

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ-СЕМИНАР**

**ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ В СФЕРЕ
ОБОГАЩЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

1 декабря 2016 г.

Сборник материалов конференции

ДОНЕЦК

2016

В сборнике помещены труды участников Международной научно-технической конференции-семинара «Проблемы и достижения в сфере обогащения и комплексной переработки минеральных ресурсов», которая проходила в г. Донецке 1 декабря 2016 г. Сборник представляет интерес для широкого круга исследователей, учёных, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области обогащения полезных ископаемых и смежных областей.

Ответственный за выпуск: Букин С. Л.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Григоращенко А. П., Корчевский А. Н.</i> Применение метода вибрационной пневматической сепарации.....	5
<i>Иващенко Г.В., Корчевский А.Н.</i> Технологические решения при комплексной утилизации РЭА.....	9
<i>Остаповец Б. А., Корчевский А.Н.</i> Опыт складирования жидких и консистентных отходов углеобогащения.....	12
<i>Шевчук Е. С., Корчевский А. Н.</i> Испытания проб магнетита.....	17
<i>Тарасевич Д. А., Маслов С. Г., Букин С. Л.</i> Основные направления развития грохотов тонкого и сверхтонкого мокрого грохочения.....	20
<i>Онищенко С. А., Букин С. Л.</i> Анализ конструкций гравитационно-центробежных концентрационных столов.....	26
<i>Шолда Р. А., Букин С. Л.</i> Лабораторная установка на базе концентрационного стола с бигармоническим виброприводом.....	32
<i>Белоусов С. А., Самойлик В. Г.</i> Технические решения по приготовлению водоугольного топлива.....	38
<i>Мирошниченко А. А., Самойлик В. Г.</i> Химическое осаждение урана из растворов.....	40
<i>Иващенко И. Г., Самойлик В. Г.</i> Технология автоклавного выщелачивания вольфрама.....	42

<i>Долбиев А. Ю., Серафимова Л. И. Осадительно-фильтрующие центрифуги для обезвоживания угольных шламов.....</i>	<i>44</i>
<i>Мажара Н. М., Серафимова Л. И. Обезвоживание отходов флотации.....</i>	<i>47</i>
<i>Олейникова Е. В., Серафимова Л. И. Исследование альтернативных технологий разделения твердых материалов.....</i>	<i>51</i>
<i>Верава Д. А., Науменко В. Г. Промышленная экология в углеобогащении Донецкого региона.....</i>	<i>58</i>
<i>Рыбакова А. А., Татарина А. В., Науменко В. Г. Обеспечение экологической безопасности Донбасса при эксплуатации природных отвалов обогатительных фабрик.....</i>	<i>60</i>
<i>Приймаченко С. А., Корчевский А. Н., Науменко В. Г. Метод вибропневматической сепарации как один из способов решения экологических проблем при углеобогащении в донецком регионе.....</i>	<i>63</i>
<i>Жогова С. А., Звягинцева Н. А. Обогащение каолина.....</i>	<i>67</i>
<i>Баус С. С. Программное обеспечение для автоматизации нефтедобывающих систем.....</i>	<i>70</i>
<i>Баус С. С. Поведенческие экологические модели на основе математического моделирования.....</i>	<i>74</i>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВИБРАЦИОННОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

Григоращенко А. П., студент группы ОПИЗ-13, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Корчевский А. Н., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Экспертная оценка за последнее десятилетие свидетельствует об организации общего складирования промышленных отходов в Украине в пределах 650 млн. тонн год. Весомый негативный вклад остается за горной промышленностью. Применение старых традиционных методов и технологий не дает возможности приостановить неконтролируемое возрастающее накопление отходов, что приводит ко всем существующим пагубным последствиям для окружающей естественной природной среды и соответственно для безопасности жизни человека. Непосредственно для угольной промышленности стоит задача доизвлечение энергетической угольной составляющей из породных терриконов шах и углеобогадательных фабрик, снижение зольности добытых рядовых углей перед отправкой их потребителям дешевыми гравитационными методами остается актуальной задачей для многих угледобывающих предприятий. Наиболее приемлемым методом для решения поставленного задания является вибрационно-пневматическая сепарация.

Анализ исследований и публикаций. Анализ конструкций и принцип работы различных аппаратов сухого «безводного» - «сухого» обогащения угольных материалов содержатся в работах [1, 2]. В работе [3] опубликованы результаты сравнительных испытаний сепараторов различных производителей и было показано, что сепаратор СВП-5,5×1 (Украина) обеспечивает высокие технологические показатели. В связи с этим определенным интерес представляет исследование влияния различных параметров на показатели разделения в сепараторе СВП-5,5×1 в промышленных условиях. Теоретические исследования взаимодействия частиц в рабочем пространстве сепаратора

позволили разработать основные параметры технологического регулирования установки [4-6].

Постановка задачи. Целью данной работы является осуществление анализа степени влияния перерабатывающей угольной отрасли на окружающую среду и возможности применения модульных установок вибрационно-пневматического типа для «сухого» способа переработки углесодержащих сыпучих материалов.

Изложение материала и результаты. Любое влияние производства на окружающую среду в отрасли обогащения полезных ископаемых зависит, прежде всего, от процентного участия различных процессов в общем объеме обогащения: минеральные суспензии – 23,5%; отсадка – 54,6%; флотация – 14,5%; прочие методы – 7,4%.

Значительным источником загрязнения окружающей среды на добывающих угольных шахтах и углеобогачительных фабриках являются породные отвалы. Под отвалами породы, илонакопителями и отстойниками заняты значительные площади ценных земель, поэтому необходимо находить способы их утилизации для освобождения земель и уменьшения выбросов в окружающую среду. Одним из современных способов утилизации породных отвалов является применение метода вибропневматической сепарации при движении материала на наклонной перфорированной поверхности в пульсирующих потоках воздуха.

На кафедре «Обогащение полезных ископаемых» ГОУ ВПО Донецкого национального технического университета проделана работа по усовершенствованию метода вибрационной пневматической сепарации, а также его внедрение при утилизации породных отвалов.

Применение метода вибропневматической сепарации позволяет создавать малогабаритные, компактные и мобильные обогатительные установки с круглогодичным циклом работы. Существенным фактором является независимость от водных ресурсов и коммуникационных сооружений складирования высоковлажных продуктов, что является немаловажным

положительным фактором размещения установок в местах с ограниченной обеспеченностью гидроресурсов.

Следует подчеркнуть, что сепаратор верного типа имеет целый ряд параметров настройки, которые могут изменяться оператором в зависимости от свойств поступающего сырья в довольно широких пределах. К таким параметрам могут быть отнесены: расход воздуха, подаваемого под деку сепаратора, продольный и поперечный углы наклона деки, число качаний деки, удельная нагрузка на сепаратор, гранулометрический и фракционный состав питания.

Сепаратор типа СВП-5,5×1 работает с пульсирующей подачей технологического воздуха под перфорированную деку. Распределение зольности в потоке дифференциально возрастает по периметру разгрузочной части деки сепаратора и повторяет закон распределения зольности и выходов фракций исходного сырья.

При качаниях направление движения деки периодически изменяется, благодаря чему постель по инерции подбрасывается вверх в направлении, перпендикулярном к плоскости опор. В результате подбрасываний и одновременного воздействия потока воздуха материал постели разрыхляется и приобретает «текучесть».

Благодаря наклону деки в поперечном направлении и поступательному движению постели слой легких частиц, располагающийся выше направляющих, постепенно «сползает» вниз, под углом к оси сепаратора и разгружается вдоль борта сепаратора в передней части деки. Нижние слои постели, находящиеся между направляющими, продвигаются вдоль них.

Выводы и направления дальнейших исследований. Исследования переработки углесодержащих материалов вибропневматическим способом из породных терриконов подтверждают возможность применения более экологически чистых технологических решений.

Анализ данных работы установки свидетельствует о том, что сепаратор СВП-5,5×1 обеспечивает высокие технологические показатели при переработке

различного по составу углесодержащего сырья. Эффективность и селективность разделения в этом случае максимальные по сравнению с другими сериями. При снижении зольности питания до 39 % также возможно получение энергетического концентрата в количестве 66 % [5, 6].

Следует отметить, что пневматические установки по обогащению, созданные на базе вибрационного сепаратора веерного типа, компактны, не требуют значительных производственных площадей и коммуникаций, достаточно мобильны, могут эксплуатироваться для разных целей. Возможность перенастройки параметров работы сепаратора в довольно широких пределах позволяет оперативно управлять процессом разделения в зависимости от свойств поступающего сырья.

Динамическая и кинематическая схемы сепаратора СВП-5,5×1 обеспечивают более высокую разрыхленность постели за счет дополнительных вертикальных составляющих колебаний, что способствует улучшению селективности разделения легких и тяжелых фракций.

Список источников:

1. Bert R.O. Tehnologija gravitacionogo obogasheniya. – Nedra, 1990. – 574 s.
2. Korchevskiy A.N. Issledovaniya usloviy razdeleniya loma cvetnih metalov gravitacionnimi metodami // Naukovi praci DonNTU. 15(131) seria gornichp-elektromehanichyf – Donetsk: DonNTU – 2008. С 98-104.
3. Garkovenko E.E.. Primenenievibracionnih pnevmaticeskikh separatorov veernogo tipa pri obogashenii uglja / Garkovenko E.E., Nazymko O.I., Korchevskiy A.N., Garin U.M., Parhomenko A.V. / zbagachenya korisnih kopalin: Nauk.-nehn. zb. – 2011 45(86) - С 66-70
4. Korchevskiy A.N. Issledovaniya paramitrov dvijeniya chastic po naklonnoy podvijnoy poverhnosti, ispolzujemoq dlya separacii materialov // zbagachenya korisnih kopalin: Nauk.-nehn. zb. – 2013 54(95) - С 69-77.

5. Garkovenko E.E. Issledovaniya raboti vibrocionnogo pnevmaticheskogo separatora / Garkovenko E.E. Nazymko O.I., Korchevskiy A.N, A.N. Surjenko, A.R. Kadirov. // Zbagachenya korisnih kopalin: Nauk.-nehn. zb. – 2011 45(86) – p.78-84.
6. Korchevskiy A. N. Opit primeneniya processov i apparatov vibracionnogo pnevmaticheskogo obogasheniya siryevih resursov: [Monografiya]. Donetsk: ООО «Shidniy vidavnichiy dim», 2015. – 233 p.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ РЭА

Иващенко Г.В., студент группы ОПИ-11 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Корчевский А.Н., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

При разборке радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из нее извлекают платы с навесными радиодеталями. Крупные радиодетали (трансформаторы, дроссели, катушки индуктивности, конденсаторы, транзисторы, реле, переключатели и другое) удаляют с применением ручного и механизированного инструмента. Мелкие радиодетали – диоды, транзисторы, микросхемы, резисторы и другое удаляют с применением пневмомолотков с плоскими зубилами. Платы без радиодеталей, содержащие в отверстиях плат остатки впаянных «ножек» радиодеталей, покрытых драгоценными металлами, и токопроводящие луженные медные дорожки в настоящее время утилизируются с недостаточной эффективностью или, в основном, вывозятся на свалку.

В большинстве случаев платы без радиодеталей содержат небольшие количества драгоценных металлов (ДМ), однако их переработка все же рентабельна вследствие высокой стоимости содержащихся в них ДМ и попутного извлечения цветных металлов.

Все перечисленные существующие способы утилизации разделанных радиоэлектронных плат имеют следующие недостатки: при вывозе плат в отвалы теряются драгоценные металлы и сопутствующие металлы (Cu, Pb, Sn); при окислительной плавке на медный коллектор теряются Pb, Sn, которые составляют большую часть стоимости оставшихся на плате металлов, к тому же предварительный обжиг перед плавкой требует значительных капитальных затрат на газоочистку.

В связи с вышеизложенным весьма актуальной задачей является разработка рациональной технологии переработки разделанных плат на стеклотканевой основе позволяющей проводить их утилизацию с наибольшей экономической эффективностью.

Концентрационный стол (КС) содержит раму, вибропитатель, слегка наклоненную деку в виде параллелограмма с дебалансным приводным механизмом. Дека и приводной механизм удерживаются на раме при помощи тросовых регулируемых подвесов. Рифли параллельны верхней загрузочной стороне деки и имеют прямоугольное сечение, причем площадь сечений постоянна по всей длине рифлей. Рифли по высоте увеличиваются от верхней загрузочной стороны к нижней стороне.

По конструктивным параметрам КС возможно изменение поперечного угла наклона деки от 3 до 12 градусов, частоты колебаний деки от 3,33 до 18,33 с⁻¹, производительности каждого вибропитателя до 175 кг/ч, расхода воды на деку до 50 дм³/мин.

Разработана промышленная технология переработки стеклотканевых плат с получением концентратов для гидрометаллургического передела.

Извлечение металлов из плат в концентрат составляет 90,22%, засоренность концентратов стеклотканью 1,11% (табл. 1, рис. 1).

В данной технологии решены вопросы, связанные с безопасным обслуживанием оборудования за счет аспирации пыли, ее мокрого улавливания и доработки.

Таблица 1 - Результаты разделения дробленых стеклотканевых плат на КС от частоты колебаний деки

Частота колебаний деки, с ⁻¹	Содержание Ме в исходном продукте, %	Показатели продуктов разделения, %								
		Концентрат			Промпродукт			Отходы		
		Выход	Содержание Ме	Извлечение Ме	Выход	Содержание Ме	Извлечение Ме	Выход	Содержание Ме	Извлечение Ме
9,8	21,8	15,2	97,8	68,2	19,2	23,9	21,1	28,1	2,3	2,9
11,3	21,4	14,6	97,4	66,4	14,8	32,1	22,1	32,6	2,4	3,7
12,8	21,5	14,8	96,9	66,4	14,0	33,0	21,4	32,4	3,7	5,6
14,3	21,5	12,8	95,4	56,8	18,1	35,8	30,1	32,3	4,5	6,8
15,8	21,4	14,9	97,4	68,14	21,5	21,2	21,3	30,7	3,5	5,0

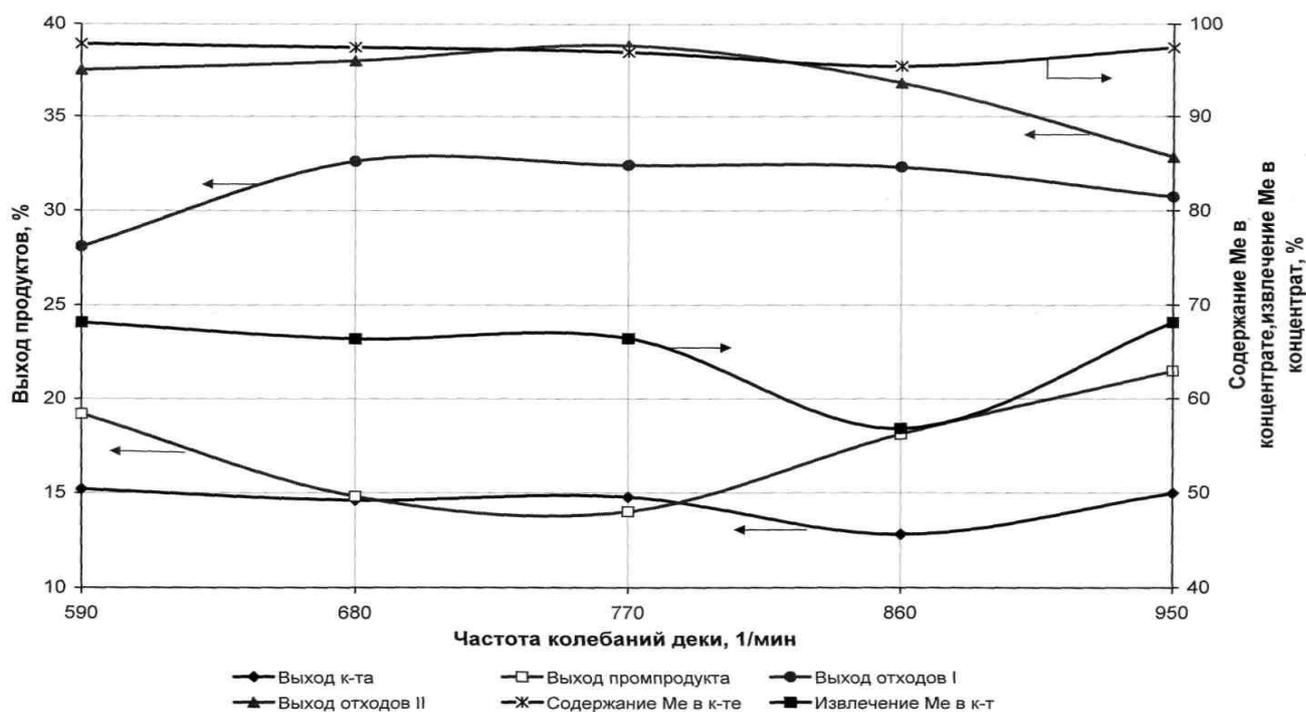


Рисунок 1 - Зависимости выходов продуктов, содержания Ме в концентрате и извлечения Ме в концентрат от частоты колебаний деки КС

Полученные концентраты являются ценным сырьем для гидрометаллургической переработки, так как содержат, по данным химического анализа, немагнитный концентрат – Au – 0,024%; Ag – 0,61%; Cu – 37,4%; Zn – 10,64%; Pb – 13,27%; Sn – 27,82%; магнитный концентрат – Au –

0,065%; Ag – 0,3%; Cu – 7,34%; Zn – 8,97%; Pb – 21,9%; Sn – 31,37%; Ni – 3,56%.

