

Д-р техн. наук Е.Л. Звягильский,
канд. техн. наук П.Е. Филимонов
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»)
канд. техн. наук В.Л. Морус
(ИГТМ НАН Украины)

СУХОЕ, МЕЛКОЕ И ТОНКОЕ ГРОХОЧЕНИЕ ВЛАЖНЫХ РЯДОВЫХ УГЛЕЙ ПЕРЕД ОБОГАЩЕНИЕМ

Розглянуто процеси сухого, дрібного й тонкого просівання вологого рядового вугілля перед збагаченням. Наведено приклади застосування техніки для здійснення таких процесів.

DRY, SHALLOW AND THIN CRASHING OF MOIST ORDINARY COALS BEFORE ENRICHING

The processes of dry, shallow and thin crashing of moist ordinary coals before enriching are considered. The examples of application of technique for realization of such processes are resulted.

В деятельности горнодобывающих и обогатительных предприятий на всех этапах добычи и переработки минерального сырья всегда наиболее важными и актуальными являются проблемы экономии энергетических и материальных ресурсов. Созданные на основании традиционных подходов структуры взаимодействий добывающих и обогатительных производств, как правило, предусматривают вовлечение в обогащение всех объёмов добываемых минералов. Это перегружает технологические схемы обогатительных фабрик, затрудняет или делает невозможным решение проблем оптимизации наиболее сложных, энерго и материалоёмких обогатительных переделов.

Вместе с тем, проведенный на примере угледобывающей промышленности анализ составов перемещаемых потоков горной массы свидетельствует, что непосредственно после добычи они зачастую содержат значительные (до 30 - 40%) объёмы классов крупности, приближающихся, а иногда и вполне соответствующих по своим потребительским параметрам конечным товарным продуктам. Как правило, это классы крупностью менее 3-6 мм, исключительно только механическое извлечение которых из добытой горной массы позволяет значительно сокращать грузопотоки, направляемые в технологические схемы обогатительных фабрик. Осуществляя таким образом, так называемое, превентивное или опережающее обогащение углей с естественными физико-механическими характеристиками, можно добиваться соответствующего существенного (до 30 - 40%) снижения энергетических и материальных затрат предприятий на обогащение. Средством реализации таких процессов в первую очередь может служить принципиально новая высоконадёжная и технологически эффективная специальная техника грохочения.

В Институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины в течение многих лет ведутся исследовательские работы по созданию, освоению производства и широкому внедрению технологически высокоэффективного и долговечного обогатительного оборудования на основе рабочих поверхностей из износостойких резин и динамически активных просеивающих поверхностей типа СДАЛ [1,2]. Одним из направлений таких работ, развиваемых в последнее

время совместно с ООО фирма «Размах», является создание специального высокопроизводительного оборудования для сухого выделения мелких и тонких классов из грузопотоков добытых и подаваемых на обогащение рядовых углей с естественной влажностью от 6 до 12 %. Общеизвестно, что грохочение углей с таким содержанием влаги, всегда являлось очень трудной, практически неразрешимой задачей. Причины этого состоят, прежде всего, в повышенной адгезионной способности частиц влажных рядовых углей к друг другу и к рабочим поверхностям классифицирующего оборудования, которую пока не удавалось сколь-нибудь эффективно преодолеть никакими известными методами импульсного, вибрационного или другого воздействия.

Длительные, в том числе специальные лабораторные технологические исследования показали, что вариантом её решения может быть способ, основывающийся на применении эластичной, упруго-деформируемой рабочей поверхности, и сочетающий в себе следующие эффекты:

- непрерывные циркуляционные перемещения грохотимого материала в поперечном сечении потока, генерируемые вращательным движением эластичных просеивающих поверхностей цилиндрической формы с наклоном оси вращения до 15°;

- деформирование в процессе грохочения эластичной рабочей поверхности от взаимодействия, в том числе ударного, с крупными (от 50 до 300 мм) кусками перерабатываемой горной массы;

- регулярное динамическое взаимодействие освобождающихся в каждом цикле вращения участков просеивающей поверхности со специальными очистителями;

- предотвращение условий для проявления адгезионных способностей тонких фракций углей к элементам конструкций сит на этапах движения частиц в каналах ячеек эластичных просеивающих поверхностей.

Непрерывные циркуляционные поперечные перемещения грохотимого материала призваны предотвращать возникновение адгезионных связей между его частицами в процессе взаимодействия с просеивающей поверхностью и постоянно разрушать образующиеся «агрегаты» из частиц влажного угля, которые препятствуют попаданию и прохождению мелких частиц через ячейки.

Воздействие крупных кусков от перекатывания и ударов в режимах циркуляции, близких к так называемым водопадным, имеет целью деформирование элементов конструкции эластичных сит, разрушение адгезионных связей частиц перерабатываемого влажного угля с просеивающей поверхностью и достижение максимальной её самоочистки от налипания.

Особенности работы устройств грохочения барабанного типа, состоящие в том, что в каждом цикле вращения рабочего органа значительная часть (более 50%) просеивающей поверхности высвобождается от взаимодействия с перерабатываемым материалом, позволяют дополнительно применить самые различные механизированные способы её очистки. Эти способы могут реализовываться большим числом конструкций, обеспечивающих в зависимости от условий и свойств грохотимого материала, различное динамическое взаимодействие таких участков со специальными очистителями. По мнению разработчиков, здесь эф-

фективными могут быть методы, например, ударного, скребкового, комбинированного и др. взаимодействия с очистителями самых различных исполнений.

Специальные конструкции резиновых сит, адаптированные под специфические условия работы барабанных грохотов со значительными углами наклона оси вращения цилиндрических рабочих поверхностей, и разработанные на основе исследований по самоочистке формы и профили сечений ячеек, способствуют снижению налипания мелких частиц подрешётных продуктов не только на рабочей поверхности барабанов, но и на поверхностях каналов ячеек. Достигается это применением в конструкциях просеивающих элементов СДАЛ несимметричных, или, так называемых, «дефлекторных» профилей сечений, благодаря которым при ударном взаимодействии с кусками перерабатываемого материала реализовываются дополнительные поворотные перемещения несущих элементов. Кроме того, решения с «дефлекторными» расширяющимися профилями сечений ячеек позволяют также обеспечивать всегда «затылованными» относительно вертикали положения их граней при значительных углах наклона рабочих поверхностей грохотов, что гарантированно уменьшает, или вовсе предотвращает налипания внутри ячеек.

Примером одного из первых и успешных решений таких задач может являться конструкция барабанного грохота ГБК с резиновыми ситами типа СДАЛ для сухого выделения тонких классов -3 мм и подготовки машинных классов для процессов крупной и мелкой отсадок из рядовых углей крупностью -100 мм в голове технологической линии ЦОФ «Киевская» (АП «Шахта им. А.Ф. Засядько»). В состав барабанного грохота (рис. 1, 2) входят следующие основные узлы: секционный барабанный рабочий орган 1, привод барабана 2, рама 3, прижимное устройство 4, катки упорные 5, опора неподвижная 6, опоры подъёмные, винтовые домкраты 7; опоры фиксирующие и укрытие пылезащитное (на схеме, рис. 1, 2 не показаны).

