

параметры развития трещины в массиве при образовании шелушки при плазменном воздействии.

Полное решение данной задачи имеет довольно сложный вид. Решение ее для одиночной трещины в поле растягивающих напряжений получено нами в [7].

Применив такой подход, можно объяснить многие особенности разрушения пород при котлообразовании. В начальный период разрушения размер шелушек меньше, чем в последующие периоды потому, что при малых диаметрах котла удельный тепловой поток, температура и напряжение на стенках котла максимальны. Поскольку каждая порода имеет четкое среднестатистическое распределение микротрещин различной длины и ориентации по объему, то в начальный период в процесс разрушения вовлекаются микротрещины минимальной длины l . Если учитывать, что с уменьшением длины трещин количество их растет в единице объема породы, понятно почему размеры шелушек растут с уменьшением интенсивности теплового нагружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бергман Э.Д., Покровский Г.Н. Термическое разрушение горных пород плазмобурами.- Новосибирск: Наука, 1971.-122с.
2. Технология и установка плазменного расширения скважин для горнорудных предприятий / Л.Т. Холявченко, В.Я. Осенний // Плазмотехнология-95, Сб. науч. тр.-Запорожье, 1995.-С.221-224.
3. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термическое и комбинированное разрушение горных пород.-М.: Недра, 1978.-303с.
4. Холявченко Л.Т., Осенний В.Я. Экспериментальные исследования процесса теплообмена при расширении скважин высокотемпературным газовым потоком / Разрушение горных пород при статическом и динамическом нагружении.-Киев: Наук. думка, 1990.-С.69-74.
5. Голдаев И.Г., Першин А.П. Исследование тепловой эффективности бензовоздушного термобура при работе его в условиях скважины / Изв. вузов. Горн. журнал.-1966.-№10.-С.63-68.
6. О факторах, влияющих на разрушение горных пород / А.А. Галас, А.Г. Халецкий, Н.Я. Трохимец, В.И. Кудряшов // Изв. вузов. Горн. журнал.-1983.-№6.-С.1-4.
7. Разрушение горных пород при термоциклическом воздействии / А.Н. Москалев, Е.Ю. Пигида, Л.Г. Кекилица, Ю.Н. Вахални //Киев: Наук. думка, 1987.-248с
8. Панасюк В.В. Предельное равновесие тел с трещинами.-Киев: Наук. думка, 1968.-437с.

УДК 621.926.9

Г.А. Шевченко

ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В СТОЯЧЕЙ СРЕДЕ РАЗДЕЛЕНИЯ

Розроблена вібраційна машина для збагачення вугілля методом відсадки. Процес збагачення здійснюється в стоячому середовищі розподілу без створення примусових пульсацій і подачі підрешетної та транспортної води. Вода при вібраційному збагаченні витрачається тільки для вилучення дрібних часток які пройшли через решітку та шламів через переливний поріг. На основі результатів виконаних досліджень розроблена ресурсо- і енергозберігаюча, екологічно чиста технологія збагачення енергетичного вугілля в умовах поверхневого комплексу шахти.

Неблагоприятные горно-геологические условия, переход к интенсивным методам ведения горных работ, отсутствие добычного оборудования избирательного действия приводят к завышению зольности добываемого в Украине угля по сравнению с требованиями потребительских стандартов. В условиях рынка это ухудшает конкурентоспособность отечественной угольной продук-

ции и вынуждает осуществлять мероприятия, направленные на улучшение качественных показателей угля, в том числе путем его обогащения [1].

В настоящее время основными конкурирующими направлениями на современных обогатительных фабриках остаются традиционные процессы мокрого обогащения: тяжелосреднее разделение; гидравлическая отсадка и флотация. Наиболее дешевый и высокопроизводительный метод обогащения отсадкой основан на разделении материала по плотности в вертикальном пульсирующем потоке воды знакопеременной скорости. При отсадке нормы расходования транспортной и подрешетной воды составляют от 2,0 до 3,8 кубических метра на тонну исходной горной массы [2], что усложняет эксплуатацию водно-шламовой схемы обогащения и ухудшает технико-экономические показатели процесса. Проблема потребления значительных объемов воды, а также выход большого количества шлама при обогащении мелких углей (менее 0,5 мм), являются основными причинами сдерживающими применение отсадки для обогащения углей на шахтных обогатительных комплексах. В связи со сложившейся объективной ситуацией в экономике страны потребность в обогащении угля на небольших, мало затратных обогатительных фабриках при шахтах является актуальной задачей [3].

