

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

ТЕХНИКА ДЕЗИНТЕГРАЦИИ, ПРОМЫВКИ И КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И МИНЕРАЛОВ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Розроблено техніку дезінтеграції, промивання й класифікації глиновміщуючих матеріалів і мінералів техногенних родовищ. Наведено приклади застосування техніки.

A TECHNIQUE OF DISINTEGRATION, WASHING AND CLASSIFICATION IS MATERIALS AND MINERALS OF TECHNOGENIC DEPOSITS

The technique of disintegration, washing and classification of claycontaining materials and minerals of technogenic deposits is developed. The examples of application of technique are resulted.

Для значительного числа технологических процессов, связанных с первичной добычей и переработкой полезных минералов, всегда важными и трудными являются проблемы их отмывки от глинистых материалов. Эти проблемы традиционно сопровождают задачи обогащения россыпных месторождений, месторождений большинства типов руд цветных металлов, марганцевых руд, нерудных строительных материалов, кварцитов и кварцевых песков, углей, содержащих глины или глинистые песчаники, и многих других минералов. Вместе с тем, только на территории Украины к настоящему времени накоплены громадные количества отходов горного производства и сформировано большое число техногенных месторождений, являющихся потенциальными источниками полезных ископаемых. В этих месторождениях заскладировано значительное количество материалов, зачастую относимых к категории отходов только по причине повышенного содержания глин. Перечисленное, а также наметившиеся в последнее время тенденции вовлечения в переработку и утилизацию всё увеличивающихся объёмов отходов горного производства, обуславливают постоянно возрастающую актуальность создания и использования новой современной техники для эффективной дезинтеграции, диспергации и отмывки как первично добываемых, так и вторично перерабатываемых материалов из отвалов, терриконов, хвостохранилищ рудо- и углеобогатительных фабрики др.

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. Одним из направлений таких работ, развиваемых в последнее время совместно с ООО фирма «Размах», является создание специального высокопроизводительного оборудования для отмывки добытых и измельчённых абразивных минералов техногенных месторождений. В числе последних разработок

указанного назначения - скруббер-бутара СБР-100 для промывочно-сортировочного комплекса (Рис. 1) по переработке кварцитов Васильковского месторождения предприятием ООО «КВАРЦИТ ДМ» (Днепропетровская обл.).



Рис. 1 - Промывочно-сортировочный комплекс со скруббер-бутарой СБР-100.

Разработка основывается на ряде фундаментальных исследовательских работ по установлению закономерностей процессов дезинтеграции, отмывки и грохочением сыпучих материалов в условиях циркуляционных перемещений, генерируемых вращательным движением специальных цилиндрических рабочих поверхностей из износостойких эластомеров [1,2]. Созданный совместно с предприятием «КВАРЦИТ ДМ», и основывающийся на применении скруббер-бутары комплекс, включает:

- приёмный бункер с питателем;
- питающий конвейер;
- скруббер-бутару СБР-100;
- трёхдечный вибрационный грохот ГИЛ-43, оснащённый резиновыми ситами СДАЛ для тонкого грохочения подрешётного продукта бутары и выпуска кварцитовых песков узких классов крупности: $-5,0 +3,0$; $-3,0 +1,2$; $-1,2 +0,8$ мм с их финишной промывкой;
- двухдечный вибрационный грохот ГИЛ-52 для сортировки надрешётного продукта бутары и выпуска щебня товарных классов крупности: $-10,0 +5,0$; и $-20,0 +10,0$ мм.

Безусловно, главным технологическим агрегатом комплекса является скруббер-бутара СБР-100 (рис. 2), конструкция которой состоит из следующих основных узлов:

- скруббера, шламоотделителя, промежуточного барабана, бутары классифицирующей, привода, колёс опорно-приводных, колёс опорных, прижимных, колеса упорного, платформы. Компоновка перечисленных узлов и агрегатов предусматривает выполнение следующих операций:

- дезинтеграцию и отмывку дробленого кварцита крупностью до 40 мм от каолинистых глин;
- выделение и сброс в процессе отмывки глинистых шламов крупностью $-0,5$ мм;
- совмещение доводочной промывки с классификацией кварцита по крупности 5 мм.