Барабан, исходя из условий доставки и монтажа в стеснённых условиях на самых высоких отметках фабрики, выполнен сборным из восьми секций: загрузочной, шести грохотильных и разгрузочной. Секция загрузочная выполняет одновременно две функции: её внутренняя цилиндрическая поверхность, покрытая резиновой футеровкой, служит для приёма, распределения и подачи груза на просеивающие поверхности грохотильной секции, а наружная поверхность с наплавленным электросваркой ромбическим протектором, служит бандажом для передачи вращения от приводных колёс к барабану. Поперечную жёсткость секции, кроме самой обечайки, обеспечивают ещё четыре элемента: на входе - кольцо, приваренное к внутренней поверхности обечайки, и конической формы воротник на торце обечайки, в средней части которой имеется кольцевое ребро, а в присоединительной части - фланец, соединяющий загрузочную секцию с грохотильными. Все шесть грохотильных секций выполнены одинаковыми и представляют собой пространственную решетчатую сварную цилиндрическую конструкцию с фланцами по торцам, которые по внутреннему диаметру выполнены в виде «лентодержателей» специальной формы для крепления резиновых просеивающих элементов сит типа СДАЛ. Каждая из шести грохотильных секций соединяется со смежной болтами, а для фиксации взаим-

ного расположения и разгрузки болтов от касательных сил на торцевой поверхности фланцев выполнены штифты и соответствующие им гнёзда.



Рис. 1 - Общий вид грохота ГБК на стендовых испытаниях

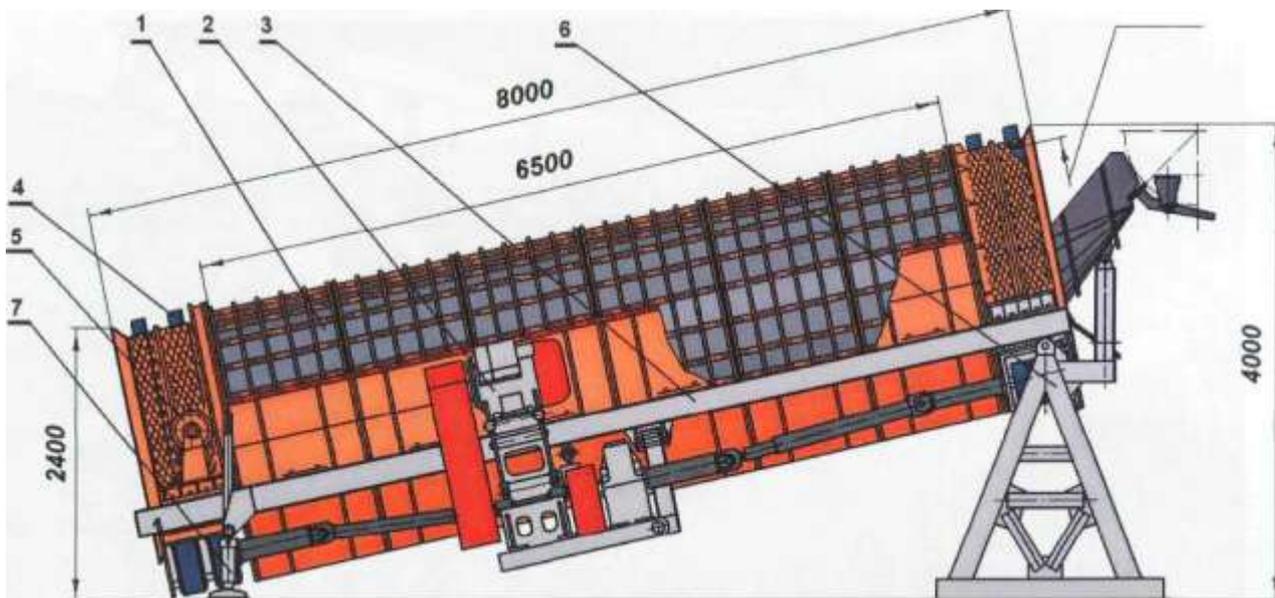


Рис. 2 - Схема конструкции и основные габаритные размеры грохота ГБК

Техническая характеристика грохота ГБК:

Расчётная производительность по питанию, т/ч- до 400;

Тип резиновых просеивающих элементов - СДАЛ;

Диаметр просеивающей поверхности, мм - 1710;

Суммарная площадь сит, м²- 35;

Угол наклона оси барабана к горизонту, град - 5-15;

Частота вращения барабана, мин⁻¹ - 12, 15, 18;

Тип привода - электромеханический, фрикционный;

Установленная мощность, кВт - 45;

Частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹ - 980;

Тип редуктора - цилиндрический 2ЦУ-315Н;

Габариты LxVxH, мм - 9000x3750x4000;

Масса, т - 14,5

Секция разгрузочная, по сравнению с загрузочной, выполняет ещё одну функцию. Торцевая поверхность её фланца служит опорой кольцевому рельсу, посредством которого весь барабан в сборе с достаточно сильно наклонённой осью вращения, упирается в упорные катки, установленные на опорной раме по обе стороны разгрузочной секции на уровне поперечной оси барабана.

Электромеханический фрикционный привод барабанного грохота включает следующие узлы: асинхронный электродвигатель мощностью 45 кВт при 1000 об/мин, лепестковую муфту, двухступенчатый цилиндрический редуктор, два симметрично расположенных относительно редуктора карданных вала и две пары опорно-приводных колёс с массивными высокоэластичными резиновыми шинами. Каждая пара колёс скомпонована в виде отдельных блоков, которые крепятся болтами к поперечным балкам рамы грохота. Неприводные колёса выполнены аналогично приводным, и установлены на валах такого исполнения, чтобы в случае повышенного износа приводных колёс можно было поменять их местами. Для этого при замене блоков ведущих колёс на блоки ведомых, колёсные пары одного банджа меняют местами с разворотом на 180° без снятия ко-

лѣс со ступиц их валов.

Поскольку доступ к крепѣжным деталям колѣсных пар со стороны разгрузки затруднѣн, конструкция грохота предусматривает возможность улучшать условия эксплуатационных и ремонтных работ в этой зоне. Обеспечивается это возможностью подъѣма со стороны разгрузки с помощью винтовых домкратов рамы и совместно с ней барабана на величину хода - до 800 мм.

