

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДГОТОВКИ КОМПОЗИЦИОННОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА К СЖИГАНИЮ В ТОПКЕ КОТЛА

Д.П. Шабардин
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП

В настоящее время не существует комплексных установок по производству и сжиганию ИКЖТ, большинство существующих решений представляют собой разомкнутые системы с точки зрения теории управления, а также отсутствуют автоматические системы управления производством и сжиганием ИКЖТ [18]. Однако существуют автоматические системы производства ВУТ, а также системы топливоподачи ВУТ. Рассмотрим некоторые из них с целью выделения наиболее подходящих, а также объединения в одну автоматизированную систему производства и сжигания ИКЖТ.

Приготовление ВУТ осуществляют в несколько этапов. Для начала необходимо получить угольную крошку с фракцией 10–12 мм. Дробление осуществляется на стандартных дробилках (молотковых, щёковых и т.д.). Так как в качестве сырья для приготовления ИКЖТ будем использовать угольный шлам, фильтр-кек или уголь с мелкой фракцией, то данную стадию исключим из системы приготовления ИКЖТ.

Помол до фракции 100–150 мкм осуществляется в присутствии воды в оборудовании мокрого помола. Данный этап является ключевым при приготовлении ИКЖТ, поскольку определяет дальнейшие характеристики ИКЖТ (грансостав, вязкость, стабильность и т.д.). Здесь же в состав ИКЖТ могут добавляться различные отходы производства (такие как отработанные масла) а также пластификаторы и стабилизаторы.

Самым популярным оборудованием мокрого помола являются специально спроектированные вибромельницы различных модификаций, где помол угля осуществляется мелющими телами (шарами, стержнями) в присутствии воды. На сегодняшний день рынок вибромельниц для мокрого помола весьма ограничен единичными моделями. В РФ это в основном мельницы типа ВМ-200 и ВМ-400 производительностью по эталонному продукту до 2,5 т/ч (до 500 мкм), по ВУТ — не более 1,5 т/ч. Основным недостатком вибромельниц являются высокие энергозатраты на приготовление ВУТ [1].

Серьезным недостатком вибромельниц также является крайне неоднородный состав продукта помола, который содержит и переизмельчённые частицы и, напротив, слишком крупные зерна. Поэтому в большинстве технологических схемах производства в основном используется замкнутый цикл помола, когда полученная суспензия подвергается сепарированию с последующим домолом крупных зерен. Все это усложняет технологический процесс и увеличивает себестоимость ВУТ [1].

Сырой уголь дробится на фракции размером до 10 мм и направляется на термообработку при температуре 400 °С. Далее он смешивается с водой и из-

мельчается в шаровой барабанной мельнице, затем поступает в сепарирующее устройство, из которого готовый продукт с фракциями размером менее 200 мкм направляется на обеззоливание и после добавки поверхностно-активных веществ поступает в емкости для хранения. Надрешетный продукт попадает на дополнительное измельчение в мельницу и, пройдя сепарацию, направляется также в технологический цикл на хранение [2].

Очевидно, что данная схема не является наилучшей основой для приготовления ИКЖТ, так как содержит излишнее и энергозатратное оборудование, такие как дробилка, шаровая и стержневая мельницы, что усложняет схему и удорожает продукт.

Помимо вибромельниц в качестве измельчителя можно использовать диспергаторы. Диспергаторы по принципу действия бывают: ультразвуковые, ротор-статор, плунжерные (высокого давления). Диспергатор менее энергозатратное оборудование чем вибромельницы.

Так как вращающиеся шаровые, вибрационные мельницы, диспергаторы, кавитаторы с их эффектом внутренней сепарации реализуют помол истиранием, сопровождающийся большим расходом энергии, нагревом, высоким абразивным износом мелющих тел, с точки зрения рационального использования подведенной энергии для разрушения таких материалов целесообразней использовать быстрый удар.

Один из вариантов реализации данной идеи является гидроударная установка мокрого помола (ГУУМП). В ее состав входит дисковый затвор, шнековый дозатор угля, устройство мокрого помола дезинтеграторного типа, насос на выдачу продукта и устройство вентиляции приемного бункера [3].

Для измельчения минерального сырья в ГУУМП используется свободный удар. Частицы угля, сталкиваясь с ударными элементами корзин-роторов, получают мощные разнонаправленные удары, интенсивность которых увеличивается по мере продвижения материала к выходу камеры помола. Вода в реализуемом способе измельчения является не только проводником кинетической энергии удара, но и снижает прочность твердого тела, облегчая его разрушение.

Поскольку энергия удара пропорциональна массе частицы угля и ее квадрату скорости, по достижении частицами определенных размеров их дальнейшее измельчение прекращается. Таким образом, ГУУМП позволяет получать водоугольную суспензию требуемого гранулометрического состава с минимальным содержанием переизмельченных частиц и полным отсутствием крупных зерен в открытом цикле помола без использования сепараторов.