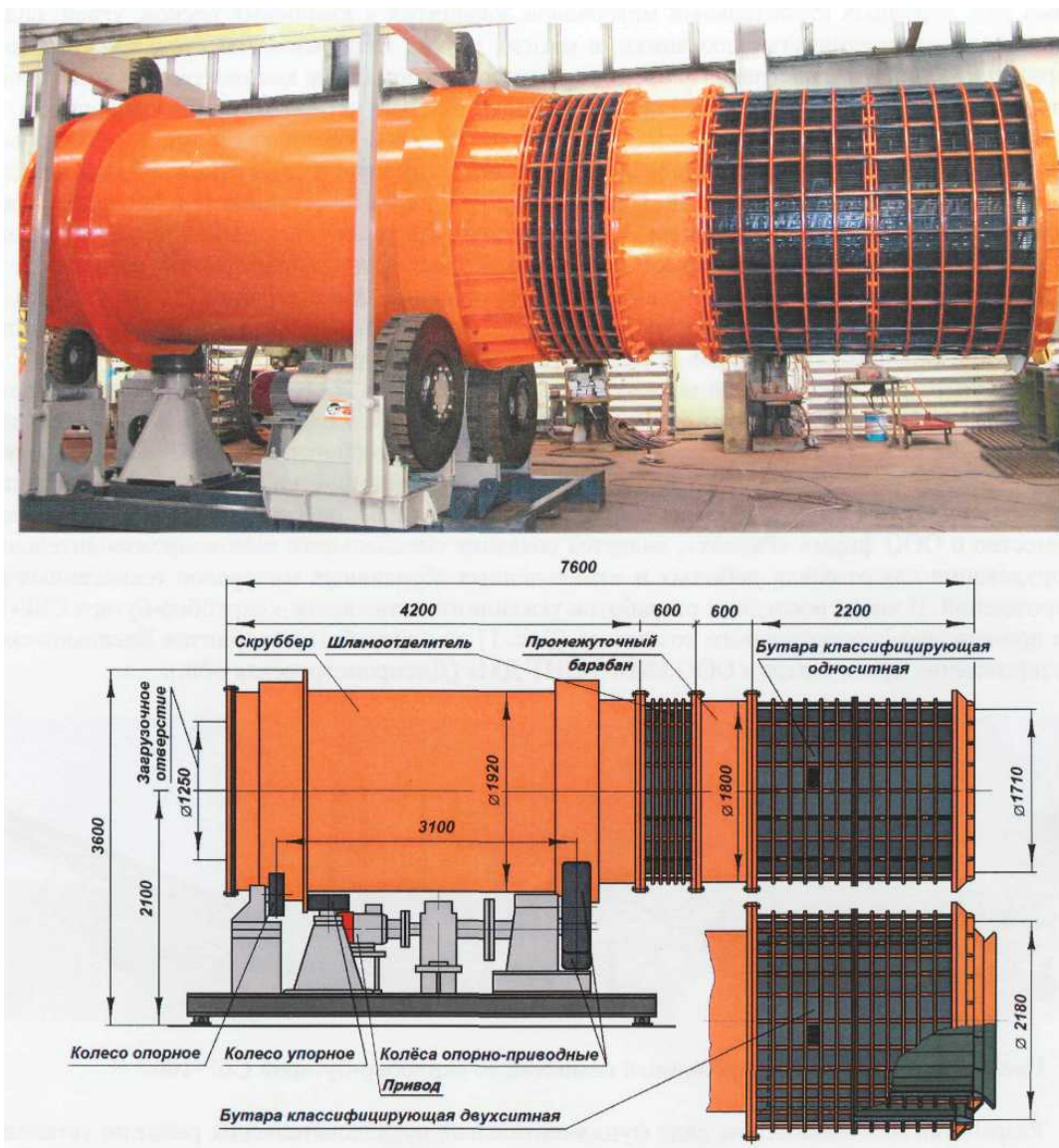


Рис. 2 - Общий вид и принципиальная схема скруббер-бютары СБР-100.

Скруббер представляет собой тонкостенный цилиндрический барабан, торцовые части которого являются фланцами, а на внешней части по краям выполнены бандажи, которыми он опирается на систему колес, с резиновыми шинами. Одно из этих колёс является приводным и ведущим, три колеса - опорные и одно - упорное. Кроме того, над бандажами на шарнирно закрепленных траверсах установлены прижимные колеса (на принципиальной схеме, рис. 2 - не показаны). Прижимное колесо, установленное над приводным бандажом, может быть использовано для увеличения тяговой силы ведущего колеса фрикционной передачи в неблагоприятных погодных условиях (дождь, оледенение), а также в качестве ограничителя поперечных смещений рабочего органа в моменты пуска. Прижимное колесо, расположенное над опорными колесами, служит для предохранения рабочего органа от опрокидывания в случае смещения центра тяжести в сторону разгрузочного конца при перераспределении нагрузки.

В загрузочной части скруббера установлена торцевая стенка с круглым центральным отверстием, в которое вводится загрузочный желоб с регулируемым

углом наклона. Вся внутренняя поверхность скруббера (Рис. 3) футерована специальными резиновыми плитами различных конструкций и назначения, а также снабжена системой кольцевых разновысоких порогов, образующих по длине рабочего органа ряд емкостей. Применение исключительно резиновых футерующих элементов призвано обеспечить эффективную защиту тонкостенного цилиндрического барабана и других основных узлов скруббера от динамических и ударных нагрузок, абразивного износа, а также решить задачу максимального снижения массы его рабочего органа, и как следствие - эксплуатационных энергозатрат. Футеровочные плиты по рабочей поверхности снабжены прямыми и возвратными лифтёрами. Расположенные определённым образом внутри барабана скруббера лифтёры и кольцевые пороги, в условиях подачи необходимого количества воды обеспечивают высокоэффективную дезинтеграцию и отмывку от глин. Все футерующие плиты закреплены внутри скруббера специально созданным способом «клёпка» без применения каких-либо дополнительных крепежных изделий или клеев.



Рис. 3 - Внутренние рабочие поверхности скруббер-будары СБР-100

Скорость движения материала в скруббере может регулироваться изменением его продольного наклона. Эта регулировка, в свою очередь, выполняется изменением угла наклона несущей платформы, осуществляемым посредством стационарно смонтированного в установку специального винтового домкрата.

Отмытый в барабане скруббера материал, вместе со шламами перегружается через его самый высокий выгрузочный кольцевой порог в шламоотделитель. Шламоотделитель прифланцован к разгрузочной части скруббера и представляет собой «беличью клетку», внутренняя поверхность которой оснащена резиновыми СДАЛ для грохочения по крупности 0,5 мм. Здесь, на участке длиной 600 мм, происходит отделение тонких фракций диспергированных глин от отмытой на первом этапе горной массы, подлежащей дальнейшей классификации и доводке по промывке на участке мокрого грохочения. В целом участок мокрого грохочения скруббер-будар типа СБР, включая шламоотделитель, представляет собой модульную бутарную систему, которую можно формировать и варьировать в зависимости от задач промывки и требований к классификации. В скруббер-бударе предприятия «КВАРЦИТ ДМ» за шламоотделителем последова-

тельно установлены глухой, футерованный резиной барабан, и двухсекционная бутара со специальными резиновыми просеивающими поверхностями типа СДАЛ с ячейками 5^х30 мм.

Глухой барабан этого варианта конструкции выполняет функцию резервного звена. Если производительность шламоотделения окажется недостаточной, на его место может быть установлена дополнительная секция со шламоотделяющими ситами. В другом случае, при необходимости обеспечения гарантированно более высоких показателей разделения по крупности, тогда вместо глухого барабана может быть установлена дополнительная грохотильная секция.

Грохотильная секция конструктивно выполнена аналогично шламоотделяющей - это барабан длиной 2,2 м в виде «беличьей клетки». Все кольцевые элементы барабана - фланцы, опоры резиновых сит, детали лентодержателей - выполнены гнутыми без механической обработки круговых опорных и плоских сопрягаемых поверхностей. На внутренней поверхности грохотильной секции смонтированы резиновые сита типа СДАЛ с многозаходными транспортирующими спиралями, в результате чего в процессе работы материал по поверхности сит непрерывно перемещается с определенной скоростью практически независимо от наклона оси бутары. Разгрузочная часть грохотильной секции (бутары) оканчивается козырьком с закрепленными на нем специальными футерующими резиновыми брусьями. Грохотильная секция может быть выполнена и двухситной. В развитие этого направления, на основании специальных исследований и разработок, уже созданы конструкции и изготовлены первые экспериментальные образцы двухситных бутар диаметром наружных секций до 2,2 - 2.5 м с резиновыми рабочими просеивающими поверхностями тонкого и мелко-го грохочения на основе СДАЛ. В бутарных модулях таких систем могут применяться как уже широко опробованные, так и принципиально новые просеивающие элементы с адаптированными непосредственно под задачи и условия работы профилями ячеек, протекторами и новыми «каблучковыми» транспортирующими спиралями. Все основные узлы и детали рабочего органа скруббера и грохотильных секций выполнены исключительно методом гнутья без какой-либо дополнительной механической обработки.