Представляемая здесь конструкция для грохочения влажных рядовых углей на специальных эластичных, упруго-деформируемых рабочих поверхностях типа СДАЛ, имела также целью проведение исследовательских и эксплуатационных испытаний по обоснованию её рациональных параметров в реальных промышленных условиях. Поэтому главное назначение подъѣмных опор состояло в реализации возможности регулирования угла наклона оси вращения барабана. Для этих же целей агрегаты привода этого варианта конструкции размещены не на фундаменте, а закреплены на шарнирно подвешенной к раме платформе. Благодаря такому решению, при варьировании угла наклона, привод со всеми входящими в его состав узлами и агрегатами, от двигателя до приводных, опорных и прижимных колѣс, всегда перемещается совместно с рамой и не требует изменений или корректировок его настроек. Предусмотренное изменение частоты вращения барабана грохота в интервале от 12 до 18 об/мин, обеспечивалось наличием в составе привода промежуточного вала и сменными шкивами клиноременной передачи.

В комплексе мероприятий по совершенствованию технологии обогащения, а также модернизации схемы цепи аппаратов и оборудования ЦОФ «Киевская», первый экспериментальный образец грохота ГБК был введен в эксплуатацию в действующей технологической линии фабрики в январе 2006 г.

Для обоснования наиболее рациональных конструкций, типоразмеров и апертур, начальный этап испытаний и эксплуатации грохота предусматривал опробование нескольких типов сит. В первом пусковом варианте рабочая поверхность грохота формировалась двумя следующими конструкциями СДАЛ:

- три секции со стороны загрузки грохота были оснащены СДАЛ на основе просеивающих элементов со щелевидными ячейками 5×30 мм, продольные оси которых имели параллельную относительно оси вращения барабана ориентацию;

- в трёх секциях со стороны выгрузки устанавливались СДАЛ с ячейкой 20 мм и апертурой с разомкнутым контуром типа РЛСС для двух смежных ячеек. Кроме того, рабочая поверхность просеивающих элементов этих сит для повышения износостойкости при взаимодействии с большим числом крупных кусков перерабатываемого материала, была снабжена специальным, выполненным в виде шипов протектором.

Исходя из требований обеспечения достаточно высокой заданной производительности агрегата - до 400 т/ч, по внутренней рабочей поверхности барабана располагалась многозаходная транспортирующая в сторону выгрузки спираль. В секциях тонкого грохочения по крупности 3 мм со стороны загрузки грохота её высота составляла 40 мм, а в секциях мелкого грохочения со стороны выгрузки она была около 20 мм. Межвитковый шаг в том и другом случаях был

равен 120 мм. Основываясь на серии пусконаладочных технологических экспериментов, выполненных ещё при сборке грохота в цеховых условиях, частота вращения барабана при вводе грохота в эксплуатацию была задана на уровне 15 об/мин. На основании этих же экспериментов была также откорректирована апертура СДАЛ с яч. 20 мм. Корректировка осуществлялась путём ликвидации зубцов в межопорных пролётах просеивающих элементов, что привело к изменению профиля большего числа ячеек на щелевую с ориентацией их продольных осей параллельно оси вращения барабана и увеличению живого сечения этого сита.



Рис. 3 - Ввод в эксплуатацию ГБК на участке головного грохочения ЦОФ «Киевская»

Первые наблюдения и оценки технологических показателей грохочения показали не только существенные различия в технологических результатах работы грохота при характерном для рядовых углей ЦОФ «Киевская» изменении влажности от 6 до 12%, но и весьма значительное влияние конструктивных элементов на рабочей поверхности сит на налипание и «замазывание» ячеек тонкими фракциями. Последнее и явилось главным фактором, ограничивавшим на этом этапе достижение сколь-нибудь приемлемых значений эффективности грохочения. Из снимков на рис.4 видно насколько велики потери «живого сечения» из-за налипаний между спиралями и штифтами протектора, причём как на ситах тонкого по крупности 3 мм, так и на ситах мелкого по крупности 20 мм грохочения.



Рис. 4 - Налипания мелких фракций угля на первоначально применённых конструкциях просеивающих элементов СДАЛ с яч. 5 и 20 мм после суточной эксплуатации ГБК

Важно отметить, что результаты, представленные на рис.4, были получены уже тогда, когда на ситах грохочения по классу 3 мм транспортирующие спирали были срезаны до высоты 15 -20 мм, и в качестве эксперимента были установлены, так называемые, «анкерные» очистители. Эти очистители выполнялись в виде закреплённых через ячейки болтов длиной до 70 мм, выходящих своими длинными свободными концами внутрь барабана. Замысел состоял в том, что при вращении барабана крупные куски, перекатываясь и ударно воздействуя на болты, будут заставляя их колебаться в эластичной заделке, чем обеспечится дополнительное деформирование участков сита возле них и интенсифицируется самоочистка ячеек. Однако, снимки, приведенные на рис. 4, свидетельствуют, что перечисленные мероприятия не явились эффективным решением проблемы, и налипания на рабочей поверхности грохота оставались весьма значительными. Выполненные в этот период оценки технологических показателей грохочения позволили установить, что при ориентации щелевидных ячеек вдоль оси барабана, вращающегося с частотой более 12 об/мин, граничная крупность разделения углей с влажностью 6 - 12% не менее чем в 1,5 - 2 раза меньше поперечного размера щелей. На основании этих результатов для выделения классов крупности -3 мм были созданы и применены в дальнейшей эксплуатации сита СДАЛ со щелевыми ячейками 5 * 22мм, продольные оси которых ориентированы перпендикулярно оси вращения, а для выделения -20 мм - СДАЛ с квадратными ячейками 45 x45 мм. Со стороны рабочих поверхностей просеивающие элементы этих сит выполнялись гладкими и не имели никаких протекторных или транспортирующих деталей.

Такое изменение конструкций просеивающих элементов СДАЛ позволило значительно уменьшить налипание и повысить уровень достигаемых технологических показателей грохочения с увеличением суммарной производительности секций выделения подрешётных классов -3 мм с 10- 12 до 14- 16 т/ч при влажности питания 6 - 10 %. Вместе с тем, выполненные в этот период наблюдения за особенностями работы грохота и его сит показали, что в условиях ЦОФ «Киевская», влажность рядовых углей, подаваемых на обогащение, в течение суток меняется, как правило, с увеличением до 10 - 12 % во второй поло-

вине и к завершению ночных смен. В эти промежутки времени налипания мелких частиц угля на внутреннюю рабочую поверхность грохота, а также узлы и детали барабана с его внешней стороны существенно возрастают, предельно снижая показатели разделения и производительность агрегата по подрешётным классам. В целом удалось установить, что в диапазоне режимных и конструктивных параметров ГБК, имеющиеся в надрешётных фракциях содержанием до 15 - 20% куски крупностью -100 +50 мм, ни в каскадном, ни в водопадном режимах циркуляционных перемещений не обеспечивают необходимого для максимальной самоочистки ударного воздействия и деформирования резиновой рабочей поверхности. Всё это послужило основой для решения о создании и применении специальной системы очистки рабочей поверхности грохота.

