

УДК 621

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ МИКРОПОМОЛА ДЛЯ РОЗЖИГА И ПОДСВЕТКИ УГОЛЬНЫХ КОТЛОВ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЭС И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ВНЕДРЕНИЯ

¹Бурдуков А.П., ¹Попов В.И., ¹Чернова Г.В.,
²Маркова В.М., ²Чурашев В.Н.

¹Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

²Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, г.
Новосибирск

На сотнях котлов угольных тепловых электростанций ТЭС из-за низких реакционных свойств углей в процессах розжига и стабилизации горения пылеугольного факела используется высокорекреационное газомазутное топливо (в тепловом эквиваленте порядка от 1–2% объема используемого на котле угля и более), и даже дизельное топливо. Эта проблема наиболее актуальна для сибирского региона, где “большая” энергетика является в основном угольной с долей использования угля в целом по региону на уровне 92%. Во многих сибирских регионах и дальневосточных регионах газ отсутствует, а мазут и дизельное топливо являются дорогим и дефицитным топливом (мазут дороже угля в 5–6 раз, а дизельное топливо на порядок).

В Институте теплофизики СО РАН проводятся исследования по получению механоактивированного угля, измельченного на мельницах-активаторах до 10–40 мкм (уголь микропомол) и сжиганию его на стендах мощностью 1–5 МВт, (рис. 1).

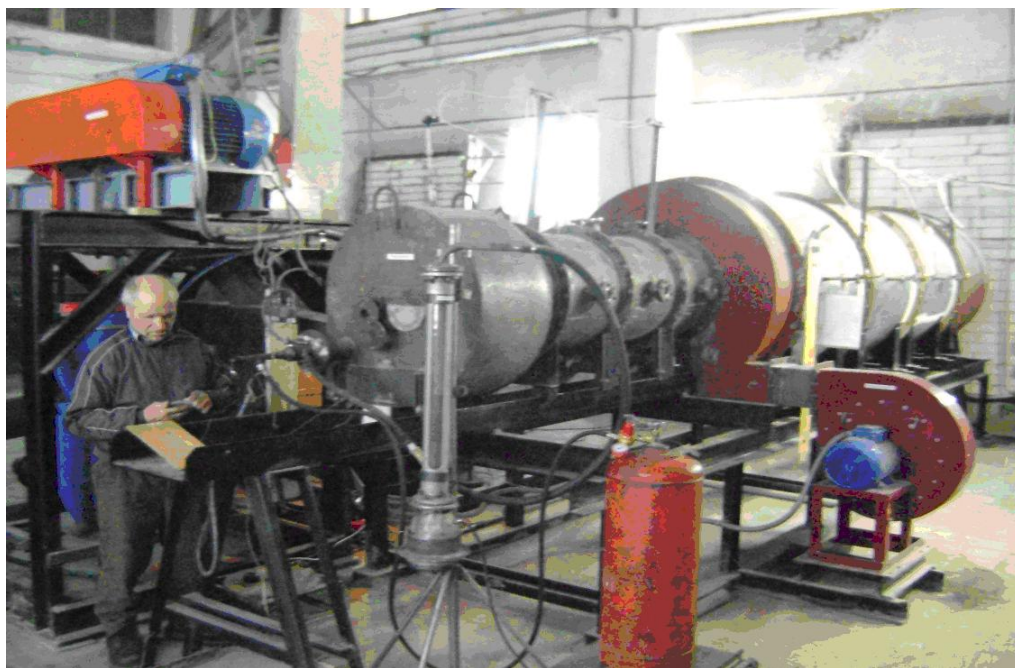


Рисунок 1 – Стенд тепловой мощности до 5 МВт.

Предлагаемая технология сжигания углей отличается от традиционной тем, что в ней используются энергонапряженная, малогабаритная мельница для механоактивированного микропомола угля и вихревой предтопок термоподготовки (термоактивации) топлива пылеугольной горелки для розжига и стабилизации горения пылеугольного факела без использования высокорекреакционного газомазутного топлива.