Повышение эффективности гидравлического обогащения угля методом отсадки возможно путем использования вибрационных и гидродинамических струйных эффектов, возникающих при вибрационном транспортировании материала по колеблющейся в водной среде перфорированной поверхности [4]. При вибротранспортировании сыпучей среды по перфорированной поверхности, совершающей направленные колебания в водной среде, под действием вибрационных и гидродинамических сил частицы сыпучей среды различной плотности распределяются по толщине слоя так, что частицы наибольшей плотности скапливаются внизу, а наименьшей — вверху слоя транспортируемого материала. Процесс расслоения при вибротранспортировании частиц идентичен процессу расслоения при обогащении в отсадочной машине в вертикальном пульсирующем потоке воды. Однако вибрационное расслоение осуществляется в стоячей среде разделения, что решает проблему потребления при обогащении отсадкой значительных объемов воды.

Схема вибрационного гидравлического разделения частиц угля и породы на перфорированной поверхности, совершающей направленные под углом двухкомпонентные колебания в водной среде, приведена на рис. 1.

Расслоение частиц по плотности происходит при виброперемещении слоя горной массы 2 по грузонесущей поверхности 1. В процессе виброперемещения под действием вибрационных и гидродинамических сил частицы меньшей плотности (угля) скапливаются вверху, а большей плотности (породы) - внизу слоя материала. Разделение частиц происходит при помощи плоскости 3. Отверстия в грузонесущей поверхности 1 могут иметь различную форму и наклон осей симметрии, обеспечивающих изменение интенсивности и направления гидродинамического воздействия на частицы материала.

Проведены специальные исследования на экспериментальном устройстве, результаты которых подтвердили высокую эффективность разделения угля в водной среде на вибрирующей перфорированной поверхности [4]. Эффективность извле-

чения угля марки ДГР, фракцией 1,0 - 25 мм плотностью $\rho \leq 1,5 \text{ г/см}^3$ при зольности до 60 % и удельной производительности до $20 \text{ т/ч} \times \text{м}^2$ достигала более 90 %, при засорении фракцией плотностью $\rho > 1,5 \text{ г/см}^3$ не более 10 %. При этом удельный расход воды для удаления из корпуса устройства вымывшейся глинистой фракции крупностью $< 1,0 \text{ мм}$ не превышал $0,02 \text{ м}^3$ на тонну исходной горной массы, что в 100... 200 раз меньше норм расхода воды в отсадочных машинах.

