

УДК 622.648.24

А.Н. Заостровский

РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУСПЕНЗИОННОГО ТОПЛИВА

Суспензионное топливо на основе угля (угольных шламов) – это механическая смесь горючих, а в ряде случаев и негорючих веществ, обладающих новыми технологическими свойствами. К суспензионному топливу относятся композиции, в которых взвешены в жидкой среде тонкоизмельчённые (менее 0,1 мм) частицы твёрдого вещества.

В монографии [1], которая является первой в мировой литературе, собран материал, опубликованный в иностранной и советской печати по вопросу топливных суспензий. История применения топливных суспензий за рубежом берёт своё начало с 1867-1870 гг. когда проводились опыты по изготовлению угольных суспензий, где в качестве жидкой фазы использовалось креозотовое масло.

В России первая попытка приготовления угольной суспензии относится к 1913 г. когда изобретатель «коллоидной мельницы» инж. Плаусон, работавший в Петербурге, использовал мельницу для приготовления угольной суспензии. Учитывая, что угольные частицы были получены диаметром 5-20 мкм, то осадок не образовывался в течение продолжительного времени, так как размеры частиц угля приближались к коллоидным. Но для приготовления топливных суспензий «коллоидные мельницы» не нашли применения из-за большого расхода энергии, затрачиваемой на их работу.

К концу первой мировой войны возник интерес к изготовлению суспензий в связи с нефтяным дефицитом, однако применение суспензии не получило развития, так как тонкоизмельчённое топливо из-за низкой калорийности занимало на судах значительный объём, а измельчение топлива на самих судах представляло большие неудобства.

В Энергетическом институте Академии Наук СССР под руководством доктора технических наук, профессора В.Ф. Кустова с 1934 г. проводятся систематические исследования свойств углемазутных смесей и технико-экономические обоснования использования их в промышленности и на транспорте. В 1937 г. проведены опыты приготовления и сжигания таких смесей в мартеновской печи завода «Серп и молот» (Москва). В 1940 г. – опытное сжигание суспензий на судне «Марат».

В СССР первые работы в области гидротранспорта кускового угля относятся к 40-м годам двадцатого столетия [2], однако, систематические исследования по созданию водоугольных суспензий (ВУС) проводились в 50-е годы [3-5]. Промышленное применение технологии ВУС получила в начале 60-х годов. Процесс развития техноло-

гии ВУС можно условно разбить на три этапа:

- I этап – начало 60-х – начало 70-х годов;
- II этап – середина 70-х – начало 80-х годов;
- III этап – середина 80-х – конец XX столетия.

Первый этап развития технологии ВУС характеризуется обострением проблемы утилизации тонких угольных шламов, возникающих в больших количествах при гидравлической добычи и гидротранспорта угля, а также, при широком распространении обогащения углей мокрым способом. Введены в строй крупные обогатительные фабрики и гидрошахты с гидротранспортными системами и обезвоживающими комплексами. В Кузбассе в это время были построены Беловская, Березово-Бирюлинская и Кузнецкая ЦОФ, гидрошахты «Инская», «Заречная», «Красногорская» с обезвоживающими комплексами и др.

При механическом обезвоживании углей, а также при гидродобыче и гидротранспорте угля образуются высокообводненные мелкие классы углей – шламы, наиболее крупные из которых (более 0,05 (0,5) мм) улавливаются и выдаются вместе с крупными классами углей. Тонкодисперсные частицы (менее 0,05 (0,5) мм) улавливаются менее эффективно, а часто практически не улавливаются при сгущении и обезвоживании и сбрасываются в наружные шламовые отстойники, в которых происходит накопление шламов. Количество сбросов составляет в зависимости от производительности фабрики от 130 до 350 тыс. тонн в год при средней зольности угля в них от 26 до 60 %. В результате за период эксплуатации фабрик и гидрошахт в Кузбассе общее количество накопленных шламов составило более 25 млн. т. Из них 12,7 млн. т имеют зольность менее 35% и могут быть использованы как дополнительные ресурсы для получения угля [6].