В связи с этим задачами разработки технологии является обоснованный выбор мельницы и разработка конструкции горелочного устройства. В качестве мельниц механоактивированного микропомола предлагаются мельницы – дезинтеграторы ДМ производительностью от 0,25 до 3,0 т/час. Конструкция горелочного устройства разрабатывается применительно к условиям эксплуатации котла. Оптимальный выбор этих элементов технологии, как показал проведенный ряд экспериментальных исследований, позволяет увеличить реакционную способность и эффективность сжигания широкой гаммы углей до 3-х раз, за счет чего уголь приобретает новые физико-химические свойства и при горении пылеугольный факел по своим размерам, теплонапряженности и интенсивности выгорания приближается к газомазутному топливу.

Эффективность дезинтеграторных мельниц в технологии механоактивации и микропомола

Тонина помола (микропомол) является важнейшим показателем эффективности работы помольных мельниц. Выполнен сравнительный анализ характеристик микропомола на мельницах четырех типов: традиционной (ШБМ), виброцентробежной (до 150 кг/час), роторной (до 500 кг/час) и мельниц дезинтеграторного типа (до 1000 кг/час). Установлено, что высокоэнергонапряженные мельницы-дезинтеграторы (рис. 2) более пригодны для механоактивированного измельчения применительно к объектам «большой» и «малой» энергетики. По энергозатратам они не превышают ШБМ, малогабаритны, не подвержены вибрации, позволяют компактно проводить рециркуляцию крупных частиц в дезинтеграторе при различных фракционных составах и сортах углей. Исследованы микропомольные и механоактивационные характеристики мельниц-дезинтеграторов в зависимости от нагрузки по топливу и транспортному воздуху для различных фракционных составов и сортов углей.

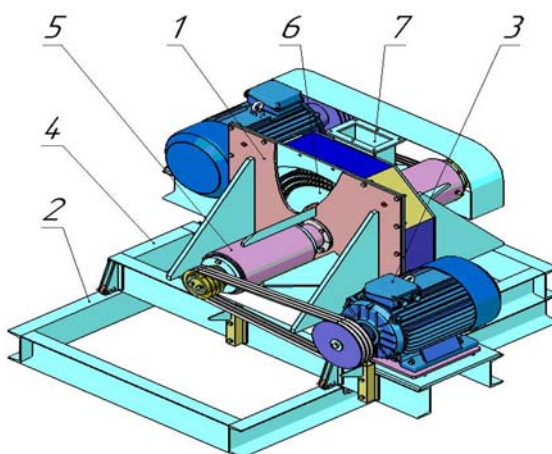


Рисунок 2 – Мельница-дезинтегратор МП-300 (производительность до 1000 кг/час). Изготовитель ООО «Продсельмаш». 1 – корпус, 2 – рама, 3 – привод, 4 – платформа, 5 – опора подшипников, 6 – рабочие диски с пальцами, 7 – загрузочный патрубок.

Мельницы дезинтеграторного типа позволяют максимально улучшить кинетические характеристики углей, получить максимально тонкое их измельчение применительно к процессам их воспламенения и устойчивого факельного горения. В связи с этим основным помольным устройством на стенде с тепловой мощностью до 5 МВт был выбран измельчитель-дезинтегратор с производительностью по углю до 1000 кг/час.

Тепловые и газоаналитические характеристики эффективности процессов сжигания механоактивированных углей микропомола различных стадий метаморфизма

Исследования на стенде с тепловой мощностью до 5 МВт выполнены по полному технологическому циклу с различными нагрузками по топливу (от 100 кг/час до 400 кг/час) и эжектируемого через дезинтегратор транспортного воздуха для пылеугольного топлива, подготавливаемого из углей различных месторождений. Управляемый по расходу транспортный воздух одновременно являлся первичным воздухом для неполного горения с коэффициентом 0,3 - 0,5 в цикле термогазоподготовки пылеугольного топлива. Принципиальные технологические элементы стенда: вибрационный питатель исходного (70 – 3000 мкм) угля, дезинтегратор, эжектор транспортного (первичного) воздуха, вихревой предтопок термоподготовки топлива пылеугольной горелки для розжига и стабилизации горения, камера дожигания с вторичным воздухом, циклон, дымосос. Задача состояла в том, чтобы в этом технологическом цикле определить теплотехнические параметры и режимы сжигания широкой гаммы пылеугольного топлива, позволяющие судить об эффективности процессов горения механоактивированных углей микропомола.

