

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

**ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

8-2022



СУЭК

поздравляет
с 75-летием
Дня шахтера!

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»
119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru
E-mail: ugol@ugolinfo.ru

Генеральный директор
Ольга ГЛИНИНА
Научный редактор
Ирина КОЛОВА
Менеджер
Ирина ТАРАЗАНОВА
Ведущий специалист
Валентина ВОЛКОВА
Технический редактор
Наталья БРАНДЕЛИС

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН
Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН
в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по социальным и экономическим наукам
Двуфактный импакт-фактор РИНЦ – 1,151
(без самоцитирования – 0,79)
Пятифактный импакт-фактор РИНЦ – 0,71
(без самоцитирования – 0,501)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН
в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru
www.ugol.info

и на отраслевом портале
«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:
Ведущий редактор С.И. ГЛИНИНА
Научный редактор И.М. КОЛОВА
Корректор В.В. ПЛАСОВ
Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 08.08.2022.
Формат 60х90 1/8.
Бумага мелованная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 16,5 + обложка.
Тираж 5700 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.
Общий тираж 6700 экз.

Отпечатано:
ООО «РОЛИКС ПРИНТ»
117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5
Тел.: (495) 661-46-22;
www.rolikspriint.ru
Заказ № 113627

Журнал в App Store и Google Play



© ЖУРНАЛ «УГОЛЬ», 2022

ЗАКОН И ПРАВО

Шестаков В.А., Постева Е.А. Уголовная ответственность за незаконную добычу угля: российское и иностранное правовое регулирование	95
--	----

ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Писалов В.А., Соколовский А.В., Терещина М.А. Проблемы проектирования горнодобывающих предприятий в условиях высокой изменчивости внешней среды	100
---	-----

ГЕОИНФОРМАТИКА

НИЦ-ИПТИ «РИНЦ» Актуальность создания цифровых моделей горных предприятий	105
--	-----

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Кретов В.А., Колосова О.Ю. Синтез организационно-технологических, организационно-технических и организационно-управленческих решений, обладающих наибольшим синергическим эффектом в рамках горноперерабатывающего предприятия	108
Клибанов Д.А., Макеев М.А. Цифровые советчики для угольной промышленности. Методология внедрения	112

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Лопте Д.С. То, что необходимо именно Вам	116
Красный А.Г., Круткин А.В., Дмитрикова У.В., Шамшурин А.А. Обезвоживание угольного концентрата на керамическом дисковом вакуум-фильтре «Бакор»	117
Ермаков А.Ю., Тришин В.Ю., Бородин П.С. Концепция модернизации угольных обогатительных фабрик	122

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Котлякова А.И. Шахтная эстетизация, как часть уникальной культуры	130
--	-----

ЮБИЛЕИ

Топорков Александр Александрович (к 65-летию со дня рождения)	3-я стр. обл.
---	---------------

Список реклам и поздравлений

СУЭК	1-я обл.	Группа компаний «ТАЛТЭК»	34
TAPP Group	2-я обл.	АО «НЦ ВостНИИ»	39
ОАО «БЕЛАЗ»	4-я обл.	МГТУ им. Г.И. Носова	39
НИЦ-ИПТИ «РИНЦ»	1	АО «ЗАВОД ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА»	47
ООО «УК «КОЛМАР»	2	АО «Воркутауголь»	49
АО «ИМЗ «Искра»	7	ФИЦ УУХ СО РАН	62
ООО «НПЦ-Геотехнология»	21	ООО «Пиклема»	65
ТД «БЕЛАЗ»	29	НПП «Завод МДУ»	111

* * *

Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU

Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Двуфактный импакт-фактор РИНЦ – 1,15 (без самоцитирования – 0,79).

Журнал «Уголь» индексируется

в международной реферативной базе данных и систем цитирования
SCOPUS (рейтинг журнала Q3)

Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации
по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).
Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических библиотек по всему миру.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10 мировых
электронных хранилищ научных публикаций, построена на парадигме открытой науки (Open
Science). Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в
Google Scholar.

Журнал «Уголь» представлен в CNKI Scholar

Платформа CNKI Scholar (http://scholar.cnki.net) – ведущий китайский агрегатор и поставщик
академической информации.

Подписные индексы:

– Объединенный каталог «Пресса России» – 87717; 87776; 77728; 387717
– Каталог «Урал-Пресс» – 71000; 87776; 007097; 009901

Концепция модернизации угольных обогатительных фабрик

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-122-129>

ЕРМАКОВ А.Ю.

Доктор техн. наук,
генеральный директор
ООО «НПП «ЭКО-Кузбасс»,
653002, г. Прокопьевск, Россия,
e-mail: aermakov779@gmail.com



ГРИШИН В.Ю.

Канд. техн. наук,
директор проекта Департамента
угольной промышленности
ФГБУРЭА Минэнерго РФ,
107996, г. Москва, Россия,
e-mail: GrishinVY@minenergo.gov.ru



БОРОДИН П.С.

Генеральный директор
ООО «КузбассСтройМонтаж»,
654007, г. Новокузнецк, Россия,
e-mail: offise@ksm-rus.com

В статье рассматривается возможность модернизации УОФ на основе переработки отходов обогащения с использованием установок пиролиза термической деструкции высокосольных углей и шламов с получением синтетического газа, жидкого топлива, тепла и электроэнергии, используемых для расширения ассортимента вторичного сырья, продуктов и изделий народного потребления.

На основе анализа химического состава, физических свойств отходов обогащения, зольных энергетических установок и горных пород предложены способы их переработки с получением топливного брикета, удобрения, керамики и опелухов и использованием полученных синтетических газов, который позволяет решить большую часть задач экологической безопасности угольных обогатительных фабрик.