В этот период научно-исследовательские институты: ИГИ, ВНИИГидроуголь, КузНИИУглеобогащение (в настоящее время: ОАО «СибНИИУглеобогащение»), УкрНИИгидроуголь, производственные предприятия комбината Кузбассуголь и другие организации проводят исследования по проблеме утилизации обводненных шламов путём их сжигания в виде ВУС. Одновременно получают развитие работы, в которых исследуется теория горения, изучаются свойства и влияние на эффективность горения, появляются первые экспериментальные и полупромышленные установки по приготовлению и сжиганию ВУС.

Наиболее существенный вклад в развитие теории горения ВУС и исследование их свойств в этот период внесли фундаментальные работы Де-

лягина Г.Н., Иванова В.М. и Канторович Б.В. [4, 7-13], которые получили дальнейшее развитие в трудах их учеников: Давыдовой И.В. [14, 15], Онищенко А.Г. [16, 17], Исаева В.В. [18-21], Бутыльковой Т.Н. [22, 23] и др.

Однако широкого промышленного внедрения технология ВУС в нашей стране в то время не получила, и работы в этой области были практически прекращены. Это можно связать со следующими обстоятельствами:

- разведанные в то время большие запасы нефти, а затем и природного газа придавали уверенность в их неисчерпаемости, и роль угля в энергетике стала снижаться;

- недостаточная изученность многих технических проблем, таких как: получение стабильных суспензий с высокой массовой долей твердой фазы, отсутствие эффективных топочных процессов сжигания ВУС без подсветки другим высокореакционным топливом, отсутствие надёжных горелочных устройств с форсунками эффективного тонкого распыления ВУС, недостаточная надежность и неудовлетворительные технические характеристики насосного оборудования, отсутствие надежной запорной арматуры, специальных приборов КИП и А и др.

За рубежом наиболее значительные результаты работ по приготовлению, гидротранспорту и сжиганию ВУС в этот период нашли отражение в работах ученых Шварц О. и Мертен Г. [24], Тайдзон И. и Сутиэро С. [25] и др.

В США исследовательские работы по созданию методов использования высокообводнённого топлива для энергетических целей также были начаты в середине 50-х годов. В 1957 г. был введен в действие первый в мире магистральный углепровод протяженностью 173 км для гидротранспорта 1,25 млн. т угля в год из Кадис на электростанцию «Ист Лэйк»[26].

Эксплуатация углепровода подтвердила возможность надежного и экономически выгодного гидротранспорта угля. Ввод его в эксплуатацию вызвал обострение конкуренции со стороны железнодорожных компаний, которые снизили железнодорожные тарифы на перевозку угля с 1958 по 1964 гг. в 1,75 раза. В результате углепровод не выдержал конкуренции и был законсервирован. Однако накопленный опыт позволил спроектировать и в 1971 г. ввести в эксплуатацию новый магистральный углепровод «Блэк Меса» протяженностью 420 км и производительностью 3,3 млн. т в год от шахт «Блэк Меса» до электростанции «Мохайв» в штате Невада [26].

Особенностью технологии, примененной в этих гидротранспортных топливно-энергетических комплексах (ГТТЭК), является гидротранспортирование угля по трубопроводу в турбулентном режиме. Крупность угля в гидросмеси составляет 0-1(3) мм, а содержание твердой фазы 45-50 % по массе. В результате на электро-

станции полученная нестабильная гидросмесь обезвоживается механическим способом, обезвоженный уголь подвергается помолу с одновременной подсушкой и сжигается в пылевидном состоянии в обычных котлах. Вода очищается от оставшихся тонких частиц угля и используется на ТЭЦ, а выделенные частицы в составе с массовой долей твердой фазы 20 % подаются на сжигание в котел через форсунки.

Значительные работы по созданию в этот период были проведены в ФРГ [24, 27, 28]. Отделом по использованию угля Общества каменноугольной промышленности были созданы опытные установки большой производительности, получена стабильная ВУС с содержанием твердой фазы до 60 % без применения реагентов-пластификаторов и проведено успешное опытное сжигание созданного топлива в промышленном котле паропроизводительностью 6 т/ч и энергетическом котле ТЭЦ «Келерман» (г. Люнен) паропроизводительностью 100 т/ч. При этом была показана высокая эффективность и большие возможности использования нового вида топлива. Однако работы в ФРГ были прекращены в 1967 г. в связи с началом перевода энергетики ФРГ на жидкое и газообразное топливо в соответствии с новой энергетической концепцией (использование нефти и газа).