Положение центра тяжести рабочего органа вблизи приводного бандажа и консольное крепление бутарной части, в сочетании с применением резиновых колес большой (7,5 т) несущей способности и высоким коэффициентом сцепления (0,3-0,6) создали предпосылки для реализации простого и компактного фрикционного привода (Рис. 4), когда вся мощность и крутящий момент передаются одним приводным колесом. Привод состоит из асинхронного электродвигателя, передающего вращение через эластичную муфту редуктору, и через вторую эластичную муфту - приводному валу ведущего колеса. В качестве ведущих могут быть применены колеса с монолитным резиновым ободом, или стандартные автомобильные колеса камерной, либо бескамерной конструкций. Все колеса со своими подшипниковыми узлами выполнены в виде отдельных сборочных единиц, которые болтами крепятся к платформе, что обеспечивает

удобство транспортировки и быстроту поузловой агрегатной сборки в полевых условиях.



Рис. 4 - Привод скруббер-бутары СБР-100

Платформа объединяет все узлы скруббер-бутары в единую конструкцию, замыкает на себя все силы, действующие между отдельными узлами, обеспечивает возможность изменения угла продольного наклона. При присоединении к ней со стороны бутарных модулей двух связанных между собой параллельных балок Г-образной формы, она может на себе нести воронки подрешётных фракций и желоб для выгрузки надрешетного материала (рис. 1).

Техническая характеристика скруббер-бутары СБР-100 (исполнение - «КВАРЦИТ ДМ»)

1. Производительность, т/ч:
 - максимальная расчётная, - до 200;
 - в промывочно-сортировочном комплексе «КВАРЦИТ ДМ» - 100-120;
2. Максимальная крупность кусков в питании, мм - до 300;
3. Тип рабочего органа - четырёхсекционная скруббер бутара с шламоотделяющей и грохотильной секциями;
4. Рабочий объем скруббера, м³ - 11,3;
5. Площадь рабочей поверхности скруббера, м² - 24,4;
6. Просеивающие поверхности - резиновые СДАЛ
7. Площадь просеивающей поверхности, м²:
 - секции шламоотделяющей - 3,3;
 - секции грохотильной - 11,6;
8. Все рабочие поверхности защищены износостойким резиновым покрытием;
9. Продольный наклон скруббер-бутары, регулируемый - 0-5°;
10. Тип привода рабочего органа - фрикционный электромеханический;
11. Частота вращения барабана мин⁻¹ - 15;
12. Установленная мощность, кВт - 37;
13. Тип редуктора - цилиндрический двухступенчатый;
14. Габаритные размеры, мм:
 - длина (с загрузочным устройством) - 8360;
 - ширина - 3380;
 - высота - 4250;
15. Масса, т:
 - скруббер-бутары с приводом, платформой и ограждением - 14,5;
 - обремененного рабочего органа - 7,2.

- барабана скруббера (металлоконструкция) - 3,7.

С августа 2005 г. скруббер-бутара введена в эксплуатацию в промывочно-сортировочном комплексе Васильковского карьера. По завершении пусконаладочных работ комплекс выведен на режим круглосуточной эксплуатации с производительностью по исходному питанию от 80 до 120 т/ч и возможностью выпуска готового продукта в виде высококачественно отмытых фракций кварцита крупностью -1,2 + 0,8; -3,0 + 1,2; - 5,0 + 3,0; - 10,0 + 5,0; - 20,0 +10,0 и +20,0 мм. Таким образом, началась эффективная высокопроизводительная переработка давно хранящихся в отвалах карьера глиносодержащих отсеков дроблёного кварцита крупностью - 40 мм. В промежутке времени с августа 2005 г. по декабрь 2006 г. включительно комплекс находился в работе в течение около 14 мес. и им переработано свыше 700 тыс. т горной массы, которая выпущена в виде товарных сортов кварцевых песков и щебня, отмытых от повышенного (до 40%) содержания каолинистых глин (рис. 5).

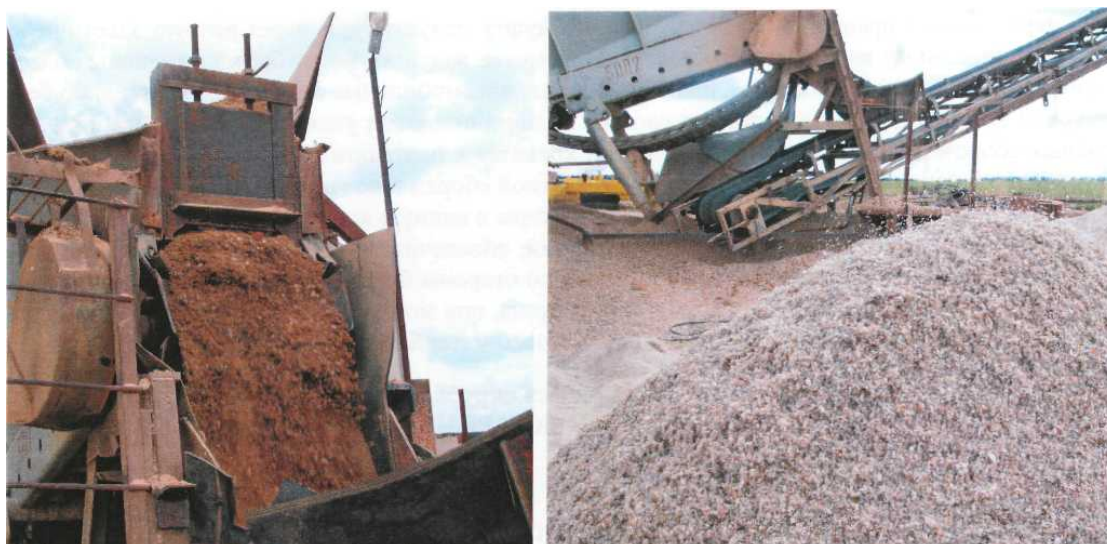


Рис. 5 - Исходные и переработанные в скруббер-бутаре СБР-100, отмытые и расклассифицированные продукты.