Экономический и экологический эффект достигается переработкой и утилизацией отходов угольных обогатительных фабрик, при этом ликвидируются склады временного и постоянного хранения отходов, сокращается загрязнение окружающей среды, снижаются экологические платежи, повышаются объемы производства товаров потребления.

Ключевые слова: модернизация, обогатительная фабрика, пиролиз углей, переработка, отходы, получение, вторичное сырье, продукты.

Для цитирования: Ермаков А.Ю., Гришин В.Ю., Бородин П.С. Концепция модернизации угольных обогатительных фабрик // Уголь. 2022. № 8. С. 122-129. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-122-129.

ВВЕДЕНИЕ

Из основных технико-экономических показателей [1, 2, 3, 4] практически всех угольных обогатительных фабрик (УОФ) установлено, что на современном этапе 30-40% или 2-4 млн т горной массы, поступающей на переработку на фабрики, уходят в отвалы и хвостохранилища, в том числе и высокосольные шламы обогащения, объемы которых составляют 300-650 тыс. т в год, которые загрязняют окружающую среду.

Энергетическая стратегия России предусматривает повышение объемов переработки угля, а разработка и внедрение технологий, машин, механизмов и агрегатов его обогащения требуют пересмотра парадигмы [4, 5,

6, 7, 8, 9, 10, 11, 12] их проектирования и строительства для повышения уровня промышленной и экологической безопасности.

Целью настоящей работы являются разработка способа переработки отходов УОФ с использованием установок термической деструкции высокозольных углей и пересмотр концепции проектирования и модернизации обогатительных фабрик.

КОНЦЕПЦИЯ

Анализ химического состава шламов обогащения, представленных в табл. 1, 2, различной крупности, по-

казывает, что органическая часть составляет 30-60%, а минеральная (зольность) – 40-70% и включает соединения кремния, магния, алюминия, кальция, железа и ряд других веществ, то есть отходы обогащения по химическому составу близки к природным удобрениям (плодородная почва, торф, гуматы и т.п.), которые используются для выращивания сельскохозяйственных культур. При соответствующей переработке могут быть получены различные виды плодородных почв и удобрения в больших объемах с широким спектром микроэлементов.

Органическая часть шламов является одновременно сырьем для получения синтетического газа и топлива,

Таблица 1

Химический состав горных пород обогащения класса 13-100 мм УОФ

Наименование показателя	Результаты испытаний	Метод испытаний
Влага аналитическая, W^d , %	2,23	ГОСТ 33503-2015
Зольность, A^d , %	87,57	ГОСТ Р 55661-2013
Плотность, d^d , г/см ³	2,58	ГОСТ 2160-2015
Выход летучих, V^d , %	9,56 слип.	ГОСТ Р 556660-2013
Теплота сгорания по бомбе, Q_b^d , ккал/кг	668	ГОСТ 140-2013
Сера общая, S^d , %	0,05	ГОСТ 32465-2013
Углерод, C^d , %	0,63	ГОСТ 2408.1-95
Водород, H^d , %	0,88	ГОСТ 2408.1-95
Азот, N^d , %	0,40	ГОСТ 28743-93
Фтор, F^d , %	0,073	НСАМ 139-Х
Химический состав золы		
Диоксид кремния, SiO_2 , %	65,17	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид алюминия, Al_2O_3 , %	19,23	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид железа, Fe_2O_3 , %	4,79	ГОСТ Р 54237-2010
Диоксид титана, TiO_2 , %	0,80	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид кальция, CaO , %	2,09	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид магния, MgO , %	1,70	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид калия, K_2O , %	3,86	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид натрия, Na_2O , %	1,32	ГОСТ Р 54237-2010
Триоксид серы, SO_3 , %	0,19	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид фосфора, P_2O_5 , %	0,18	ГОСТ Р 54237-2010
Смешанные оксиды марганца, Mn_2O_4 , %	08	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид бария, BaO , %	0,07	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид стронция, SrO , %	0,03	ГОСТ Р 54237-2010
Содержание элементов в пересчете на воздушно-сухое состояние		
Бериллий, Be , г/т	2,13	ГОСТ 28974-91
Ванадий, V , г/т	85,0	ГОСТ 28974-91
Галлий, Ga , г/т	25,1	ГОСТ 12711-77
Золото, Au , г/т	0,006	НСАМ 354-С
Иттрий, Y , г/т	40,0	ГОСТ 28974-91
Кадмий, Cd , г/т	0,55	ПНДФ 16.1.2.3.3.11-98
Кобальт, Co , г/т	12,4	ГОСТ 28974-91
Медь, Cu , г/т	19,0	ГОСТ 28974-91
Молибден, Mo , г/т	0,81	ПНДФ 16.1.2.3.3.11-98
Мышьяк, As , г/т	2,89	ГОСТ Р 54242-2010
Никель, Ni , г/т	30,0	ГОСТ 28974-91
Рубидий, Rb , г/т	200,0	МП 209-ИСП-2014
Свинец, Pb , г/т	26,7	ГОСТ 28974-91
Серебро, Ag , г/т	0,5	М-МВИ-80-2008
Скандий, Sc , г/т	12,0	МП 209-ИСП-2014
Цинк, Zn , г/т	94,5	ГОСТ 28974-91