При производстве ИКЖТ обязательно используют различные добавки (отработанные масла, пластификаторы, отходы мазута и др.). При использовании ГУУМП смешение производится в кавитационном роторно-импульсном аппарате (РИА). Использование РИА позволяет эффективно внести их и перемешать с водой до процесса мокрого помола [3].

Водоугольное топливо является жидким топливом и имеет вязкость, немного превышающую вязкость мазута: примерно 800-1000 МПа·с по сравнению с 400-440 МПа·с (до 44 мм²/с) у мазута. Соответственно, подача КЖТ в топку котла осуществляется аналогично мазуту, но через форсунки, специально

разработанные для суспензионных топлив. Форсунки должны быть устойчивы к абразивному истиранию частицами угля, поэтому имеют специальную конструкцию [3].

Сжигание ВУТ осуществляется в несколько основных этапов: прогрев топки, переход на водоугольное топливо, рабочий режим. При режиме прогрева топки происходит запуск иницирующей топки для доведения значений температуры в топке до уровня, при котором происходит сгорание ВУТ при помощи дизельного топлива. Далее происходит переход на водоугольное топливо: включается компрессор для продувки топливопровода и форсунки, затем происходит подача топлива из емкости ВУТ при помощи насосов. После этого остается только поддерживать заданную температуру путем регулирования подачи воздуха в топку и подачу ВУТ [5].

В данном случае необходим циркуляционный контур, предназначенный для поддержания стабильности состава ВУТ. Так как ОВУТ является более стабильной суспензией, то нет необходимости применения этого контура.

В настоящее время существует несколько способов сжигания ВУТ: в кипящем слое, факельное сжигание в предтопках, комбинированное факельное сжигание с другими видами топлива. Сжигание в кипящем слое является не самым эффективным из-за большого процента недожога, однако в этом случае не требуются специальные мероприятия по модернизации топочной камеры [5].

Факельное сжигание ВУТ осуществляется по классической схеме: топливо подаётся под давлением через распыляющую форсунку, аналогично мазуту. Распыление ВУТ может производиться как сжатым воздухом, так и паром — выбор производится в зависимости от типа котла и условий в котельной. Полностью самостоятельное (автономное) сжигание ВУТ позволяет иметь только один источник энергии (уголь) и, следовательно, снизить затраты на содержание топливного хозяйства. Однако, полностью автономное горение на существующих котлах, как правило, возможно при использовании предтопок. При их использовании удлиняется траектория факела ВУТ, особенно в начальной фазе, где происходит нагрев капель ВУТ. Это позволяет снизить объём зоны горения ВУТ. С целью поддержания стабильного температурного режима, предтопки изготавливают теплоизолированными (адиабатическими).

При использовании факельного сжигания такие параметры ВУТ, как соотношение твёрдое/жидкое, тонина помола, а также вязкость ВУТ должны быть как можно ближе к проектным значениям с целью сохранения стабильного воспламенения и горения ВУТ и сохранения высоких эксплуатационных характеристик котла (КПД, количество выбросов и др.)

Комбинированное факельное сжигание с другими видами топлива наиболее приемлемо при использовании ВУТ на уже существующих объектах, особенно на угольных котлах. ВУТ подаётся в котёл через одну или несколько форсунок. В случае газомазутного котла второе топливо (газ или мазут, а также уголь) подается через другую горелку.

К преимуществам комбинированного сжигания можно отнести простоту схемы, её масштабируемость для использования на котлах малой, средней и большой мощности. Кроме того, комбинированное сжигание характеризуется

минимальными сроками и стоимостью внедрения при одновременной организации стабильного горения ВУТ. Наличие второго топлива снижает требования к качеству подготовки ВУТ [5].

Основываясь на информации, описанной выше, можно создать систему производства и сжигания ИКЖТ, используя наиболее удачные технические решения. Разработанная схема представлена на рисунке 1.