Список источников:

1. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы. Под ред. Ю.А.Карпова – М.: Гиналмаззолото. 1996. – 290 с.
2. Козловский К.П., Шуляк Т.И., Пластовец А.В. Исследование обогащения лома электрических соединителей с покрытиями из драгоценных металлов. *Металлургическая и горнорудная промышленность*, № 3, 2002, Днепропетровск, с. 70-73.
3. Самсонов А.И., Козловский К.П., Пластовец А.В., Гордеев В.А., Шуляк Т.И. Обогащение модулей радиоэлектронного лома, содержащих драгоценные металлы. Сборник научных трудов. *Металлургия*, вып.9, Запорожье ЗГИА, 2004, с. 56-59.

ОПЫТ СКЛАДИРОВАНИЯ ЖИДКИХ И КОНСИСТЕНТНЫХ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Остаповец Б. А., студент группы ОПИуск-13з ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Корчевский А.Н., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

В последнее время замыкание водно-шламовых схем углеобогажительных фабрик осуществляется с помощью фильтр-прессов, и, в первую очередь, камерных. Опыт работы таких технологий на ЦОФ «Чумаковская», ЦОФ «Киевская» и УПЦ № 2 Авдеевского КХЗ показал, что полученный в виде коржей осадок с влажностью до 22% легко транспортируется самостоятельно автотранспортом на породный отвал и там складывается совместно с породой. При этом получают чистую техническую воду с содержанием твердого до 5 г/л.

При применении на этой операции ленточных фильтр-прессов влажность осадка нестабильна и колеблется в пределах 30-40% (ЦОФ «Свято-Варваринская», ЦОФ «Октябрьская», ЦОФ «Павлоградская», ООО «Моспинское УПП»), что предопределяет необходимость его транспортирования на породный отвал только совместно с породой гравитации. При этом получают грязную техническую воду с содержанием твердого до 20 г/л и более.

Наиболее характерными составляющими пустых шахтных пород являются аргиллиты и алевролиты, и в меньшей мере песчаники, известняки и глинистые сланцы [3].

Метаморфизированные аргиллиты, алевриты и песчаники обладают высокой плотностью и, как правило, трудно размокают в воде. Их можно отнести к малопластичному или непластичному глинистому сырью [1].

По сравнению с глинами аргиллиты обладают более высокой прочностью, которая составляет 2–4 МПа при естественном залегании. Алевриты по сравнению с аргиллитами имеют более крупнозернистое строение.

В отличие от отвальных пород угольных шахт отходы углеобогащения характеризуются более высоким содержанием угля, более стабильным вещественным составом, меньшим содержанием песчаников и большим содержанием аргиллитов, увеличением содержания серы и уменьшением механической прочности.

Продуктами пустых пород, сопутствующих месторождениям каменных углей, являются глиежи–глинистые и глинисто-песчаные породы [2, 3].

Анализ компонентов складированной шихты определяет наличие следующих основных пород:

➤ в крупной породе представлены преимущественно алевролиты при малом содержании углистых веществ;

- в мелкоземе основными породами являются алевроиты и алевролиты, частично, углистые сланцы;
- в кеке преимущественно присутствуют, в основном, углистые сланцы с алевролитами.

Для оценки качества отходов углеобогащения, на основании данных химического анализа, используют модули основности, глиноземный, силикатный и коэффициент качества [4].

Таблица 1 - Типичный химический состав пустой породы

Соединение	Объединенная порода гравитационная (на зольность $A^d = 85\%$)	Кек (вязкая масса) (на зольность $A^d = 65\%$)
	Содержание, % (на «атмосферно-сухое» состояние)	
SiO ₂	40-50 (среднее 45,6)	30-45 (среднее 39,3)
Al ₂ O ₃	8-20 (среднее 17,3)	5-17 (среднее 12,6)
Fe ₂ O ₃	4-12 (среднее 8,5)	2-10 (среднее 5,6)
MgO	1,5-3 (среднее 2,4)	1,5-3 (среднее 2,6)
CaO	0,5-2 (среднее 1,4)	0,5-2 (среднее 2,2)
K ₂ O	1-3 (среднее 1,4)	1-3 (среднее 1,8)
Na ₂ O	<1	<1
TiO ₂	<1	<1

Химико–минералогический состав пород разнообразен, однако общим для них является наличие активного глинозема в виде радикалов дегидратированных глинистых минералов или в виде активных глинозема, кремнезема и железистых соединений, характеризуются высокой сорбционной способностью.

Рентгенофазовый анализ породы углеобогатительной фабрики подтверждает утверждение о многофазности соединений. В большом количестве присутствуют SiO₂ в виде α-кварца и гидроксиды алюмосиликатов железа и алюминия переменного состава семейства хлоритов – $(Mg,Fe,Al)_x(Al,Si)_yO_z(OH)_w$, каолинитов - Al₂Si₂O₅(OH)₄ с примесями TiO₂, магнезиальный шамозит - Fe₂O₃, K₂O, (Fe, Mg)₅(Fe, Al)(OH)₈(Si₃(Si, Al)O₁₀). В значительно меньших количествах присутствует одна из разновидностей

мусковита – $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$. Также в малых количествах присутствует пирит FeS_2 , и в очень малых – Fe_2SiO_4 и Mg_2SiO_4 .

Одним из основных показателей цементирующей активности есть значение силикатного и глиноземного модулей.

Для пустых шахтных пород эти значения находятся в пределах: $M_c = 1,5-2,5$ и $M_g = 1-2$, что указывает на вяжущие свойства.

Таблица 2 - Показатели качества химического состава продуктов обогащения

Проба	Показатели			
	Mo	Mг	Mc	Kк
Объединенная порода гравитационная	0,10	2,04	1,77	0,45
Кек (вязкая масса)	0,15	2,25	2,16	0,43
Среднее	0,14	2,22	2,10	0,43

Гидравлическая активность оценивается коэффициентом качества. Гидравлическая активность шахтных пород находится в средних показателях, поэтому данные материалы обладают средними вяжущими свойствами.

Известно также, что основные затраты по подготовке жидких отходов к складированию фабрика несет на втором этапе (более 80%).

На ЦОФ «Гуковская» обезвоживание сгущенных жидких отходов на фильтр-прессах заменены на их обезвоживание путем дренажа через слой породы гравитации с последующей естественной просушкой до цементации материала [1, 4].

Технология складирования состоит в следующем.

До начала отсыпки породной массы (рисунок) по всему периметру породного отвала формируется воздухонепроницаемый вал из глины, шириной 1,2 м и высотой до 1,0 м, с последующим опережающим наращиванием до проектной высоты. В следствии чего, формируется закрытый от ветра внешний откос. Способ складирования породы включает подготовку основания отвала, доставку породы автомобильным транспортом, отсыпку породы, склонной к

самовозгоранию в слой 0,75 м, который планируется и уплотняется бульдозером.

Складированную породу сверху заливают слоем высокозольного ила (кл.0-0,05 мм зольностью 55-65% и влажностью 50-60%), с целью предотвращения поступления кислорода в межфракционные пустотности породы, тем самым получаем не склонную к самовозгоранию породную массу, из которой формируют породный отвал.

Последующие слои породной массы на породном отвале формируют по этому же принципу, послойно - ярусами, до момента окончательного формирования породного отвала. Грубая и чистая планировка поверхности породной массы осуществляется бульдозером.

Для предотвращения отрицательных последствий осадок поверхности, подготовленной для рекультивации, её вертикальную планировку необходимо осуществлять многократно с разрывом во времени между каждой планировкой от одного до трёх месяцев. Для покрытия поверхности породной массы служит подготовленная глина, которая доставляется на поверхность породной массы, где разгружается и планируется бульдозером слоем 0,5 м.

После покрытия всей площади поверхности породной массы глиной приступают к покрытию глины плодородным слоем мощностью 0,3 м. Перед озеленением необходимо проводить глубокое безотвальное рыхление уплотнённого грунта для создания благоприятных условий развития корневой системы растений.

Биологический этап рекультивации земель осуществляется после завершения технического этапа в благоприятные для посева многолетних трав сроки.

Данные меры исключают горение породного отвала, так как все пустоты между кусками породы заполнены илом. После высыхания ил цементирует куски породы, что не даёт в дальнейшем породному отвалу деформироваться – он становится единой уплотненной массой.

Установлены причины вяжущих свойств жидких отходов углеобогащения и возможность их взаимодействия с поверхностью отходов, складированных в породные отвалы.

Предложен новый способ складирования жидких отходов углеобогащения в породных отвалах, позволяющий исключить возможность самовозгорания последних.

Список источников:

1. Хилл Н.В., Хьюджес П.Л., Ридер Х., Уиттл А.Э. Обработка, использование и размещение флотохвостов, Материалы IV Международного конгресса по обогащению углей. Изд-во «Недра», 1964.
2. Шламы, их улавливание и обезвоживание. Т.Г. Фоменко, И.С. Благов, А.М. Коткин, В.С. Бутовецкий. – М.: Недра, 1968. 203 с.
3. Кадастр угольных шахтопластов, предусмотренных к отработке шахтами и разрезами Госуглепрома Украины с характеристикой горно-геологических, горнотехнических условий качества углей. Долгий В.Я., Капланец Н.Э., Шведик П.П., Шамало М.Д., Долгая В.А., Лесникова Л.А., ДонУГИ, ЗАО «Ана-Темс», Донецк – 2001. 125 с.
4. Карпачева А.А., Панова В.Ф. «Активизация отходов углеобогащения для производства строительных материалов и изделий». Сибирский государственный индустриальный университет.

ИСПЫТАНИЯ ПРОБ МАГНЕТИТА

Шевчук Е. С., студент группы ОПИ-11 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Корчевский А. Н. руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

На сегодняшний день в схемах тяжелосреднего обогащения каменных углей в качестве утяжелителя применяется тонкоизмельченный магнетит.

Высокая плотность (4900-5200 кг/м³), приемлемая твердость (5,5-6,5 единиц по шкале Маоса), стабильные магнитные свойства обеспечивают хорошую регенерацию магнетитовых суспензий.

К физико-механическим свойствам магнетитовых утяжелителей предъявляются следующие требования: гранулометрический состав должен отвечать требованиям технологии (держат стабильную устойчивость суспензии для обеспечения плотности и вязкости); магнитные свойства обеспечивают регенерируемость суспензий.

Таблица 1 - Ситовый состав согласно ТУ У 13.1-00191023-00102002

Класс, мм	Выход, %	Выход «сверху», %	Выход «снизу», %
+0,071	1,00	1,00	100,00
0,044-0,071	5,00	6,00	99,00
0,02-0,044	39,90	45,90	94,00
0-0,02	54,10	100,00	54,10
Итого	100,00	-	-

Следовательно для устойчивости суспензии предусмотрено 94% класса 0-0,044 мм, которые находятся длительное время во взвешенном состоянии (в предоставленной пробе содержание класса -0,044 мм составляет 41,4%).

Анализ предоставленной пробы показал, что классы крупностью до 150 мкм обладают высокой удельной магнитной восприимчивостью, при фракционном анализе в 5 кА/м данные классы выделяются в магнитный продукт с общим выходом 97,6%. Количество материала свыше 150 мкм составляет 2,8%, +71 мкм составляет 20,5%, который обладает магнитными свойствами, но в тоже время норматив содержания (согласно ТУ У 13.1-00191023-00102002) превышает в 20 раз. Согласно требованиям ТУ содержание магнитных фракций должно соответствовать порядку 95%. Проведенный химический анализ показал ориентировочное содержание элементов, %: Mg ≈ 1,0; Al < 0,5; Si ≈ 2-5; S < 0,5.

Содержание железа в образце – 62,6%, расчетное содержание железа для магнетита должно составлять – 72,4%.

Фазовый состав показал содержание $\text{Fe}_3\text{O}_4 = 91,2\%$.

Содержание α – кварц = 7,8%.

Следовательно, загрязнение по показателю магнитного анализа и на содержание магнетита дает возможность судить о том, что данная проба имеет балластные составляющие в 9,8%, что ухудшает качество магнетита как продукт.

В классе +0,071 мм содержатся частички не соответствующие магнетиту и не обладающие магнитными свойствами (до 10% от исходного).

Таблица 2 - Ситовый состав пробы магнетита

Класс, мм	Выход, %	Выход «сверху», %	Выход «снизу», %
+0,15	2,8	2,8	100,0
0,071-0,125	17,7	20,5	97,2
0,044-0,071	38,1	58,6	79,5
0,02-0,044	21,2	79,8	41,4
0-0,02	20,2	100,0	20,2
Итого	100,00	-	-

Сравнивая ситовые составы материалов по ТУ и представленного можно сделать выводы:

1. Гранулометрический состав поставляемого магнетита не соответствует техническим условиям, что в конечном итоге ведет к потерям магнетита, не достижению устойчивости суспензии, что приводит к получению суспензии не должного качества;

2. Засорение магнетита не магнитными фракциями составляет $\approx 10\%$, что является балластом суспензии;

3. Не соответствие гранулометрического состава по классам крупности приводит к невозможности достичь расслоения магнетита в водной среде, устойчивость суспензии при 150 г/л составляет до 50 секунд. В организации тяжелосредней суспензии участвует 79,5% полезных компонентов (соответствующих параметрам крупности);

4. Качество продуктов обогащения в тяжелосредней суспензии невозможно достичь, потери магнетита могут составить до 2,0 кг/т;

5. Насыпная плотность магнетита на атмосферно-сухое состояние определена опытным путем и составила 2585 кг/м³.

Список источников:

1. Bert R.O. Tehnologija gravitacionogo obogasheniya. – Nedra, 1990. – 574 s.
2. Oborudovanie dlya obogasheniya uglya; pod redakciey V.F. Bratchenko - Nedra, 1979. – 335 s.
3. Kizivalter V.V. Teoreticheskie osnovi gravitacionnih processov obogasheniya Nedra, 1979. – 296 s.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГРОХОТОВ ТОНКОГО И СВЕРХТОНКОГО МОКРОГО ГРОХОЧЕНИЯ

Тарасевич Д. А., студент группы ЭМОск-15, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Маслов С. Г., соискатель, ОАО «Краснолучский машзавод».

Букин С. Л., руководитель НИРС, профессор, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Грохочение – процесс классификации частиц по их геометрическому размеру, является неотъемлемой частью практически всех технологических процессов переработки полезных ископаемых, сырья для пищевой, химической промышленности, утилизации бытовых и производственных отходов.

В комплексе обогащения полезных ископаемых операция грохочения относится к подготовительным процессам. Однако качество разделения на классы крупности во многом определяет конечные результаты работы предприятий по переработке разнообразного сырья.

Для тонкого и особо тонкого мокрого грохочения применяют виброгрохоты с полупогружным ситом, грохоты с непосредственным

возбуждением сита, пружинные грохоты и целый ряд других [1, 2]. В то же время наибольшее распространение получили вибрационные грохоты инерционного типа. Однако следует признать, что до настоящего времени проблема особо тонкого грохочения углей и других полезных ископаемых, остается нерешенной. Вследствие неэффективной работы виброгрохотов сверхтонкого грохочения значительно расширяется фронт грохочения, высоки капитальные и эксплуатационные расходы.

Технический прогресс в конструктивных решениях современных грохотов, а также разработка износоустойчивых, незабивающихся просеивающих поверхностей сделали применение тонкого грохочения в технологических схемах обогатительных фабрик экономически целесообразным.

Области применения тонкого грохочения:

- в технологических процессах переработки техногенных угольных месторождений (илонакопители, хвостохранилища и др.);
- в технологических схемах действующих углеобогатительных фабрик, например для выделения крупнозернистого шлама;
- в замкнутых циклах измельчения руд чёрных, цветных и благородных металлов взамен гидравлической классификации, при которой разделение частиц происходит по скорости падения (гидравлической крупности). Это приводит к попаданию в пески вместе с относительно крупными зернами пустой породы мелких раскрытых частиц полезных минералов большей плотности, которые, попадая в мельницу, переизмельчаются и при последующем обогащении безвозвратно теряются в хвостах [3]. При этом резко ухудшаются флотационные свойства раскрытых частиц, что снижает их извлечение на обогатительных фабриках [4];
- в схемах обогащения, когда содержание одного из разделяемых компонентов в мелких классах оказывается большим, чем в крупных. Такая задача встречается, например, при обогащении железных руд, у которых

железосодержащие минералы измельчаются в большей степени, чем пустая порода, что влечет за собой увеличение содержания железа в мелких классах;

➤ в технологических схемах доводки промпродуктов перед их обогащением, где требуется высокая точность разделения при относительно невысокой производительности.