Таблица 2

Химический состав высокозольного угля обогащения класса 0,01-2,0 мм УОФ

Наименование показателя	Результаты испытаний	Метод испытаний
Влага аналитическая, W^d , %	1,93	ГОСТ 33503-2015
Зольность, A^d , %	47,05	ГОСТ Р 55661-2013
Плотность, d_r^d , г/см ³	1,74	ГОСТ 2160-2015
Выход летучих, V^d , %	22,40 слип.	ГОСТ Р 556660-2013
Теплота сгорания по бомбе, Q_b^d , ккал/кг	4162,0	ГОСТ 140-2013
Сера общая, s^d , %	0,21	ГОСТ 32465-2013
Углерод, C^d , %	42,69	ГОСТ 2408.1-95
Водород, H^d , %	3,35	ГОСТ 2408.1-95
Азот, N^d , %	1,60	ГОСТ 28743-93
Фтор, F^d , %	0,04	НСАМ 139-Х
Химический состав золы		
Диоксид кремния, SiO_2 , %	63,88	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид алюминия, Al_2O_3 , %	21,02	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид железа, Fe_2O_3 , %	3,39	ГОСТ Р 54237-2010
Диоксид титана, TiO_2 , %	0,88	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид кальция, CaO , %	2,28	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид магния, MgO , %	1,89	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид калия, K_2O , %	3,76	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид натрия, Na_2O , %	1,25	ГОСТ Р 54237-2010
Триоксид серы, SO_3 , %	0,82	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид фосфора, P_2O_5 , %	0,21	ГОСТ Р 54237-2010
Смешанные оксиды марганца, Mn_2O_4 , %	0,03	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид бария, BaO , %	0,10	ГОСТ Р 54237-2010
Оксид стронция, SrO , %	0,03	ГОСТ Р 54237-2010
Содержание элементов в пересчете на воздушно-сухое состояние		
Бериллий, Be, г/т	1,28	ГОСТ 28974-91
Ванадий, V, г/т	62,12	ГОСТ 28974-91
Галлий, Ga, г/т	15,45	ГОСТ 12711-77
Золото, Au, г/т	0,026	НСАМ 354-С
Иттрий, Y, г/т	60,0	ГОСТ 28974-91
Кадмий, Cd, г/т	0,49	ПНДФ 16.1.2.3.3.11-98
Кобальт, Co, г/т	11,67	ГОСТ 28974-91
Медь, Cu, г/т	11,28	ГОСТ 28974-91
Молибден, Mo, г/т	2,08	ПНДФ 16.1.2.3.3.11-98
Мышьяк, As, г/т	5,06	ГОСТ Р 54242-2010
Никель, Ni, г/т	29,39	ГОСТ 28974-91
Рубидий, Rb, г/т	84,0	МП 209-ИСП-2014
Свинец, Pb, г/т	19,44	ГОСТ 28974-91
Серебро, Ag, г/т	0,5	М-МВИ-80-2008
Скандий, Sc, г/т	7,00	МП 209-ИСП-2014
Цинк, Zn, г/т	122,0	ГОСТ 28974-91

которые могут служить для производства тепла, электроэнергии, пара, а также быть использованны в качестве реагентов при обогащении угля, для обжига породы при изготовлении огнеупоров и керамических изделий.

Получение синтетического газа и топлива производится из высокозольных углей.

Инновация технологии заключается в получении на установках термической деструкции из углеродсодержащих твердых и жидких отходов высококалорийного синтетического газа с теплотворной способностью от 6000 до 15000 ккал/м³ и использовании синтетического жидкого топлива (СЖТ), газа пропан-бутановой фракции,

спиртов и эфиров для получения до семи видов энергетических продуктов при соблюдении экологических стандартов и удовлетворения производственных нужд УОФ.

На основе накопленного опыта пиролиза и переработки различных отходов разработаны и изготавливаются пиролизные установки термической деструкции органических веществ с применением различных видов нагревателей

Из анализа характеристик пиролизных установок [13, 14, 15, 16, 17] следует, что для переработки отходов обогащения УОФ наибольший интерес представляет технология организации теплообмена в вихревом по-