На первом этапе, из большого числа технических предложений и разработок, как наиболее простая, была принята система с подвесными ударными очистителями, размещёнными внутри барабана. В начальном оценочном варианте такой системы в качестве очистителей были применены резиновые цилиндрические амортизаторы вибрационных грохотов, подвешиваемые на цепях внутри барабана креплением через ячейки и стыки резиновых просеивающих элементов СДАЛ к металлоконструкциям секций ГБК тонкого грохочения (рис. 5).



Рис. 5 - Система очистки рабочей поверхности ГБК подвесными ударными очистителями.

Если, для описания механики работы системы, начальной отметкой назначить зону нахождения ударных очистителей под слоем материала (нижняя левая зона внутри барабана на рис. 5, вращающегося по часовой стрелке), то она выглядит следующим образом. Вращением барабана очиститель вытаскивается из слоя перерабатываемого в грохоте материала, переносится к правой поло-

вине, где в нижней её части ударяет по резиновым просеивающим элементам. После этого он перекачивается по нижней поверхности барабана и вновь попадает под слой материала, после чего цикл повторяется.

Такие результаты явились основанием к разработкам специальной конструкции ударных очистителей для резиновых просеивающих поверхностей барабанных грохотов. Учитывая особенности механики перемещений и взаимодействия очистителей с просеивающими элементами внутри вращающихся барабанов, создана конструкция и технологическая оснастка для изготовления резинометаллического ударного очистителя типа «Летвед» (рис. 6). Его наружная рабочая поверхность выполнена конической для обеспечения высокой разнонаправленности траекторий перемещения при перекачивании внутри барабана, а внутренняя часть - в виде ёмкости, заполняемой перерабатываемым в грохоте материалом. В сочетании с расположенным внутри резинового массива металлическим крепёжным каркасом-утяжелителем это позволяет дополнительно увеличивать его массу и осуществлять частичный перенос грохотимого материала к противоположной свободной стороне просеивающей поверхности барабана. Тем самым, несколько увеличивается зона взаимодействия материала с ситом грохота, и дополнительно повышаются производительность и эффективность грохочения.

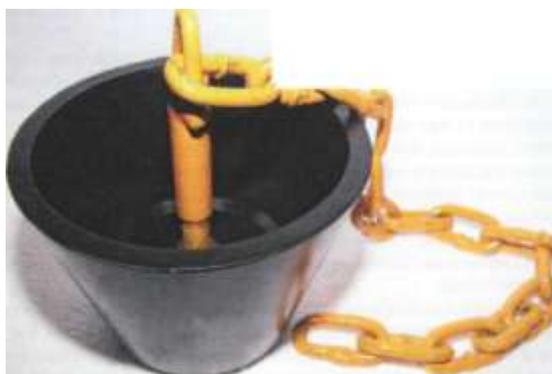


Рис. 6 - Очиститель ударный «Летвед».

В целом практика годовой эксплуатации грохота ГБК в голове технологической линии ЦОФ «Киевская» показала следующее:

1. Технология изготовления всех основных узлов и деталей приводных и сеющих секций грохота путем гнутья без последующей механической обработки обеспечивает достаточную для плавной работы всей машины правильность геометрической формы бандажей, фланцевых соединений и опорных поверхностей под резиновые футерующие и просеивающие элементы. Амплитуда колебаний оси вращения грохота, как со стороны загрузки, так и со стороны выгрузки не превышает 25 мм.

2. Система крепления «клёпка» резиновой демпфирующей футеровки в приводных секциях и резиновых просеивающих элементов в сеющих секциях грохота обеспечивает исключительно механическое, надежное соединение с металлоконструкциями без применения каких-либо дополнительных крепежных изделий и клеев. Во всём периоде наблюдений нарушения крепежных соеди-

нений резиновых деталей рабочей поверхности грохота с металлоконструкциями барабана не происходили.

3. Способ грохочения, положенный в основу конструкции ГБК, в габаритных размерах и компоновке, привязанной к технологической схеме ЦОФ «Киевская», позволяет тремя секциями тонкого грохочения обеспечивать достижение производительности до 50 - 60 т/ч по выделению мелких классов влажных рядовых углей крупностью - 3 мм при нагрузках по исходному питанию до 340 - 360 т/ч.

4. Режимные параметры грохота и конструкции просеивающих элементов СДАЛ со специальным «дефлекторным» профилем ячеек и апертурой, в сочетании с системой ударных очистителей «Летвед» обеспечивают необходимую для указанных параметров нагружения высокоэффективную самоочистку сит от налипающего на их рабочую поверхность влажного угля.

5. Фрикционный привод двумя блоками спаренных колёс с монолитными неармированными высокоэластичными шинами обеспечивает надежную передачу крутящего момента и мощности при общей массе рабочего органа с материалом - до 10 т.

6. Необходимым и обязательным элементом конструкции барабанных грохотов, аналогичного с ГБК назначения, должны быть устройства автоматического отключения привода при аварийных остановах вращения барабана. Следствием отсутствия таких устройств могут являться нерегламентированные разрушения и износ протекторов и массивов монолитных высокоэластичных шин фрикционного привода.

7. Установленный при запуске режим работы прижимных устройств «только для подстраховки», показал, что надежная работа фрикционного привода может обеспечиваться без прижимных колёс. Это позволяет сделать вывод, что в дальнейшей эксплуатации ГБК и разработках подобных агрегатов от них можно отказаться.

8. Стандартные агрегаты, применённые в конструкции привода - электродвигатель, редуктор, автомобильные карданные валы в периоде годовой эксплуатации работали надёжно и никаких эксплуатационных проблем не создавали.

Таким образом, на основании реализации комплекса приведенных выше научно-технических решений и результатов годовой эксплуатации грохота ГБК в технологической линии ЦОФ «Киевская», можно сделать вывод, что создана машина, в конструкции которой решены следующие проблемы:

- реализованы условия для стабильно эффективного сухого тонкого и мелко-го грохочения рядовых углей содержанием влаги от 8 до 12 % производительностью до 400 т/ч путём осуществления процесса в режиме оптимизированных интенсивных циркуляционных перемещений, генерируемых вращательным движением износостойких высокоэластичных цилиндрических рабочих поверхностей из специальных просеивающих элементов сит типа СДАЛ;

- созданы специальные апертуры резиновых просеивающих элементов СДАЛ, в том числе с дефлекторным профилем ячеек, обеспечивающие повышенную способность сит к самоочистке от взаимодействия с крупными кусками

перерабатываемого материала;

- разработана с обоснованием параметров система постоянной принудительной очистки эластичных сит барабанных грохотов ударными очистителями;

- создан принцип конструирования модульных рабочих органов барабанных грохотов минимальной массы за счёт полного эффективного футерования износостойкими резиновыми элементами всех узлов и деталей, взаимодействующих с перерабатываемым материалом;

- разработаны способы бескрепёжного, простого соединения футерующих и просеивающих элементов с металлоконструкциями приводных и сеющих секций, а также замены всех резиновых узлов, формирующих рабочую поверхность барабанных грохотов. Способы, обеспечивают полную герметизацию узлов стыковки, а также существенное повышение износостойкости за счёт создания полей сжимающих напряжений со стороны взаимодействия с перерабатываемым материалом.