Практика эксплуатации в тяжелых условиях открытых горных работ в непрерывном режиме без укрытия основных узлов и агрегатов показала следующее:

1. Технология изготовления всех основных узлов и деталей корпуса скруббера и секций бутары путем гнутья без последующей механической обработки обеспечивает достаточную для плавной работы всей машины правильность геометрической формы бандажей, фланцевых соединений и опорных поверхностей. Амплитуда колебаний оси со стороны консольного торца бутары не превышает 25 мм. При периоде колебаний -4 с не возникают сколько-нибудь заметные инерционные силы, которые могли бы оказать влияние на работу машины.

2. Крепление резиновой футеровки скруббера «клёпка» и резиновых сит сеющих секций обеспечивают исключительно механическое, надежное соеди-

нение с металлоконструкцией без применения каких-либо дополнительных крепежных изделий и клеев.

3. Размеры скруббера и конструкция резинового футерующего покрытия, с чередующимися прямыми и возвратными лифтерами, а также система кольцевых разновысоких порогов, образующих по длине рабочего органа ряд емкостей и перекатов, при подаче воды с расходом 125 м³/ч (1,0 - 1,25 м³/т) обеспечивают высококачественную отмывку кварцита от каолинистых глин содержанием до 40% с производительностью до 100-120 т/ч.

4. Конструкции резиновых сит типа СДАЛ с ячейкой 5,0 x 25,0 мм гарантирует надежную работу бутары при взаимодействии с высокоабразивным материалом и кусками до 200 мм.

5. Реализована максимально простая и экономичная конструкция фрикционного привода, обеспечивающая надежную передачу крутящего момента и мощности одним колесом посредством резиновых высокоэластичных или пневматических шин при общей массе рабочего органа с материалом - до 10 т.

6. Применение пневмоколеса в качестве ведущего в сочетании со страховочным стальным дисковым колесом обеспечивает надежную работу фрикционного привода; при этом дисковое колесо может играть роль сигнального датчика при снижении давления в шине.

7. Резиновые ход, рабочие поверхности бутарных секций и футеровки скруббера при непрерывной загрузке с производительностью до 120 т/ч материалом, включающем куски до 200 мм обеспечивает надежную передачу мощности, плавность работы, низкие динамические нагрузки и уровень шума.

Таким образом, на основании реализации приведенных выше научно-технических решений и результатов эксплуатации СБР-100 в промывочно-сортировочном комплексе Васильковского карьера можно сделать вывод, что создана машина, в конструкции которой решены следующие проблемы:

- реализованы условия для эффективной мокрой дезинтеграции отсева дроблёного кварцита с диспергацией каолинистых глин содержанием до 40% и производительностью до 100 - 120 т/ч. Задачи решены путём создания специальной полностью резиновой рабочей поверхности скруббера малой массы и повышенной износостойкости, снабжённой системой чередующихся прямых и возвратных лифтёров с разновысокими кольцевыми переливными порогами;

- совмещены операции дезинтеграции и диспергации с обесшламливанием по крупности 0,5 мм и последующей сортировкой любым видом тонкого или мелкого грохочения для получения отмытых и готовых товарных сортов продуктов с выгрузочного конца бутары;

- разработана специальная конструкция просеивающих элементов СДАЛ тонкого грохочения и обесшламливания для ударного взаимодействия с кусками, превышающими граничную крупность разделения в 80 - 100 раз;

- создана конструкция рабочего органа скруббер-бутары минимальной массы за счёт полного эффективного футерования износостойкими резиновыми элементами всех узлов и деталей, взаимодействующих с перерабатываемым материалом;

- разработаны способы бескрепёжного, простого соединения футеровки с корпусом и замены всех резиновых узлов, формирующих рабочую поверхность скруббер-бутары, с герметизацией узлов стыковки и созданием поля сжимающих напряжений со стороны взаимодействия с перерабатываемым материалом;

- разработана компоновка привода с максимальным приближением приводных колёс к центру масс скруббер-бутары, как в продольном, так и в поперечном сечениях. Это оптимизирует тяговые и сцепные характеристики привода, позволяет применять упрощённые, легко адаптируемые под конкретные технологические задачи энергосберегающие схемы с одним электродвигателем и облегчёнными опорными неприводными колёсами малого диаметра и массы.

Оценивая уровень технико-экономических показателей, достигнутых эксплуатацией СБР-100 в сравнении с известным оборудованием [3,4,5], необходимо отметить, что принципы применения износостойких резин для формирования в скруббер-бутарах всех дезинтегрирующих 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. Причём степень снижения масс узлов и деталей рабочего органа такова, что надёжная работа привода новых машин в некоторых случаях может обеспечиваться одним электродвигателем против двух таких же по мощности у аналогов. Это дополнительно упрощает конструкции, уменьшает стоимость скруббер-бутар а также снижает затраты на их эксплуатацию и ремонт.

Рассмотренные разработки, технологические и эксплуатационные результаты могут служить основой для создания типоразмерного ряда скруббер-бутар типа СБР. По мнению разработчиков, рациональным наполнением такого типоразмерного ряда являются машины с расчётной максимальной производительностью 10; 50; 100; 200 и 400 т/ч. Для решения определённых специфических проблем дезинтеграции и отмывки, а также высокопроизводительного защитного грохочения возможны и другие варианты задания основных конструктивных и технологических параметров, а также и другие, индивидуальные исполнения скруббер-бутар такого типа.

Работая над задачами расширения области использования скруббер-бутар СБР, связанных с возможностями применения в их конструкциях различных типов просеивающих поверхностей, разработчиками создан специализированный для бутарных модулей типоразмерный ряд резиновых сит типа СДАЛ (табл. 1), производство которых ООО фирмой «Размах» обеспечено технологической оснасткой и налажено в ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины.

Технологические результаты и наработанный в течение первых двух сезонов опыт эксплуатации позволили внести ряд усовершенствований в конструкцию скруббер-бутары СБР-100. В первую очередь, они коснулись узлов опорно-приводных колёс и корневой секции бутары. Попытки увеличения производительности промывки и сортировки комплекса, предпринятые в указанный период эксплуатации, показали целесообразность осуществления следующих мероприятий:

- усиление конструктивных элементов приводных валов;

- повышение несущей способности узлов ведущих и ведомых опорно-приводных колёс;

- увеличение рабочей площади бутары за счёт замены корневой шламоотделяющей секции на классифицирующую.