Тонкое грохочение, как правило, осуществляется с использованием высокочастотной низкоамплитудной вибрации сита по линейной (возвратно-поступательной) или эллиптической траекториям.

Тонкое грохочение применимо как к мокрым, так и сухим процессам разделения, но механизмы разделения при этом существенно отличаются. Так как сухое грохочение тонких и сверхтонких материалов возможно только при разделении практически абсолютно сухого материала этот вид грохочения имеет ограниченное применение. Поэтому основное внимание исследователей привлечено к грохотам мокрого типа. Как показывают многочисленные исследования и практика обогащения, с увеличением концентрации в исходной гидросмеси тонкодисперсных частиц эффективность мокрого грохочения углей по крупности менее 100...200 мкм резко снижается. Значительная часть тонкодисперсного материала остается в надрешетном продукте грохота вследствие налипания на более крупных зёрнах материала, а также слипания (коагуляции) тонких частиц между собой. Поэтому повышение эффективности мокрого грохочения углей с высоким содержанием тонкодисперсных частиц является актуальной научно-технической задачей.

В последние годы отмечается расширение сферы применения вибрационных грохотов, которые вытесняют традиционно используемые для операции разделения по крупности тонких фракций полезных ископаемых такие машины и аппараты, как гидроциклоны и гидравлические классификаторы [5...9]. На некоторых предприятиях флотацию заменяют тонким грохочением, нередко операцию тонкого грохочения объединяют с операцией обезвоживания [5].

Отечественный и зарубежный опыт использования грохотов показывает, что одним из путей повышения удельной производительности и эффективности особо тонкого грохочения является увеличение интенсивности динамического режима виброгрохотов. Однако широко рекламируемые в настоящее время грохоты новых схем имеют значительное число недостатков, основными из которых является чрезмерная сложность машины, низкая долговечность отдельных узлов, недостаточная эффективность разделения. Активно разрабатываемые в последние годы устройства ударной очистки сита, к сожалению, не достигли такого уровня совершенства, чтобы полностью устранить проблему тонкого и особо тонкого грохочения.

Необходимо отметить, что данная задача является актуальной не только с точки зрения повышения качества углесодержащего концентрата, но и при переработке многих видов полезных ископаемых, включая неметаллические, металлические, горючие и др. Применение тонкого грохочения является одним из наиболее перспективных направлений развития технологий обогащения руд, с которым во многом связывается дальнейший прогресс в этой области. Тонкое вибрационное грохочение к настоящему времени является новым процессом, недостаточно изученным и описанным.

Таким образом, существует необходимость в исследованиях вибрационных грохотов новых структурных схем, способных интенсифицировать процесс тонкого и сверхтонкого грохочения.

Мокрое сверхтонкое грохочение углей с повышенным содержанием тонкодисперсных частиц крупностью менее 100 мкм по граничной крупности 100...200 мкм требует существенного усиления динамического вибрационного режима вследствие образования коагуляционных структур, препятствующих переходу тонкодисперсных частиц в подрешётный продукт грохота. Установлено, что при режиме грохочения с коэффициентом динамичности $K_d > 10$ возможно разрушение связи между угольными частицами при их фиксации на расстояниях не менее 4 нм [10]. В противном случае наблюдается необратимая коагуляция угольных частиц.

Технические средства, используемые для тонкой и сверхтонкой мокрой классификации полезных ископаемых, приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Технические средства, используемые для тонкой и сверхтонкой мокрой классификации полезных ископаемых

Грохоты тонкого и сверхтонкого мокрого грохочения	высокочастотные грохоты с плоским ситом	<i>виброгрохоты типа ОТ (Чехия), KTL48SS-CL, серий 5000 BCS, 20L ACMF, 500 BSS, 3636 DFL, 500 CS (США), моделей VDS и SVS (Канада), Magnapower (ЮАР), IFE (Австрия), СВ 1 ЛМ (Россия), ГЛКВ, ГЛК, Г-1200 и Г-750 (Украина)</i>
	высокочастотные дуговые виброгрохоты	<i>грохоты фирмы "Derek Parnaby Cyclones International Ltd." (Великобритания), ОАО «Завод Труд» (Россия)</i>
	непосредственное возбуждение сита	<i>грохоты с непосредственным возбуждением сита фирм "Rhewit" (ФРГ), ЧПКФ «Бахмут-инвест» (Украина) и др.</i>
	применение полигармонических режимов колебаний	<i>виброгрохоты с бигармоническим режимом работы DFN (ФРГ), многочастотные грохоты компании "Круш Технолоджиз Лтд." (Израиль), грохоты МВГ института ИГТМ НАН Украины</i>
	разделение в водной среде	<i>полупогружные виброгрохоты НПК «Механобр-Техника» (Россия), фирмы Siebtechnik (ФРГ)</i>
	многодечные виброгрохоты	<i>грохоты фирм «Derrick Corp.», «FLSmidth Knelson» (Канада), «Star Trace Pvt Ltd» (Индия), «Landsky TECH TANGSHAN C. Ltd.» (КНР) и др.</i>

Анализ грохотов мокрого тонкого и сверхтонкого грохочения позволил установить наиболее перспективные направления интенсификации процесса грохочения:

- применение грохотов с мультипитателями и мультидечных грохотов;
- организация непосредственного возбуждения колебаний сита высокой интенсивности;
- ударное воздействие на сито вибрационных грохотов;
- применение полупогружных гидравлических виброгрохотов;
- применение грохотов с возбуждением сита по полигармоническому закону колебаний;
- применение высоконапорных струйных брызгал, промывочных желобов и просеивающих поверхностей нового типа.

Список источников:

1. Синельникова Л.Н. Оборудование для тонкого грохочения за рубежом. - М.: Цветметинформация. 1977. 25 с.
2. Meinel A. Fine and very fine screening // AT MINERAL PROCESSING. Volume 51. - 2010. -№1. -Р. 2-8.
3. Кизевальтер Б.В. Гидравлическое грохочение мелкоизмельченных материалов: Обзорная информация / Б.В. Кизевальтер, А.А. Дмитриев // - М.: ЦНИИцветмет экон. и информ. Сер. Экономика цветной металлургии, Вып. 6, 1981. 58 с.
4. Конев В.А. Анализ потерь металлов на обогатительных фабриках: Обзорная информация / Б.В. Кизевальтер, А.А. Дмитриев // - М.: ЦНИИцветмет экономики и информации. Сер. Эконом. цвет. металлургии, Вып. 14, 1983, 60 с.
5. Вайсберг Л.А. Тонкое грохочение как альтернатива гидравлической классификации по крупности / Л.А. Вайсберг, А.Н. Коровников // Обогащение руд. – 2004. - №3. - С. 23-34.
6. Сухорученков А.И. Тонкое грохочение - высокоэффективный метод повышения технологических показателей обогащения тонковкрапленных магнетитовых руд / А.И. Сухорученков, В.В. Стаханов, Г.В. Зайцев // Горный журнал. - 2001. - № 4. - С. 12-16.
7. Пелевин А.Е. Тонкое грохочение и его место в технологии обогащения железных руд // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 2011. - № 4. - С. 110-117.
8. Keith C.D. Fine screening operations at Erie Mining Co. and other pickands Mather Co. Properties. – “Skilling’s Mining Review”, vol. 60, №14, 1971.
9. Применение тонкого грохочения для повышения качества железорудного концентрата на обогатительной фабрике ГОКа «Арселормиттал Кривой Рог» / Д.Н. Мордовин, С.В. Алексанкин, А.А. Ширяев и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 44 (85). – С. 62-67.
10. Сергеев П.В. Закономерности коагуляции тонкодисперсных частиц при мокром грохочении углей / П.В. Сергеев, С.Л. Букин, С.Г. Маслов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 46 (87). – С. 54-62.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГРАВИТАЦИОННО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ СТОЛОВ

Онищенко С. А., студент группы ЭМОск-15, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Букин С. Л., руководитель НИРС, профессор, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Одним из основных методов обогащения большинства руд чёрных, цветных и благородных металлов, а также каменных углей и антрацитов является гравитационный метод. Этот метод считается наиболее эффективным для мелких классов многих полезных ископаемых, однако глубина гравитационного обогащения ограничивается 100 мкм. Снизить минимальный размер обрабатываемых зёрен позволяет использование центробежного поля, воздействующего на рабочий орган машины. Таким образом, к перспективным машинам для обогащения тонких и сверхтонких классов полезных ископаемых можно отнести и концентрационные столы, снабжённые вращающейся с асимметричным угловым ускорением декой [4]. Такие машины входят в класс гравитационно-центробежных сепараторов. К другому классу относятся столы, деки которых совершают как вращающееся равномерное движение, так и колебательное. Этот класс назовём «Центробежно-инерционные сепараторы». Оба этих класса объединены в группу: «Центробежные концентрационные столы».

Дека центробежных концентрационных столов имеет круглую форму, чаще всего она плоская, однако встречаются столы с конической декой с малым углом образующей конуса к горизонту.

Вращающиеся концентрационные столы имеют несомненные преимущества по сравнению с концентрационными столами с «классической» плоской декой. Это объясняется тем, что при работе круглого стола появляются дополнительные силы, воздействующие на разделяемые частицы в потоке материала, прежде всего, это центробежная сила [4].

В настоящее время наиболее интересные работы по созданию гравитационно-центробежных концентрационных столов проводятся в Национальном минерально-сырьевом университете «Горный» (г. С.-Петербург, РФ). Разработан ряд новых конструкций круглых вращающихся концентрационных столов [7-12].

Гравитационно-центробежный концентрационный стол (рис. 1) [3, 5] имеет подвижную дискообразную деку с круговыми нарифлениями, разделенную на два симметричных сектора, распределительный бункер с секторами для подачи исходного питания и смывной воды.

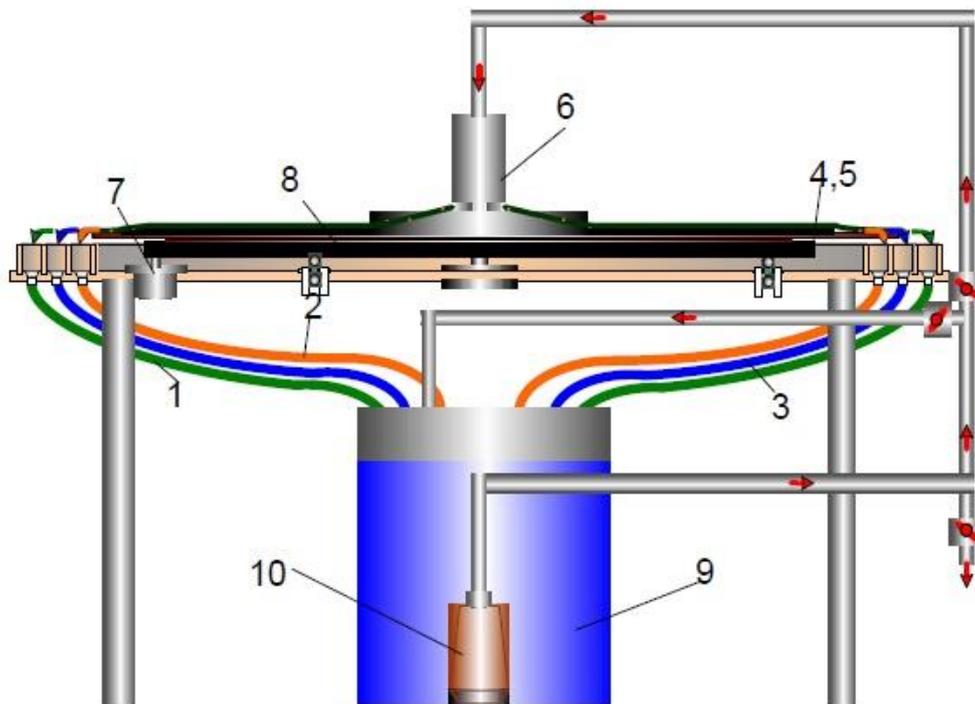


Рисунок 1 - Гравитационно-центробежный концентрационный стол с шаговым двигателем [3, 6]:

- 1 – шланг для разгрузки концентрата; 2 – шланг для разгрузки хвостов;
- 3 – шланг для разгрузки промпродукта; 4, 5 – дека с рифлями;
- 6 – распределительный бункер; 7 – привод; 8 – зубчатый венец;
- 9 – сборный зумпф; 10 – погружной песковый насос

Количество секторов стола и разгрузочных зон может быть различным, но, по мнению авторов, наиболее рациональным является деление деки стола на два сектора и каждого сектора на три разгрузочных зоны.

Одним из эффективных способов создания гравитационно-центробежной силы соответствующих концентрационных столов является вращательное асимметрично-реверсивное движение деки, которое может быть организовано разными способами. Перспективным является применение в качестве привода вращения деки высокочастотного шагового электродвигателя, управляемого регулятором с блоком возбуждения противоимпульсов заданной частоты и скважностью.

В работах [1-6] авторы утверждают, что использование асимметрично-реверсивного движения деки позволяет повысить эффективность разделения руд за счёт увеличения длины рифлей, приходящихся на единицу занимаемой площади и соответствующего удлинения траектории движения частиц, а также обеспечить лёгкость оперативного регулирования стола.

Стол университета «Горный» работает следующим образом [6]: привод стола обеспечивает асимметричное вращение деки вокруг вертикальной оси, т.е. по ходу вращения (здесь по часовой стрелке) дека движется с меньшим ускорением и скоростью, а при противоположном вращении (противоходе) дека движется с большим ускорением и скоростью. Материал из распределительного бункера вымывается на поверхность деки. На работающем столе одновременно идут три процесса: разрыхление материала, его смывание по радиусу и транспортировка вдоль рифлей. Разрыхление, являющееся необходимым условием разделения, происходит в основном из-за асимметричного вращения деки. Смывание по радиусу осуществляется за счет подачи смывной воды и центробежной силы, транспортировка вдоль рифлей происходит также за счет асимметричного вращения деки. Частицы разделяются в соответствии с их плотностью, крупностью и формой.

На круглом столе угловое ускорение и скорость растут от нуля в центре стола до максимума – на периферии, также линейные ускорение и скорость изменяются по радиусу.

По мнению авторов, некоторыми недостатками испытанного экспериментального образца круглого стола является сравнительная трудность точной регулировки разгрузки продуктов разделение в соответствующие пульпоприёмники и появление, так называемых, «мертвых зон» - мест, где почти отсутствует поток воды и происходит накапливание материала. При этом «мертвая зона» не участвует в работе деки, что несколько снижает производительность стола. Поэтому были разработаны модернизированные конструкции стола – с разгрузочными окнами и с дугообразными разделителями секторов деки [6]. Разделитель секторов, выполненный в форме дуги с изгибом в направлении вращения деки позволяет исключить появление на поверхности концентрационного стола «мертвой зоны». При этом повышается удельная производительность аппарата за счет более полного использования рабочей поверхности деки.

Сравнение результатов работы дискового концентрационного стола и других гравитационных аппаратов, как на искусственных смесях, так и на различных рудах доказывают перспективность их применения для различных материалов [2].

Авторы объясняют процесс разделения зёрен полезного компонента от хвостов следующим образом [6]. «На круглом столе центробежное ускорение и скорость растут от нуля в центре стола до максимума – на периферии, также линейные ускорение и скорость изменяются по радиусу. Поэтому в зоне подачи питания разрыхления практически нет, и, лишь на некотором расстоянии от центра деки, ускорения будет достаточно для того, чтобы происходило разрыхление и началось разделение материала. Но, с определенного расстояния от центра деки, ускорение будет слишком велико и начнётся перемешивание частиц, т.е. стол имеет рабочую кольцевую зону строго определённых размеров. Кроме того, центробежная сила переменная, в момент, когда стол не

вращается – нет центробежной силы, потом он начинает вращаться, и появляется центробежная сила, доходит до какого-то предела, потом стол останавливается и крутится в обратную сторону, тогда центробежная сила у него становится сначала равной нулю, а потом снова увеличивается. Т.е. центробежная сила «пульсирует», что дополнительно разрыхляет материал. Направление центробежной силы постоянно (по радиусу). За счет воздействия на частицы дополнительной центробежной силы появляется возможность обогащать более мелкие фракции руд и материалов, чем на традиционных столах».