Оценивая уровень технико-экономических показателей, достигнутых эксплуатацией ГБК в сравнении с известным оборудованием [3,4,5], необходимо отметить, что принципы применения износостойких резин для формирования в барабанных грохотах всех защитных и просеивающих рабочих поверхностей, позволяют создавать аналогичные по производительности и эффективности машины с уменьшением массы в 1,5 - 1,8 раз, а энергопотребления - до 2 раз. Это дополнительно упрощает конструкции, уменьшает стоимость барабанных грохотов, а также снижает затраты на их эксплуатацию и ремонт.

Грохот ГБК, с его реализованными возможностями по сухому выделению тонких классов -3 мм из рядовых углей и мелкому грохочению по подготовке машинных классов перед процессами крупной и мелкой отсадок, стал стержневым агрегатом в решении задач совершенствования и реконструкции технологической линии ЦОФ «Киевская». Его ввод в эксплуатацию позволил создать новую схему обогащения с возможностью вывода из процесса переработки, в самом его начале, до 15 - 20% угольной массы тонких фракций, имеющих естественный невысокий, от 12 до 20 % уровень «зольности». Причём, в зависимости от параметров исходной горной массы, состояния оборудования технологической схемы фабрики и её результирующих показателей обогащения, эта часть материала может использоваться в качестве «присадок» к концентрату, или в обход процесса отсадки перерабатываться в специальной технологической схеме. Во всех случаях, возможность исключить или свести до минимума подачу тонких классов в отсадочные машины позволяет предельно снизить потери этого обогатительного передела, облегчить работу оборудования обезвоживания и обесшламливания концентратов отсадки, снизить нагрузку на флотационное отделение фабрики. При создании специальной технологической схемы по переработке класса -3 мм были применены, работающие по принципу концентраторов Райхерта, стационарные конусные сепараторы, продукты обогащения которых обезвоживались горизонтальными центрифугами. В результате реализации перечисленных мероприятий удалось существенно снизить нагрузку на флотационное отделение, сократить и упростить водно-шламовые схемы, уменьшить затраты на обогащение и повысить производительность предприя-

тия.

Рассмотренные разработки, технологические и эксплуатационные результаты послужили основой для совершенствования ГБК (рис. 7) и создания на его основе целого типоразмерного ряда барабанных грохотов с усовершенствованными конструкциями сеющих секций и самого барабана в целом, а также узлов и агрегатов привода (рис. 8). По мнению разработчиков, рациональным наполнением такого типоразмерного ряда являются машины с расчётной максимальной производительностью 100; 200; 400 и 600 т/ч. Обеспечиваться такие параметры могут не только за счёт длины просеивающего барабана, но и его диаметра. Представленный на рис. 8 типоразмерный ряд расширяют варианты конструкций с рабочим диаметром барабана класса 1500; 2000; 2300; 2500 и 3000 мм. Для решения определённых специфических проблем головного грохочения на других углеобогатительных предприятиях возможны и другие варианты задания основных конструктивных и технологических параметров, а также и иные, индивидуальные исполнения барабанных грохотов с учётом особенностей и размеров транспортно-перегрузочных пунктов и строительных сооружений фабрик.

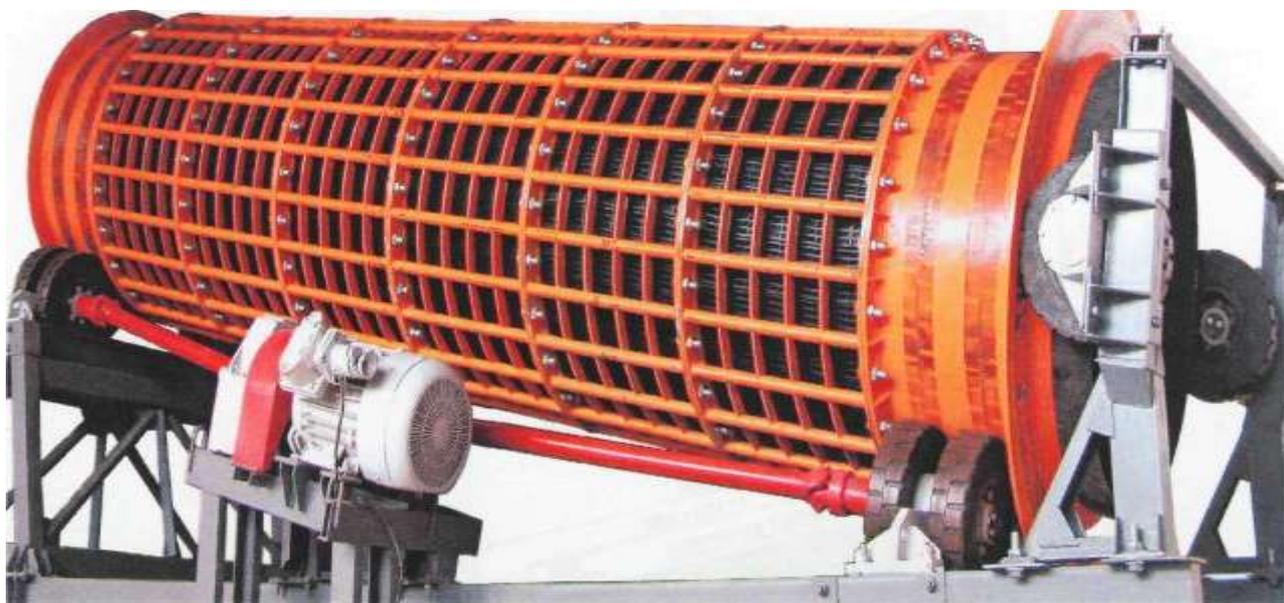


Рис. 7 - Модернизация грохота ГБК для второй технологической линии ЦОФ «Киевская».

Наработанный более чем пятилетний опыт эксплуатации ГБК в технологической линии ЦОФ «Киевская» показал не только главные направления совершенствования его узлов и агрегатов, но и явился основой создания различных вариантов компоновочных схем опорно-приводных платформ.

