

Мировые тенденции развития технологии сжигания твердых топлив в ЦКС. Опыт начальной эксплуатации котла с ЦКС блока мощностью 330 МВт Новочеркасской ГРЭС

Автор: Рябов Г.А.

Организация: АО «Всероссийский теплотехнический институт», г. Москва, Россия

Технология циркулирующего кипящего слоя (ЦКС) впервые была использована на установках каталитического крекинга углеводородов, а с середины семидесятых годов и для сжигания твердых видов топлива. В настоящее время технология сжигания и газификации топлива в ЦКС является общепризнанной промышленной технологией, реализованной на тысячах объектов. История ее развития, успехи применения и новые технологические решения, направленные на улавливания CO_2 и газификацию в связанных между собой реакторах представлены в [1]. Новые тенденции и роль технологии ЦКС в условиях меняющегося энергетического рынка показана в докладе на недавно прошедшей конференции CFB12 [2]. Основные изменения рынка связаны с возрастающими требованиями к экологической чистоте, повышению эффективности, надежности и соответствия требованиям быстрого изменения нагрузки. Постоянно возрастающая доля использования возобновляемых источников энергии и требования по снижению выбросов парниковых газов также оказывают влияние на энергетический рынок.

Ряд вопросов, связанных с современными требованиями и преимуществами котлов с ЦКС, рассмотрен в [3]. В ней на конкретных примерах показаны возможности и современные технические решения позволяющие повысить эффективность блоков с котлами ЦКС (утилизация тепла уходящих газов, повышение параметров пара), их маневренные характеристики. Дальнейшее снижение вредных выбросов, также рассмотрены преимущества технологии ЦКС, связанные с топливной гибкостью и возможностью снижения выбросов парниковых газов.

В работах ОАО «ВТИ» на основе анализа зарубежных данных и собственных исследований было показано, что в случае сжигания низкосортных топлив, требующих «мокрой» системы сероочистки, себестоимость электроэнергии, выработанной на блоках мощностью 150–200 МВт с котлами с ЦКС, в среднем на 7,9 % ниже, чем на традиционных котлах. При этом затраты на эксплуатацию и ремонт примерно одинаковы. Затраты на топливо для котлов с ЦКС несколько ниже (более высокий КПД котла с ЦКС для низкорекреационных топлив и отсутствие подсветки мазутом), капитальные затраты – ниже в среднем на 7,4 %.

В Европе наибольший прогресс при внедрении котлов с ЦКС достигнут в последнее время в Польше – более 15 котлов для блоков мощностью свыше 100 МВт, из них: три блока по 235 МВт и еще три по 260 МВт. В 2009 г. введен в эксплуатацию блок мощностью 460 МВт с котлом с ЦКС на ТЭС в Ложиже. Китай – самый крупный рынок использования технологии ЦКС. В 2013 г. пущен первый в мире блок мощностью 600 МВт с котлом с ЦКС. В настоящее время число работающих котлов с ЦКС в Китае приближается к 3000, включая 32 блока по 300 МВт, еще около 50 блоков по 300 - 350 МВт либо уже находятся в состоянии строительства, либо в скором времени планируется начать их строительство. Сооружается блок мощностью 660 МВт с одним котлом ЦКС паропроизводительностью 1900 т/ч с давлением пара 29,4 МПа и температурой 605/623 °С. Стремительное развитие технологии ЦКС в Китае стало возможным благодаря инвестиционным и исследовательским программам центрального правительства Китая. Активное развитие ЦКС инициировало большой объем исследований, которые привели к разработке новых подходов к технологии ЦС и реализации ее на практике [4].

В последнее время наметились две тенденции в развитии этой технологии. Первая из них характерна для энергетики Китая и ряда азиатских стран (прежде всего - Корея), которая связана с введением крупных энергоблоков на низкосортных углях. При этом важным является повышение параметров пара, стремление к удешевлению стоимости котлов и снижению затрат электроэнергии на собственные нужды. Вторая определяется способностью котлов с ЦКС эффективно сжигать широкую гамму топлив, включая различные виды биомассы и отходов. Важным является технология совместного сжигания местных топлив и угля. Эта тенденция характерна для ряда европейских стран.