Несмотря на перспективность развития гравитационно-центробежных концентрационных столов в рассмотренных конструкциях необходимо отметить следующие недостатки:

- существенное снижение числа факторов, которые способны управлять технологическим процессом по сравнению с «традиционными» плоскими столами;
- большие сложности при создании многоярусных вращающихся столов;
- применение в конструкциях в качестве привода вращения деки шаговых двигателей с зубчатой передачей существенно повышает стоимость стола, что, в свою очередь, снижает конкурентоспособность машины;
- в межрифельной зоне снижаются условия турбулизации радиального потока пульпы, что препятствует процессу сегрегации частиц и выносу лёгких фракций в верхние слои;
- отсутствуют рекомендации по применению систем нарифлений, оптимизированных хотя бы для наиболее востребованных полезных ископаемых.

По нашему мнению большой качественный потенциал имеют вращающиеся концентрационные столы, относящиеся к центробежно-инерционному классу. Естественно, концентрационные столы этого класса имеют вращающуюся деку, однако в отличие от гравитационно-центробежных концентрационных столов круглая дека вращается равномерно, совершая

колебания вдоль вертикальной оси. К сожалению, мы не имеем возможности описать все особенности конструкции стола нового типа (идёт процесс патентования) однако уже на стадии разработки экспериментального образца вырисовываются существенные преимущества конструктивной схемы, которые позволяют устранить или существенно снизить недостатки концентрационных столов гравитационно-центробежного класса.

Список источников:

1. Андреев Е.Е. Круглый вращающийся концентрационный стол / Е.Е. Андреев, В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, А.Г. Цай // Мат. науч. конф. РИВС, 2008. - С. 52.
2. Кускова Я.В. Повышение эффективности обогащения с использованием гравитационно-центробежной сепарации / Я.В. Кускова // Мат. международ. научно-техн. конф. «Комбинированные процессы переработки минерального сырья: теория и практика», 19-20 мая 2015, г. Санкт-Петербург. - С. 68-69.
3. Андреев Е.Е. Аппарат для гравитационно-электромагнитной сепарации / Е.Е. Андреев, В.Б. Кусков, Я.В. Кускова. // Мат. науч.-практ. конф. молодых учёных и студентов, 24-29 апреля 2009. - С. 159-161.
4. Кусков В.Б. Повышение эффективности гравитационного обогащения мелких частиц / Кусков В.Б., Кускова Я.В. // Мат. международ. совещания «Плаксинские чтения-2013», 16-19 сентября 2013. Томск. - С. 140-143.
5. Кусков В.Б. Испытания концентрационных столов различных типов / В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, К.Е. Ананенко // Цветные металлы, 2012, №10.
6. Кускова Я.В. Повышение эффективности обогащения тонких фракций руд и материалов с использованием гравитационно-центробежной сепарации: Автореф. дисс. ... к.т.н. Специальность 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых» / Я.В. Кускова // Санкт-Петербург, 2012. – 23 с.
7. Патент РФ на изобретение № 2372994. Концентрационный стол // Е.Е. Андреев, В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, А.Г. Цай. Опубл. 20.11.09. Бюл. № 32.
8. Патент РФ на изобретение № 2380163 Гравиэлектромагнитный сепаратор // Е.Е. Андреев, В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, А.Г. Цай. Опубл. 27.01.10. Бюл. 3.

9. Патент РФ на изобретение № 2424060 Гравитационно магнитный сепаратор // В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, А.Г. Цай. Оpubл. 20.07.11. Бюл. 20.
10. Патент РФ на изобретение № 2438788 Дискóвый концентрационный стол // В.Б. Кусков, Я.В. Кускова, А.Г. Цай. Оpubл. 10.01.12. Бюл 1.
11. Патент РФ на изобретение № 2438789 Дискóвый концентрационный стол // В.Б. Кусков, Я.В. Кускова. Оpubл. 10.01.12. Бюл. 1.
12. Патент РФ на полезную модель № 116370. Дискóвый концентрационный стол // В.Б. Кусков, Я.В. Кускова. Оpubл. 27.05.12. Бюл. изобр.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОГО СТОЛА С БИГАРМОНИЧЕСКИМ ВИБРОПРИВОДОМ

Шолда Р. А., соискатель, УкрВиброМаш.

Букин С. Л., научный руководитель, проф. каф. ОПИ, к.т.н.

Одним из наиболее эффективных методов обогащения мелких и тонких классов углей и руд является разделение частиц в тонком слое воды малой толщины, которое осуществляется на концентрационных столах, шлюзах, в желобах и винтовых сепараторах. Концентрационные столы нашли широкое распространение при обогащении золотосодержащих, редкоземельных, оловянных, вольфрамовых руд крупностью 0,04-3 мм, а также углей и антрацитов крупностью менее 13 мм. Концентрация на столе — процесс разделения минеральных частиц на основе различий в их плотности и крупности в тонком слое воды, текущей по наклонной плоскости. Концентрационный стол имеет одну или несколько параллельно расположенных дек, представляющих собой плоскую поверхность трапециевидной формы. Деки изготавливают из пластика, алюминия, стали и покрывают резиной, полиуретаном или другими материалами. Углы продольного и поперечного наклона деки регулируются соответствующими

кренными механизмами. Обычно дека совершает асимметричные возвратно-поступательные движения в продольном направлении при помощи специального вибровозбудителя. В поперечном направлении по всей площади деки создаётся тонкий смывной поток воды. Исходная пульпа подается в верхний угол стола через загрузочный лоток.

Несмотря на очень высокие показатели эффективности обогащения удельная производительность концентрационных столов из-за малых скоростей и глубин потоков относительно невелика [1]. Поэтому многодечные концентрационные столы чаще всего применяют в операциях первичного обогащения материалов, а однодечные - при пересортировке черновых концентратов.

Теория процесса обогащения на концентрационных столах разработана в недостаточной степени, т.к. математическое описание процесса затруднено большим комплексом вибрационных динамических и гидродинамических сил, действующих на частицы материала [2 - 4]. В связи с этим большое значение имеют результаты экспериментальных исследований. Так как лабораторные стендовые исследования значительно экономичнее, чем промышленные, они занимают важное место в комплексе экспериментальных исследований научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Одним из эффективных направлений повышения удельной производительности концентрационных столов является подача дополнительной воды через пористую деку [1, 5], а также оптимизация конфигурации рифлей и межрифельного пространства деки [6].

Расход дополнительной промывочной воды зависит от многих факторов, основными из которых являются гранулометрический и фракционный составы перерабатываемого шлама. Настройка на оптимальный режим расхода дополнительной промывочной воды осуществляется непосредственно в реальных условиях эксплуатации. При ее подаче в межрифельную зону производится разрушение циркулирующих потоков, интенсивное расслоение твердой фазы пульпы по плотности и крупности, вынос легких и тонких частиц

углесодержащей фракции в верхние слои потока и их смыв через рифли основной промывочной водой. То есть, подача дополнительной промывочной воды непрерывными струями через отверстия, выполненные в деке концентрационного стола между рифлями деки позволяет ликвидировать застойные явления в межрифлевых зонах, особенно в областях, примыкающих к ниже расположенной рифле, и тем самым увеличить степень извлечения углесодержащих фракций, повысить выход угольного концентрата и эффективность переработки угольного шлама.

К сожалению рекомендаций по практическому применению этих инновационных технических решений до настоящего времени нет.

Таким образом, разработка модульной автономной установки на базе концентрационного стола для проведения лабораторных экспериментальных исследований процессов разделения является актуальной научно-практической задачей.

Сотрудниками Донецкого национального технического университета совместно с НПК «УкрВиброМаш» разработана и изготовлена принципиально новая экспериментальная установка по обогащению шламов разнообразных полезных ископаемых в лабораторных условиях.

В основе установки по обогащению шламов УОШ-1 заложен опорно-подвесной концентрационный стол СКОПБ-0,5×2 (рис. 1). Стол состоит из двух ярусов дек (верхней 1 и нижней 2), вибровозбудителя 4 с электродвигателем 3 привода вращения. Концентрационный стол - опорно-подвесного типа: передние части дек через кронштейн опираются на опору с упругими элементами 23, а задние – подвешены на портале 5 на тросах. Применение в составе подвесок талрепов 6 и 7 позволяет регулировать их длину, а, следовательно, углы продольного и поперечного наклона дек. Вибровозбудитель – инерционного типа, бигармонический [7], с простой регулировкой амплитуды возбуждающей силы по каждой гармонике. Приводится во вращение от асинхронного электродвигателя через клиноременную передачу.

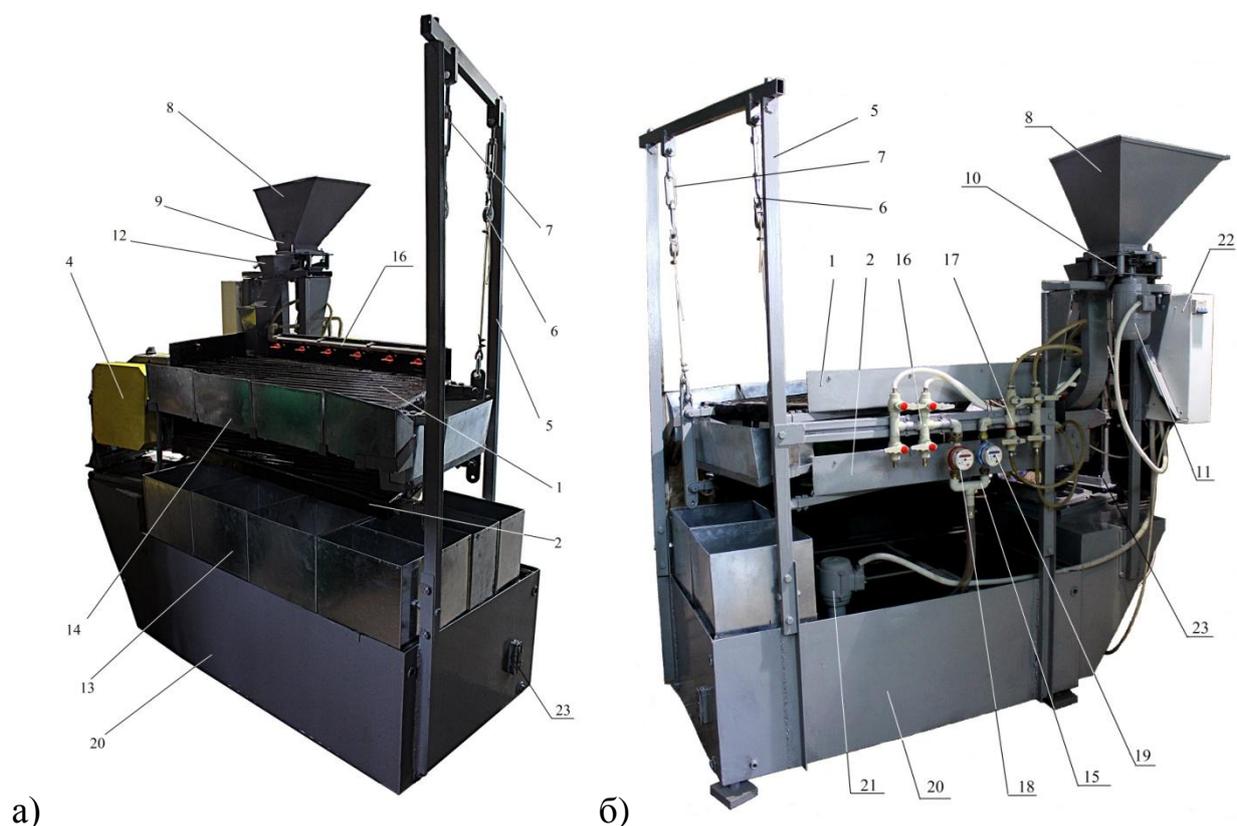


Рисунок 1 – Общий вид установки по обогащению шламов УОШ-1:

а – вид спереди; б – вид сзади

1 – дека верхняя; 2 – дека нижняя; 3 - электродвигатель привода вращения вибровозбудителя; 4 - вибровозбудитель; 5 – портал; 6 – устройство регулирования продольного угла наклона деки; 7 - устройство регулирования поперечного угла наклона деки; 8 - бункер исходного продукта; 9 – шибер; 10 - вибрационный питатель; 11 – электродвигатель привода питателя; 12 - распределительное устройство; 13, 14 - сборники продуктов разделения; 15 - водяной коллектор общий; 16 - коллектор смывной воды; 17 – коллектор питающей и поддечной воды; 18, 19 – водяные счётчики; 20 – бак; 21 – насос; 22 – электроблок; 23 – упругая опора; 24 - указатель уровня воды

В установке предусмотрено регулирование скорости вращения электродвигателя при помощи электронного вариатора – инвертора. Бункер 8 предназначен для исходного продукта. Разгрузка материала из бункера осуществляется вибрационным питателем 10, который приводится в действие электродвигателем 11. Регулирования производительности по исходному

продукту производится шибером 9. Распределительное устройство 12 предназначено для равномерной подачи в приемные лотки каждой из дек, причем конструкция предусматривает регулирование соотношения нагрузок на каждую деку. Продукты обогащения попадают в сборники 13 и 14 соответственно для верхней и нижней дек. Раздельный сбор продуктов для каждой деки позволяет производить сравнительные испытания параллельно, независимо друг от друга (например, при выявлении эффективности одного из двух вариантов систем нарифления, действия дополнительной поддечной воды и пр.). Водяная система включает в себя бак 20, выполняющий функции опорной рамы, на котором смонтированы все основные элементы установки, центробежный насос 21, соединенный с общим водяным коллектором 15 гибким трубопроводом. Общий водяной коллектор распределяет поток воды на два – один коллектор 16 предназначен для обеспечения дек смывной водой, второй 17 - питающей и поддечной водой. Расход воды через соответствующие коллекторы измеряется при помощи водяных счётчиков 18 и 19. Вся пускорегулирующая электроаппаратура, в которую входят автомат питания, пускатели, кнопки, сигнальные лампы и инвертор, смонтирована в электроблоке 22. В нижней части бака установлены регулируемые опоры для возможности горизонтирования установки на месте эксплуатации и находятся пробки для слива воды, а на боковой поверхности – указатель уровня воды 24. Внутренний объем бака разделен на ряд отсеков, создающие рациональные условия осветления оборотной воды.

Таким образом, конструкция установки и концентрационного стола, защищённые рядом патентов на изобретения, обеспечивают:

- возможность физического моделирования технологическим процессом разделения шламов различных полезных ископаемых, причём количество регулируемых факторов выше, чем у существующих концентрационных столов;

- возможность одновременного проведения сравнительных испытаний параллельно на двух деках;

- возможность проведения динамических исследований колебательной системы с использованием микропроцессорного виброрегистрирующего устройства VibroDon;

- возможность быстрого ремонта системы нарифления, конфигурации деки, распределителя поддечной воды и других конструктивных элементов.

Список источников:

1. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения: перевод с англ. / Пер. Е.Д. Бачевой. – М.: Недра, 1990. – 574 с.
2. Шохин В.Н. Гравитационные методы обогащения: учебник для вузов. / В.Н. Шохин, А.Г. Лопатин – М.: Недра, 1980. – 400 с.
3. Исаев И.Н. Концентрационные столы: монография. – М.: Госгортехиздат, 1962. - 100 с.
4. Благов И.С. Обогащение углей на концентрационных столах: монография. – М.: Недра, 1967. – 136 с.
5. Букин С.Л. Математическая модель движения жидкости в межрифельном пространстве деки концентрационного стола / С.Л. Букин, В.Ф. Комаров, Р.А. Шолда // В зб.: Наукові праці ДонНТУ. Випуск 1(25)'2013. Серія: Гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С. 47-56.
6. Интенсификация процесса обогащения углей мелких классов / Н.Н. Виноградов, К.К. Коллодий, Г.М. Гурвич и др. // В кн.: Обогащение углей в СССР. Под ред. И.С. Благова. – М.: Недра, 1973. - С. 34-45.
7. Применение вибрационной техники с бигармоническим режимом колебаний при обогащении углей / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, С.Л. Букин и др. // Уголь Украины, май 2011. - С. 41-44.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Белоусов С. А., студент группы ОПИ-13, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Самойлик В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Существует множество различных технических решений, обеспечивающих получение водоугольного топлива (ВУТ) с высокой концентрацией, низкой вязкостью и хорошей седиментационной стабильностью [1]. Однако универсального варианта технологии приготовления ВУТ не существует, поскольку для каждого конкретного вида угля требуется строго определенный подбор ряда параметров, в число которых входят: необходимость предварительной обработки угля (обогащение, сушка и др.); последовательность технологических операций; время и условия помола; тип и количество химических добавок, снижающих вязкость и повышающих седиментационную стабильность; содержание твердой фазы и пр. Кроме того, технология приготовления ВУТ определяется требованиями потребителей к качеству суспензии.