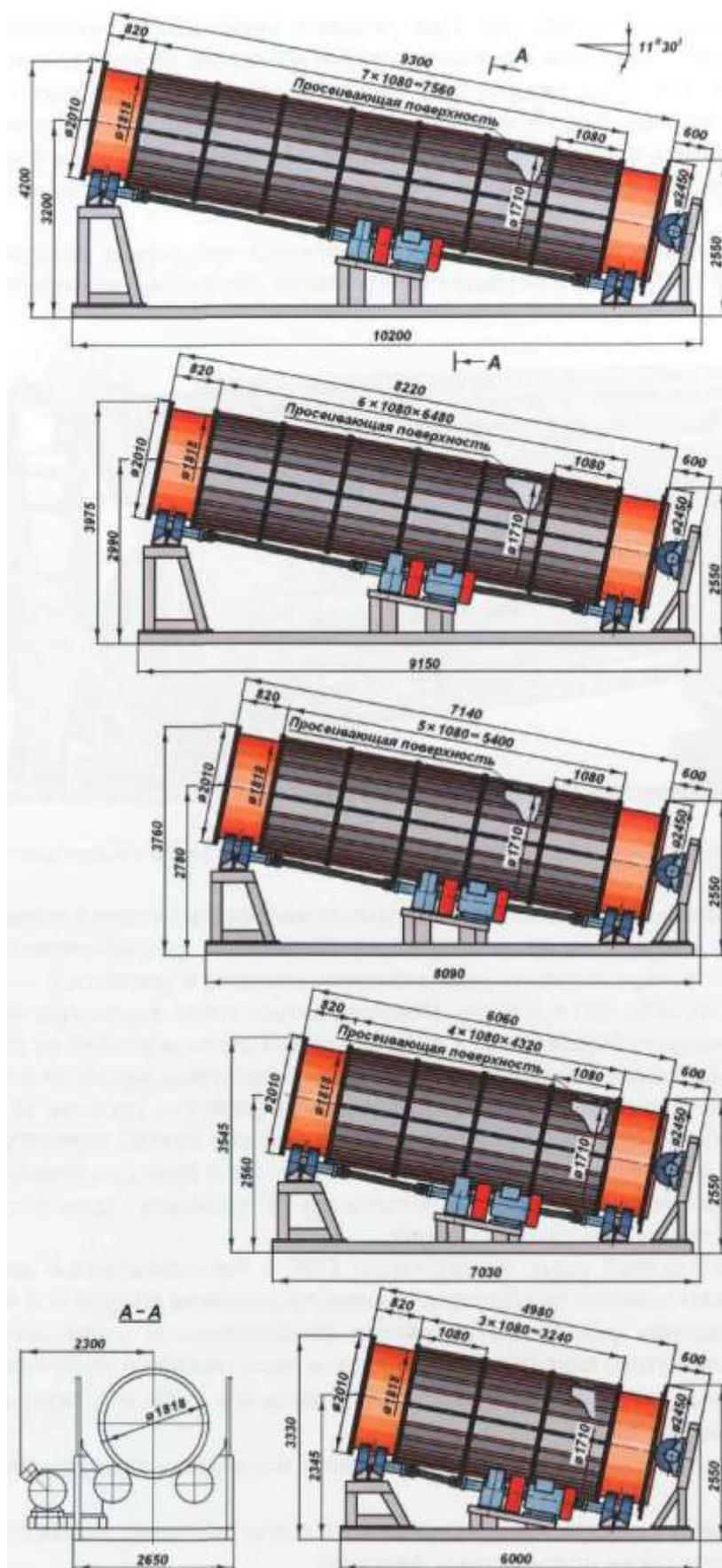


Рис. 8 - Типоразмерный ряд барабанных грохотов с «двухплечевым» приводом от одного электродвигателя и рабочими поверхностями СДАЛ.

Цели и задачи этого направления разработок заключаются в следующем:

- демпфирование пусковых нагрузок и устранение пробуксовок в узлах и деталях приводов с асинхронными электродвигателями;
- синхронизация пусковых параметров при применении в приводных платформах нескольких электродвигателей;
- упрощение конструкций, снижение материальных и эксплуатационных затрат на изготовление и обслуживание воронок сбора подрешётных фракций;
- упрощение операций и уменьшение затрат на работы по ремонтам и заменам сеющих секций грохота;
- создание технологичных конструкций защитных аспирационных кожухов;
- максимальное снижение металлоёмкости и общей массы грохота для расширения возможностей его применения в мобильных установках и комплексах.

В разработанных вариантах конструкций барабанных грохотов предусматривается два основных пути решения задач демпфирования пусковых нагрузок. Один из них связан с развитием электрических схем управления пуском и плавным регулированием частоты вращения приводных электродвигателей. Другой основывается на применении специальных механических узлов и устройств. Предпочтительность того или иного варианта определяется для каждого конкретного случая применения агрегата исходя из специфики деятельности предприятия, его местоположения, особенностей энергоснабжения, экономической целесообразности и др. Электрический плавный пуск и регулирование частоты вращения предпочтительней для грохотов «средней» (до 300 т/ч производительности) мощности, эксплуатирующихся в стационарных установках и на предприятиях развитых промышленных регионов. Для грохотов большей производительности и диаметров от 2000 мм и более, из-за существенно повышающейся стоимости такого электрооборудования, а также грохотов, применяемых в отдалённых, труднодоступных регионах, по нашему мнению, более целесообразны механические средства, каковыми могут являться специальные эластичные упруго-деформируемые муфты или гидромуфты.

Заводские испытания также показали, что гидромуфты являются достаточно эффективным средством синхронизации пусковых параметров при применении в приводных платформах нескольких электродвигателей. В разработанных в настоящее время вариантах конструкций предлагаются приводные платформы с одним, двумя или четырьмя электродвигателями. Узлы сопряжения электродвигателей с редукторами предусматривают комплектацию и возможность установки с взаимной заменой эластичной упруго-деформируемой муфты и гидромуфты. Примером конструкции с «двухплечевым» приводом и двумя электродвигателями является созданный на базе ГБК барабанный грохот ГБА (рис. 9) для промывочных комплексов новых высокопроизводительных технологий добычи и обогащения мелкого самородного золота.

Кроме отмеченных особенностей опорно-приводной платформы, конструкцию грохота отличает удлинённая загрузочная секция, которая благодаря специальной резиновой «лифтёр-футеровке» выполняет функцию короткого приёмного скруббера, а также компоновка выгрузочной секции и узла взаимодей-

ствия барабана с упорной траверсой. В сеющих секциях барабана, попарно со стороны загрузки установлены сита СДАЛ тонкого грохочения по крупностям 2,0; 3,0 и 5,0 мм со щелевыми, ориентированными поперёк оси вращения барабана ячейками. Важным требованием к конструкции сит для таких технологий является их высокая эффективность извлечения подрешётных классов, надёжность крепления и долговечность при высокопроизводительной подаче материалов с большим от 40 до 80% содержанием глин и валунами крупностью до 300 - 500 мм, а иногда и более.



Рис. 9 - Грохот ГБА для золотодобывающих технологий.