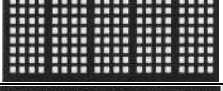
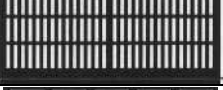

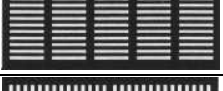


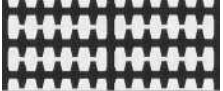

Основу модернизации валов составили изменения конструкций ступиц с усилением их несущих элементов и применением стандартной крепёжной фурнитуры для формирования вместо одиночных колёс - колёсных пар, аналогичных приводным грузового автомобильного транспорта. Применение колёсных пар вместо одиночных реализует соответствующее повышение несущей способности всей опорно-приводной системы. Общий вид сруббер-бутары типа СБР-100 с усовершенствованными конструкциями привода и классифицирующей бутарой с увеличенной рабочей площадью представлен на рис. 6.



Рис. 6 - Промывочно-сортировочный комплекс по переработке кварцитов Васильковско-го месторождения с модернизированной скруббер-бутарой СБР-100.

Модернизированный вариант конструкции СБР-100 с заменой резиновой футеровки скруббера и новой корневой секцией бутары введён в эксплуатацию в начале промывочного сезона 2007 г. На этом этапе, принципиально важным моментом в решении задач оптимизации и выработки рекомендаций по выбору типов опорно-приводных колёс для барабанной техники грохочения с уровнем масс рабочего органа 7,0 - 10,0 т, явилось экспериментальное применение колёс различного исполнения. Ведущая колёсная пара формировалась из пневматических шин типоразмера 12.00R20 от карьерных автосамосвалов КРАЗ, а ведомая - из такого же размера массивных высокоэластичных (цельнолитых) шин от подъёмно-транспортной техники (рис. 7).

Таблица 1 - Просеивающие элементы СДАЛ для бугар скрубберов

№№ 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

Замена резиновых элементов системы лифтов и футерующих пластин скруббера с целью повышения износостойкости была выполнена по специально разработанной новой технологии с более чем полуторакратным от первоначального

чального увеличением их относительного сжатия со стороны рабочей поверхности. Совершенствование конструкции каркаса сеющей секции было направлено на повышение её прочности и предусматривало опробование технологии изготовления с комбинированным применением гнутых и точёных деталей для максимального снижения биений от вращения барабанного рабочего органа диаметром около 2,0 м и массой до 10 т. Рабочая поверхность модернизированной бутары.



- а) - из пневматических шин от карьерной автотехники;
б) - из массивных высокоэластичных (цельнолитых) шин.

Рис. 7 - Экспериментальные опорно-приводные колёсные пары скруббер-бутары СБР-100.

Эксплуатация периода промывочных сезонов 2007 - 2008 г.г. показала, что конструктивные изменения и новый уровень несущей способности опорно-приводных колёс в полном объёме решают задачи обеспечения самого высокого уровня надёжности всех узлов и агрегатов скруббер-бутары. В указанном промежутке времени какие-либо отказы со стороны приводных узлов и агрегатов не наблюдались. Полностью отсутствовали:

- износ протекторов шин обоих типов;
- повреждения и разрушения боковин пневматических шин;
- перемещения (пробуксовка) высокоэластичных шин относительно ободьев колёсных дисков.

Наблюдаемый износ рабочей поверхности скруббера незначителен и на этапе второй половины промывочного сезона 2008 г. (более, чем 1,5 сезона с эксплуатацией оборудования в 2 смены) не превышает 8 - 10 % от первоначальной толщины футерующих и «лифтёр-футерующих» пластин. В сочетании с опытом ещё одного, предшествующего двухсезонного цикла, это позволяет для условий Васильковского карьера обоснованно гарантировать ресурсную долговечность резиновой «лифтёр-футеровки» скруббера - не менее 2 года.

Представляет интерес опыт технологических исследований по оптимизации параметров СДАЛ в грохотильных секциях скруббер-бутары. Ввиду того, что тонкое грохочение по крупности 5 мм осуществляется в голове процесса сорти-

ровки материала, сита, установленные в бутаре, являются технологически наиболее нагруженными. Это предъявляет специфические требования к их конструктивным особенностям, пропускной способности и апертуре. Для обеспечения наибольшего «живого сечения» и достижения минимальных показателей засорения подрешётных фракций частицами +5 мм, первоначально на всех секциях бутары применялись СДАЛ из просеивающих элементов с размерами ячеек 5,0x30,0 мм, продольные оси щелей которых были ориентированы параллельно оси вращения (№9 в таблице 1). Качество выпускаемого щебня фракции -10,0 + 5,0 мм при этом характеризовалось близким к максимально допустимому содержанию мелких классов - до 10% и более. Переход на применение СДАЛ со щелевыми ячейками 5,0x22,0мм, ориентированными перпендикулярно оси вращения (№8 в таблице 1), позволил кардинально изменить показатели сортировки, приблизив значения «замельчённости» товарного щебня -10,0 + 5,0 к предельно низким - не более 3%. Однако, при продолжительной эксплуатации (более сезона), проявившийся в ячейках износ, в сочетании со значительной «лещадностью», повысили показатели засорения подрешётной фракции. Эти обстоятельства привели к необходимости корректировки структуры просеивающей поверхности бутары. Поэтапное варьирование типами апертур просеивающих элементов СДАЛ позволило оптимизировать эту структуру применением в корневой секции бутары просеивающих элементов с яч. 3,0x22,0 мм (№6 в таблице 1), в средней секции - с яч. 5,0x30,0 мм (№9 в таблице 1) и в выгрузочной - с яч. 5,0x5,0 мм (№7 в таблице 1). Такая комбинация обеспечила строгое соответствие качества продуктов грохочения в заданных стандартами пределах и выпуск товарных сортов щебня с «замельчённостью» не более 4 - 6 %, «закрупнением» - менее 3 %. Таким образом, приведенный опыт свидетельствует о широких технологических возможностях созданного специализированного типоразмерного ряда просеивающих элементов СДАЛ для бутарных модулей.