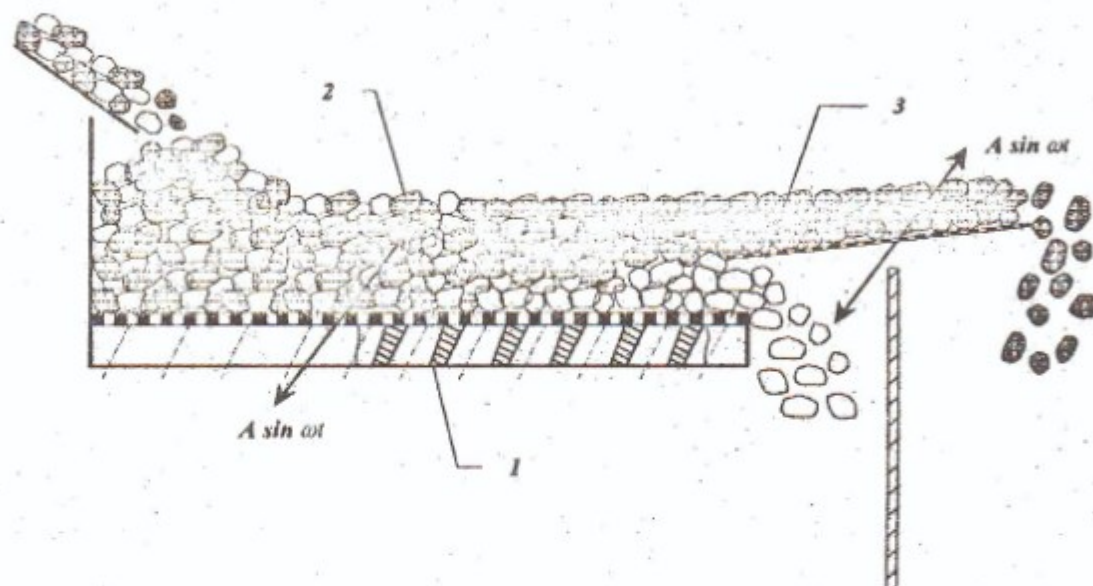


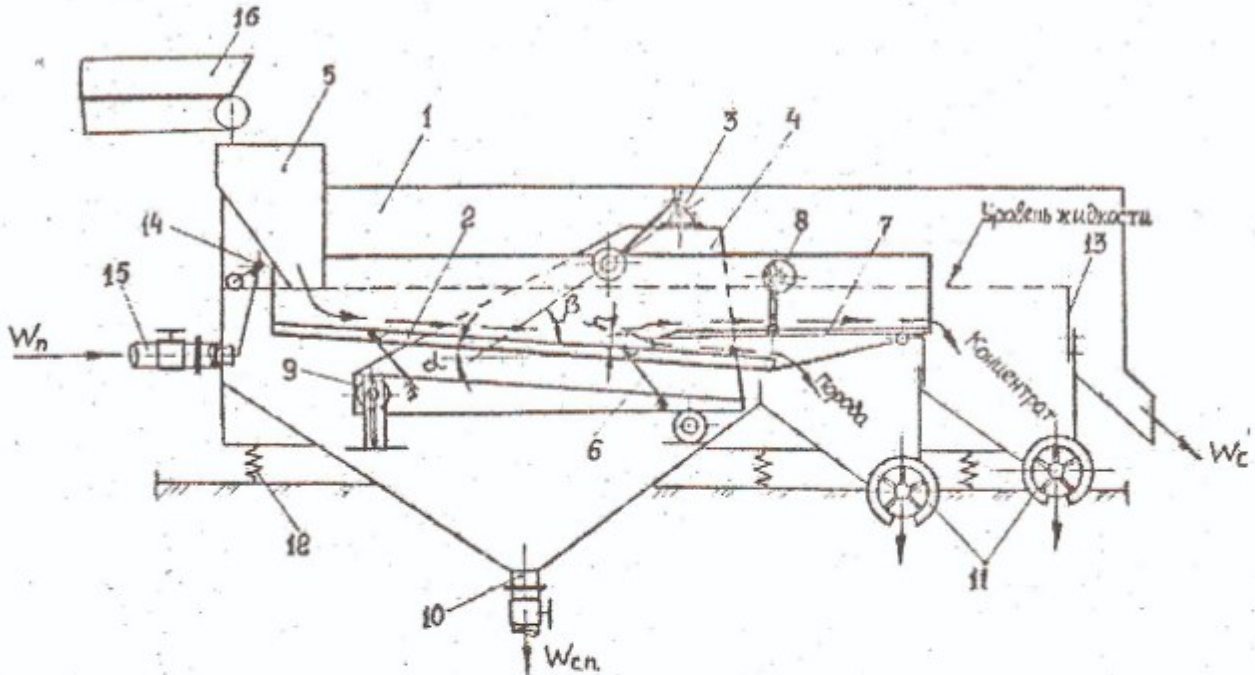
Рис. 1 – Схема вибрационного гидравлического разделения частиц угля и породы

На базе результатов исследований разработана вибрационная отсадочная машина (ВОМ), конструктивная схема которой приведена на рис. 2. ВОМ предназначена для обогащения рядового угля фракцией крупностью менее 50 мм в неподвижной водной среде.