При сжигании ВУТ на угольных ТЭС зольность твёрдой фазы не должна превышать 12 %, крупность частиц угля – менее 250 мкм, седиментационная устойчивость – не менее 120 суток. В случае сжигания водоугольного топлива в котлах мазутных ТЭС, не оборудованных системой золоудаления, требования к зольности твёрдой фазы ужесточаются ($A^d < 5\%$), размер угольных частиц не должен превышать 150 мкм. При приготовлении ВУТ, предназначенного для сжигания в котельных, помимо калорийности топлива, основное внимание уделяется его седиментационной устойчивости. Измельчение твёрдой фазы до крупности менее 45 мкм позволяет получать суспензии, устойчивые к расслоению в течение 180 суток, в отдельных случаях даже без применения химических добавок. Оптимальный уровень зольности твёрдой фазы в данном случае $A^d = 2-5\%$.

Снижение зольности твёрдой фазы ВУТ до уровня 2-12 % возможно при применении традиционных методов обогащения: гравитационных, флотационных, масляной селекции. Использование для обогащения твёрдой фазы ВУТ флотации или масляной селекции во многих случаях может быть нецелесообразным [2, 3], т.к. наличие на поверхности угольных частиц аполярных реагентов, будет способствовать повышению её гидрофобности. Следовательно, при разработке схем приготовления ВУТ помимо технических решений, связанных с получением требуемого гранулометрического состава твёрдой фазы, дозированием химических добавок, необходимо должное внимание уделять и технологиям обогащения с учетом влияния их на реологические параметры топлива и его экономичность.

Получение требуемого гранулометрического состава твёрдой фазы ВУТ обеспечивается операциями дробления и измельчения угля. Практически во всех известных на данный момент времени технологиях для крупномасштабного приготовления ВУТ, реализуемых на промышленном или полупромышленном уровне, для измельчения угля используются шаровые, стержневые, вибрационные мельницы. Для котлов малой и средней мощности при приготовлении ВУТ могут быть использованы кавитаторы, гидроударные установки мокрого помола (ГУУМП), вибромельницы.

Практика использования вибромельниц показала, что для достижения проектных значений грансостава и влажности ВУТ на выходе вибромельницы обязательно должен быть установлен классификатор для разделения продукта помола на готовый (с грансоставом менее заданного) и требующий повторного помола. Таким образом, приготовление ВУТ в вибромельницах, как правило, реализует замкнутый цикл помола. Дополнительно, к мокрому помолу в вибромельницах целесообразно применение гомогенизаторов. Энергозатраты на приготовление ВУТ в вибромельницах составляют обычно от 55 кВт·ч/т, без учёта рециркуляций продукта.

Накопленный опыт в разработке технологий приготовления ВУТ позволяет получать топливо с заданными параметрами, удовлетворяющими

требования потребителей, для конкретных, в том числе действующих, теплогенераторов (котлов, печей и других).

Список источников:

1. Самойлик В.Г. Особенности процесса приготовления водоугольного топлива // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов V Международ. научно-практ. конф. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2016. – С. 358-360.
2. Самойлик В. Г. Исследование воздействия аполярных реагентов на текучесть водоугольных суспензий / В. Г. Самойлик, Е. И. Назимко // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 50(91). – С. 147-153.
3. Самойлик В. Г. Исследование влияния омасливания угольной поверхности на эффективность действия реагентов-пластификаторов / В. Г. Самойлик // Вісник Криворізького національного університету: Збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 33. – С. 128-131.

ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ УРАНА ИЗ РАСТВОРОВ

Мирошниченко А. А., студент группы ОПИ-11, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Самойлик В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

При обогащении ураносодержащих руд широкое применение нашли процессы выщелачивания, при которых уран переходит в раствор. Для выделения урана из продуктивных растворов можно использовать химическое осаждение, ионообменные процессы и экстракцию [1, 2].

В данном докладе остановимся на особенностях химического осаждения.

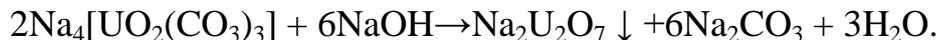
Этот метод может быть применен лишь к хорошо осветленным растворам. При выщелачивании получается два типа растворов: кислые и карбонатные с различным соотношением урана и примесей. При проведении

осаждения стремятся к уменьшению потерь с маточными растворами, а также к освобождению от примесей.

Наиболее простой способ выделения урана из кислых растворов – щелочное осаждение. При действии NaOH на раствор урана осаждается полиуранат натрия:



Для выделения урана из карбонатных растворов используется аммиачное осаждение. Данный способ требует большого расхода кислоты на разрушение карбонатного комплекса. Применение едкого натра позволяет осадить уран из карбонатного раствора без предварительного разрушения карбонатного комплекса и избытка соды. В сильно щелочной среде при $\text{pH} > 12$ едкий натр разрушает комплекс и осаждает уран:



Процесс осаждения осуществляется или периодически в одном агитаторе или чаще непрерывно – в каскаде агитаторов. При проведении процесса осаждения стремятся провести мероприятия, способствующие образованию хорошо отстаивающихся, легко фильтруемых крупнокристаллических осадков. Общая длительность осаждения составляет 1–6 часов.

В настоящее время химическое осаждение для выделения урана из растворов после выщелачивания практически не применяется. Причины: малая селективность, большой расход реагентов. Поэтому на данной стадии осадительный передел практически полностью вытеснен ионообменными и экстракционными процессами. Но осадительные процессы сохраняют свое значение для выделения урана из регенератов ионообменного процесса и из реэкстрактов.

Список источников:

1. Самойлик В.Г. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие. - Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2015. – 164 с.
2. Тураев Н.С. Химия и технология урана: учебное пособие для вузов / Н.С. Тураев, И.И. Жерин. – М. ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407 с.

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОКЛАВНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ВОЛЬФРАМА

Иващенко И. Г., студент группы ОПИ-11, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Самойлик В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Наиболее распространённые промышленные минералы вольфрама – вольфрамит и шеелит.

Вольфрамит – $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$, представляет собой изоморфную смесь вольфрамата железа – FeWO_4 и вольфрамата марганца – MnWO_4 . Если $\text{MnWO}_4 < 20\%$, то минерал называется ферберитом, когда $\text{MnWO}_4 > 80\%$ – гюбнеритом. Смеси, лежащие по составу между этими пределами, называются вольфрамитами. Вольфрамит - минерал черно-коричневого цвета, плотность 7100-7900 кг/м³, слабомагнитен.

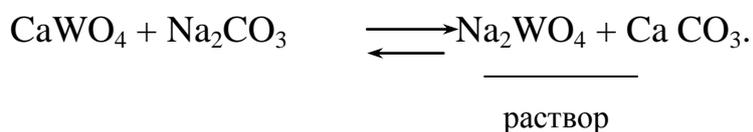
По минералогическому составу различают два типа месторождений – вольфрамитовые и шеелитовые. Содержание вольфрама в рудах от десятых долей до 1,5 %.

Сложность состава и невысокое содержание минерала в исходном продукте затрудняют получение кондиционных концентратов традиционными способами обогащения. Применение автоклавного содового выщелачивания позволяет доводить полученные концентраты до требуемых норм.

Процесс автоклавного содового выщелачивания впервые разработан в СССР Масленицким и Сырокомским [1]. Этот способ применим к вскрытию не

только стандартных концентратов, но и низкосортных промпродуктов и хвостов обогащения.

Перевод вольфрама из концентрата в раствор производится в результате взаимодействия раствора соды с вольфраматом кальция CaWO_4 (шеелитом):



В результате реакции разложения вольфрамовых минералов растворами соды образуются нерастворимые соединения (карбонаты или продукты их гидролиза), выпадающие в осадок. Вольфрам переходит в раствор, который направляется на очистку и осаждение [2].

С достаточной скоростью и полнотой реакция протекает при большом расходе соды (250—300 % от СНК) и температурах 200-225°C, что требует осуществления процесса в автоклавах.

Выщелачивание проводят в автоклавах двух типов: вертикальных периодического или непрерывного действия с обогревом и перемешиванием острым паром и горизонтальных вращающихся периодического действия с нагревом пульпы острым паром. Приготовленная в смесителе автоклавная пульпа, подогретая паром до 80-100°C, подается насосом в автоклавы, в которых нагревается до 220-225°C острым паром (температура пара ~250°C, давление 2,7 МПа), разбавление пульпы вследствие конденсации пара составляет 30-40%. Концентраты и промпродукты обрабатывают при Т:Ж =1:(3,5-4) и продолжительности 4-5 ч [2]. При непрерывном режиме работы давление в автоклавах поддерживается путём выпуска пульпы через дроссель (калиброванную шайбу из твердого сплава).

Пульпа из автоклавов поступает в самоиспаритель – аппарат, находящийся под более низким абсолютным давлением (примерно 0,15-0,25 МПа), в котором происходит интенсивное испарение и, вследствие этого, быстрое охлаждение пульпы. Образующийся вторичный пар используют

для подогрева автоклавной пульпы. Из самоиспарителя пульпа поступает в сборники и далее на фильтрацию на дисковых вакуумных фильтрах или фильтр-прессах.

Автоклавное выщелачивание является наиболее интенсивным вариантом вскрытия вольфрамовых продуктов. Особенно этот способ эффективен при обогащении шеелитовых концентратов.

Список источников:

1. Зеликман А.Н. Вольфрам: учебник для студентов вузов / А.Н. Зеликман, Л.С. Никитина - М.: Металлургиздат, 1978. – 272 с.
2. Самойлик В.Г. Специальные и комбинированные методы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие. - Донецк: ООО «Східний видавничий дім», 2015. – 164 с.

ОСАДИТЕЛЬНО-ФИЛЬТРУЮЩИЕ ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Долбиев А. Ю., студент группы ОПИ-14, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Серафимова Л. И., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Осадительно-фильтрующие центрифуги (ОФЦ) в настоящее время является наиболее эффективным и популярным в мире оборудованием для механического обезвоживания угольного шлама. Широкое использование этих центрифуг в большей степени обусловлено надежностью в работе и способностью достижения более низкой влаги осадка (концентрата) по сравнению с конкурирующим оборудованием, таким как вакуум-фильтры и гипербарфильтры. Все новые обогатительные фабрики, построенные в России за последние 10 лет, используют в своих схемах ОФЦ, которые позволили отказаться от термической сушки угля.

ОФЦ предназначены для обезвоживания шлама размером 0×1 (3) мм. Они достигают влаги осадка на 4-6% ниже, чем фильтры, извлекают 100% материала крупностью более 44 мкм и удаляют в фугато-осадительной секции значительную часть (более 50%) ультратонких частиц размером менее 0,044 мм, обычно имеют высокую зольность. Например, при обезвоживании шлама в фильтрующих центрифугах со шнековой выгрузкой осадка в фугат идут частицы размером $0 \times 0,2$ мм которые, как правило, имеют низкую зольность, что создает проблемы с их улавливания дальше в конце водно-шламовой схемы фабрики [1].

Осадительно-фильтрующая центрифуга была впервые предложена в 1969 г. компанией «Bird Machine Company» для угольной промышленности Германии, с тех пор её конструкция у разных производителей практически не изменилась.

ОФЦ является непрерывно действующей машиной и имеет две последовательные стадии отделения твёрдого от жидкого. Первая стадия включает центробежный отжим твёрдого в сплошном цилиндрическом роторе, вторая стадия включает центробежную фильтрацию на щелевом сите цилиндрической формы. На рис. 1 показано как пульпа вводится через трубу питания.

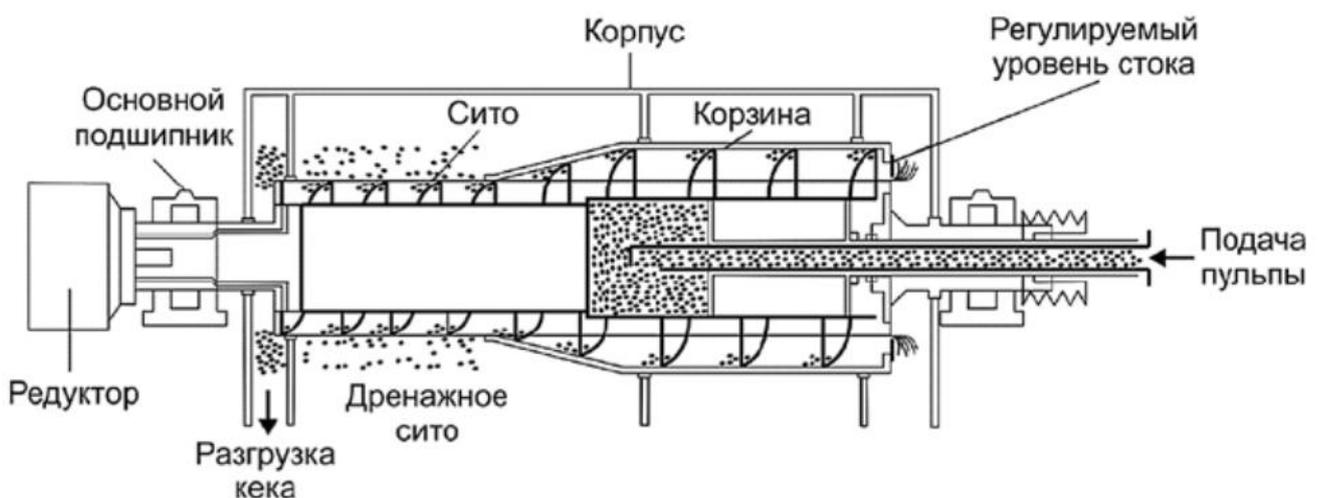


Рисунок 1 – Схема осадительно-фильтрующей центрифуги

Пульпа вращается в разгонной камере и распределяется через питающие патрубки в осадительную часть ротора. Твёрдые частицы из пульпы оседают в сплошной стенке ротора благодаря большой центробежной силе. Это действие является первой стадией обезвоживания в центрифуге.

Действие центробежной фильтрации является второй стадией обезвоживания в ОФЦ [2].

В большинстве случаев материал, который дренировал через ситовую секцию (фугато-фильтрующей секции), содержит ценный низкозольный уголь, и поэтому его возвращают обратно в питание на дополнительное извлечение. Эта циркуляция является необходимым условием работы центрифуги. Фугат фильтрующей секции в центрифуге постоянно обновляется и не накапливается.

Наиболее важные параметры пульпы, которые влияют на обезвоживающее действие ОФЦ, - это размер частиц, норма твердого в питании и объём пульпы питания. Наиболее важные механические параметры центрифуги включают глубину слоя жидкости в бассейне, скорость вращения и передаточное число редуктора.

Управление центрифугами проводится по показаниям влаги осадка, содержанием твердого в фугате осадительной секции и дренажа фильтрующей секции. Эти значения могут быть сверены по предварительным данным в эксплуатации, в результате позволит определить любые проблемы, происходящие с машиной. Необходимо отметить влияние центробежной силы, создаваемой в центрифуге, на производительность и влажность кека.

ОФЦ характеризуются длительным сроком службы и относительно низкими требованиями к техобслуживанию. Эти преимущества достигаются за счёт точного изготовления и использования высококачественных материалов. Все материалы имеют большой срок эксплуатации и способны проработать более 10-15 тыс. часов до восстановительного ремонта. Есть примеры работы до 20 тыс. ч. [3].

В заключение можно сказать, что с тех пор, как были сделаны первые в угольной промышленности ОФЦ, они стали наиболее распространенными

машинами для обезвоживания тонкого угля и заслужили хорошую репутацию благодаря высокой надёжности и значительно меньшую себестоимость обезвоживания шламов по сравнению с альтернативными технологиями. Без преувеличения, на сегодняшний день это самая эффективная в мире машина по обезвоживанию угольного концентрата крупностью 0,04-1 мм, что позволяет достигать влажности продукта 10-12% механическим способом.

В России и Украине за последние пятнадцать лет было установлено более 60 единиц осадительно-фильтрующих центрифуг. На территории Украины данное оборудование было установлено на ОФ «Комсомолец Донбасса», ЦОФ «Свердловская» и ЦОФ «Павлоградская».

Список источников:

1. Parekh V. K. *Mechanic Dewatering* / V. K. Parekh, J. P. Matoney // *Coal Preparation, 5th Edition, Chapter 8 (Leonard J.W.), Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), Littleton, Colorado, 1991, p.p. 499–580.*
2. Gallagher E. *Dewatering of Fine Coal by Screen-Bowl Centrifuges* / Gallagher E., Lewis J.E., Post J.J., Swanson A.R., Armstrong L.W. // *Proceeding 1st Australian Coal Preparation Conference, 1981, Newcastle, Australia, p.p. 135–154.*
3. Hart G. *Improving Fine Coal Centrifuging -Stage 3* / Hart G., Townsend P., Morgan G., Firth B. // *Australian Coal Association Research Program, Project C9047, 2005.*

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ

Мажара Н. М., студент группы ОПИ-14, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Серафимова Л. И., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Цель работы – поиск и исследование альтернативных методов обезвоживания отходов флотации для замены илонакопителей.

