грохота

Установка работает следующим образом. Исходный материал подается в загрузочное приспособление 13 и через отверстие в неподвижной стойке 12 попадает на внутреннюю поверхность упругой спирали 6. Упругая спираль 6 приводится во вращательное движение через подвижную опору 5 и жесткую опору 12, которые, в свою очередь,

соединены с приводным валом 3, причем стойка 5 может перемещаться относительно наружной поверхности тихоходного вала редуктора 2 с помощью шлицевого соединения. У опоры 5 имеется возможность фиксации в каком либо заданном положении. Относительное перемещение стойки 5 необходимо для регулировки зазора между витками упругой спирали 6. Приводной вал 3 получает вращение от редуктора 2, приводимого, в свою очередь, от электродвигателя 11 через ременную передачу 1 со сменным набором шкивов, позволяющим ступенчато регулировать число оборотов упругой спирали. Исходный сыпучий материал, пройдя по упругой спирали, делится на две фракции, уходящие в отводные лотки 4 и 8. Лоток 8 снабжен электромагнитным вибратором с целью быстрого отвода нижней фракции от грохота. Колебательное движение упругой спирали обеспечивается сменным набором приводных кулачков 7, различного диаметра, что позволяет регулировать верхнюю амплитуду колебаний упругой спирали.

Кулачки 7 установлены на приводных валах 9 с возможностью регулировки по длине вала, что позволяет менять местоположение возбуждения колебаний по длине упругой спирали [4]. При работе грохота кулачки фиксируются. Валы кулачков 9 приводятся от электродвигателя 15 через синхронизатор 10 (зубчатая передача) и ременную передачу 16, со сменным набором шкивов различного диаметра, что позволяет регулировать число оборотов кулачков, а, следовательно, и частоту колебаний упругой спирали. Регулирование угла наклона грохота производится регулировкой наклона всей рамы экспериментальной установки.

Следующей особенностью СВГ [4] является использование процесса грохочения со сложным возбуждением сыпучего материала. Амплитуда и частота колебания грохотов являются важными параметрами, оказывающими существенное влияние на процесс грохочения, но не единственным. При движении частиц по поверхности сита, на нее действует сила тяжести, нормальная реакция опорной поверхности, сила трения, центробежная сила инерции, сила давления верхних частиц и др. При подаче на грохот большего количества материала, сила давления верхнего слоя массы материала на частицу возрастает, тем самым, затрудняя перемещение частицы до поверхности просеивания. Для рассеивания загруженной части сита приходится увеличивать время колебаний и длину сита, что уменьшает производительность работы грохота. Ускорить процесс распределения материала по просеивающей поверхности можно механическим воздействием на массив материала. Тем самым, воздействуя на частицу дополнительной силой, что приводит к созданию сложного возбуждения сыпучего материала, дополнительного разрыхления слоя материала (особенно для сыпучего материала с



повышенной влажностью или содержанием глинистых примесей) и более рациональному распределению материала по поверхности грохочения. При этом конструктивных решений, которые обеспечивают дополнительное воздействие на сыпучий материал, может быть достаточно много.

Рассмотрим решения [4], предложенные и запатентованные авторами.

Повышение эффективности процесса грохочения спирального вибрационного грохота с помощью гибкого вращающегося элемента (рис 7). В спиральном барабане слой сыпучего материала дополнительно разрыхляется гибким элементом. Элемент совершает вращательное движение вокруг оси спирального барабана. Совершив полный оборот в сторону противоположную вращению спирального барабана, а следовательно и движению частиц материала, элемент проходит под массивом материала, тем самым дополнительно разрыхляя его. Гибкий элемент также совершает вращательное движение вокруг своей оси с помощью планетарной передачи, что способствует более легкому прохождению элемента сквозь слой материала. Сложное возбуждение материала приводит к более рациональному распределению материала по поверхности просеивания, а также перемешиванию частиц разных фракций, что в свою очередь повышает производительность процесса грохочения.

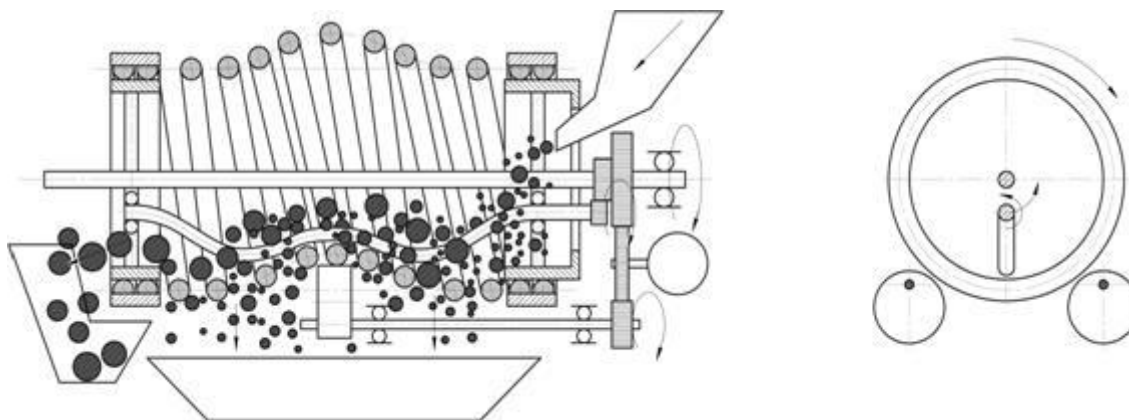


Рисунок 7 – Спиральный вибрационный грохот с гибким вращающимся элементом

Рассмотрим еще один из вариантов [4]. Повышение эффективности процесса грохочения спирального вибрационного грохота с помощью упругих стержней смонтированных концами на валу спирального барабана по окружности под углом 120 градусов (рис 8). Упругие стержни условно делят поверхность просеивания на три участка по длине спирального барабана. На каждом участке слой материала поочередно перемешивается упругими стержнями, по ходу вращения спирального барабана и движения

частиц материала. Что также приводит к более рациональному распределению материала по поверхности просеивания, и повышает производительность процесса грохочения.