Исходная горная масса (см. рис.2) при помощи бункера-питателя 16 подается в распределитель питания 5, из которого поступает на решетку 2, совершающую направленные под углом 45° к грузонесущей поверхности решетки колебания в водной среде. Колебания решетки осуществляются от эксцентрикового вибровозбудителя 3. Подвод воды в корпус 1 осуществляется через патрубок 15, с производительностью, достаточной для компенсации потерь и поддержания уровня, обеспечиваемого регулятором подачи жидкости 14 и переливным порогом 13.

Равномерно распределившись по ширине решетки, горная масса вибротранспортируется к разгрузке. В процессе вибротранспортирования под действием вибрационных и гидродинамических сил частицы меньшей плотности (уголь) скапливаются в верхней части, а большей плотности (породы) в нижней части слоя вибротранспортируемой горной массы. В дальнейшем при помощи поверхности 7 слои разделяются, и продукты обогащения поступают в емкости корпуса 1, из которой выгружаются роторными разгрузчиками 11 или обеззвонживающими элеваторами (не показано). Механизм 8 ВОМ обеспечивает регулирование расстояния h путем поворота поверхности разделения 7 вокруг оси

вращения относительно бортов виброрешета. Регулирование скорости вибротранспортирования горной массы на решетке обеспечивается углом наклона решета к горизонту. Для этого решето 2 через рессоры 6 закреплено на неподвижной раме 4, поворот которой вокруг оси относительно корпуса 1 обеспечивается механизмом 9. Удаление продуктов обогащения, прошедших через решето, обеспечивается разгрузкой подрешетного продукта вместе с водой через патрубок 10. Для обеспечения виброизоляции корпус ВОМ установлен на неподвижном основании через опорные амортизаторы 12.



1 - корпус ВОМ; 2 - решето; 3 - эксцентриковый вибровозбудитель; 4 - рама лотка; 5 - распределитель питания; 6 - рессоры; 7 - поверхность разделения; 8 - механизм регулирования расстояния h ; 9 - механизм поворота рамы решета; 10 - разгрузка подрешетного продукта; 11 - роторные разгрузчики продуктов разделения; 12 - опорные амортизаторы; 13 - переливной порог; 14 - регулятор подачи жидкости; 15 - подвод воды в корпус ВОМ; 16 - бункер-питатель.

Рис. 2 - Конструктивная схема вибрационной отсадочной машины

Техническая характеристика ВОМ приведена в таблице 1.

В отличие от обогащения в отсадочной машине, вибрационный процесс обогащения в ВОМ осуществляется в стоячей среде разделения без создания принудительных пульсаций и подачи подрешетной и транспортной воды. Вода при вибрационном обогащении расходуется только для удаления мелких частиц, прошедших через решето, и шламов через переливной порог 13.

На основе результатов выполненных исследований разработана ресурсо- и энергосберегающая технология обогащения энергетических углей, для реализации и эксплуатации которой в условиях поверхностного комплекса шахты не требуется больших финансовых затрат, и экономически целесообразно. Схема цепи оборудования предлагаемой технологии приведена на рис. 3.

Таблица 1 – Техническая характеристика ВОР

Наименование показателей	Единицы измерений	Значения
Производительность по исходному углю	т/ч	200-250
Крупность частиц исходного угля	мм	0,5-50
Амплитуда колебаний решета	мм	20
Частота колебаний решета	Гц	3,5-4
Угол направления колебаний грузонесущей поверхности решета	градус	45
Угол наклона грузонесущей поверхности решета к горизонту	градус	0-минус12
Ширина решета	м	2
Длина решета	м	4
Эффективная площадь деления решета	м ²	7,4
Тип привода – эксцентрикковый вибровозбудитель		
Мощность электродвигателя	кВт	18,5
Габаритные размеры:	мм	
• длина		5856
• ширина		6154
• высота		7800
Масса машины	кг	23250
Масса машины с водой	кг	102650
Масса машины с полной загрузкой	кг	106200

Наименование позиций обозначенных на рис. 3 приведены в таблице 2.