Основываясь на исследованиях, максимально моделирующих промышленные условия нагружения, для выполнения этих требований разработаны специальные конструкции просеивающих элементов и модификации их крепления. Такие просеивающие элементы снабжены деталями формирования многозаходных транспортирующих спиралей, одновременно выполняющих функции защиты рабочей поверхности полотна и демпфирования ударных нагрузок от взаимодействия с крупными кусками и валунами (рис. 10).



Рис.10 - Валун, применяемые при исследованиях и внутренняя рабочая поверхность грохота ГБА в заводских испытаниях.

Грохот ГБА с сезона 2009 г. эксплуатируется компанией ЗАО «АМУР-

ДОРЕ» в технологической схеме добычи мелкого и тонкого золота на месторождении ПИКАН Амурской области. Общий вид главного технологического агрегата мобильной промывочной установки с грохотом ГБА представлен на рис. 11. Установленный на санной платформе, грохот обеспечивает высокоэффективную дезинтеграцию, отмывку и извлечение золотосодержащих минералов крупностью $-2,0 + 0$; $-3,0 + 2,0$ и $-5,0 + 3,0$ мм, которые из соответствующих воронок сбора под-решётных фракций подаются на блок шлюзов мелкого наполнения, где осуществляется извлечение самородного золота соответствующих классов крупности. Установка работает с производительностью по питанию до 140 т/ч и подачей промывочной воды с расходом около $400 \text{ м}^3/\text{ч}$.

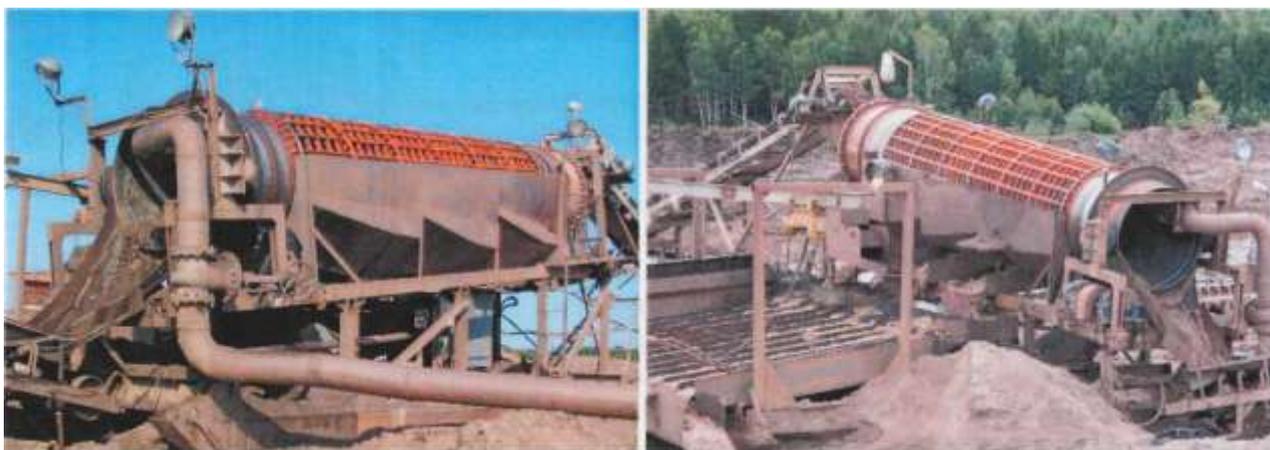


Рис. 11 - Грохот ГБА в мобильной промывочной установке добычи тонкого золота на месторождении ПИКАН Амурской области.

О качестве промывки и размерах валунов, перерабатываемых в грохоте ГБА, убедительно свидетельствует фотография его надрешётных продуктов, которые после выгрузки из грохота отправляются в отвал.



Рис. 12 - Отмытые куски и валуны надрешётных фракций грохота ГБА.

Такие эксплуатационные показатели и технологические результаты по дезинтеграции, промывке, тонкому сухому и мокрому грохочению материалов с

кусками до 200 раз превышающими граничную крупность разделения, обеспечивают перспективность и очень широкую область применения барабанных грохотов с резиновыми рабочими поверхностями типа СДАЛ. Они также должны представлять по нашему мнению, значительный интерес для предприятий, совершенствующих свои технологические процессы и осваивающих новые, высокопроизводительные технологии обогащения, в том числе техногенных месторождений.

Решая задачи постоянного расширения области использования нового, аналогичного ГБК и ГБА оборудования, которые зависят от возможностей применения в их конструкциях различных типов просеивающих поверхностей, разработчиками создан специализированный для барабанных сеющих модулей типоразмерный ряд резиновых сит типа СДАЛ тонкого и мелкого грохочения (таблица №1). Производство таких сит обеспечено ООО фирмой «Размах» необходимой технологической оснасткой и налажено в ИГТМ им. Полякова НАН Украины.

Основываясь на модульном принципе конструирования, для технологических схем углеобогащения с предварительным грохочением, а также для грохочения крупнокусковых высокоабразивных материалов по крупности от 50 до 300 мм разработана серия конструкций грохотов барабанных колосниковых класса «Гризли». В технологиях обогащения углей такие конструкции могут создаваться по индивидуальным заказам или предназначаться для установки взамен широко известных, так называемых цилиндрических грохотов со спиральной рабочей поверхностью ГЦЛ-1 и ГЦЛ-3. В других технологиях оборудование этого типа может широко применяться для защитного грохочения и выделения самых тяжёлых негабаритов, а также как агрегаты подготовки рудных пульп перед операциями дезинтеграции, промывки и классификации, например, в скрубберах. Размеры таких негабаритов могут достигать 800 - 1000 мм, причём при необходимости, процессы их выделения могут совмещаться с эффективной отмывкой от налипающих мелких и глинистых фракций. Применение для формирования колосниковой рабочей поверхности таких грохотов высокоэластичных износостойких резин имеет главной целью снижение демпфированием ударных нагрузок на колосники барабана, а также на узлы и детали опорно-приводных платформ. Другим важным эффектом от применения резин в таких системах является снижения шумов при переработке крупных кусков и тяжёлых негабаритов. Одним из вариантов и примеров конструкции барабанного колосникового грохота для выделения и отмывки классов крупности +300 мм из подаваемого на обогащение сильно зараженного глинами алмазосодержащего сырья является представленный на рис. 13 грохот ГБР.