Задачи:

1. Традиционные методы складирования флотоотходов.
2. Обезвоживание флотоотходов на ленточном пресс-фильтре ANDRITZ CPF 2220 S8.

Обогащение методом флотации подразумевает наличие больших объемов воды, все продукты обогащения – концентрат и отходы, представляют собой гидросмесь с различной плотностью. Концентрат флотации обезвоживается на вакуум-фильтрах и в дальнейшем поступает в сушильное отделение. Отходы флотации традиционно перекачиваются на илонакопитель, где происходит постепенное осаждение илистых частиц, а осветленная вода возвращается в технологический процесс.

Илонакопители предназначены для приёма сбросовых вод отходов флотации и высокозольных илов. Их повсеместно применяют на углеобогатительных фабриках для осветления гидросмесей отходов флотации и складирования твердого. Поступающие в илонакопитель воды осветляются и возвращаются на фабрику, а твердые частицы осаждаются на дно илонакопителя и уплотняются. Илонакопитель представляет собой сложный комплекс гидротехнических сооружений (трубопроводы, насосы, плотины, дамбы и т.д.). Занимают очень большую площадь земельных угодий [1].

Процесс осаждения твердых частиц в илонакопителе происходит естественным путем очень медленно, в связи с этим площадь осветления воды должна быть большой.

Минусы:

1. Большие площади земельных угодий, занимаемые илонакопителями.
2. Вероятность прорыва дамбы, что может привести к экологической катастрофе.

Пресс-фильтр.

Современные экологические аспекты обогащения полезных ископаемых определяют необходимость перевода углеобогатительных фабрик на работу с замкнутым водошламовым комплексом, т.е. без илонакопителей с

обезвоживанием жидких отходов до транспортабельного состояния и складирования их совместно с отходами гравитации в породный отвал.

Мой доклад основан на практической работе пресс-фильтра фирмы ANDRITZ, установленного на ЦОФ «Калининская».

Изначально отходы флотации с флотомашин поступали в радиальный сгуститель. В радиальный сгуститель подается коагулянт для осаждения твердого. Сгущенные флотоотходы с плотностью 160-180 г/л перекачивались в илонакопитель, осветленная вода возвращается в технологический процесс. В связи с тем, что сроки эксплуатации илонакопителя заканчивались, встал вопрос об альтернативе илонакопителю. Решением данного вопроса стала установка на фабрику пресс-фильтра ANDRITZ CPF 2220 S8.

Преимущество выбора данного пресс-фильтра была его достаточная производительность, до 30 т/ч по твердому, его небольшие габаритные размеры, длина 7 м, ширина 3,5 м, высота 2,7 м, его энергоемкость, 6 кВт/ч.

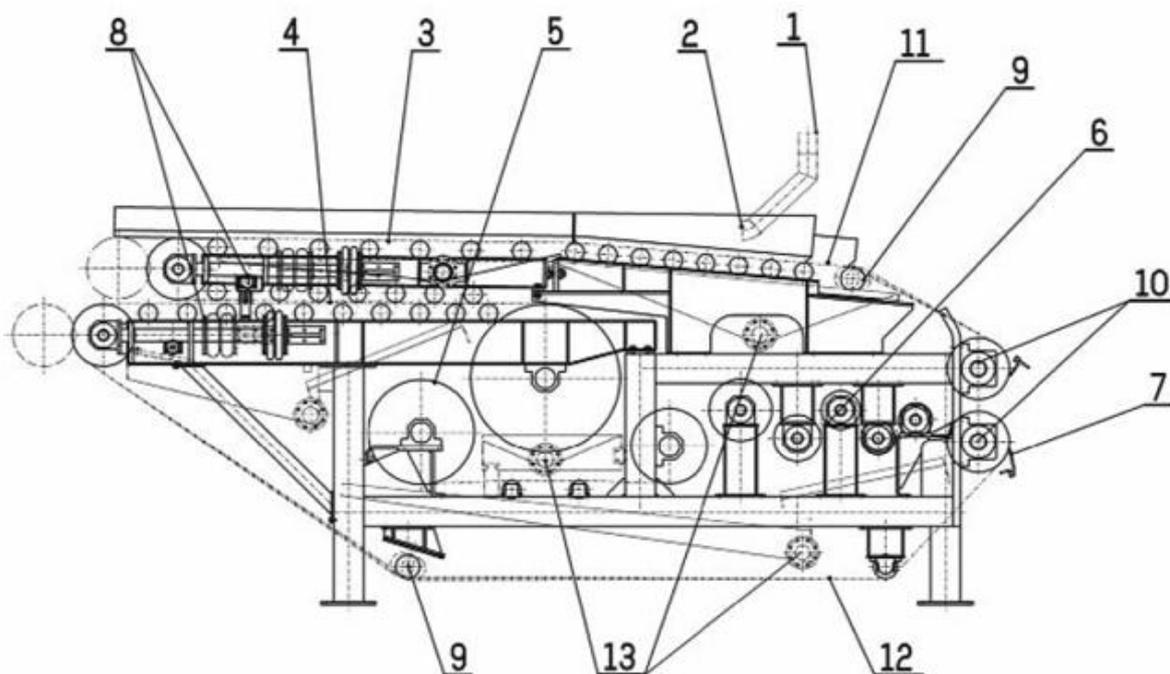
Технологическая схема.

Сгущенные отходы флотации из радиального сгустителя с плотностью 160-180 г/л подаются в радиальный сгуститель фильтр-прессового отделения для дополнительного сгущения до плотности 350-400 г/л. Сгущенный продукт поступает в буферную емкость с мешалкой для перемешивания. Затем подается непосредственно на пресс-фильтр. В перекачивающий трубопровод добавляется флокулянт-катионик для образования флокул и флокулянт-анионик, для образования более крупных флокул.

Принцип действия.

Сгущенный продукт подается на фильтр-пресс. В горизонтальной части верхнего полотна происходит предварительное обезвоживание. Затем продукт поступает в клиновидную зону, где происходит обезвоживание за счет соединения двух полотен и происходит предварительное прессование. Далее продукт проходит зону высокого давления, где уже непосредственно происходит его остаточное обезвоживание. Обезвоженный продукт разгружается на конвейер и вместе с породой гравитации вывозится на

породный отвал. Полотно перед следующей загрузкой предварительно промывается водой под давлением для удаления мелких частиц. Влажность разгружаемого продукта составляет 30-35%, что пригодно для транспортировки. Вся вода с фильтр-прессового отделения поступает в технологический процесс [3].



Ленточный пресс-фильтр CPF 2200 S8:

1 — подача шлама; 2 — загрузка шлама; 3 — зона предварительного обезвоживания; 4 — клиновидная зона; 5 — зона предварительного прессования; 6 — зона высокого давления; 7 — сброс кека; 8 — натяжение ленты; 9 — регулировка ленты; 10 — привод машины; 11 — верхняя лента; 12 — нижняя лента; 13 — слив фильтрата

Основные преимущества ленточного пресс-фильтра:

1. Низкое энергопотребление;
2. Надежное и полностью автоматизированное функционирование;
3. Увеличенный срок службы, благодаря усиленной конструкции;
4. Прочная конструкция фильтра, обеспечивающая натяжение ленты и соответственно высокое давление для обезвоживания;
5. Компактность конструкции;
6. Равномерное распределение твердой фракции по ширине ленты, благодаря запатентованному устройству распределения;

7. Вспомогательная гравитационная зона, устанавливаемая для обеспечения максимальной производительности [2].

Вывод: Конструкции серии CPF разработаны специально для эксплуатации этих машин в условиях обогатительных фабрик. Надежность и эффективность гарантируют не только высокий коэффициент эксплуатации (99%), но и высокую удельную производительность, минимальную остаточную влажность. Машины этой серии имеют специальную прочную раму, износостойкие покрытия на валках и подшипниковых опорах, высокопрочную фильтровальную ткань. Конструкция компактна за счет оптимального размещения (друг над другом) зон предварительного обезвоживания, клиновидной и поверхностного давления.

Список источников:

1. Информация о практической работе фильтр-прессового отделения ЦОФ «Калининская».
2. Фильтр-прессы-ленточные: [электронный ресурс], 2016. URL: <http://andritz-se.ru/wp-content/uploads/2015/05/фильтр-прессы-ленточные.pdf>
3. Каталог: [электронный ресурс], 2016. URL: <http://www.giab-online.ru/catalog/10372>

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Олейникова Е. В., студент группы ОПИ-14, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Серафимова Л. И., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Цель работы: исследовать альтернативные технологии разделения твердых материалов, изучить конструкцию щелевого сепаратора, сравнить щелевой сепаратор с механическими грохотами.

В последние годы в Приазовье открыто Каменномогильное месторождение вермикулита — минерала, образовавшегося из слюды в результате выветривания [4].

Вермикулит залегает среди сильно измененных ультраосновных пород, где он является продуктом гидротермального изменения биотита и флогопита, образуя мощные и длинные линзы. В России к этому типу относятся промышленные месторождения вермикулита Среднего Урала и Ковдорское месторождение. Наиболее перспективными являются Ковдорское и Потанинское. Из иностранных месторождений следует отметить крупные промышленные месторождения Либби в Монтане (США) и в Западной Австралии [1].

Представляет собой крупные пластинчатые кристаллы золотисто-жёлтого или бурого цвета. При нагревании из пластинок образуются червеобразные столбики или нити золотистого или серебристого цвета с поперечным делением на тончайшие чешуйки (вспученный вермикулит). Обожжённые массы вермикулита свободно плавают на поверхности воды. Вспученный вермикулит не поддаётся истиранию и по смазочным свойствам подобен графиту.

Вермикулит биологически стоек — не подвержен разложению и гниению под действием микроорганизмов, не является благоприятной средой для насекомых и грызунов, а также химически инертен — нейтрален к действию щелочей и кислот.

Наибольшую популярность вермикулит приобрел в растениеводстве, где он используется как субстрат, для мульчирования и аэрации почвы, насыщает растения полезными минералами. Широко применяют в растениеводстве и в гидропонике [3].

Вермикулит обладает высоким коэффициентом водопоглощения — 400-530 % (100 г вермикулита поглощают 400-530 мл воды) [2]. Он легко впитывает влагу и так же легко отдает её, создавая оптимально влажную среду для питания корней растений. В сельском хозяйстве вермикулит используют для улучшения структуры почв; его даже называют «агрономической» горной

породой. В европейских странах вермикулит используется для домашних животных (кошачьи туалеты, грунт для змей, пауков).

Из вермикулита изготавливают теплоизоляционные изделия, звукопоглощающие материалы, в том числе в авиации и автомобилестроении, лёгкие бетоны, декоративные штукатурные растворы. Кроме того, его применяют в качестве наполнителя при изготовлении обоев, резин, пластмасс, красок, ядохимикатов, в производстве антифрикционных материалов. Адсорбент газообразных и жидких промышленных отходов. В атомной энергетике применяется как отражатель гамма-излучений и поглотитель излучения радиоактивных изотопов химических элементов, например, стронция-90, цезия-137, кобальта-58.

Эластичность структуры вермикулита даёт ему существенные преимущества перед аналогичными материалами. Так, используемый для теплоизоляции перлит крайне хрупок и разрушается даже при транспортировке. Вермикулит лишён этого недостатка, что позволяет производить из него тепло- и огнезащитные материалы методом прессования. Вермикулит используется в составе огнезащитных покрытий, а также как термоизоляционный наполнитель огнестойких дверей, наполнитель тепло- и звукоизоляционных строительных смесей.

В связи с этим ведётся исследование альтернативных технологий обогащения твердых материалов, в том числе щелевого сепаратора для разделения твердых материалов.

Выделение крупноразмерной слюды из слюдосодержащего сырья осуществляется, как правило, на различных типах механических грохотов. Наличие существенной разницы по форме зерен слюды и породы позволяет проводить разделение на поверхности, представленной в виде колосниковых решеток.

Определено, что одним из существенных недостатков рабочей поверхности механических грохотов является засорение щелевидных отверстий поверхности «трудными» зёрнами. Это требует периодической остановки

оборудования для очистки просеивающей поверхности. Кроме этого, вибрационные механические грохота обладают большой массой, являются источником повышенного шума на предприятиях и требуют существенных затрат энергии.

Для устранения отмеченных выше недостатков создана конструкция щелевого сепаратора, которая исключает забивание щелей «трудными» зернами и может эксплуатироваться при ведении процесса с использованием воды.

Общий вид сепаратора представлен на рис. 1.



Рисунок 1 - Общий вид щелевого сепаратора

Щелевой сепаратор предназначен для переработки материалов, различающихся по форме разделяемых частиц. Он может быть использован для разделения слюдяных руд, которые содержат кристаллы пластинчатой формы. Разработанная конструкция позволяет устранять забивание щелей между пластинами вращающегося барабана «трудными» зернами и осуществлять автоматическую очистку щелей при помощи специального приспособления, чем достигается существенное улучшение эффективности разделения материала.

При его испытаниях получены концентраты содержанием 95-96% слюды при извлечении 76-82,5%, а в случае переработки вермикулитовых руд содержание вермикулита в концентрате составило 86,5%. На основании испытаний барабанного грохота по очистке нефелинового концентрата от щепы показана принципиальная возможность выделения щепы в надрешетный продукт грохота.

Исходный материал поступает внутрь двухсекционного вращающегося барабана, рабочая поверхность каждой из секций которого выполнена работа сменных пластин, закрепленных на стержнях вдоль образующих барабана. Ширина щели между пластинами регулируется специальным устройством в зависимости от крупности разделяемого материала и выбирается по суммарным характеристикам толщины отдельных кристаллов слюды и породы.

Для предотвращения забивания щелей между подпружиненными пластинами «трудными» зернами разделяемого материала барабан снабжен приспособлением для изменения размера щели. Две секции барабана позволяют устанавливать в каждой из них различную ширину щели между пластинами, что важно при переработке руды, содержащей сростки. В первой секции выделяется готовый концентрат, во второй — промежуточный продукт, который потребует последующего раскрытия сростков.

Сепаратор прошел промышленную проверку на слюдяных рудах различных типов семи месторождений Карело-Кольского региона при обогащении материала крупностью -80+20 и -20+10 мм. Проведенные работы показали, что получаемые концентраты характеризуются более высоким качеством, чем по существующей на слюдодобывающих предприятиях технологии, а извлечение слюды в концентрат становится на 20-40% выше.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что при испытаниях щелевого сепаратора на мусковитовых рудах различной крупности получены слюдяные концентраты содержанием 95-96% при извлечении 76-82,6%, а в случае вермикулитовых руд содержание вермикулита в концентрате составило 86,5%.

Таблица 1 - Результаты обогащения слюдяных руд на щелевом сепараторе

Продукты обогащения	Выход, %	Содержание слюды, %	Извлечение слюды, %
Мусковитовая руда крупностью —20+10 мм			
Концентрат	53	95,4	75,9
Хвосты	94,7	1,7	24,1
Руда	100,0	6,6	100,0
Вермикулитовая руда крупностью +20 мм			
Концентрат	4,2	86,5	82,6
Хвосты	95,8	0,8	17,4
Руда	100,0	4,4	100,0

С целью проверки показателей обогащения слюдяных руд крупнее 20 мм промышленный образец сепаратора был смонтирован в технологической линии флогопитовой фабрики для обогащения руды крупностью -70+20 мм. Данные его сменных опробований приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Показатели работы сепаратора в технологической схеме флогопитовой фабрики

№ смен	Содержание флогопита, %			Извлечение флогопита, %
	питание	концентрат	хвосты	
1	28,3	98,6	9,2	74,7
2	34,5	97,3	7,6	84,6
3	15,3	96,3	3,1	82,5
4	37,6	97,2	10,6	80,1
5	24,6	97,0	5,8	82,8
6	24,9	94	6,1	80,5

Опробования, проведенные при переработке руды данной крупности, показали существенное улучшение технологических показателей по сравнению с существующей технологией. Исходная руда по этой схеме поступает на грохот, откуда его надрешетный продукт крупностью более 20 мм направляется на валковую дробилку. После процесса дробления материал классифицируется на сетке с размером ячейки 25 мм. Фракция крупнее 25 мм считается готовым концентратом, в котором среднее содержание флогопита в концентрате составило 94,6%, что на 3% ниже получаемого концентрата щелевого сепаратора. Кроме

того, технологическая схема с использованием щелевого сепаратора даст на 30% прирост извлечения по отношению к действующему производству.

Показана также принципиальная возможность выделения щепы в надрешетный продукт щелевого сепаратора в результате его испытаний по очистке нефелинового концентрата, производимого в условиях действующего производства на АНОФ-2 ОАО «Апатит».

Изучением толщины волокон в отдельных фракциях щепы питания грохота выявлено, что наибольшее ее количество сосредоточено в мелких фракциях, толщина которых не превышает 1,5 мм. Полученные данные были использованы при выборе оптимального размера щели между пластинами барабана.