Технологией предусматривается деление без орошения водой (по сухому) на грохоте ГИСТ-72 исходного угля на фракции с частицами крупностью 0 - 4,5 мм; 4,5-50 мм и более 50 мм, обогащение фракции 4,5-50 мм на ВОР, обезвоживание продуктов обогащения и смешивание обогащенного угля (концентрата) с необогащенным. В технологии предусмотрена установка дополнительного оборудования для дробления фракции угля более 50 мм и обогащения полученной фракции 4,5 - 50 мм в ВОР (не показано).

Исключение из процесса частиц крупностью 0-4,5 мм позволяет не вовлекать в обогащение труднообогатимые мелкие фракции угля (менее 0,5 мм) для обогащения и обезвоживания которых требуются значительные затраты. Ограничение по верхнему классу крупности фракции 0-4,5 мм определяется возможностями просеивания «по сухому» без забивания отверстий продуктами отсева просеивающих поверхностей, набранных из резиновых ленточно-струнных элементов типа РЛСС, разработанных и выпускаемых ИГТМ НАН Украины. Просеивающие поверхности из таких элементов успешно работают на протяжении ряда лет на ЦОФ «Доброполье», обогатительном комплексе шахты «Южнодонбасская - 1», ОАО «Запорожжкокс» и т.д.