Исследовательские и опытно-промышленные работы в этот период проводились и в других странах. В Японии был разработан проект ГТТЭК с гидрошахтами на о.Хоккайдо, гидротранспортом угля по трубопроводу протяженностью 140 км от шахт до порта Тамакомат и далее морским транспортом на о. Хонсю. В Англии был построен углепровод длиной 2,2 км от угольной шахты «Валтон» до электростанции «Вейкфилд». В Польше было создано несколько установок для гидротранспорта угля и одна опытно-промышленная установка по прямому сжиганию ВУС с котлом паропроизводительностью 50 т/ч [5].

На втором этапе во многих странах развитие работ по водоугольным и частично нефтеугольным суспензиям было обусловлено разразившимся в середине 70-х годов нефтяным кризисом. Повышение цен на нефть обусловило появление нового интереса к исследованиям ВУС с точки зрения снижения зависимости крупных потребителей энергетического топлива от поставщиков нефти.

Были развернуты работы по приготовлению, транспортированию и сжиганию ВУС с целью изучения возможности замены ими дорогостоящей и дефицитной нефти и нефтепродуктов [29, 30]. Максимальное привлечение фирм, корпораций, университетов и промышленных предприятий к работам в области ВУС относится к 1979-84 гг., когда вопросами приготовления, хранения, транспорта и сжигания ВУС занималось более ста организаций в США, Швеции, Великобритании, Китае, Японии, Канаде, Италии и др. странах. В этот период были созданы такие известные меж-

дународные корпорации, как Carbogel и Fluidcarbon (Швеция). В результате за рубежом были созданы и проверены в промышленных условиях разнообразные технологии приготовления высококонцентрированных ВУС, в т.ч. из низкозольных углей: CO-AL (США), Densecoal (ФРГ), Reo-carb (Италия), Carbogel и Fluidcarbon (Швеция) [31-35]. Указанные технологии предназначены для получения высококонцентрированных ВУС (с массовой долей твердой фазы 65-75 %) из углей с зольностью 2-5 %.

В нашей стране возобновление работ по технологии ВУС в этот период было вызвано решением правительства развивать магистральный гидравлический транспорт угля. В соответствии с этим решением была разработана программа работ по созданию крупного ГТТЭК – опытно-промышленного трубопровода для гидротранспорта угля из Беловского угольного района Кузбасса на одну из ТЭЦ г. Новосибирска, как первого этапа магистрального гидротранспорта угля из Кузбасса на Урал и в Европейскую часть страны. При разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) и технического проекта был обоснован и выбран вариант строительства опытно-промышленного трубопровода для гидротранспорта угля от шахты «Инская» в г. Белово до ТЭЦ-5 в г. Новосибирске [36].

В качестве прототипа технологии была принята технологическая схема ГТТЭК «Блэк Меса». В соответствии с принятой схемой предполагалось осуществлять гидротранспорт угля кл.0-1(3) мм с массовой долей твердой фазы 50 %. Протяженность трубопровода 262 км, диаметр трубы – 400 мм. На ТЭЦ-5 предусматривалось строительство обезвоживающей фабрики для обезвоживания угля, осветления и очистки технологической воды. Сжигание угля в котлах ТЭЦ предполагалось в пылевидном состоянии. Утилизация фугата обезвоживающих центрифуг предусматривалась производить в виде ВУС с массовой долей твердой фазы 33 %.

Однако строительство опытно-промышленного трубопровода с технологий гидротранспорта угля кл. 0-1(3) мм, предусматривающей на конечном терминале операции обезвоживания угля и осветления технологической воды, не было осуществлено в связи с тем, что в 1983 г. Правительством СССР было принято решение вместо разработанной в техническом проекте технологии предусмотреть применение новой технологии гидротранспортирования угля в виде высококонцентрированной ВУС – готового водоугольного топлива, позволяющего на ТЭЦ производить прямое его сжигание в топках котлов, исключая при этом операции обезвоживания и осветления технологической воды.

Такое решение правительства было вызвано в первую очередь тем, что к этому времени во многих странах мира возник наибольший интерес к

ВУС, тем более что развитие технологий их приготовления и гидротранспорта достигло уровня промышленного применения.