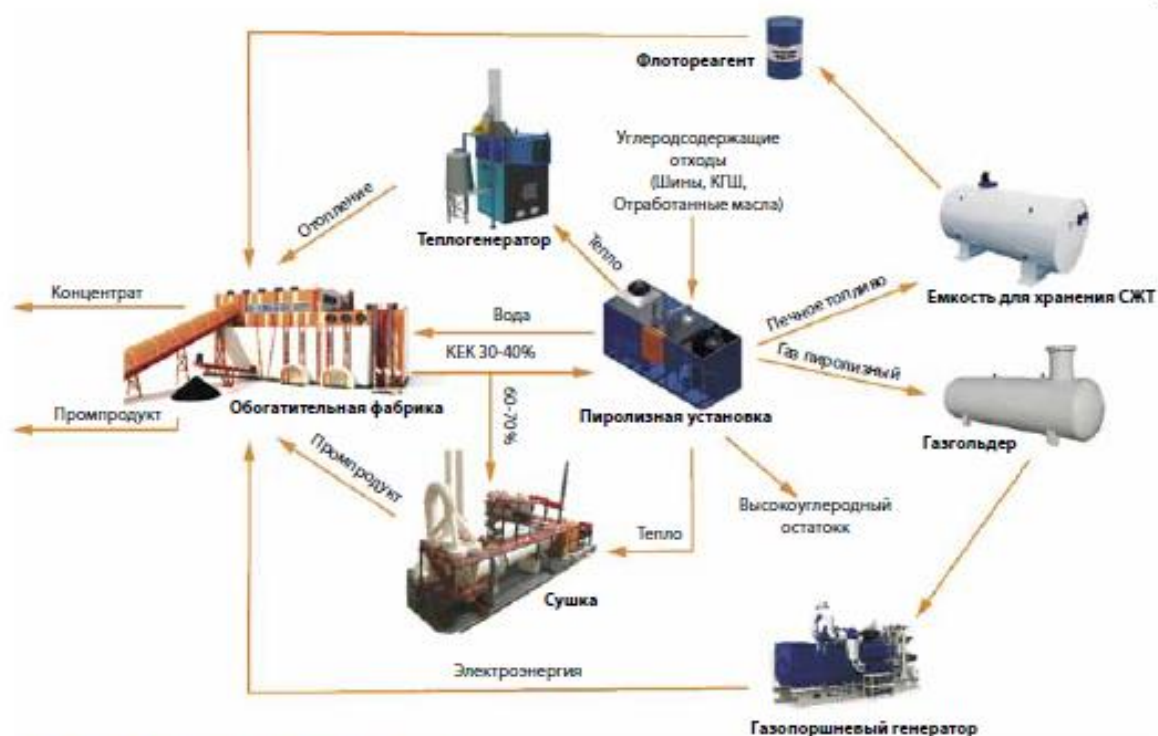


Рис. 1. Технологическая схема переработки отходов

Таблица 3

Технические характеристики установки по переработке отходов обогащения УОФ

Производительность по переработке подготовленных отходов, кг/ч	до 3000
Влажность исходного сырья, %	до 25
Температура газификации, °C	700-900
Давление в реакторе, кг/см ²	-0,1-+0,1
Продолжительность газификации, с	1-3
Выход синтетического газа, кг/ч	до 2700
Теплота сгорания газа, ккал/м ³	6000-15000
Электроэнергия на собственные нужды, кВт/ч	до 75
Общее производство энергии с использованием синтетического газа, МВт/ч	7,5
Время разогрева реактора, мин	до 30
Размеры контейнера, м	6×2,4×2,6
Первичный источник разогрева реактора	Газ
Режим подачи отходов в реактор	Непрерывный
Обслуживающий персонал, оператор/смена	2/1

токе, что позволяет перерабатывать большие объемы органического сырья, а установки имеют небольшие размеры, позволяют выполнить комплекс по переработке углеродсодержащих отходов в блочно-модульном исполнении, встроить их безболезненно в технологическую схему УОФ и использовать в качестве котельной и для сушки углей, а жидкое топливо – в качестве реагента при флотации.

По результатам отчета по сжиганию проб отходов обогащения обогатительной фабрики «Краснокаменская», выполненного на основании договора на комплексе, схематично представленном на рис. 1, было установлено,

что предлагаемая технология переработки углеродсодержащих материалов по рентабельности превосходит зарубежные аналоги и базируется на отечественном оборудовании.

Технические характеристики установки по переработке отходов [17] приведены в табл. 3.

Авторами предлагается на основе различных способов переработки отходов УОФ [14, 16, 18, 19, 20, 21, 22] для модернизации угольных обогатительных фабрик использовать установки деструктивного пиролиза в качестве блоков котельных, работающих на высокозольном шламе (отходах угольной обогатительной фабрики).

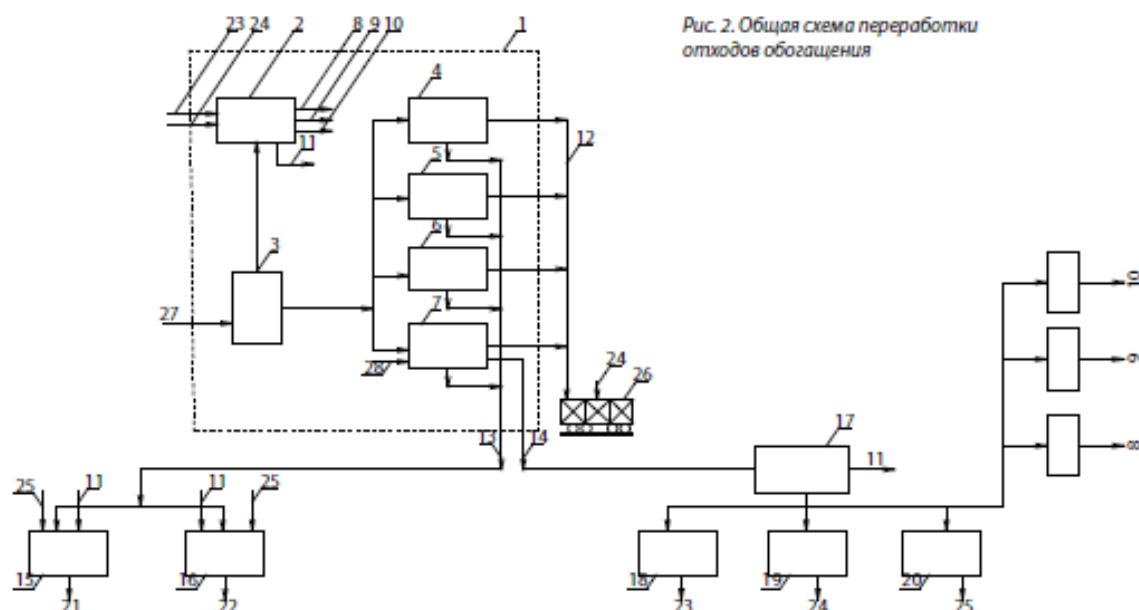


Рис. 2. Общая схема переработки отходов обогащения

Общая схема переработки отходов обогащения представлена на рис. 2, на котором приняты следующие условные обозначения: 1 – угольная обогатительная фабрика; 2 – котельная УОФ, ТЭЦ УОФ; 3 – подготовка рядового угля (дробление, грохочение, классификация, сортировка); 4 – обогащение кл. – 150 + 75 мм; 5 – обогащение кл. – 75 + 13 мм; 6 – обогащение кл. – 13 + 3 мм; 7 – флотация кл. – 3 + 0,01 мм; 8, 9, 10, 11 – тепло, пар, электроэнергия и зола котельной УОФ (ТЭЦ УОФ); 12 – угольный концентрат; 13 – порода, породный шлак; 14 – высокосольный шлак (кек); 15, 16 – производство огнеупоров, удобрений; 17 – установка деструктивного пиролиза высокосольного шлама флотации (кек); 18 – отбор газа синтетического; 19 – отбор топлива жидкого; 20 – отбор золы; 21 – огнеупоры; 22 – удобрения; 23 – газ синтетический; 24 – топливо жидкое; 25 – зола; 26 – полувагон, 27 – рядовой уголь.