Полученный опыт позволил обоснованно использовать модульный принцип для конструирования скрубберов с самой широкой областью назначения и применения. Для технологических задач, связанных с высокопроизводительной диспергацией трудноразмываемых каолинистых глин рациональными могут являться конструкции с длиной скрубберов до 6 - 10 м. Охватывая диапазон конструктивных параметров с диаметрами от 1,5 до 3,0 м и длиной от 2,0 до 10,0 м и более, разработана концепция и принципы конструирования любых вариантов исполнения скрубберов с высокоэластичной и износостойкой резиновой футеровкой. Некоторые схемы разработанных на такой основе по индивидуальным заказам предприятий конструктивных исполнений скруббер-бутар представлены на рис. 8. Не вызывает каких либо значительных технических проблем установка на дезинтегрирующие агрегаты больших размеров аналогичных по принципу конструирования модульных, соответствующих по диаметру классифицирующих бутар повышенной длины. Бутарами с рабочей длиной сеющих барабанов от до 4 - 5 м могут эффективно решаться задачи достижения самых высоких технологических показателей грохочения по крупности

от 0,5 до 300,0 мм. Причём, является крайне важным и принципиальным то, что разработанные конструкции просеивающих элементов СДАЛ тонкого грохочения с самыми малыми размерами ячеек (0,5 - 3,0 мм), предусматривают возможность взаимодействия с кусками, размеры которых в 300 - 500 раз превышают граничную крупность разделения. Например, созданные и уже модернизированные на базе более чем пятилетнего опыта промышленной эксплуатации специальные конструкции просеивающих элементов СДАЛ для грохочения по классам крупности 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 5,0 мм, позволяют формировать рабочие поверхности бутар, способные взаимодействовать с кусками размерами до 300 - 400 мм. При этом надёжность крепления, прочность сит, а также их износостойкость исходно закладываются и гарантированно обеспечиваются на уровне не менее одного сезона эксплуатации. Такие особенности конструкций СДАЛ для бутарных модулей являются крайне важными при решении становящихся всё более актуальными задач высокопроизводительного выделения тонких, в том числе продуктивных классов, в голове технологических процессов. Особенно остро указанные задачи стоят при создании и развитии современных технологий переработки россыпных и техногенных месторождений с тонковкрапленными включениями полезных минералов и продуктивными классами с минимальными размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм, что наиболее характерно для создаваемых новых технологических схем обогащения в алмазо- и золотодобывающей промышленности.

Примером агрегата с протяжённой дезинтегрирующей секцией для диспергации трудноразмываемых глин и бутарой на основе резиновых просеивающих элементов грохочения по крупности 80 мм является скруббер-бутара СБР 2,2 х8/2 (рис. 9). Она создана для переработки минералов с содержанием каолиновых глин до 90% и подготовки к обогащению алмазосодержащего сырья из россыпных месторождений на промывочных обогатительных установках компании УРАЛ-АЛМАЗ.

Техническая характеристика грохота СБР 2,2 х8/2:

Тип-скруббер-бутара из модульных четырёхсекционного скруббера и двухсекционной бутары с резиновой лифтёр-пороговой футеровкой и ситами СДАЛ;

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

Количество просеивающих секций бутары - 2;

Размер ячеек СДАЛ бутары, мм - 80х80;

Диаметр просеивающей поверхности, мм - 1710;

Суммарная площадь грохочения, м² - 16,8;

Угол наклона оси барабана к горизонту, град - 2-10;

Частота вращения барабана, мин⁻¹ - 11- 15;

Тип привода - электромеханический, фрикционный;

Электродвигатель - асинхронный; 220/380В; 50Гц;

Установленная мощность, кВт - 2х30,0;

Частота вращения вала электродвигателя, мин⁻¹ - 735;

Редуктор - цилиндрический Ц2У-250М 20 11(22) К УЗ;

Приводные колёса - резиновые массивные высокоэластичные шины (МВЭ)
 Габариты LxVxH, мм - 7350x3290x2875;
 Масса барабана, т - 3,5;
 Масса, т - 28,9