Начался следующий этап развития технологии приготовления и применения нового топлива из угля – водоугольного топлива в нашей стране. Для реализации принятого постановления была разработана программа научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ. В соответствии с этой программой к работе было привлечено большое количество академических, отраслевых научно-исследовательских и учебных институтов, промышленных и других предприятий и организаций СССР: ВНИИПИгидротрубопровод (в настоящее время: НПО «Гидротрубопровод»), ВНИИгидроуголь, ИГИ, ИФХ АН СССР, ИКХ и ХВ АН УССР, ВНИИПАВ, УралВТИ, ПО «Гидроуголь» и др. Исследовательские работы по созданию и применению ВУТ были включены в Государственную научно-техническую программу Миннауки России «Экологически чистая энергетика» [37].

Продолжающийся современный этап развития техники получения и использования суспензионного угольного топлива (СУТ) характеризуется повышенным интересом к этой теме, признаком которого является большое число опубликованных работ.

Значительный вклад в решение проблемы создания перспективного вида топлива внесён ЗАО НПП «Сибэкотехника». Фундаментальные работы В.И. Мурко [38], а также, учеников: Б.В. Юдина [39], Ю.А. Сенчуровой [40] и др. находят практическое применение.

В настоящее время экологически чистая технология комплексной утилизации угольных шламов и отходов флотации угляобогатительных фабрик наиболее реальна методом сжигания суспензионного топлива.

Существующие технологии добычи и переработки угля характеризуются большим выходом тонкодисперсных (<0,5(3,0) мм) угольных шламов (например, при гидравлической добыче угля до 30,0 % от рядового угля, а при мокром обогащении до 10,0 % от перерабатываемого угля), что предопределяет значительные объёмы гидроотвалов, а, следовательно, потеря добытого угля и экологическое загрязнение природной среды.

Известные технологии утилизации углеотходов имеют ограниченное применение ввиду того, что тепловые установки, на которых сжигаются (utiлизируются углеотходы), требуют значительных средств для их переоборудования, обусловленных высоким содержанием золы в отходах и необходимостью установки громоздкого оборудования для её улавливания. Следовательно, возникает задача снижения зольности угольного шлама с дальнейшим получением из него высококачественного суспензионного топлива.

Рациональная технология утилизации шламов

Таблица . Характеристика работы установки и содержание вредных веществ в отходящих газах при сжигании образцов СУТ из различных углей и шламов

Наименование показателя	Результаты сжигания партий СУТ, мг/м ³ , приготовленного на основе:			
	Уголь марки Д (Кузбасс)	Шламы марки ССШ (Кузбасс)	Шлам ш. «Заречная» (Кузбасс)	Шлам ЦОФ «Абашевская» (Кузбасс)
Массовая доля твердой фазы, %	64	64,5	60	62,5
Низшая теплота сгорания, ккал/кг	4580	3865	3150	2916
Вязкость (при скорости сдвига 81 с ⁻¹), мПа·с	320	355	520	380
Расход СУТ, л/ч	50	60	65	100
Давление ВУТ, атм	1,8	1,7	1,9	1,5
Температура в топке, °C	1050	1100	950	950
CO*, мг/м ³	219	210	164	165
NO _x *, мг/м ³	80	280	503	245
SO ₂ *, мг/м ³	-	-	-	-

*Нормативные значения: CO – не более 375 мг/м³, NO_x - не более 750 мг/м³, SO₂ – не более 750 мг/м³ (ГОСТ 28193-89).

с последующим переводом их в транспортабельное и технологически приемлемое суспензионное топливо (конкурентоспособное на современном рынке топлив) позволит не только улучшить экологическую обстановку в регионе, но и получить существенный экономический эффект, в том числе и ресурсосберегающий.

В связи с этим является актуальным разработка комплексной технологии переработки угольных шламов на базе научно обоснованных физических и физико-химических процессах воздействия на исходное сырьё с целью получения экологически чистого суспензионного угольного топлива (СУТ) с низкой зольностью, как альтернативу дорогостоящим и дефицитным жидким и газообразным видам топлива в малой и большой энергетике [41-43].

Процесс глубокого обогащения угольных шламов наиболее эффективно осуществляется методом масляной грануляции [44, 45]. Выход угольной составляющей в концентрат 80-85 %. Зольность отходов составляла A^d=75-80 %. При этом создаются условия для утилизации минеральной части отходов в качестве компонента строительного материала.