Для кузнечных углей установлено, что мельница дезинтеграторного типа, сопряженная с горелкой и эжекторной подачей транспортного (первичного) воздуха, существенно уменьшает среднюю тонины помола с исходным размером 140 мкм от ШБМ до 43 мкм. Кроме того установлено, что эжекторная подача транспортного воздуха (320 м³/час) через мельницу-дезинтегратор дает дополнительный эффект, так как уменьшает среднюю тонины домола (кузнечный уголь с исходным размером 70 мкм) до 43 мкм (рис.3).¹ Аналогичные результаты по микропомолу, получены и для углей, используемых на Эгвекинотской ГРЭС и Чаунской ТЭЦ ОАО «Чукотэнерго» (бурый Анадырского месторождения, каменный Зырянского месторождения). Исследования показали, что их тонины помола уменьшается от исходной 120–130 мкм до 40–42 мкм.

При сжигании вышеупомянутых углей на стенде с тепловой мощностью до 5 МВт исследовались условия воспламенения и устойчивого автотермического горения механоактивированных углей микропомола, а также состав уходящих газов в реальном масштабе времени. Т.к. во всех опытах время работы газовой горелки было небольшим (1.5 – 3.0 минуты), то можно считать, что воспламенение и автотермическое горение механоактивированных углей микропомола происходит в результате повышения реакционных свойств пылеугольной смеси, а не посредством муфеля – нагревания обмуровки горелки. В результате газоаналитических исследований установлено, что содержание NO_x соответствовало допустимым нормам, порядка 250 ppm.

¹ Этот эффект домола важен при использовании его в экологически эффективной системе Re-bening

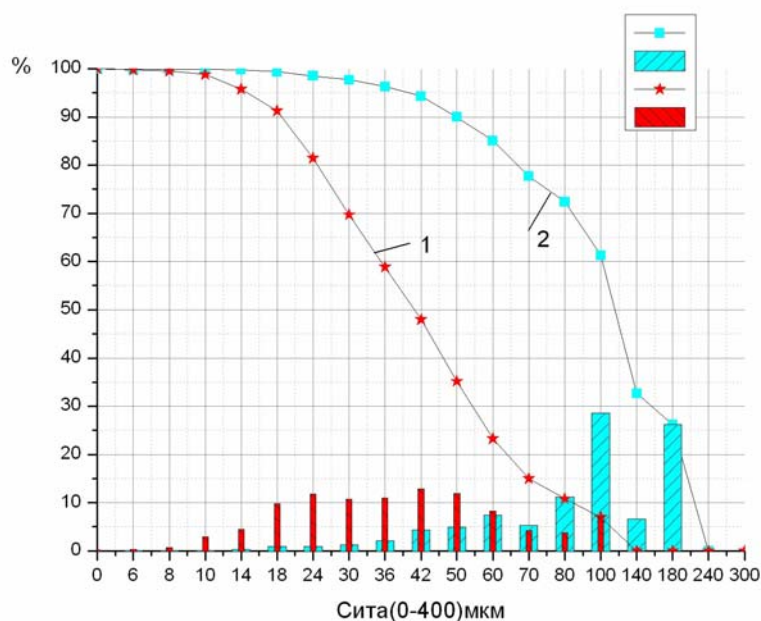


Рисунок 3 – Спектральный анализ угля сжигаемого на Эгвекинотской ГРЭС: 1 – доمول на дезинтеграторе МП-300, 2 – уголь после сепаратора на станции. Столбики – процентная массовая доля на соответствующем сите.

Выполненный дериватографический анализ выявил трехкратное уменьшение энергии активации механоактивированных углей микропомола в мельницах дезинтеграторного типа.