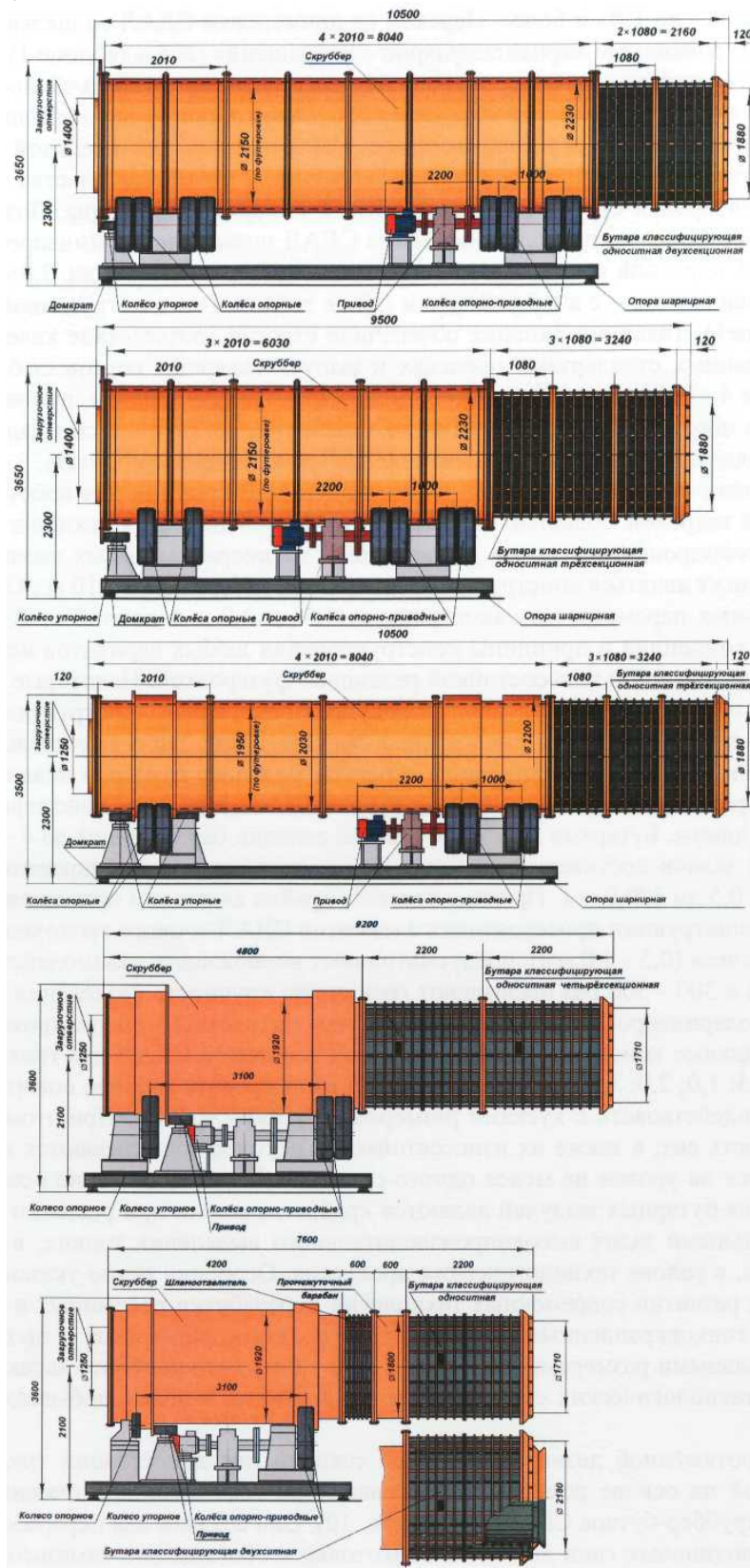


Рис. 8 - Примеры из разработанных вариантов конструктивных исполнений скруббер-бутар.

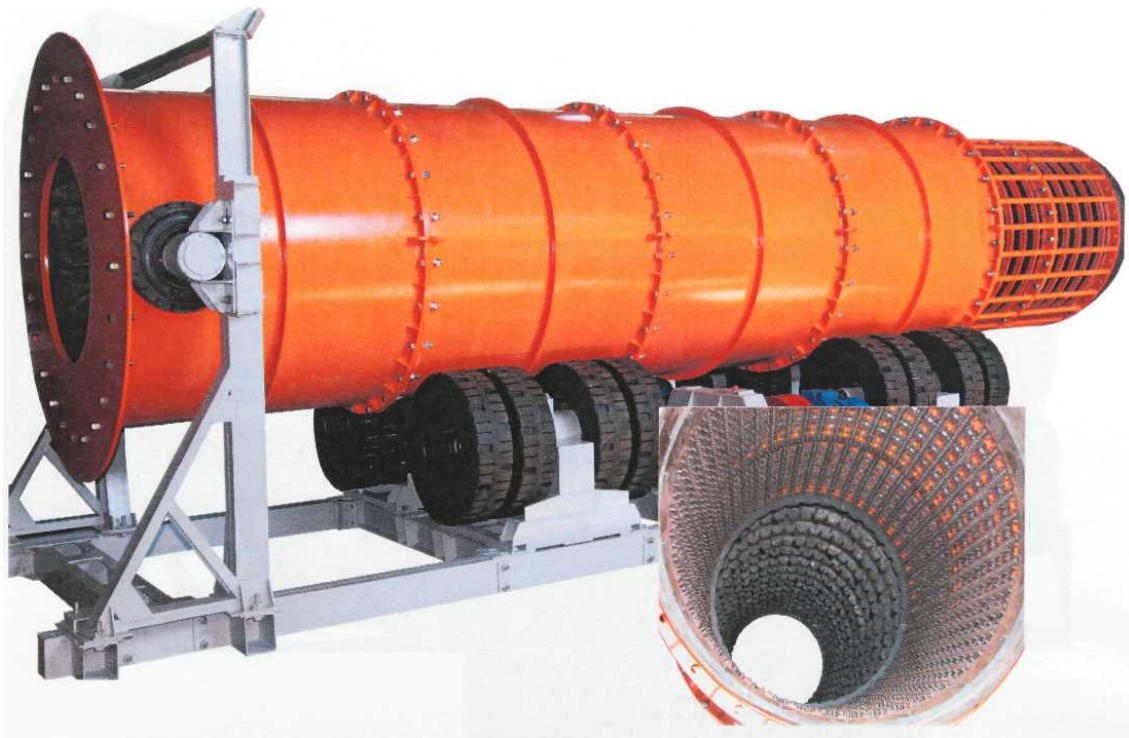


Рис. 9 - Скруббер-бута СБР 2,2 х8/2 ДЛЯ промывочного комплекса УРАЛ-АЛМАЗ

Одним из направлений нашей деятельности в области технологий переработки минерального сырья с применением оборудования барабанного типа является также создание новой техники для операций агломерирования или окомкования. Принципиально эту технику от барабанного оборудования дезинтеграции отличают лишь более низкий в 1,3 - 1,6 раз диапазон рабочих частот вращения и рабочая поверхность, на которой внутри барабанов должны реализовываться режимы перемещений только с перекатыванием частиц материала без подъёмов и сбрасываний. Ещё одним важнейшим требованием к рабочим поверхностям такого оборудования является их способность к самоочистке от налипающих глинистых, бентонитовых и других связующих материалов. Используя те же модульные принципы в конструировании, а также унифицированные узлы и детали, в особенности для агрегатов и конструкций опорно-приводной платформы, разработан барабанный окомкователь ОБР 2,5х9 (рис. 10). Этот агрегат создан для получающих в настоящее время большое развитие технологий кучного выщелачивания золота и с сезона 2010 г. эксплуатируется на золотодобывающем предприятии «Покровский рудник» УК Петропавловск в Амурской области (рис. 11).

Техническая характеристика барабанного окомкователя ОБР 2,5х9:1

1. Тип окомкователя - секционный с волновой футеровкой из конвейерной ленты;
2. Производительность по питанию, т/ч - до 300;
3. Масса полной загрузки, т - до 80;
4. Угол наклона к горизонту, град - 5,0;
5. Рабочая поверхность барабана:
 - диаметр, мм - 2512;

- длина, мм - 9065;
- длина волновой футеровки, мм - 8040
- 6. Тип привода - электромеханический, фрикционный, с гидромуфтой и запасной лепестковой муфтой;
- 7. Фрикционная передача - резина по стали с передаточным отношением 2,4;
- 8. Количество приводов – 1;
- 9. Электродвигатель - асинхронный 5AM280S6; 380/660В; 50Гц; 1М1081;
- мощность, кВт - 75;
- частота вращения, об/мин - 990;
- 10. Приводные колёса - резиновые массивные высокоэластичные шины (МВЭ);
- 11. Редуктор - 1Ц2Н 450М 50 13 Ц УЗ;
- 12. Частота вращения барабана, об/мин - 8,5;
- 13. Габаритные размеры, мм
 - длина - 9930;
 - ширина - 4500;
 - высота - 5020;
- 14. Масса барабана, т - 17,0;
- 15. Масса, т - 33,0.