Следует отметить, что в значения выхода и зольности агломерированного концентрата включ-

ено содержание связующего, так как основная часть связующего остаётся в гранулированном продукте и повышает его калорийность. Полученные концентраты использовались для приготовления суспензионного топлива (таблица), которое прошло испытание на стендовой демонстрационной установке, оснащённой специальным оборудованием для приготовления, хранения, транспортировке суспензии и её сжигания [46].

Заключение. Круг работ по обогащению углей методом масляной агломерации достаточно узок. Между тем, использование метода масляной агломерации в практике имеет большие перспективы. Именно потребности современной технологии подготовки СУТ диктуют необходимость дальнейшего развития теоретических и экспериментальных работ по определению закономерностей различных технологических марок углей подвергаться глубокой деминерализации, знание которых необходимо для оптимизации процесса получения СУТ.

Полученный и испытанный новый вид суспензионного топлива из угольных шламов, обогащённых методом масляной агломерацией, должен рассматриваться как наиболее перспективный с точки зрения экономики и защиты окружающей природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кустов, В.Ф. Топливные суспензии. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1942. – 185 с.
2. Кустов, В.Ф. Получение технологических газов из водотопливных суспензий / В.Ф. Кустов, А.Д. Кокурин, Н.И. Фисенко // Сб. «Работы в области химии и технологии топлива». Тр. ЛТИ им. Ленсовета, вып. 51. – ЛТИ, 1959. – С. 14-18.
3. Делягин, Г.Н. Метод рационального использования высокообводнённых углей путем их сжигания в виде водоугольных суспензий в топочных устройствах (Инф. письмо № 1). – М.: ИГИ, 1962. – С.11.
4. Делягин, Г.Н. Обводненное твердое топливно-энергетическое топливо / Г.Н. Делягин, Б.В. Канто-

рович // Сб. "Сжигание высокообводнённого топлива в виде водоугольных суспензий". – М., 1967. – С. 5-13.

5. Делягин, Г.Н. Угольные суспензии – новое экологически чистое топливо и технологическое сырьё / Делягин Г.Н., Ельчанинов Е.А., Еремеев В.М. и др. // Сб. «Проблемы окружающей среды и природных ресурсов». – М.: № 9, 1991. – С.105.

6. Антипенко, Л.А. Перспектива внедрения новой технологии выемки и обогащения шламов отстойников углеобогатительных фабрик / Тр. межд. конф. «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности». Кемерово, 1999. – С. 82-83.

7. Делягин, Г.Н. Сжигание водоугольных суспензий – метод использования обводнённых твердых топлив: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ИГИ, 1970. 32 с.

8. Делягин, Г.Н. Вопросы теории горения водоугольной суспензии в потоке воздуха / Сб. «Сжигание высокообводнённого топлива в виде водоугольных суспензий». – М., «Наука», 1967. – С. 45-55.

9. Делягин, Г.Н. Сжигание водоугольных суспензий на опытно-промышленной установке / Г.Н. Делягин, Б.В. Канторович, В.И. Каракенцев и др. // Уголь, 1964. – № 9. – С.86-87.

10. Канторович, Б.В. Состояние и основные задачи горения твердого топлива // Сб. «Теория и технология процессов переработки топлив». – М.: Недра, 1966.

11. Делягин, Г.Н. Пути эффективного сжигания обводненного топлива в виде диспергированных топливных систем и перспективы создания топливно-энергетического комплекса (гидрошахта - гидротранспорт ГРЭС) / Г.Н. Делягин, В.М. Иванов, Б.В. Канторович и др. // Вопросы гидравлической добычи угля. Тр. ВНИИгидроугля. Вып. XIII, Новокузнецк, 1968.

12. Делягин, Г.Н. / Г.Н. Делягин, В.М. Иванов, Б.В. Канторович // Тр. ИГИ АН СССР, 1962. т. 19. – С.59-65.

13. Делягин, Г.Н. Использование обводненных твердых топлив в виде ВУС / Г.Н. Делягин, Б.В. Канторович // Сб. «Теория и технология процессов переработки топлив». – М.: Недра, 1966. – С. 124-151.