Таблица 1 - Просеивающие элементы СДАЛ для техники грохочения барабанного типа

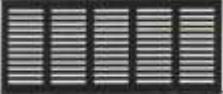
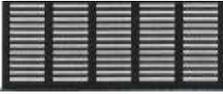
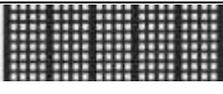
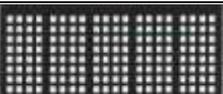
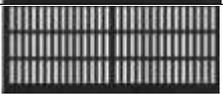
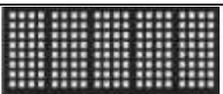
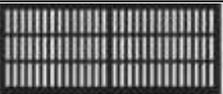
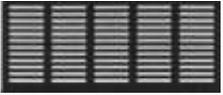
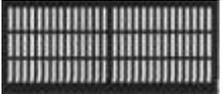
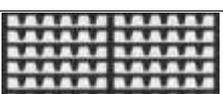
№№ п/п	Размеры ячеек, мм	Апертура и ориентация относительно оси вращения грохота	Профиль сечения ячеек
1	0,5 x 6,0		Расширяющийся симметричный
2	0,8 x 6,0		Расширяющийся симметричный
3	1,2 x 6,0		Расширяющийся симметричный
4	1,2 x 1,2		Расширяющийся симметричный
5	2,0 x 2,0		Расширяющийся асимметричный - «контрдефлектор»
6	2,0 x 12,0		Расширяющийся симметричный
7	3,0 x 22,0		Расширяющийся асимметричный - «контрдефлектор»
8	5,0 x 5,0		Расширяющийся симметричный
9	5,0 x 22,0		Расширяющийся симметричный
10	5 0 x 30 0		Расширяющийся симметричный
11	8,0 x 30,0		Расширяющийся симметричный
12	10,0 x 22,0		Расширяющийся симметричный
13	20,0 x 20,0		Расширяющийся симметричный, разомкнутый типа РЛСС
14	25,0 x 45,0		Расширяющийся симметричный, разомкнутый типа двухсторонних РЛСС
15	45,0 x 45,0		Расширяющийся симметричный



Рис. 13 - Грохот барабанный колосниковый ГБР для выделения и отмывки негабаритов крупностью +300 мм.

Техническая характеристика грохота ГБР (ГБР. 3,2x1,7):

Расчётная производительность по питанию, т/ч - до 800;

Количество просеивающих секций - 1;

Диаметр просеивающей поверхности, мм - 1710;

Суммарная площадь грохочения, м² - 16,8;

Угол наклона оси барабана к горизонту, град - 5-15;

Частота вращения барабана, мин⁻¹ - 12, 15;

Тип привода - электромеханический, фрикционный;

Установленная мощность, кВт - 18,5;

Частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹ - 735;

Тип редуктора - цилиндрический 1Ц2У-250М 20 11(22);

Габариты LxVxH, мм - 7350x3290x2875;

Масса, т - 13,5

Опорно-приводная платформа этого агрегата выполнена с двумя приводными колёсными парами и электродвигателями, размещёнными со стороны загрузки. Опорная выгрузочная и приводная загрузочная секции по рабочей поверхности защищены напряжённым сжатием футеровкой (рис. 14). Со стороны загрузки футеровка снабжена транспортирующими лифтёрами.



Рис. 14 - Рабочие поверхности секций грохота ГБР

Колосники грохота защищены резиновыми футеровками с повышенными амортизирующими характеристиками и каблучковыми протекторами (рис. 15).



Рис. 15 - Колосник сеющей секции грохота ГБР

Грохот ГБР применён компанией «Уралалмаз» в технологической линии обогащения алмазосодержащего сырья для подготовительной дезинтеграции и обводнения тяжёлых, труднодиспергируемых глинистых материалов перед переработкой в высокопроизводительных скрубберах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Червоненко А.Г. Износостойкие динамически активные просеивающие поверхности из эластомеров для разделения сыпучих материалов и пульп / Червоненко А.Г., Морус В.Л. // Труды II Международного симпозиума по механике эластомеров, июнь, 1997, г. Днепропетровск. - 1997. - Т1. - С. 296-309.
2. Морус В.Л. Новые износостойкие резиновые рабочие поверхности для грохотов барабанного типа, закономерности перемещения материала внутри цилиндров с многозаходной транспортирующей спиралью / Морус В.Л., Никутов А.В. // Геотехническая механика. – Днепропетровск. - 1998. – Вып. 7. - С. 125-132.
3. Степаненко А.И. Современное оборудование дезинтеграции / Степаненко А.И. // - Новосибирск: режим доступа: <http://gmexp.ru/about/>.
4. Высотин А.В. Обогащение стекольных песков / Высотин А.В., Степаненко А.И. // - Новосибирск: режим доступа: <http://gmexp.ru/about/>.
5. Пятаков Вл. Г. Скрubberный агрегат облегченной конструкции / Пятаков Вл. Г., Пятаков Вик. Г. // Горный журнал. – 2006. - №2.

Д-р техн. наук Е.С. Лапшин,
канд. техн. наук А.И. Шевченко
(ИГТМ НАН Украины)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОЧЕНИЯ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Приведен обзор технических решений вибрационных грохотов и сравнение показателей их работы с известными методами обезвоживания минерального сырья. Предложены варианты развития подобных аппаратов в институте геотехнической механики Национальной академии наук Украины.

ANALYSIS OF THE CONDITION OF DEVELOPMENT VIBRATING SCREENING AT DEHYDRATION OF MINERAL RAW MATERIALS

The review of technical solutions vibrating screens and comparison of indicators of their work with known methods of dehydration of mineral raw materials is provided. Options of development of similar devices at institute of geotechnical mechanics of National academy of Sciences of Ukraine are offered.

Во многих отраслях применяют процессы обезвоживания. Поэтому проблемой обезвоживания занимаются многие специалисты Украины и зарубежья, среди которых: Национальный горный университет, Гипромашуглеобогащение, УкрНИИуглеобогащение, Гипромашобогащение, Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова (ИГТМ НАН Украины), Механобрчермет (Россия), фирмы: "Шенк" и "Уде" (Германия), "Репифайн" и "Деррик" (США), "Фурукава" (Япония), "Круш" (Израиль), и др.

В данной работе рассматриваются опыт и предложения по обезвоживанию продуктов обогащения на вибрационных грохотах, а также их целесообразность и техническая возможность. Актуальность исследований и анализа опыта связаны с потребностью снижения содержания влаги в тонких классах до кондиционных норм, а также с недостаточной изученностью свойств исходного сырья, отсутствием возможности управления процессом разделения в зависимости от физико-механических свойств исходного материала и научной базы для выбора техники и обоснования технологии обезвоживания сырья.

Цель работы – анализ технических решений по обезвоживанию продуктов обогащения на вибрационных грохотах и области их использования.

Классификация видов грохочения выполнена в [1].

В работах [2,3] показано, что при тонком и особо тонком грохочении доминирующую роль играют силы поверхностного натяжения, действующие на границе фаз. Для эффективного обезвоживания необходимо преодолеть эти силы, например за счет разрежения под ситом или увеличения ускорения.

Однако увеличить ускорения не позволяет прочность корпуса грохота.

Представляется перспективным для увеличения ускорения импульсное воздействие за счет виброудара непосредственно по ситум или через промежуточный элемент.

Довольно-таки подробный обзор конструкций грохотов и просеивающих поверхностей приведен в монографии [4]. В нем, однако, недостаточно полно отражены конструкции, в которых используются разрежение под ситом и поли-