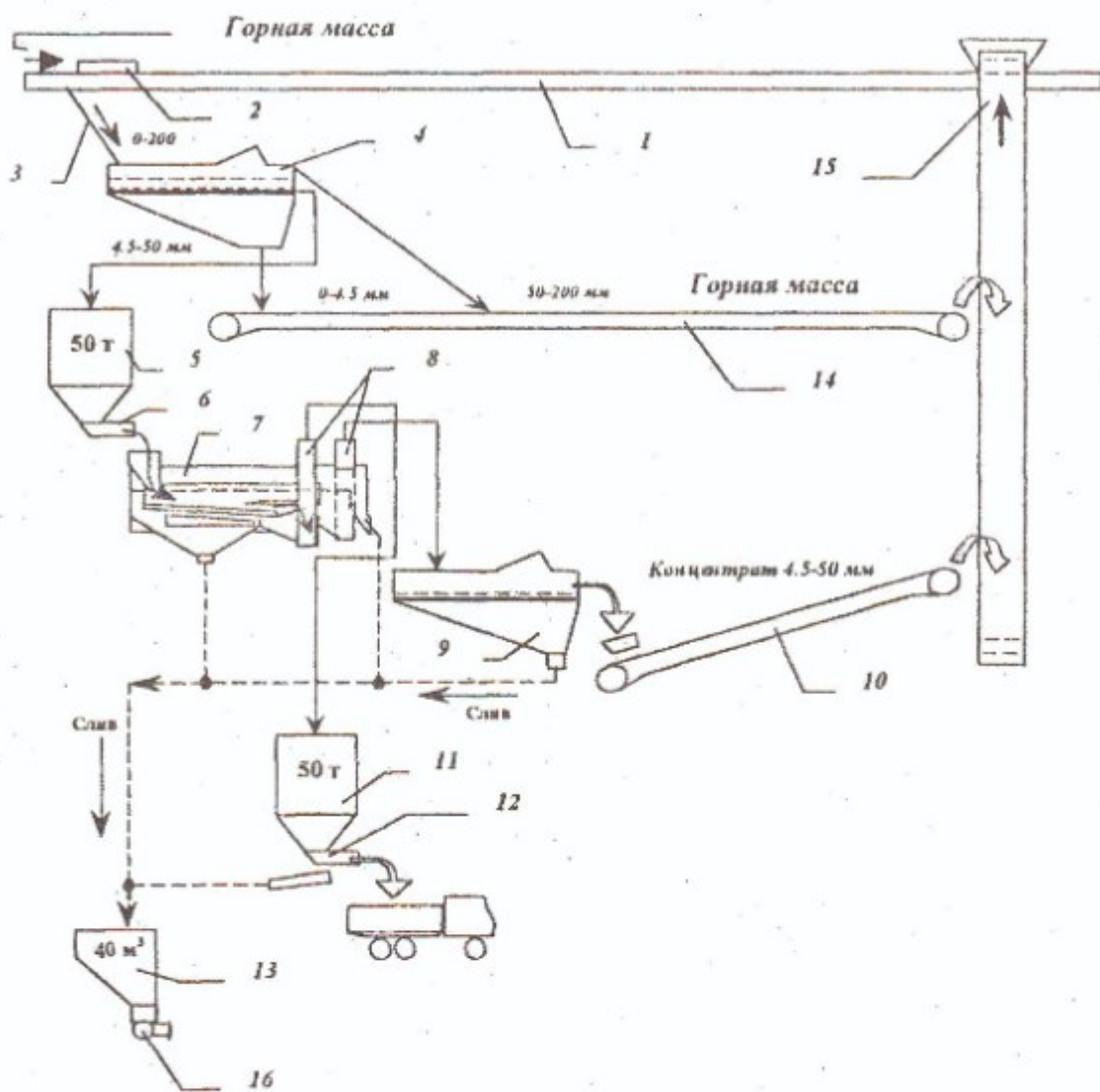


Рис. 3 – Технологическая схема цепи оборудования

В 1997 г. на шахте «Павлоградская» ГХП «Павлоградуголь» проведены исследования по определению граничных фракций угля, разделение которых по крупности на просеивающих поверхностях набранных из РЛСС возможно без орошения водой. Исследования проводились на грохоте ГИЛ-51, установленном в цепи погрузки угля из скипового бункера в железнодорожные вагоны. Исследовались три типа поверхностей с ячейками 5; 8 и 10 мм, на которые поступал уголь фракцией 0 – 100 мм.

Анализ результатов исследований показал, что сита, укомплектованные РЛСС работоспособных и пригодны для грохочения фракции угля шахты «Павлоградская» без орошения, с просеиванием частиц через поверхности с ячейкой 5 × 5 мм крупностью до 4,5 мм. Применение сит такой конструкции для просеивания «по сухому» целесообразно при влажности горной массы до 12 %.

Таблица 2 – Наименование позиций на рис.3

Позиция обознач.	Наименование	Кол-во
1	Конвейер ленточный (Q=350 т/ч)	1
2	Сбрасыватель плужковый	1
3	Пункт перегрузки	1
4	Грохот инерционный ГИСТ-72 (Q=350 т/ч)	1
5	Бункер (V=50 т)	1
6	Питатель (Q=350 т/ч)	1
7	Вибрационная обогатительная машина ВОМ (Q=170 т/ч), эффект обогащения >90 %	1
8	Элеватор обезвоживающий ЭОК-6	2
9	Грохот инерционный ГИСЛ-62 (Q=120 т/ч)	1
10	Конвейер ленточный (Q=120 т/ч)	1
11	Склад (конус) (V=50 т)	1
12	Питатель (Q=120 т/ч)	1
13	Сборник шламовых вод (V=40 м ³)	1
14	Конвейер ленточный (Q=155 т/ч)	1
15	Конвейер ленточный (Q=255 т/ч)	1
16	Шламовый насос (V=60 м ³ /ч)	1

Разработанная технология позволяет обеспечить полностью замкнутый водно-шламовый цикл обогащения без сооружения шламоотстойника и шламонакопителя за пределами промплощадки шахты (рис. 4). Достигается это за счет того, что при обогащении в водно-шламовый цикл поступает незначительное количество мелкого угля фракцией 0-4,5 мм не прошедшего через решето виброгрохотов и мелких частиц размокшей породы. Учитывая непродолжительное время пребывания угля в воде, размокание породы не будет существенно влиять на содержание мелких частиц в среде разделения.

Количество мелкого угля фракцией 0-4,5 мм поступающего в водно-шламовый цикл при прочих равных условиях зависит от фракционного состава и влажности исходного угля, содержания в нем породы и, в каждом конкретном случае определяется опытным путем в результате фракционного анализа подрешетного и надрешетного продуктов разделения.