Проведенными опробованиями сепаратора установлено снижение более чем в два раза выхода щепы в надрешетный продукт по сравнению с ее содержанием в исходном питании сепаратора.

В связи с тем, что на Донбассе есть месторождения слюды и вермикулита возможно предположение, что внедрение щелевого сепаратора на обогатительные фабрики нашего региона будет целесообразным.

Список источников:

1. Технология обогащения полезных ископаемых, Красноярск, СФУ, 2011
2. ГОСТ 12865-67 «Вермикулит вспученный»
3. Сетинская О. А. Вопросы применения вермикулита в комнатном цветоводстве: [электронный ресурс], 2016. URL: donnaflora.ru
4. Зооинженерный факультет МСХА: [электронный ресурс], 2016. URL: <http://www.activestudy.info/poleznye-iskopaemye-donbassa/>

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ В УГЛЕБОГОЩЕНИИ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

Верава Д. А., ст. группы ОПИ-12 ГОУ ВПО ДонНТУ

Науменко В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Промышленная экология это раздел экологии, изучающий воздействие промышленности на природу и влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Основным направлением промышленной экологии является создание таких систем производства и утилизации отходов производственной деятельности, которые не влияют на биосферу и среду обитания человека.

Существуют следующие направления воздействия обогатительной фабрики на окружающую среду: влияние на воздушный бассейн, подземные и надземные воды, на ландшафт и недра. Источником образования вредных веществ являются аспирационные системы, котельные установки, сушильные агрегаты, отвалы отходов углеобогащения, объекты хозяйственно-бытового назначения, шламовые отстойники.

Основные загрязняющие вещества поступают со сточными водами фабрик. Основным загрязнителем являются взвешенные угольно-породные частицы, попадающие в водные объекты вместе со сточной водой. В районах с большим количеством атмосферных осадков особенно значительное загрязнение водных объектов поверхностными стоками. Угольные предприятия загрязняют поверхностные водоемы отработанными промышленными водами, обычными канализационными стоками и нефтепродуктами. Загрязнение подземных водных горизонтов происходит из-за несовершенства горного производства и связано с тем, что часть загрязненных вод мигрирует в нарушенный горный массив и приносит загрязняющие элементы в подземные воды.

Способ решения: применение замкнутых водно-шламовых схемах с использованием высокоэффективного оборудования, что позволяет исключить сушку концентрата, которая оказывает негативное влияние на экологическую ситуацию.

Положительные и отрицательные стороны внедрения отдельной переработки шламов

Положительные стороны:

- При внедрении отдельной переработки шламов за счет увеличения зольности концентрата увеличивается его выход. Таким образом, более эффективно используются природные ресурсы.

- За счет увеличения выхода концентрата уменьшился выход породы, сохранит площадь породного отвала.

- Принято обратное водоснабжение уменьшает загрязнение подземных и поверхностных вод, а также уменьшает забор чистой воды из внешнего источника.

- Принятое средство хранения отходов - плоский породный отвал, уменьшает возможность возгорания.

Отрицательные стороны:

- При увеличении выхода концентрата увеличивается его зольность. Это приведет к небольшому увеличению количества сжигаемого топлива, и увеличение выбросов вредных газов и пыли в атмосферу.

Таким образом, для решения экологических проблем в отрасли, уместно говорить о целом ряде инженерных экологических дисциплин: экология горнодобывающей промышленности, экология энергетики, экология химических производств и т. д. Можно показать, что использование слова "экология" в сочетании с этими дисциплинами не вполне правомочно. Однако это не так. Подобные дисциплины – очень разные по своему конкретному содержанию. Но они объединяются общей методологией и общей целью: предельно сократить влияние промышленной деятельности на процессы кругооборота веществ в Природе и загрязнения окружающей среды.

Следует отметить, что экология будет тем чище, чем скорее человек научится перерабатывать отходы производства, используя их как сырье для других отраслей. Поэтому именно промышленная экология является панацеей от грозящих человечеству бед.

Список источников:

1. Старико А.П., Снежко В.Д. Пути решения экологических проблем на современном угледобывающем предприятии // Уголь. – 2008. – №9. – С. 64-67.
2. Обратное водоснабжение углеобогачительных фабрик / И.С. Благов, М.А. Борц, Б.И. Вахрамаев и др. – М.: Недра. –1980. –215 с.
3. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов. – В 2 т. – М.: Изв-во МГТУ «Горная книга». – 2008. –Т. 2. Технологии обогащения полезных ископаемых. –301с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОНБАССА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИРОДНЫХ ОТВАЛОВ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Рыбакова А. А., Татарина А. В., ст. группы ОПИ-13 ГОУ ВПО ДонНТУ
Науменко В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

На территории Донбасса более тысячи предприятий угольной, металлургической нефтеперерабатывающей и химической промышленности. Отходы которых – это шахтные породы. Типичной формой складирования отходов производства для Донецкого региона являются отвалы - горы отработанной породы, которая остается после добычи угля или железной руды.

Терриконы являются неотъемлемой частью ландшафта больших и малых городов Донбасса. Только в Донецке их количество по разным источникам составляет от 120 до 138. Около 100 породных отвалов являются

недействующими, из них только 25 считаются горящими. Из 32 действующих породных отвалов 28 - горящие. Высота породных отвалов Донецка колеблется в пределах от 8 м до 127 м.

Кроме самой пустой породы, отвалы содержат большой процент угля и солей различных металлов, в том числе радиоактивных. Довольно часто уголь в терриконах загорается. Террикон средних размеров выделяет 15 тыс. тонн CO_2 , 5 тыс. тонн CO и огромное количество пыли в год. Кроме того, отвалы занимают большие площади сельскохозяйственных земель, а также нарушают гидрогеологический режим местности. Воды (преимущественно содержащие токсины), стекающие с отвалов, уничтожают растительность на прилегающей территории. Отвалы, расположенные вблизи населенных пунктов, ухудшают санитарно-гигиенические условия жизни людей.

Таким образом, роль терриконов в экологии Донбасса является исключительно негативной. Для её оценки в каждом конкретном случае требуются специальные геолого-экологические исследования для разработки природоохранных мероприятий по минимизации негативных воздействий. Это, прежде всего, предотвращение выбросов, организация поверхностного стока, предотвращение фильтрации атмосферных осадков в горизонты подземных вод, рекультивация и озеленение. Самым оптимальным является разборка отвалов и утилизация породной массы с учетом ее физико-химических, физико-механических, минералого-геохимических и др. свойств. Одним из распространённых способов снижения вредного воздействия является озеленение терриконов с помощью лесных насаждений. Создавая искусственные насаждения и способствуя развитию самосевной древесной растительности можно полностью остановить эрозионные процессы на отвалах.

Многочисленные лиственные породы деревьев можно разводить при среднем количестве вредных газов, как, например, SO_2 . Среди видов тополей для этой цели можно использовать в основном тополя - кандиканский, а также осину.

Относительно устойчивыми также являются робиния, каштан, а также красиво цветущие кусты, как форцизия, дейция, магнолия, вечнозеленые виды барбариса. Наиболее устойчивыми из хвойных пород деревьев являются тис, сосна черная, кедровая, горная, а к воздействию диоксида серы - ель колючая. Относительно чувствительными к вредным веществам являются виды липы, вишня, барбарис, орех и хеномелес японский.

Таблица 1 - Тип зеленых насаждений и вещество, которое они поглощают

Тип зеленого насаждения	Название зеленого насаждения	Название поглощаемого компонента
Деревья	тополь черный, тополь белый	пыль
	ясень зеленый, вяз гладкий	диоксид серы
	верба белая	пыль
Кусты	дерен белый, сирень обычная	диоксид серы
Трава	райграс	пыль

Высадка всех вышеперечисленных видов деревьев и кустов приведет к улавливанию неорганической пыли и диоксида серы. То есть, их концентрация в приземном слое атмосферы будет ниже, чем до высадки растений. Это будет положительно влиять на состояние окружающей природной среды и здоровье людей.

Говоря о каждом негативном явлении, связанным с возникновением отвала, необходимо рассматривать все мероприятия в комплексе и своевременно. Так грамотные планировочные работы могут решить сразу несколько проблем. Учитывая физико-механические свойства пород, при проектировке можно заложить достаточную устойчивость и пожарную безопасность техногенного массива, кроме этого подготовить поверхность отвала для орошения обеспыливающими растворами до момента начала биологической рекультивации. Биологическая рекультивация, как завершающий этап, не только возвращает изъятые земли в использование, но и предотвращает водную и ветровую эрозию поверхности, снижает пылевые

выбросы. Применяя данные мероприятия, можно снизить вредное техногенное воздействие на окружающую природную среду.

Список источников:

1. Смирнов В.А., Бредихин В.Н., Шевелев А.И., Обогащение руд и отходов цветных металлов. ДонНТУ – Донецк: Издат. дом «Кальмиус», 2008.-500 с.
2. Калебердина Т.Н., Степаненко В.И. Методические рекомендации по технологии озеленения плоских породных шахтных отвалов Донбасса. – Донецк: ЦБНТН. – 1991. – 36 с.
3. Степанов Я.Н. Технологические решения проблемы переработки и сепарации строительных отходов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 43(84). – С. 159-165.
4. Полулях А.Д., Пилов П.И., Егурнов А.И., Полулях Д.А. Технологическо-экономический инжинеринг при обогащении полезных ископаемых. – Днепропетровск НГУ. – 2012. – 712 с.

МЕТОД ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ УГЛЕОБОГАЩЕНИИ В ДОНЕЦКОМ РЕГИОНЕ

Приймаченко С. А., ст. группы ОПИ-11 ГОУ ВПО ДонНТУ

Корчевский А. Н., доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Науменко В. Г., руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Любое влияние производства на окружающую среду в отрасли обогащения полезных ископаемых зависит прежде всего от процентного участия различных процессов в общем объеме обогащения: минеральные суспензии – 23,5%; отсадка – 54,6%; флотация – 14,5%; прочие методы – 7,4%. Названные процессы происходят при минимальном образовании и выбросе

суспензированных твердых веществ, т. к. происходят в жидкой или псевдожидкой среде. В свою очередь такие процессы как конвейерный транспорт «сухих» (влажностью до 8%) продуктов обогащения, породные отвалы, терриконы, поверхности илонакопителей, сжигание продуктов обогащения в топках сушильных установок и котлоагрегатов дают весомый вклад выбросов как твердых так и газообразных загрязняющих веществ

Значительным источником загрязнения окружающей среды на углеобогащательных фабриках являются породные отвалы. Под отвалами породы, илонакопителями и отстойниками заняты значительные площади ценных земель, поэтому необходимо находить способы их утилизации для освобождения земель и уменьшения выбросов в окружающую среду. Одним из современных способов утилизации породных отвалов является применение метода вибропневматической сепарации.

На кафедре «Обогащение полезных ископаемых» ГВУЗ «Донецкого национального технического университета» проводилась работа по усовершенствованию метода вибропневматической сепарации, а также его внедрение при утилизации породных отвалов. Эта работа проводилась в тесном научно-практическом содружестве ряда предприятий: ГП «Укруглекачество», ООО «Луганский машиностроительный завод им. А.Я. Пархоменко», ЗАО «Ана-Темс», ООО «Качество Плюс», ООО «Райт», ООО «Уголь XXI век».

Сепаратор типа СВП-5,5×1 (рис. 1) предназначен для обогащения в воздушной среде углей, руд и других сыпучих материалов насыпной плотностью до 2,8 т/м³ с поверхностной влажностью до 8%, крупностью до 75 мм, и имеет номинальную производительность до 50 т/ч. В конструкции данного сепаратора применена пульсирующая подача технологического воздуха под перфорированную деку

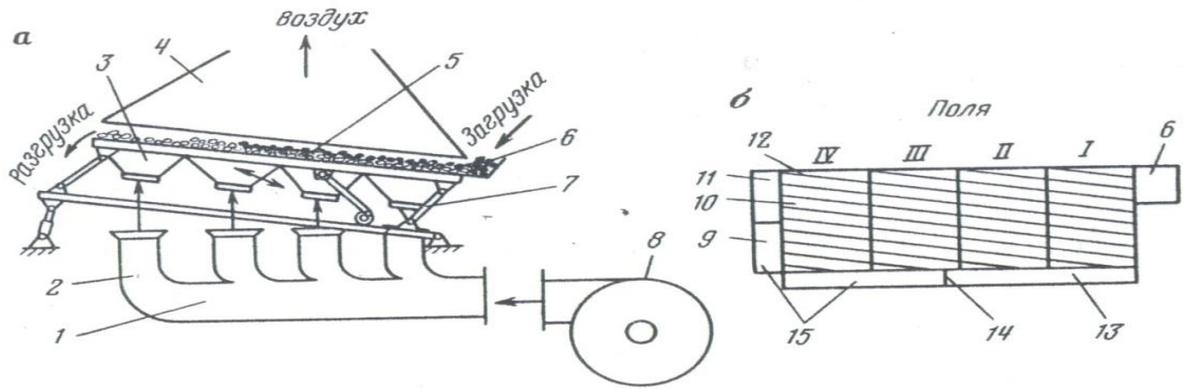


Рисунок 1 - Схема вибропневмосепаратора:

а – вид сбоку; б – вид сверху деки сепаратора

Принцип работы сепаратора данного типа состоит в обогащении угля (или других сыпучих материалов гравитационной крупности) на наклонных качающихся деках 9 с перфорированной рабочей поверхностью 10, через отверстия которой продувается воздух. Воздух под деку сепаратора подается технологическим вентилятором 8 через воздуховод 1, разделенный в верхней части на патрубки 2 и диффузоры 3. Число патрубков и диффузоров соответствует числу воздушных полей сепаратора. Запыленный воздух удаляется через зонт 4.

Дека имеет возможность изменять положение углов наклона в поперечном и продольном направлениях. На деке сепаратора расположены направляющие 12 (рифли), изготовленные из стальных полос разной высоты. Наибольшая высота у них в поле I в зоне разгрузки концентрата 13. Высота направляющих постепенно уменьшается как в продольном, так и в поперечном направлении, в зоне выгрузки отходов 11 она минимальна.

Дека, установленная на наклонных опорах 7, совершает возвратно-поступательные движения (качания). При качаниях направление движения деки периодически изменяется, благодаря чему постель по инерции подбрасывается вверх в направлении, перпендикулярном к плоскости опор.

В результате подбрасываний и одновременного воздействия потока воздуха материал постели разрыхляется и приобретает «текучесть».

Благодаря наклону деки в поперечном направлении и поступательному движению постели слой легких частиц, располагающийся выше направляющих, постепенно «сползает» вниз, под углом к оси сепаратора и разгружается вдоль борта сепаратора в передней части деки. Нижние слои постели, находящиеся между направляющими, продвигаются вдоль них.

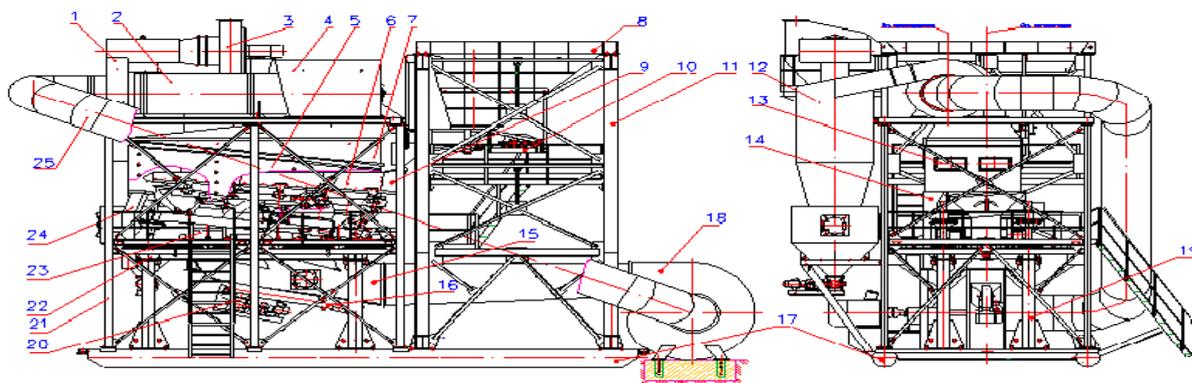


Рисунок 2 - Комплекс вибропневматического обогащения на основе сепаратора СВП-5,5×1:

- 1 – закручивающая улитка; 2 – труба; 3 – вентилятор дутьевой ВДНУ 12,5;
 4 – пылеотделитель; 5 – шпора; 6 – сепаратор СВП – 5,5×1; 7 – зонт;
 8 – бункер; 9 – загрузочный лоток; 10 – питатель ПК-1,2-8,0;
 11 – металлоконструкция; 12 – циклон; 13 – окно смотровое;
 14 – приёмные воронки; 15 – воздухопровод; 16 – разгрузчик;
 17 – платформа; 18 – дымосос ДН17; 19 – стойка; 20 – дозатор;
 21 – металлоконструкция; 22 – рама; 23 – пульсатор; 24 – воронка породная; 25 – трубопровод

На углеобогатительных предприятиях, после их включения в различные компании и ассоциации, в силу разных причин, в основном экономических, уделяется мало внимания сложившейся экологической ситуации. Владельцы

компаний стремятся получить максимальную прибыль и не выделяют средства на решение экологических проблем фабрик. Перспектива на ближайшие 10-15 лет не просматривается, опять же по экономическим причинам. В порядке обсуждения нам представляется необходимость создания экоаналитического прогнозного отдела на основе хозяйственных договоров с фиксированной ставкой.