14. Давыдова, И.В. Экспериментальное исследование процесса горения водоугольной суспензии / И.В. Давыдова, Г.Н. Делягин, Б.В. Канторович и др. // Сб. «Тепло- и массоперенос». Т. 4. – Минск: «Наука и техника», 1966.

15. Давыдова, И.В. Реологические свойства высокообводнённого топлива в виде водоугольных суспензий / И.В. Давыдова, В.А. Кликун, И.А. Коц // «Наука», 1967. – С. 78-83.

16. Онищенко, А.Г. Промышленное сжигание водоугольных суспензий / А.Г. Онищенко, Г.Н. Делягин // «Обогащение и брикетирование углей». – М., 1968, № 2.

17. Онищенко, А.Г. Исследование горения и теплообмена при сжигании водо-угольных суспензий в топке парового котла для промэнергетики: Автoref. дис. ...канд. техн. наук. М., 1969. 25 с.

18. Исаев, В.В. Влияние зольности на основные теплотехнические характеристики при сжигании отходов углеобогащения в виде водоугольной суспензии / Сб. «Горение дисперсных топливных систем». – М., «Наука». 1969.

19. Исаев, В.В. Энергетическое использование отходов углеобогащения путем их сжигания в виде водоугольных суспензий на углеобогатительных фабриках / В.В. Исаев, Г.Н. Делягин, В.М. Иванов // Сб. «Вопросы гидравлической добычи угля». Тр. ВНИИгидроугля, вып. XIII, Новокузнецк, 1968. – С. 148-156.

20. Исаев, В.В. Исследование процесса сжигания отходов углеобогащения в виде водоугольных суспензий над слоем топлива // Сб. «Новые методы сжигания топлива и вопросы теории горения». – М.: «Наука», 1969. – С. 93.

21. Исаев, В.В. Разработка и исследование процесса термической переработки обводненных отходов обогащения: Автoref. дис. ... канд. техн. наук. М., 1972. 32 с.

22. Бутылькова, Т.И. Сжигание обводненных каменных углей с малым содержанием летучих в виде водоугольных суспензий в опытной топке парового котла / Т.И. Бутылькова, Е.И. Вулканов, Г.Н. Делягин и др. // Сб.: «Сжигание высокообводнённого топлива в виде водоугольных суспензий». – М.: «Наука», 1967. – С.135-145.

23. Бутылькова, Т.Н. Зола и шлак при сжигании водоугольных суспензий и характеристика отложений на поверхностях нагрева. РЖ «Химия», 15, П 118, 1986.

24. Шварц, О. Непосредственное сжигание водоугольных суспензий на электростанциях / О. Шварц, Г. Мертен // Глюкауф, 5, 1967. – С.27-35.

25. Тайдзо, И. Сжигание угольной пульпы в циклонной топке / И. Тайдзо, С. Сутиэро // СЭНТАН: Коал Препарат. 1965, № 3. – С.15-21.

26. Делягин, Г.Н. Совершенствование водоугольного топлива и перспективы его применения / Г.Н. Делягин, В.В. Корнилов, Ю.Д. Кузнецов, Ю.А. Чернегов // М.: ВНИИОЭНГ, 1993. – С.32.