При замкнутом цикле водно-шламовый комплекс разработанной технологии (см. рис. 4) включает предварительную гидроклассификацию в гидроциклонах по граничному зерну крупностью 0,1 мм с последующим обезвоживанием шламов на вибрационном грохоте и центрифуге, а слив с ВОМ, подрешетной воды обезвоживающих виброгрохотов, фугат и фильтрат сбрасываются в радиальный сгуститель. Сгущенный продукт сгустителя высокой плотности направляется на ленточный фильтр-пресс, конструкция которого обеспечивает обезвоживание, путем наложения двух лент на обезвоживающий продукт, в результате чего происходит фильтрация жидкости. Расход флокулянтов в сгустителе и ленточном фильтр-прессе регулируется в зависимости от содержания твердого в оборотной воде. Обезвоженные илистые отходы добавляются в породу и выводятся автотранспортом в породный отвал.

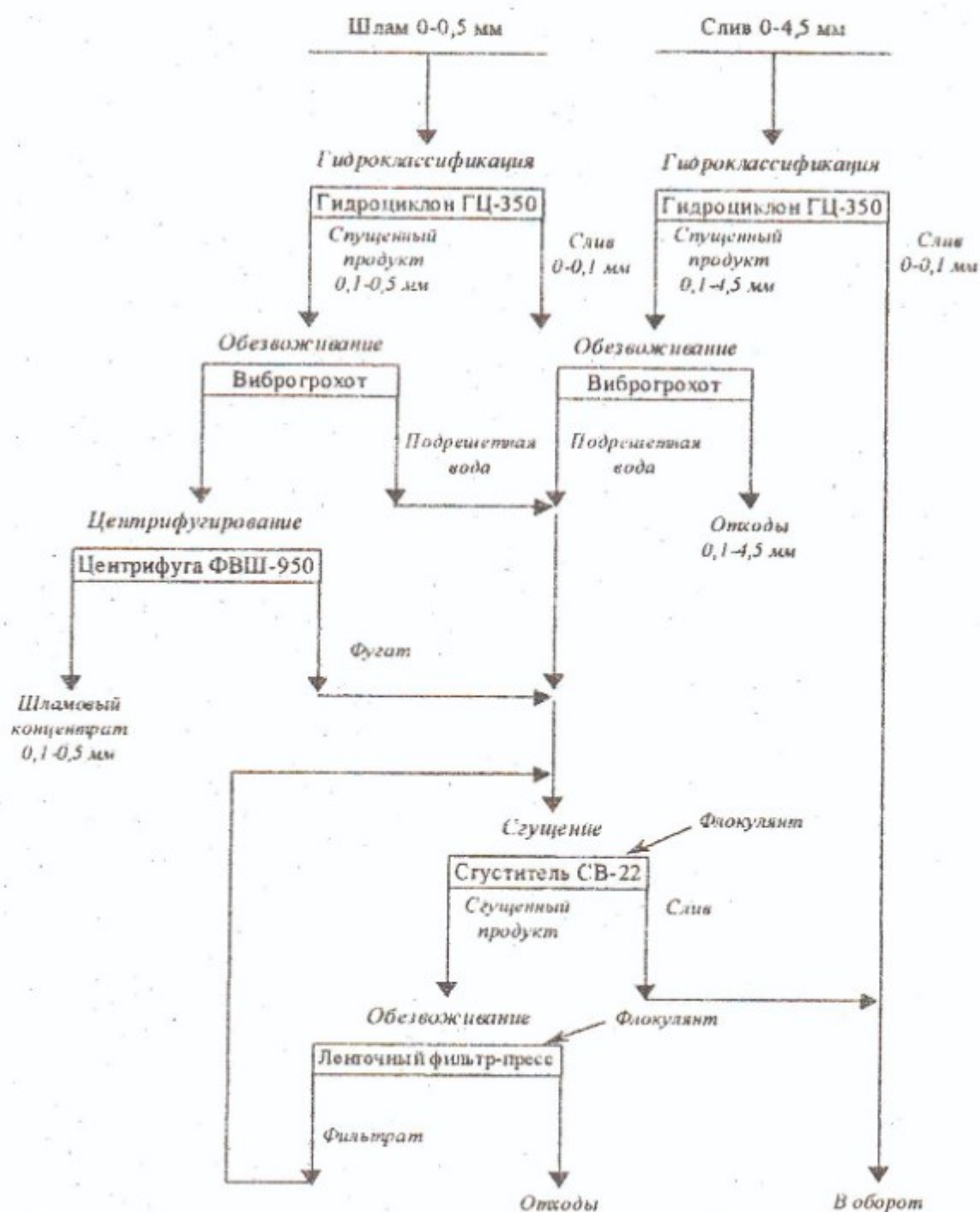


Рис. 4 – Технологическая схема обезвоживания шлама и отходов при обогащении углей

Конструкция применяемого в разработанной технологии оборудования позволяет разместить его с горизонтальной схемой расстановки в зданиях модульного типа без межэтажных перекрытий, с обустройством автономных фундаментов под каждую единицу оборудования.

При обогащении угля шахты «Павлоградская» по предложенной технологии, при зольности исходного угля до 60 % и влажности до 10 %, показатели

качества после смешивания необогащенных фракций с концентратом не будут превышать преискурантных значений.

Экономический эффект от внедрения технологии на шахте «Павлоградская» при качественных показателях угля принятых в «Преискуранте оптовых цен» и полученных в результате расчета составляет 4750 тыс. грн в год.

Таким образом, разработанная вибрационная отсадочная машина позволила создать энерго-, водо- и ресурсосберегающую, экологически чистую технологическую схему обогащения рядовых углей в условиях поверхностного комплекса шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилов П.И., Кириарский А.С., Кочетов В.В., Сбитнев М.П. Перспективные технологии углеобогащения // Сб. научн. тр. Национальной горной академии Украины, № 3. Том 4 – Днепропетровск, НГА Украины 1998 г., с. 96-100.
2. Шохин-В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1980 – 400 с.