Исходным продуктом для работы обогатительной фабрики 1 является рядовой уголь 27, который на установках 3 проходит: дробление, грохочение, классификацию, сортировку по классам (кл. – 150 + 75 мм; – 75 + 13 мм; – 13 + 3 мм; кл. – 3 + 0,01 мм) и передается в котельную обогатительной фабрики 2 и процессы обогащения крупного, среднего и мелкого классов 4, 5, 6, а также флотацию 7, где появляются отходы котельной: зола, шлак и обогатительной фабрики: просыпи и отсеив угольной пыли и породы, породная горная масса, шлама угля и породы 13, образуемые при породовыборке, грохочении, отсадке, гидравлической классификации и высокосольного угля 14 при флотации мелких классов 7, используемые для получения тепла 8, пара 9, электроэнергии 10, и отхода золы, шлака котельной 11, синтетического газа 18, 23, жидкого топлива 19, 24, золы 25 в установке 17 деструктивного пиролиза.

Каждый из отходов обладает ценными свойствами и является сырьем для производства основной продукции и вторичного сырья, получения исходных или вспомогательных материалов для угольной обогатительной фабрики, а также хозяйственных нужд, перерабатывается на производственных линиях, работающих в параллельном и/или последовательном режимах, объединенных в единую технологическую схему комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики. В эту схему включены различные устройства, агрегаты, машины и механизмы, которые служат для реализации различных способов получения вторичных продуктов и изделий, используемых в качестве вторичных продуктов и сырья основных и вспомогательных производств угольной обогатительной фабрики и хозяйственных нужд.

- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики 1 для получения тепла 8 включает установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения, золы сжигания угля, наполнителя и добавок, камеру сгорания, котлоагрегат передачи тепла теплоносителю, газо-вентиляционный насос отвода дымовых газов для очистки. Эта линия отличается тем, что для активизации очага горения дополнительно устанавливаются устройства обезвреживания отходов обогатительных фабрик, горячего или избыточного дутья с характеристиками, обеспечивающими оптимальное горение топлива и максимальное выгорание углеродсодержащих отходов, а также используются ультразвук, ионизированный воздух, при этом полученные зола и/или шлак при утилизации отходов используются как минеральная добавка для получения огнеупоров, керамики, удобрений и др.

- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики 1 для получения газового топлива 18, 23 и тепла 8 включает устройства обезвоживания отходов обогатительных фабрик, установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения: золы сжигания угля, наполнителей, добавок и других компонентов; камеру сгорания высокотемпературного пиролиза шихты, котлоагрегат передачи тепла теплоносителю, газовентиляционный насос отвода дымовых газов для очистки. Линия отличается тем, что высокотемпературный пиролиз в установке 17 ведут с недостатком дутья и характеристиками, обеспечивающими оптимальное максимальное получение дымовых газов с использованием ультразвука, ионизированного воздуха, при этом полученный синтетический газ 18, 23 проходит очистку и подается в газгольдер для промежуточного хранения и использования для внутренних нужд предприятия, получения товарных продуктов: цемента, керамики, инертной пыли и др., а зола и шлак 20, 25 используются как минеральная добавка для получения товарных продуктов.
- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики для получения жидкого топлива 19, 24 и тепла 8 включает устройства обезвоживания отходов обогатительных фабрик, установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения: золы сжигания угля, наполнителей, добавок и других компонентов; вихревую камеру сгорания высокотемпературного пиролиза шихты 17, котлоагрегат передачи тепла теплоносителю, газовентиляционный насос отвода дымовых газов для очистки. Эта линия отличается тем, что очищенный синтетический газ 18, 23 компрессором переводится в жидкое топливо 19, 24, хранится в емкостях, используется как моторное топливо, химический реагент для флотации 7, внутренних нужд предприятия и получения тепла 8, пара 9 и электроэнергии 10, а также используется для опрыскивания концентрата при отгрузке в полувагоны 26 потребителю для предотвращения пылеобразования и смерзания угля в зимний период, зола и шлак 20, 25 служат минеральной добавкой для получения огнеупоров и керамики 15 и др.
- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики для получения электроэнергии 11 включает устройства обезвоживания отходов обогатительных фабрик, установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения: золы сжигания угля, наполнителей, добавок и других компонентов; камеру сгорания низкотемпературного пиролиза шихты, котлоагрегат передачи тепла теплоносителю, газовентиляционный насос отвода дымовых газов для очистки. Линия отличается тем, что очищенный синтетический газ и/или жидкое топливо используются в газогенераторах и/или электрогенераторах для получения электроэнергии для внутренних нужд

предприятия, а также в агрегатах для сушки, обжига материалов, сырья и товарной продукции.

- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики для получения топливных брикетов включает устройства обезвоживания отходов обогатительных фабрик, установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения: наполнителей, добавок и других компонентов, входящих в состав шихты и пресса. Линия отличается тем, что в зависимости от влажности шихты используются связующие, обеспечивающие заданную прочность брикета и его обжиг и/или сушку с различными характеристиками, % масс: 5-7%: целлюлозный клей, латекс, клей ПВХ и др.
- Производственная линия комплексной переработки отходов угольной обогатительной фабрики для получения брикетов и гранул удобрений включает устройства обезвоживания флотационных отходов обогатительных фабрик, агрегаты дробления и тонкого помола сырья, установку для подготовки шихты с дозаторами: отходов обогащения, наполнителя, добавок и других компонентов, входящих в состав шихты удобрения, пресс для брикетирования, устройства для сушки брикетов или гранул удобрений, упаковочную машину. Линия отличается тем, что в состав шихты входят, % масс: влагорастворимые связующие 5-7%: целлюлозный клей, латекс, клей ПВХ и др., обеспечивающие полимеризацию и заданную прочность брикетов и гранул, в качестве наполнителей используются гашеная известь 3-5% для снижения кислотности почвы, шлам флотации – гумусовая основа удобрения 20-25%, измельченная зола котельной или пиролизной установки температурной деструкции 10-12%, измельченная порода – остальное для структуризации почвы и внесения микроэлементов, при этом энергии, выделенной при прессовании брикета или гранул, достаточно для полимеризации связующего.
- Производственная линия комплекса переработки отходов угольной обогатительной фабрики для получения огнеупоров 21, керамики и тротуарной плитки и др. включает устройства обезвоживания отходов обогатительной фабрики, агрегаты тонкого помола породы, установку для подготовки шихты с дозаторами отходов обогащения, наполнителей, добавок и других компонентов, входящих в состав шихты, машины формовки, сушки и обжига товарного продукта 21. Линия отличается тем, что в состав шихты входят, % масс: порода 50%, шлам котельной и/или зола установки турбовихревой деструкции 20%, силикатный клей-связка 8%, порошок алюминиевой пудры 3-7%, шлам флотации остальное, а для сушки и обжига используется синтетический газ 18, 23 и/или жидкое топливо 19, 24, полученное при переработке отходов обогащения в пиролизной установке термической деструкции 17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технический результат достигается переработкой и утилизацией отходов угольных обогатительных фабрик, при этом ликвидируются склады временного и постоянного хранения отходов, сокращается загрязнение окружающей среды, снижаются экологические платежи, повышаются объемы производства товаров потребления, появляется возможность пересмотра парадигмы проектирования и строительства угольных обогатительных фабрик за счет сокращения технологических процессов и вспомогательных производств, что дает возможность перевода процесса обогащения угля на горнодобывающие предприятия, а в целом повышает потенциал комплексного освоения угольных месторождений.

По результатам исследований подана заявка на изобретение и выполняется технический проект монтажа опытно-промышленной установки в г. Прокопьевске.

Использование пиролизных установок в качестве ТЭЦ и завода по переработке отходов, встроенных в технологическую схему обогатительной фабрики, позволяет пересмотреть парадигму ее проектирования, повысить уровень экологической безопасности, расширить ассортимент товаров потребления.

Список литературы

1. Новак В.И. Проблема века обогатительных фабрик. Кто виноват? // Уголь. 2016. № 10. С. 70-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-10-70-73.
2. Богомолов А.Р., Темникова Е.Ю. Направления переработки отходов угольной отрасли / Сборник «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири – 2014». Сибресурс 2014. Материалы XV международной научно-практической конференции, 2014. С. 22-24.
3. Добровольский А.И., Колесников И.В., Микитюк А.А. Повышение эффективности обогащения угля на фабрике «Чегдомын» // Уголь. 2019. № 6. С. 92-93. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-6-92-93.
4. Задавина Е.С., Рязанова Ю. Способы обращения с отходами углеобогаательных фабрик / Сборник «Современные научные исследования: теория и практика». Материалы Международной научно-практической конференции, 2017. С. 77-82.
5. Гончаренко М.О. Проектирование углеобогаательных фабрик с обеспечением собственной тепловой и электрической энергией / Сборник «Россия молодая». Материалы VI всероссийской, 59 научно-практической конференции, 2014. С. 17.
6. Проблемы и инновационные решения в обогащении техногенного сырья / Г.И. Газеева, С.В. Мамонов, Е.В. Братыгин и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 1. С. 257-272.
7. Гузенко А.И., Ларионова С.З., Коршунова Л.М. Реконструкция Печерской центральной обогатительной фабрики, проблемы и решения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. № 10. С. 228-229.
8. Swanson M., Mackinnon W., Swanson A. Quantifying the Materiality of Efficiency Parameters / Proc. Seventeenth Australian Coal Preparation Conference (Vince A.), Brisbane, Qld, 2018, pp. 303-318.
9. The Development of a Dynamic Model for an Australian Dense Medium Cyclone Circuit / N. Scott, P. Holtham, B. Firth et al. /