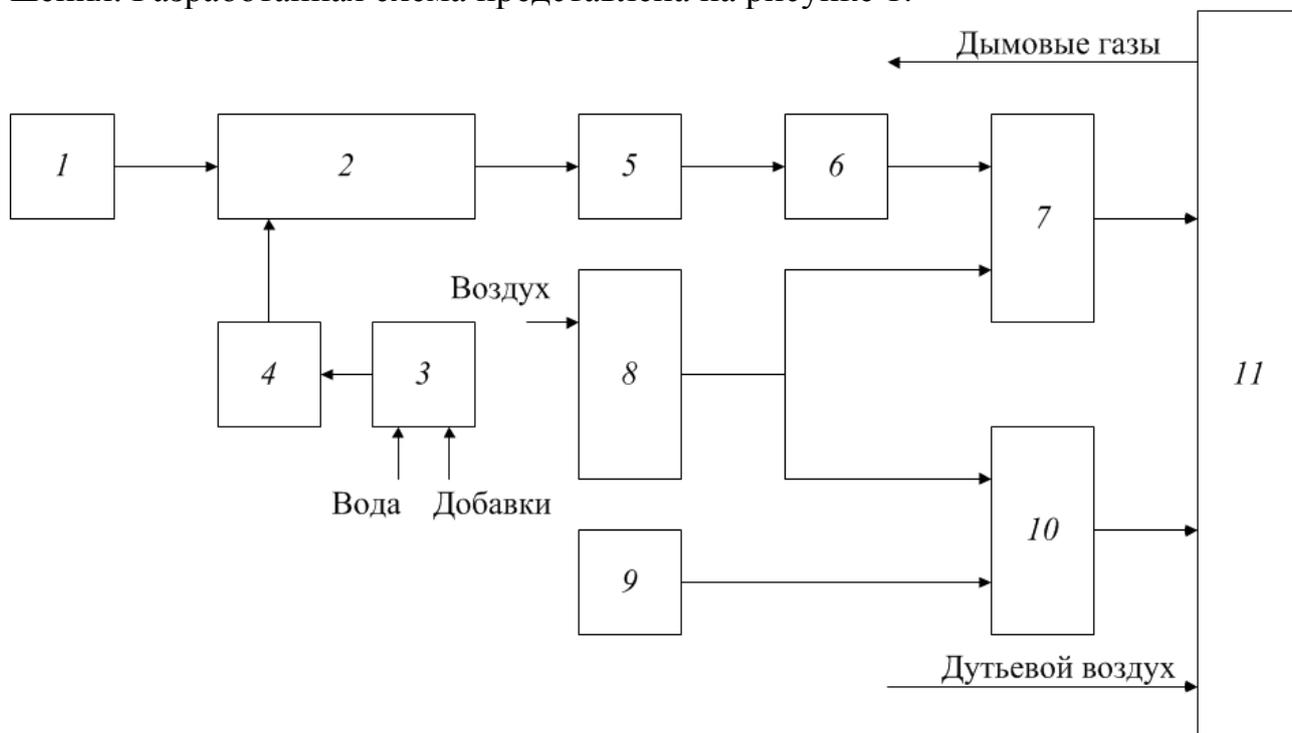


Рис. 1. Схема производства и сжигания ИКЖТ: 1 – бункер дробленого угля; 2 – гидроударная установка мокрого помола (ГУУМП); 3 – кавитационный роторно-импульсный аппарат; 4 – насос; 5 – емкость ВУТ; 6 – насос; 7 – форсунка на водоугольном топливе; 8 – компрессор; 9 – емкость для дизельного топлива, 10 – инициализирующая горелка на дизельном топливе, 11 – топка

Таким образом, была разработана схема, которая обеспечивает наиболее качественное, а также наименее затратное приготовление и сжигание ИКЖТ, на основе существующих технологий и решений. Данная схема не является слишком энергозатратной, обеспечивает производство качественного однородного топлива и эффективное его сжигания, не зависит от другого вида топлива, однако требует небольшой модернизации топочной камеры, а именно установки предтопок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Назмеев Ю.Г., Мингалеева Г.Р. Системы топливоподачи и пылеприготовления ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 332 с.
2. Делягин В.Н., Иванов Н.М., Батищев В.Я., Бочаров В.И. Система управления теплогенератором, работающем на водоугольном топливе // Труды международной научно-технической конференции энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве №1. - С. 311-315.

3. Кушнир И.С. Автоматизация управления производством многокомпонентного топлива // Обчислювальна техніка та автоматизація 23(201). - 2012. - С. 21-28.
4. Морозов А.Г. Гидроударные технологии для получения водоугольного топлива // Новости теплоснабжения 07(119). - 2012. - С. 21-28.
5. Матузов С.В. Сжигание кавитационного водоугольного топлива в низкотемпературном кипящем слое // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива». - 2012. - С. 61.1-61.5.

Научный руководитель: П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., зав. кафедрой АТП ЭНИН ТПУ.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА КИНЕТИКИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ

Н.А. Аманжолова
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТП, группа А6-38

Толстостенные резиновые технические изделия даже при постоянной температуре среды (теплоносителя) вулканизируются в неизотермических условиях, различных на разных его участках.

Существуют несколько методов расчета неизотермической вулканизации согласно литературным данным:

- аналитический метод;
- графо-аналитический метод;
- экспериментальный метод;
- расчетный метод.

В [1] приведен упрощенный аналитический метод расчета продолжительности неизотермической вулканизации толстостенных резиновых изделий, основанный на использовании модели квазиэквивалентной пластины, с учетом индукционного периода. Здесь константы скоростей приближенно описывается выражением аналогичным закону Аррениуса.

$$k = k_0 * \exp\left(-\frac{A}{T}\right) \tag{1}$$

где S, A – параметры;
T- температура, К.

Далее определяли такие параметры как оптимум вулканизации, эквивалентное время вулканизации. Недостатком данного метода является то, что некоторые значения параметров вулканизации рассчитывали путем пропорционального пересчета.