Эффективность процессов механоактивации (повышение реакционной способности, снижение энергии активации в соотношении Аррениуса и т.п.) твердых топлив при их высоконапряженном измельчении представляет несомненный интерес для создания реальных технологических схем использования таких топлив.

Таким образом, было показано, что основными элементами технологии безмазутного розжига и стабилизации горения пылеугольного факела на основе использования механоактивированных углей микропомола являются мельница-активатор и горелочное устройство.

Выбор оптимальной схемы горелочного устройства

Выполненный достаточно большой объем исследовательских работ позволил найти оптимальное конструкторское решение по выбору схемы горелочного устройства с минимизацией количества растопочных устройств в топке котла и затрат на производство механоактивированного угля, используемого в технологии безмазутного розжига. В качестве рациональной выбрана схема, где поток пыли микропомола смешивался на выходе из горелки с пылью обычного помола из мельниц ШБМ, подаваемого под углом к потоку микроугля. В схеме фактически отсутствует муфельный участок для крупной пыли и термические условия воспламенения и устойчивого горения факела смеси пыли угля микро – и обычного помола определены высокой теплоотдачей факела в объем топки. На основе расчетов процессов воспламенения и горения пылеугольного факела из угля микропомола и пылевзвеси после ШБМ на основе одномерной балансовой модели Plasma Coal установлены возможности создания 2-х ступенчатой горелки для безмазутного розжига в пределах размеров штатного горелочного устройства при условии реализации полного смешения потоков микроугля и угля

обычного помола. Экспериментами установлено, что при такой схеме при установке мельницы – дезинтегратора после штатной мельницы ШБМ, объем механоактивированного угля микропомола может быть снижен до 0,3 от замещающего объема высоко- реакционного топлива (газодизельного, дизельного топлива).

Технико-экономическая эффективность замещения высокорекреакционного топлива (газодизельного, дизельного) механоактивированным углем микропомола при розжиге и подсветке на котлах угольных ТЭС

Были разработаны предложения по схемам сжигания при замещении высокорекреакционного топлива (мазутного, дизельного) механоактивированным углем микропомола применительно к осуществлению розжига и подсветки для ряда конкретных котлов угольных ТЭС.

Принципиальная схема технологии замещения на котельных мазутной растопки и подсветки пылеугольного факела механоактивированным углем микропомола предусматривает установку дополнительного оборудования, определяемого существующей компоновкой котла и используемым топливом.

Дополнительное оборудование включает, прежде всего, установку мельниц механоактивированного микропомола угля, а также нестандартного дополнительного оборудования: муфелизированных горелок и различных узлов для подвода угольной пыли и воздуха.

В качестве мельниц микропомола рассматривались мельницы – дезинтеграторы, выпускаемые, в т.ч. на инженерно-производственном предприятии «Продсельмаш» (г. Новосибирск). Нестандартное дополнительное оборудование является типовым и может быть изготовлено на ряде предприятий машиностроительного профиля.

Установка дополнительного оборудования требует соответствующего увеличения единовременных и текущих затрат.

Дополнительные единовременные затраты на осуществление растопки механоактивированным углем микропомола включают расходы на дополнительное оборудование для осуществления микропомола угля и его сжигания, а также на проектные, строительные-монтажные, пусконаладочные и испытательные работы и резервирование средств на непредвиденные работы.

Дополнительные текущие затраты включают затраты на использование угля, по тепловому эквиваленту замещающего мазута, и на электроэнергию, затрачиваемую на микропомол замещающего угля в мельницах.

Экономия текущих затрат образуется за счет разницы стоимости использования более дешевого угля по сравнению с мазутным и дизельным топливом.

Сравнением дополнительных затрат и получаемой выгоды оценивается эффективность технологии.