- 17th Australian Coal Preparation Conference and Exhibition Proceedings, Brisbane, Australia, Sept. 2018.
10. Langauer D., Cablik V. Preparation of synthetic zeolites from fly ash // Inzynieria Mineralna. 2018. No 1 (41). P. 7-12.
11. Fluidal ashes-properties and application, Inzynieria Mineralna / T. Szczygieski, B. Tora, A. Komacki et al. // Journal of the Polish Mineral Engineering Society. 2017. No 1(39). P. 207-216.
12. Shi Huan, Cheng Hongzhi, Liu Wanchao. Present Status and Development Trend of China's Coal Preparation Technology [J] // Coal Science and Technology. 2016. P. 172-177.
13. Способ и устройство пиролизной переработки влажностенного органического вещества в жидкое и газообразное топливо. Пат. РФ № 2203922. МПК C10B 55/02 (2011.01). Заявитель, патентообладатель: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства». Авторы: Стребков Д.С., Вайнштейн Э.Ф., Ерхов М.В., Порев И.А., Чирков В.Г. Заявл. 25.01.2002. Оpubл. 10.05.2003. Бюл. № 13.
14. Способ переработки органических веществ путем нагрева их в газовой среде или в вакууме. Пат. РФ № 2203922. МПК F23B 05/02 (2011.01). Патентообладатель: ГНУ «ВНИЭСХ». Авторы: Стеблов Д.С., Вайнштейн Э.Ф., Ерхов М.В. и др. Заявл. 25.01.2002. Оpubл. 10.05.2003. Бюл. № 13.
15. Установка для пиролиза углеводородных отходов. Пат. РФ № 2225573. МПК F23G 7/00 (2011.01). Патентообладатель и автор: Глушков В.А. Заявл. 29.07.2002. Оpubл. 10.03.2003. Бюл. № 7.
16. Способ переработки углеводородсодержащих твердых веществ методом пиролиза. Пат. РФ № 2451880. МПК F23G 5/027; B69B 3/00 (2011.01). Патентообладатели и авторы: Котельников В.А., Котельников А.В., Замураев Д.В. Заявл. 18.09.2009. Оpubл. 27.05.2012. Бюл. № 15.
17. Турбореактивный реактор термомеханической деструкции углеводородного сырья. Пат. РФ (полезная модель) № 184542. Патентообладатель и автор: Рассохин Г.Л. Заявл. 30.10.2017. Рег. 30.10.2018).
18. Способ переработки органических веществ. Пат. РФ № 2201951. МПК C10B 49/00; C10B 53/02 (2011.01). Заявитель: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства». Патентообладатель и автор: Вайнштейн Э.Ф. Заявл. 16.01.2002. Оpubл. 10.04.2003.
19. Способ комплексной переработки углеводородсодержащих отходов. Пат. РФ № 2443749. МПК B09B 3/00 (2011.01). Патентообладатель ФГБОУ ВПО «КузГТУ». Авторы: Ушаков Г.В., Ушаков А.Г., Басова Г.Г. и др. Заявл. 06.08.2010. Оpubл. 27.02.2012. Бюл. № 6.
20. Технологическая линия утилизации твердых бытовых отходов. Пат. РФ № 2576711. МПК F23G 5/00, B09B 3/00 (2011.01). Патентообладатель Лавров С.И. Авторы: Лавров С.И., Борисов С.П., Кочегаров А.Д., Хамроев М.А. Заявл. 10.10.2014. Оpubл. 10.03.2016. Бюл. № 7.
21. Способ брикетирования влажных мелких классов угля. Пат. РФ № 2330062. МПК C10L 5/14 (2011.01). Патентообладатели и авторы: Сенкус В.В., Марченко В.А., Стефанюк Б.М. и др. Заявл. 21.01.2007. Оpubл. 27.07.2008. Бюл. № 21.
22. Способ брикетирования илов и шламов сточных вод. Пат. РФ № 2400337. МПК C02F 1/14 (2011.01). Патентообладатель ФГБОУ ВПО «КемГУ». Авторы: Сенкус В.В., Стефанюк Б.М., Сенкус Вал. В. и др. Заявл. 10.12.2008. Оpubл. 27.01.2011. Бюл. № 3.

UDC 622.7.004.68 © A.Yu. Yermakov, V.Yu. Grishin, P.S. Borodkin, 2022
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 8, pp. 122-129
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-122-129>

Title THE CONCEPT OF THE COAL PREPARATION PLANTS MODERNIZATION

Authors

Yermakov A.Yu.¹, Grishin V.Yu.², Borodkin P.S.³

¹ NPP ECO-Kuzbass LLC, Prokopyevsk, 653002, Russian Federation

² Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, 107996, Russian Federation

³ KuzbassStroyMontazh LLC, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation

Authors Information

Yermakov A.Yu., Doctor of Engineering Sciences, Director General,
e-mail: aermakov779@gmail.com

Grishin V.Yu., PhD (Engineering), Project Director, Coal Industry Department,
e-mail: GrishinVY@minenergo.gov.ru

Borodkin P.S., Director General, e-mail: offices@ksm-rus.com

Abstract

The article considers the possibility of modernization of the coal preparation plants (CPP) based on the processing of preparation waste using pyrolysis plants for the thermal destruction of high-ash coals and sludge to produce synthetic gas, liquid fuel, heat and electricity used to expand the range of secondary raw materials, products and consumer goods. Based on the analysis of the chemical composition, physical properties of preparation waste, ash of power plants and rocks, a method of their processing with the production of fuel briquettes, fertilizers, ceramics and refractories and the use of synthetic gases obtained is proposed, which allows solving most of the environmental safety problems of coal preparation plants. The economic and environmental effect is achieved by processing and disposal of coal preparation waste, while temporary and permanent waste storage warehouses are eliminated, environmental pollution is reduced, environmental payments are reduced, and the production of consumer goods is increased.

Keyword

Modernization, Preparation plant, Coal pyrolysis, Processing, Waste, Production, Secondary raw materials, Products.