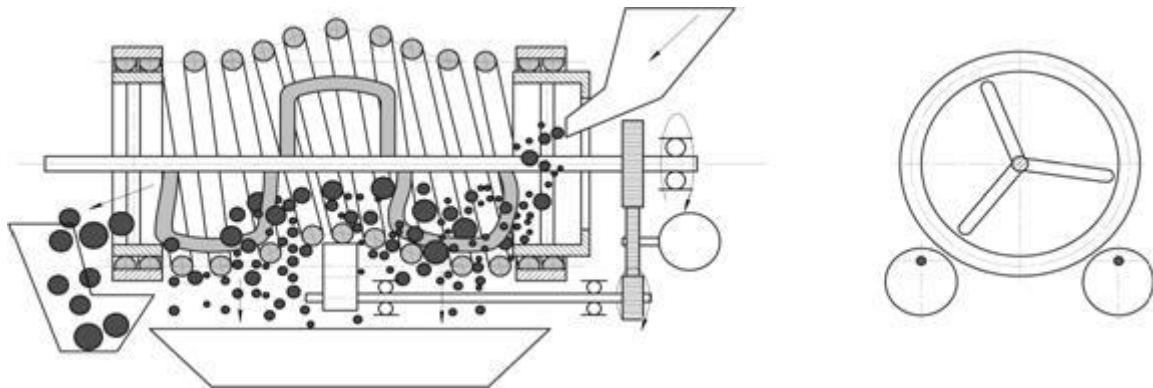


Рисунок 8 – Спиральный вибрационный грохот с упругими стержнями, смонтированными концами на валу спирального барабана

Данные конструкции [4] обеспечивают решение вышеуказанных задач по совершенствованию спиральных вибрационных грохотов. При этом затраты на модернизацию сводятся к минимуму. Экспериментальное исследование проводится на опытном образце спирального вибрационного грохота. Теоретическое исследование находится в стадии завершения.

Каменный уголь хоть и является относительно мягким материалом, но во время производственного процесса, особенно при высокой производительности (800-900 т/ч), протекают механические процессы транспортирования, перегрузки углей, в результате чего происходит износ оборудования. В конечных (товарных) продуктах обогащения содержание влаги должно быть доведено до норм [3]. Обезвоживание крупного концентрата на грохотах предполагает помимо механических вибрационных процессов, лежащих в основе грохочения и приводящих к быстрому изнашиванию сит, также работу в условиях повышенной влажности и возможное загрязнение оборудования (залипание шлама). Получается, что работа в жидкой среде приводит к возникновению коррозии металла, а следовательно к ускорению износа. Помимо углерода в состав углей входят и другие вещества. Во время мокрого способа обогащения эти вещества вступают в реакцию с водой. Результатом является образование токсичных веществ, вредных не только оборудованию, но и человеку, а также природе, так как загрязняется вода и воздух. Как и любой процесс, обогащение углей имеет свои отходы – пульпа, загрязнённая вода. При мокрых процессах обогащения обратная вода загрязняется тонким шламом. Для повторного использования её необходимо осветлять, так как применение загрязнённой оборотной воды

снижает эффективность процессов обогащения и обезвоживания. Схема осветления должна быть с замкнутым циклом. Сброс воды за пределы фабрики производить не рекомендуется из-за потерь угля и воды, а также из-за загрязнения водоёмов.

Все перечисленные выше факторы негативно сказывается на технологическом процессе, так как приводят к поломкам и отказам техники. В итоге возможны простои на время ремонта и замены оборудования. Следствием могут быть не только потери производительности, но также ухудшение экологической ситуации. Именно поэтому необходимо разработать комплекс мер, которые позволят увеличить надёжность и долговечность оборудования, снизят негативное воздействие на экологию, позволят более рациональное использование ресурсов и сделают производство более экономичным.

#### **Список литературы:**

1. Артюшин С.П. Обогащение углей – М.: Недра. 1975. – 384с.
2. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Н.А. Самылина, М.: Недра. 1974. – 488с.
3. Теплотехника: Учебник для вузов / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др.; Под ред. А.П. Баскакова, М.: Энергоиздат. 1982. – 264с.
4. <http://vestnik.kazntu.kz/?q=kk/node/534>

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА**

**Топоров А.А., Харченко М.А.**

Донецкий национальный технический университет

Природный газ широко применяется в качестве горючего как топливо для машин, котельных, ТЭЦ и др, также используется в химической промышленности как исходное сырьё для получения различных органических веществ посредством ректификации. Ректификация - это процесс многократного испарения многокомпонентной смеси с последующей конденсацией. Ректификацию проводят в реакторах - специальных ректификационных колоннах.

В настоящее время природный газ используется в основном в энергетических целях: тепловые электростанции на природном газе наиболее экологически чистые, пропан-бутановая фракция применяется в качестве бытового топлива, а также как горючее для автотранспорта [3]. Природный газ широко используют как дешёвое топливо с высокой теплотворной способностью (при сжигании 1 м<sup>3</sup> выделяется до 54 400 кДж). Это один из лучших видов топлива для бытовых и промышленных