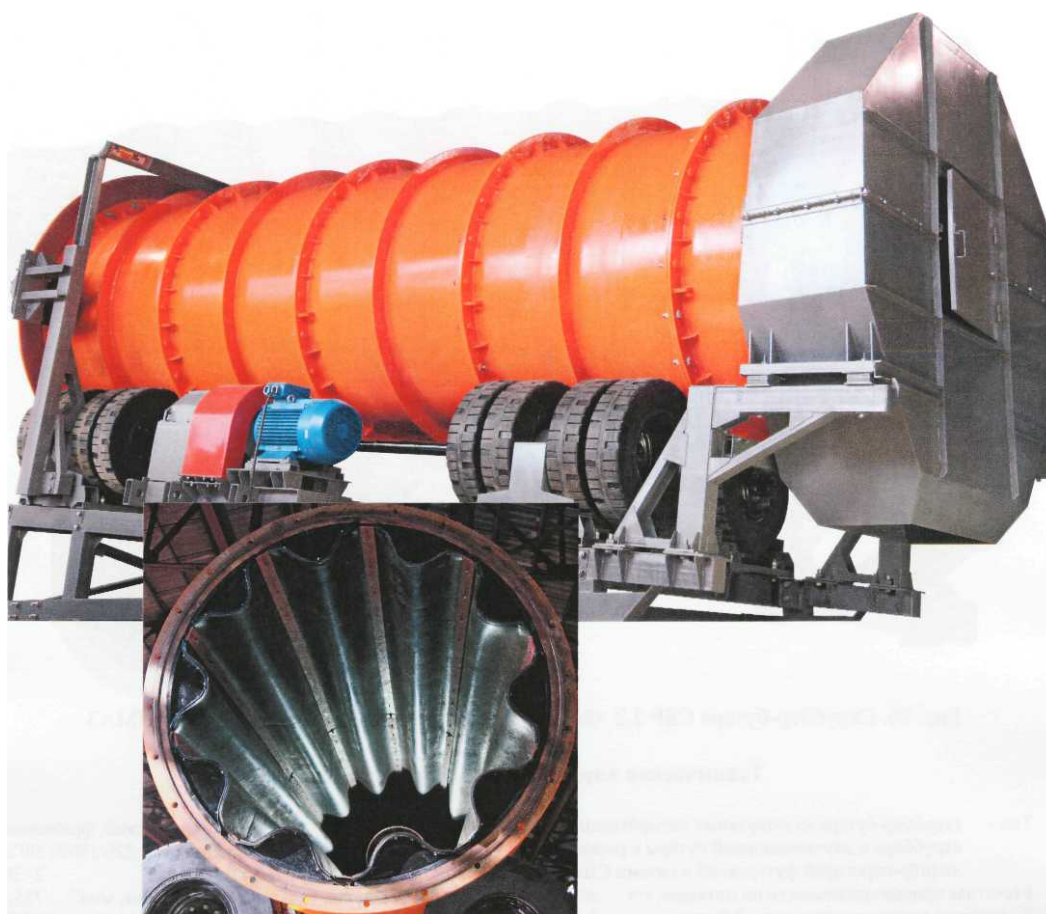


Рис. 10 - Барабанный окомкователь ОБР 2,5х9.



Рис. 11 - Барабанный окомкователь ОБР 2,5х9 в технологической линии кучного выщелачивания золота предприятия «Покровский рудник» УК Петропавловск.

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. - Выпуск 7. - С. 125-132.
3. Степаненко А.И. Современное оборудование дезинтеграции / Степаненко А.И. // - Новосибирск: <http://gmexp.ru/about/>.
4. Высотин А.В. Обогащение стекольных песков / Высотин А.В., Степаненко А.И. // - Новосибирск: <http://gmexp.ru/about/>.
5. Пятаков Вл.Г. Скрубберный агрегат облегчённой конструкции / Пятаков Вл.Г., Пятаков Вик. Г. // - Горный журнал. – 2006. - №2.

Д-р техн. наук В.П. Надутый,
канд. физ.-мат. наук А.М. Эрперт,
канд. техн. наук Е.З. Маланчук
(ИГТМ НАН Украины)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАВИСИМОСТИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОНКОГО ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОЧЕНИЯ
БАЗАЛЬТОВОГО СЫРЬЯ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА
РУДОПОДГОТОВКИ**

Представлено результати експериментальних і теоретичних досліджень залежності ефективності тонкого віброгрохочення базальтової сировини від шести регульованих параметрів, які прийнято факторними ознаками у розроблених регресійних залежностях.

**RESULTS of RESEARCHES of DEPENDENCE
EFFECTIVENESS THIN VIBRATING SCREENING
of BASALT RAW MATERIAL FROM PARAMETERS
of PROCESS ORE PRETREATMENT**

The results of experimental and theoretical researches of dependence of effectiveness thin vibrating screening of basalt raw material from six regulated parameters are submitted which are accepted by factoring attributes in developed regression dependences.

При отработке технологии комплексной переработки базальтовой горной массы возникает необходимость тонкой классификации по крупности. Это связано с возможностями магнитной и электрической классификации, поскольку во всех трех составляющих перерабатываемой горной массы (базальт, туф, лавобрекчия) содержатся титаномагнетит и самородная медь в количествах, представляющих промышленный интерес. Комплексная переработка заключается в эффективном отделении полезных металлов от силикатной массы [1]. В исследуемом случае тонкая классификация осуществлялась на вибрационном грохоте специальной конструкции [2] с регулируемыми параметрами привода (β , град. – угол наклона возмущающей силы; ω , об/мин – частота колебаний короба грохота), регулируемым углом наклона просеивающей поверхности (α , град.), ее длиной (L , м) и удельной нагрузкой (q , т/ч·м²).

Целью исследований являлось определение зависимости эффективности тонкого вибрационного грохочения всех трех составляющих базальтового сырья от указанных факторных признаков на ситах грохота с ячейками $a = 0,5$ мм и $a = 0,1$ мм, которые смонтированы в специальных подситниках грохота над поддерживающим эластичным динамически активным ситом [2]. При этом исследуемые характеристики эффективности определялись для трех плотностей базальтовой горной массы карьерной добычи: для туфа – $\gamma = 1,4$ г/см³; для лавобрекчии – $\gamma = 2,2$ г/см³; для базальта – $\gamma = 2,6$ г/см³. Эти составляющие из отвальной горной массы карьера извлекаются селективно и перерабатываются отдельно [3].

Полученные экспериментальные зависимости эффективности грохочения от варьируемых факторов идентифицировались многофакторными регрес-