27. Schwarz, O. Verbrennung von Staubkohle und Kohle - Wasser - Suspension in Wasserrohrkesseln //

- Brennst. - Warme - Kraft. - 1964. - 16. - S. 273-277.
28. Schwarz, O. Das Entwicklungsprojekt «Direkte Verbrennung von Kohle - Wasser - Suspension in Kraftwerken // Electrizitätswirtschaft. - 1966. - S. 719-723.
29. Klose Reinhard B. DENSECOAL - an alternative to gas and oil. "6-th Int. Symp. On Coal Slurry Combustion and Technol., Orlando, FL, USA, June 25-27, 1984. Proc." Pittsburg, Pa. S. A., 791-805.
30. Hammond, T.K. Manufacture and commercial use of carbogel coal/water fuel in Canada / T.K. Hammond, M.M. Mathiesen // '6th Int. Symp. Coal Slurry Combustion and Technol., Orlando, Fla, June 25-27, 1984. Proc.' Pittsburg, Pa. s. A., 982-989.
31. Landry G. e.a. The Cape Breton Development Corporation's Carbogel Coal Water Fuel Project. // Proc. 7-th Int. Symp. on Coal Slurry Fuel Preparation and Utilization: New Orleans, Louis, USA, May 21-24, 1985. - P. 1001-1013.
32. Linder G., Rogren L. Start-up and operating experience of three commercial CWM contracts in Sweden // Proc. 8-th Int. Symp. on Coal Slurry Fuel Preparation and Utilization: Orlando, FL, USA, May 27-30, 1986. - P. 933-946.
33. Grinzi F., Romani G., Ercolani D. Snamprogetti reocarb: from the production plants into the boilers. // Proc. 8-th Int. Symp. on Coal Slurry Fuels Preparation and Utilization: Orlando, FL, USA, May 27-30, 1986. -P. 947-951.
34. Atkins E.G. Status report on. CO-AL Fuel // Proc. 6-th Int. Symp. on Coal Slurry Fuel Combustion on: Orlando, FL, USA, June 25-27, 1984. -P. 557-568.
35. Brandis U. e.a. CWS (DENSECOAL) from North America for the foreign market // Proc. 8-th Int. Conf. On Coal and Slurry Technologies: Clearwater, FL, USA, April 22-25, 1991. -P. 229-237.
36. Технико-экономическое обоснование строительства опытно-промышленного трубопровода для гидротранспорта угля от шахты «Инская» до ТЭЦ-5 г. Новосибирска. Том I. Пояснительная записка, ВНИИГидроуголь, Новокузнецк, 1978. – С. 497.
37. Трубецкой, К.Н. Развитие работ по использованию суспензии в энергетике России / К.Н. Трубецкой, И.Х. Некороший // «Теплоэнергетика», 1994. № 11. – С.26-29.
38. Мурко, В.И. Научные основы процессов получения и эффективного применения водоугольных суспензий: Дис. ... д-ра техн. наук. М.: ИГИ, 1999. 237 с.
39. Юдин, Б.В. Разработка геомеханической модели высококонцентрированных водоугольных дисперсных систем: Дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2001. 177 с.
40. Сенчурова, Ю.А. Совершенствование технологии сжигания водоугольного топлива в вихревых топках: Дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2008. 123 с.
41. Зайденварг, В.Е. Производство и использование водоугольного топлива / В.Е. Зайденварг, К.Н. Трубецкой, В.И. Мурко, И.Х. Некороший. – М.: Издательство Академии горных наук, 2001. – 176 с.
42. Мурко, В.И. Влияние реагентов-пластификаторов на реологические свойства водоугольного топлива // Химия твёрдого топлива. 2001. № 2. С. 62-72.
43. Мурко, В.И. Выбор углей для приготовления водоугольных суспензий и закономерности формирования их структурно-реологических характеристик / В.И. Мурко, А.Н. Заостровский А.Н // Вестн. КузГТУ. 2001. № 5. С. 49-54.
44. Патент № 2268289 РФ, МПК C10L 1/32. «Способ получения композиционного водоугольного топлива» / ЗАО «НПП «Сибэкотехника»; В.И. Мурко, В.И. Федяев, Д.А. Дзюба, А.Н. Заостровский, Т.А. Папина, М.С. Клейн; опубл. 20.01.2006. Бюл. № 02.
45. Патент № 2277120 РФ, МПК C10L 1/32. «Способ получения водоугольного топлива и его состав» / ГОУ ВПО Томский политехнический университет; В.П. Потапов, Г.А. Соловьев, А.Н. Заостровский, А.В. Папин, С.А. Бабенко, О.К. Семакина; опубл. 27.05.2006. Бюл. № 15.
46. Журавлёва, Н.В. Вихревая технология сжигания суспензионного водоугольного топлива. Экологические аспекты / Н.В. Журавлёва, В.И. Мурко, В.И. Федяев, Д.А. Дзюба, Ю.А. Сенчурова, А.Н. Заостровский // Экология и промышленность России, январь 2009. С. 6-9.

Автор статьи:

Заостровский
Анатолий Николаевич
- канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Института угля и углехимии СО
РАН, доц. кафедры химической тех-
нологии твёрдого топлива и эколо-
гии КузГТУ
Email: catalys01@rambler.ru