Проведенные расчеты по обоснованию технико-экономической эффективности замещения высокорекреакционного мазутного/дизельного топлива механоактивированным углем микропомола на ряде промышленных котлов ТЭС показали инвестиционную привлекательность внедрения новой технологии:

1) Котел БКЗ-210-140Ф (ст. N17) «Барнаулэнерго», уголь кузнецкий каменный – дисконтированный срок возврата инвестиций при замещении мазутного розжига и подсветки – 8,6 лет,

2) Котел ПК-40 Беловской ГРЭС «Кузбассэнерго», уголь кузнецкий каменный – дисконтированный срок возврата инвестиций при замещении мазутного розжига и подсветки – 3,2 года,

3) Котлы ЧКД-Дукла, К-50-40 Эгвекинотской ГРЭС «Чукотэнерго», уголь БЗ рядовой Анадырского месторождения – дисконтированный срок возврата инвестиций при замещении дизельного розжига и подсветки – 1,9 лет,

4) Котлы ТС-35, Е-50-40, ПК 50-40 Чаунской ТЭЦ «Чукотэнерго», рядовой каменный уголь марки Ж Зырянского угольного бассейна – дисконтированный срок возврата инвестиций при замещении дизельного розжига и подсветки – 2,5 года.

Системный экономический эффект от внедрения новой технологии будет значительно выше: появление стандартизованного угольного топлива, пригодного для сжигания в унифицированных котлах тепловых электростанций, приведет к удешевлению выпуска новых котлов, реальной конкуренции производителей пылеугольного топлива и стабилизации его цены на внутреннем рынке.

В настоящее время областью внедрения технологии является: Барнаульская ТЭЦ 2 (13 единиц БКЗ –210) и Барнаульская ТЭЦ-3 (4 единицы БКЗ-420) ОАО «Алтайэнерго», Усть-Илимская ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго» (7 единиц БКЗ –420), Читинская ТЭЦ-1 ОАО «Читаэнерго» (12 единиц БКЗ-210), Беловской ГРЭС «Кузбассэнерго» (8 единиц ПК 40), Эгвекинотская ГРЭС (2 котла ЧКД-Дукла, К-50-40), Чаунская ТЭЦ (котел ТС-35, 2 котла Е-50-40, котел ПК 50-40) и др.

Однако, несмотря на показанную энергоэффективность технологии, масштабы ее освоения и тиражирования явно неудовлетворительны. Хотя ИТ СО РАН обладает довольно развитой материально-технической базой и высококвалифицированными кадрами, имеющими большой опыт в проведении научных и экспериментальных работ по подготовке и сжиганию топлив, институт, являясь академическим учреждением, не в состоянии удовлетворить все требования технологической и организационной системы потребителя. К сожалению, в настоящее время потерян сегмент между наукой и производством, который отвечает за инжиниринг и внедрение новых технологий.

Решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям был дан «старт» формированию технологических платформ в Российской Федерации, как инструменту, направленному на ускорение внедрения перспективных технологий, поиску новых форм финансирования новейших разработок, включая механизмы государственно-частного партнерства. Для достижения практических результатов эти механизмы должны учитывать интересы и обеспечивать кооперацию энергокомпаний, представителей венчурного бизнеса и финансовых организаций, ученых и разработчиков, представителей власти.

Выводы

1) По сравнению с традиционным помолом, использование мельниц-дезинтеграторов существенно уменьшает тонину помола широкой гаммы углей и позволяет проводить домол пылеугольного топлива после ШБМ, что значительно расширяет функциональные возможности технологии

2) При сжигании механоактивированного угля микропомола до 10–40 мкм реакционная способность увеличивается приблизительно в 3 раза, факел при сжигании по своим характеристикам близок к газомазутному топливу, что существенно повышает его энергетические возможности и позволяет замещать газомазутное топливо при розжиге и подсветке пылеугольного факела

3) Установлены возможности создания 2-х ступенчатой горелки со сжиганием в 1-й ступени механоактивированного угля микропомола, смешиваемого с потоком пыли обычного помола после ШБМ во 2-й ступени

4) Технико-экономическое обоснование эффективности замещения высокорекреационного топлива – газомазутного, дизельного – механоактивированным углем микропомола показывает высокую инвестиционную привлекательность таких проектов.

5) В условиях рыночной экономики государство должно активно стимулировать использование перспективных технологий и оборудования и разделять связанные с ними риски.