References

1. Novak V.I. Cake issue in coal preparation plants. Who is to blame and what to do? *Ugol'*, 2016, (10), pp. 70-73. DOI: [10.18796/0041-5790-2016-10-70-73](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2016-10-70-73).
2. Bogomolov A.R. & Temnikova E.Yu. Directions of coal industry waste recycling. 'Natural and Intellectual Resources of Siberia – 2014' Collection of papers, Sibresurs 2014, Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference, 2014, pp. 22-24. (In Russ.).
3. Dobrovolskiy A.I., Kolesnikov I.V. & Mikitiuk A.A. Increase in efficiency of coal preparation at 'Chegdomyn' concentration plant. *Ugol'*, 2019, (6), pp. 92-93. DOI: [10.18796/0041-5790-2019-6-92-93](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2019-6-92-93).
4. Zadavina E.S. & Ryazanova Yu. Methods of handling wastes from coal washing plants. 'Modern scientific research: theory and practice' Collection of papers, Proceedings of International Scientific and Practical Conference, 2017, pp. 77-82. (In Russ.).
5. Goncharenko M.O. Designing of coal washing plants with provision of in-house heat and electric power. 'Young Russia' Collection of papers, Proceedings of the VI All-Russian, 59th Scientific and Practical Conference, 2014, p. 17. (In Russ.).
6. Gazeyeva G.I., Mamonov S.V., Bratygina E.V. & Koshnikov A.M. Challenges and innovative solutions in processing of man-made raw materials. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2017, (1), pp. 257-272.
7. Guzenko A.I., Larionova S.Z. & Korshunova L.M. Renovation of the Pechera Central Processing Plant: challenges and solutions. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2002, (10), pp. 228-229. (In Russ.).
8. Swanson M., Mackinnon W. & Swanson A. Quantifying the Materiality of Efficiency Parameters. Proc. Seventeenth Australian Coal Preparation Conference (Vince A.), Brisbane, Qld., 2018, pp. 303-318.
9. Scott N., Holtham P., Firth B. & O'Brien M. The Development of a Dynamic Model for an Australian Dense Medium Cyclone Circuit. 17th Australian Coal Preparation Conference and Exhibition Proceedings, Brisbane, Australia, Sept. 2018.

10. Langauer D. & Cablik V. Preparation of synthetic zeolites from fly ash. *Inzynieria Mineralna*, 2018, (1), pp. 7-12.
11. Szczepiński T., Tora B., Komacki A. & Hycnar J.J. Fluidal ashes-properties and application. *Inzynieria Mineralna. Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 2017, (1), pp. 207-216.
12. Shi Huan, Cheng Hongzhi & Liu Wanchao. Present Status and Development Trend of China's Coal Preparation Technology [J]. *Coal Science and Technology*, 2016, pp. 172-177.
13. Strebkov D.S., Vainshtein E.F., Yerkhov M.V., Porev I.A. & Chirkov V.G. Method and device for processing organic and mineral substance into liquid and gaseous fuel, Pat. RF No. 2203922, MPK C10B 55/02 (2011.01), Applicant, patent holder: All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, Appl. 25.01.2002, publ. 10.05.2003, Bulletin No.13. (In Russ.).
14. Strebkov D.S., Vainshtein E.F., Yerkhov M.V. at all. Method for processing organic substances by heating in gas or vacuum. Pat. RF No. 2203922, MPK F23B 05/02 (2011.01), Patent holder All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, Appl. 25.01.2002, publ. 10.05.2003, Bulletin No.13. (In Russ.).
15. Glushkov V.A. Device for pyrolysis of hydrocarbon waste, Pat. RF No. 2225573, MPK F23G 7/00 (2011.01), Appl. 29.07.2002, publ. 10.03.2003, Bulletin No.7. (In Russ.).
16. Kotelnikov V.A., Kotelnikov A.V. & Zamuraev D.V. Method for recycling carbon-containing solids by pyrolysis, Pat. RF No. 2451880, MPK F23G 5/02; B69B 3/00 (2011.01), Appl. 18.09.2009, publ. 27.05.2012, Bulletin No.15. (In Russ.).
17. Rassokhin G.L. Turboreactor for thermal and mechanical decomposition of hydrocarbon raw materials, Pat. RF No. 184542 (utility model), Appl. 30.10.2017, claim 30.10.2018. (In Russ.).
18. Vainshtein E.F. Method for recycling organic substances, Pat. RF No. 2201951, MPK C10B 49/00; C10B 53/02, (2011.01), Applicant: All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, Appl. 16.01.2002, publ. 10.04.2003. (In Russ.).
19. Ushakov G.V., Ushakov A.G., Basova G.G. et al. Method for complex recycling of carbon-containing waste, Pat. RF No. 2443749, MPK B09B 3/00 (2011.01), Patent holder Gorbachev's Kuzbass State Technical University Appl. 06.08.2010, publ. 27.02.2012, Bulletin (6). (In Russ.).
20. Lavrov S.I., Borisov S.P., Kochegarov A.D. & Khamboev M.A. Process line for municipal solid waste disposal, Pat. RF No. 2576711, MPK F23G 5/00, B09B 3/00 (2011.01), Patent holder Lavrov S.I., Appl. 10.10.2014, publ. 10.03.2016, Bulletin (7). (In Russ.).
21. Senkus V.V., Marchenko V.A., Stefanyuk B.M. et al. Method for pelletizing wet fine coal grades, Pat. RF No. 2330062, MPK C10L 5/14 (2011.01), Appl. 21.01.2007, publ. 27.07.2008, Bulletin (21). (In Russ.).
22. Senkus V.V., Stefanyuk B.M., Senkus V.V. et al. Method for pelletizing silt and sewage sludge, Pat. RF No. 2400337, MPK C02F 1/14 (2011.01), Patent holder: Kemerovo State University Appl. 10.12.2008, publ. 27.01.2011, Bulletin (3). (In Russ.).

For citation

Yermakov A.Yu., Grishin V.Yu., & Borodkin P.S. The concept of the coal preparation plants modernization. *Ugol'*, 2022, (8), pp. 122-129. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2022-8-122-129](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-8-122-129).

Paper info

Received July 6, 2022

Reviewed July 20, 2022

Accepted July 25, 2022