Применение метода вибропневматической сепарации позволяет создавать малогабаритные, компактные и мобильные обогатительные установки с круглогодичным циклом работы. Существенным фактором является независимость от водных ресурсов и коммуникационных сооружений складирования высоковлажных продуктов, что является немаловажным положительным фактором размещения установок в местах с ограниченной обеспеченностью гидроресурсов.

Список источников:

1. Паршин О.П. Пневматические сепараторы для обогащения углей (обзор)// Обогащение и брикетирование углей.
2. Кофанов А.С., Чумак В.Ф., Пневмовибрационный способ обогащения угля.
3. Коваленко П.А., Коваленко К. Экология и ресурсосберегающие технологии.

ОБОГАЩЕНИЕ КАОЛИНА

Жогова С. А., ст. группы ОПИ-13 ГОУ ВПО ДонНТУ

Звягинцева Н. А., руководитель НИРС, ст. преп. ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Почти весь первичный каолин и каолин-содержащие пески обогащаются сухим или мокрым (электролитическим) способом. Отделение примесей

ведётся гравитационными методами. Для этого используются разнообразные классификаторы, центрифуги, гидроциклоны и т.п. Очищенный от примесей каолин обезвоживают до требуемого уровня. Сушка каолина производится при повышенной температуре в трубчатых печах, методом кипящего слоя и т.д.

Обогащение каолинового сырья способствует однородности состава и стабильности технологических свойств материала, повышает качество изделий, повышению производительности оборудования, технико-экономические показатели производства. Процесс обогащения сырья сводится к отделению от основного глинистого минерала – каолинита более крупнозернистой фракции примесей и красящих оксидов. В необогащённом сырье содержание каолинита, как правило, не более 45%.

Процесс мокрого обогащения.

Предварительно каолиновое сырьё усредняется на складе. Затем готовится водная пульпа и устойчивость взвеси поддерживается в динамическом режиме (в бутаре) и подаётся на сепарацию с определённой объёмной скоростью. Для отделения примесей (частиц с высокой плотностью или повышенными размерами) используют статические отстойники или систему гидроциклонов. Обезвоживание выполняют винтовыми прессами – примерно до 30 % влажности или центрифугами со шнековой выгрузкой (декантерами). Сушка – на ленточных или в барабанных сушилках при температуре 800-900 С °.

Процесс сухого обогащения

При сухом способе каолиносодержащее сырьё подсушивается в сушильных барабанах 40-50 минут при температуре 800-850 С ° до остаточной влажности 0,7-0,8 %. Затем сырьё подвергается тонкому помолу и обогащается в воздушных сепараторах и циклонах. Такой подход позволяет извлекать 80-82% каолинита.

Сухой способ обогащения проще мокрого, но при этом качество продукта ниже. Наличие примесей снижает пластичность и связующую способность каолинов.

Применение каолина

Готовый продукт – каолин ряда марок: КС-1, КН-2, КН-77, КН-80, КН-83, КП-85, КБЕ-1 (ГОСТ 21286-82, ГОСТ 21286-82, ГОСТ 19285-73, ГОСТ 19285-73, ГОСТ 19285-73, ГОСТ 19285-73, ТУ У 14.2-30574526-002:2008).

Каолины марок КС-1, КС-80 и КС-83 используются в производстве санитарного фаянса (традиционное литьё, литьё под давлением, для ангоба и глазури), фаянса и фарфора (для массы и глазури), для глазури керамической плитки. Каолин необогащённой марки КССК применяют в производстве керамической плитки для массы. Каолины марок КН-77, КН-80, КН-83, КН-85, КБЕ-1 – для производства бумаги и картона.

В ряде случаев требуется более качественное обогащение каолина, которое нельзя получить с помощью гидроциклонов и, тем более, в отстойниках. Для достижения должного эффекта требуются гравитационные установки, обеспечивающие более высокие центробежные ускорения (фактор разделения – не менее 1800), при этом должно исключаться налипание каолина на внутренние элементы центробежного сепаратора, образование плотных пробок и обеспечиваться своевременная эвакуация отделённой фракции без остановки движения пульпы.

Список источников:

1. Земятченский П.А. К вопросу об изменениях, претерпеваемых каолинитом при нагревании // Там же. С. 41-48.
2. Земятченский П.А. К вопросу о химических изменениях каолинита при высоких температурах // Изв. Ин-та физ.-хим. анализа. 1924. Т. 2. Вып. 2. С. 499—500.

3. Земятченский П.А. О необходимости обследования месторождений каолинов и огнеупорных глин в пределах СССР // Керамика и стекло. 1925. № 3/4. С. 68-70.
4. Земятченский П.А. Вода каолинов и каолинита // Тр. Минерал. ин-та. Т. 1. 1931. С. 41-67.
5. Земятченский П.А. К вопросу происхождения каолина // Докл. АН СССР. 1938. Т. 20. № 6. С. 471—473.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СИСТЕМ

Баус С. С., магистрант, Томский политехнический университет, Россия

Предприятия, занимающиеся добычей нефти и газа, сталкиваются с такими сложными задачами, как получение нефти при минимальных затратах, оптимизация добычи на всём фонде добывающих скважин, управление расходами. Зачастую эти задачи приходится решать в условиях дефицита квалифицированных кадров.

Существующая на сегодняшний день система управления отдельной скважиной, предназначением которой является управление эффективностью отдельной скважины, проста в применении. Но она имеет некоторые недостатки: по каждой скважине требуется проводить необходимые измерения и пробы, недостаток автоматизированных средств, велика трудоемкость наладочных операций, кроме того, необходимы специалисты, которые бы давали указания на объекте. В соответствии с фактическим положением на нефтяных полях, нефтяные скважины чаще расположены группами. Если применять централизованное управление, интеллектуальный контроль и также осуществлять раздельное управление, то можно заметно облегчить наладку и уменьшить объем работ по обслуживанию. В решении этого вопроса

однозначной тенденцией развития является создание цифровых интеллектуальных систем управления нефтяными полями. Интеллектуальная цифровая система управления нефтяных полей предполагает установку на каждой скважине одного шкафа управления для сбора параметров физических величин, расчета рабочих диаграмм, размещения блоков дистанционного управления и др.

В ходе данных научных изысканий был сформирован и разработанный алгоритм, и методологический аппарат для автоматизации объектов нефтедобычи. Данное программное решение представляется собой передовую, проверенную систему средств автоматизации и программного обеспечения на основе беспроводного решения Smart Wireless, совместно с контроллерами и системами телемеханики. Все данные будут выводиться на монитор главного инженера и контроллера, что существенно облегчит и ускорит весь технологический процесс.

Разработанное комплексное решение для систем механизированной нефтедобычи с применением штанговых глубинных насосов (ШГН) обеспечивает эффективную эксплуатацию скважины, позволяя операторам осуществлять дистанционный мониторинг, управление и анализ данных, собранных при помощи контроллеров скважины на поверхности [3].

Различные серии контроллеров скважины позволяют управлять работой скважины и установленного на ней оборудования. В зависимости от проекта программное обеспечение контроллеров позволяет адаптивно контролировать дебит скважины для поддержания оптимального темпа добычи, а все необходимые защитные функции при этом встроены в контроллер. Большой набор интерфейсов позволяет подключать различные датчики, КИПиА и иное скважинное оборудование сбора и обработки данных.

Графическая интерпретация соответствующих поверхностных или забойных динамограмм, построенных в SCADA-приложении для визуализации. SCADA-система для визуализации представляет собой современное решение по мониторингу, управлению и сбору данных, созданное на основе интернет-

технологий. Благодаря этому для SCADA-системы визуализации не требуется установка программы-клиента: достаточно любого интернет-браузера. Это позволяет передавать промышленные данные везде, где имеется Интернет-соединение: машиной-клиентом может служить персональный компьютер, планшетный компьютер или смартфон. Благодаря развитому графическому интерфейсу с интуитивно ясными меню и средствами визуализации, поддающимся доработке с учетом нужд каждого клиента, визуализация SCADA является дружественной к пользователю системой, идеально соответствующей конкретной задаче и несложной в применении.

Позволяет получать информацию об эффективности работы ШГН и обнаруживать потенциальные проблемы [1]. Регистрация динамограмм производится с помощью либо датчиков, либо бессенсорных средств расчета, встроенных в частотные преобразователи скорости.

Частотные преобразователи скорости разработаны с расчетом на максимальную производительность и эффективность [4]. Это – непревзойденное решение по автоматизации процессов нефтедобычи при помощи электрических насосов. Применение частотных преобразователей скорости обеспечивает максимально гибкое регулирование насосной системы в идеальном соответствии с конкретными рабочими условиями, что позволяет в точности согласовать производительность скважинного подъемника с продуктивностью скважины.

Прочный корпус, сертифицированный для установки вне помещения, компактные габариты, широкий диапазон возможных дополнительных опций, встроенные функции управления и защиты – все это делает частотные преобразователи скорости идеальным решением для большинства насосных систем.

Данное алгоритмическое и технологическое решение позволяет избежать дорогостоящих отказов за счет своевременных оповещений о потенциальной неисправности. В состав решения входят средства распознавания отклонения

форм динамограмм от стандартных и рекомендации по регулированию и защите ШГН при различных возможных рабочих условиях:

1. повышенное трение;
2. удар плунжера насоса по жидкости;
3. утечка через нагнетательный или всасывающий клапан глубинного насоса;
4. попадание в насос газа;
5. недостаточный приток;
6. поток через насос;
7. механические проблемы;
8. загрязнение песком или парафинами;
9. газовые пробки или одновременная добыча фонтанным и механизированным способом;
10. сочетание условий.

В заключении хочется отметить, что внедрение данного решения не требует огромных финансовых решений, оно легко в обращении, не требует специализированной подготовки персонала, даже человек, который мало знаком с современными компьютерными технологиями, имеет все шансы успешно освоить данный программный продукт. Реализация данных идей по автоматизации данного технологического процесса существенно эффективна для добычи данным способом с применением штанговых глубинных насосов, сократит аварийные ситуации на месторождении, что в свою очередь будет характеризоваться качественной бесперебойной работой, сам процесс мониторинга технологии станет намного проще и наглядней, тем самым ускорит сам технологический процесс.

Список источников:

1. Глубинные штанговые насосы [электронный ресурс], 2015. URL: <http://neftemash.ru/products/21/137/index.htm>

2. С. А. Дорохов, Н. С. Александров. Автоматизация нефтедобывающей промышленности. — Томск: Изд-во ТПУ, 2012.
3. А. И. Назаров. Автоматизация нефтедобывающей промышленности. – М: МТБ, 2010.
4. М. П. Санников, Кустов С.С. Основы нефтедобычи. — Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
5. В.Н. Ивановский, В.И Дарищев. Скважинные насосные установки для добычи нефти / Учебное пособие. — М.: ГУП Изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2002. — 824 с.
6. Дашевский А.В. Справочник инженера по добыче нефти. – М: Изд-во НФП, 2003.

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Баус С. С., магистрант, Томский политехнический университет, Россия

Экология – является развивающейся междисциплинарной областью знаний, которая включает в себя информацию многих наук о взаимодействиях живых организмов с окружающей их средой. Именно взаимодействие данных объектов формируют предмет и цели математической экологии, которая соединяет математически поведенческие модели и методы, применяемые для решения экологических проблем [1].

Цели создания математических моделей в классической экологии.

Моделирование дает возможность определить суть или сгруппировать и обозначить с помощью параметров оцениваемые свойства большого числа уникальных наблюдений, которые весьма разрознены. Это помогает анализировать рассматриваемые процессы или имеющиеся проблемные области.

Модели представляются в виде обобщения общих знаний, на основе которой имеется возможность описывать каждое уникальное явление; описательные свойства моделируемых явлений становятся более описаны и понятны.

Модель представляется в виде идеализированного объекта и его поведения, с помощью которого можно анализировать и проводить реальные объекты и процессы [1].

Трудности практического применения моделирования в экологии связаны с наполнением содержания моделей конкретной и качественной информацией.

Моделирование начинается со сбора новой или ревизии существующей информации об объекте [2]. Параллельно происходит процесс определения и уточнения целей и задач моделирования. Первые два этапа взаимосвязаны. Первоначально сформулированные цели могут значительно измениться под влиянием качества и количества доступной информации об объекте моделирования и свойств самого объекта. Информация может собираться различными способами, основным из которых при экологическом моделировании природных систем является экспериментальный (чаще всего, экспедиционный) сбор данных. Этот процесс включает и мониторинг среды, является дорогостоящим и поэтому труднодоступным. В любом случае он осуществляется специалистами в соответствующих областях знаний [4].

Важный этап - анализ и обработка данных. В ряде аспектов его полезно вести параллельно с вводом данных. С точки зрения качества (полноты) данных анализ осуществляется методами математической статистики. Для получения различного рода зависимостей и характеристик набора данных используются статистические методы и нестатистические методы интерполяции, экстраполяции, аппроксимации данных [2]. Выбор методов обработки зависит от количественных и качественных характеристик данных, а также от целей обработки (что мы хотим в результате этой обработки получить: виды статистических распределений параметров, функциональные зависимости и т.п.). Указанные выше четыре этапа будем называть предмодельными.

Содержание следующего этапа характеризуется построением математических моделей функционирования объекта и анализ свойств этих моделей. В соответствии с целями исследования решаются различные математические задачи, проверяется адекватность моделей объекту исследования. С помощью моделей мы можем изучить закономерности динамики основных параметров объекта, провести численные эксперименты на компьютере с целью выяснения рациональных способов воздействия на объект и т.п. Модели могут совершенствоваться по мере накопления новой информации об объекте.

Заключительный этап является постмодельным. Происходит переход от модельных представлений к реальному управлению и анализу поведения объекта. Результаты модельных исследований играют здесь роль информации для принятия решений. Значимость может меняться в пределах от статуса советующей до статуса решающей со всеми промежуточными вариантами [4].

Водные экосистемы чаще всего моделируются как динамические системы, с изменением своих характеристик во времени. Поскольку такие динамические модели экосистем и составляют основное наполнение в этой области моделирования, то в дальнейшем мы будем рассматривать только динамические модели экосистем.

Неживые компоненты рассматриваются постольку, поскольку это необходимо для моделирования динамики основных параметров живых компонент. Описания живого и неживого тесно связаны. В основе моделей лежит характеристика потоков вещества (энергии) между выделенными блоками водной экосистемы.

Модели экологических систем всегда нелинейны. В моделях изучаются динамические свойства решений: устойчивость, бифуркации, ограниченность, асимптотика и, в частности, аттракторы. Фазовый портрет удается охарактеризовать в целом для систем уравнений малой размерности. В иных случаях достижимо изучить особенные решения (равновесные, периодические),

а также свойства отдельных интересующих нас решений. Оптимальные решения ищутся методами оптимизации и оптимального управления.

В качестве программной среды, в которой моделируются структура и свойства экосистем, рассмотрена среда MATLAB. Дано представление об алгоритмизации математических моделей экологических процессов и построении программ в данной оболочке. В процессе разработки модели всегда приходится выбирать между простотой и сложностью модели. Простая модель не требует огромного массива данных о водоеме, но надежность ее результатов невысока. Сложная же модель наоборот, (например, имитационная) может достаточно подробно описывать процессы, но она весьма требовательна к качеству и количеству исходной информации. А исходная информация имеет свои погрешности, их влияние на результаты возрастает с ростом объема этой информации. Кроме того, сложная модель требует гораздо больших усилий в разработке и применении, чем простая. Выбор в меру простой и в меру сложной модели – искусство моделирования, приходящее с опытом. Остается надеяться, что представленный обзор хоть в какой-то мере поможет исследователям заниматься нелегким делом математического моделирования водных экосистем.

Список источников:

1. Сырников С. И. Этапы математического моделирования. - Владивосток: Изд-во ДРВТ, 2008. - 212 с.
2. Минин К. С. Математическое моделирование сложных экосистем. - М: Изд-во Дрофа, 2014. - 274 с.
3. Кольев Н. В., Максименко В. П. Методы оценки запаса и прогнозирования вылова популяций морских организмов. – Новосибирск: Наука, 2010. – 318 с.
4. Абросов Н. С., Ковров В. Г., Черепанов О. А. Экологические механизмы сосуществования и видовой регуляции. – Новосибирск.