3. Мухин А.В., Черватюк В.Г., Шевченко Г.А., Скипочка С.И. Обогащение горной массы в условиях поверхностного комплекса шахты – реальный путь повышения качества угля // Сб. научн. тр. Национальной горной академии Украины, № 43. Том 4 – Днепропетровск, НГА Украины, 1988, с. 104-106.
4. Черволенко А.Г., Шевченко Г.А., Лысенко Г.М. Исследование гравитационного обогащения сыпучих материалов в поле вибрационных и гидродинамических сил // Теория и практика процессов измельчения и разделения. – Материалы конференции. Одесса, ОГМА, 1995, с. 29-37.

УДК 502.7

М.В. Мажаров

ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ

В роботі розглянуто проблему стійкого ресурсокористування. Встановлено закон, що пов'язує відповідну складову індексу соціального розвитку з динамікою використання невідновлюваного ресурсу, а також вперше визначено поняття про системну тривалість ресурсокористування. Це зробило можливим: 1) визначити одну з основних задач стійкого розвитку (sustainable development), як підтримку системної тривалості використання невідновлюваного ресурсу на незмінному рівні протягом необмеженого часу; 2) розглянути можливі варіанти стратегій реалізації стійкого розвитку, щодо загальної політики використання невідновлюваних ресурсів.

Концепция устойчивого развития находит все большее и большее число сторонников, как среди ученых, так и среди практиков. Она призвана стать рациональным ответом мирового сообщества на глобальные экологические проблемы, вызванные, прежде всего сверхинтенсивной добычей, переработкой и использованием невозобновимых сырьевых ресурсов. При этом приходится учитывать, что исчерпаемость большинства природных минеральных и ископаемых энергетических ресурсов уже не кажется столь отдаленной перспективой, не требующей немедленных шагов по разумному ограничению и очень взвешенному подходу к их использованию. Сложившаяся мировая политика и практика ресурсодобывающих и перерабатывающих отраслей ставит под сомнение возможность доступа всех будущих поколений к тем благам, которые находятся в нашем распоряжении сейчас.

Краеугольным камнем концепции устойчивого развития является представление об экологическом пространстве. При этом «экологическое пространство