Котлы с ЦКС наиболее приспособлены к эффективному и надежному сжиганию широкого диапазона топлив и топливных смесей, начиная от угля и биомассы и заканчивая различными видами отходов. В течении последних 15 лет некоторые котлы с ЦКС, спроектированные для сжигания угля, работали в условиях совместного сжигания с большими долями биомассы, а новые установки с ЦКС позволяют сжигать еще более широкий спектр отходов. В [5] проанализированы технико-экономические аспекты сжигания широкой гаммы топлив, а также возможности глубокого регулирования нагрузки блоков с котлами ЦКС. В последнее время в Китае произошло резкое ужесточение норм на вредные выбросы. Они являются самыми жесткими в мире. Для некоторых регионов Китая с 2015 года при новом строительстве нужно иметь выбросы от угольных котлов на уровне установок со сжиганием природного газа. Такие решения с выбросами оксидов азота 50 мг/м³, серы 35 мг/м³ и частиц 5 мг/м³ уже реализованы на одном из котлов с ЦКС в Китае [6].

Первый котел с ЦКС в России сооружен на блоке № 9 Новочеркасской ГРЭС. Котлоагрегат Пп-1000-24,5-565 АКТФ (модель ТПП-357) энергоблока №9 Новочеркасской ГРЭС предназначен для обеспечения паром заданных параметров паровой турбины К-330-23,5 производства ОАО «Турбоатом», г. Харьков (Украина). Котел прямоточный, газоплотный с уравновешенной тягой, П-образной компоновки, предназначен для сжигания Донецкого АШ и Кузнецкого угля марки Т. В качестве растопочного топлива используется природный газ. Первоначально предполагалось также сжигание шламов в смеси с АШ. Котел поставлен ОАО «ЭМАльянс» по инжинирингу компании «Сумитомо-Фостер-Уилер». Критические узлы котла и наиболее ответственное вспомогательное оборудование поставлены компанией «Сумитомо-Фостер-Уилер».

Приведен опыт пуска наладочных работ и начальной эксплуатации котла с ЦКС блока № 9 мощностью 330 МВт Новочеркасской ГРЭС [3, 7]. По данным испытаний фактический КПД котла был выше гарантийного и составил 92,65 %. Обеспечены гарантийные значения выбросов оксидов азота, как правило, они составляют около 200 – 250 мг/м³ при нормальных условиях и содержании кислорода в уходящих газах 6 %. Выбросы СО в основном близки к нулю. При подаче известняка обеспечивалось снижение выбросов оксидов серы с 2500 мг/м³ до 400 мг/м³ и ниже. Балансовые испытания котла на нагрузках 310, 260 и 194 МВт показали, что КПД брутто котла, определенное по обратному балансу, составило 92.30%, 91.58% and 90.24% соответственно, что выше проектных показателей.

В процессе первоначальной эксплуатации котла выявлен ряд недостатков, связанных с технологией сжигания, среди которых наиболее важными являются:

- высокая средняя температура слоя и большая неравномерность температуры по поверхности слоя приводит к аварийным остановам и шлакованию слоя;
- высокая температура на выходе из топки и увеличение температуры газов в циклонах, - приводит к аварийным остановам, возможной агломерации частиц в системе возврата и зольных теплообменниках INTREX, увеличивает тепло конвективной шахты, что приводит к необходимости впрысков в тракт промежуточного пароперегревателя и увеличивает температуру уходящих газов, снижая КПД котла;
- длительное время пуска котла из холодного состояния. Трудности с поддержанием режима в переходных процессах.

Одной из наиболее важных причин повышенной температуры слоя и неравномерности температур по слою, а также роста температуры газов в циклонах являются отклонения фракционного состава топлива от заданного компанией SFW [7]. Кроме того, пока еще не введена в постоянную эксплуатацию система подачи известняка.

Материал слоя излишне крупный, что не обеспечивает необходимый расход циркулирующего материала. Требуется более детальное изучение процессов с оптимизацией условий эксплуатации. При этом важным является также проведение исследований, которые позволят наилучшим образом реализовывать технологию сжигания топлив в циркулирующем кипящем слое на других объектах при использовании отечественного оборудования.

Выбор предпочтительных решений во многом определяется конкретными условиями сооружения новых блоков и требованиями по вредным выбросам. Важным условием оптимального использования технологии ЦКС является достижение не только существующих в РФ норм на вредные выбросы, но и перспективных норм без использования установок сероочистки и азотоочистки. Диверсификация поставок топлива является во многом решающим фактором в экономической конкуренции технологий сжигания твердых топлив на ТЭС.

Литература:

- 1 Leckner, B. Development of Fluidized Bed Conversion of Solid Fuels – History and Future [Text] / B. Leckner // Proc. of the 22nd Int. Conf. on FBC, 2015, June 14–17. – Finland, Turku, 2015. – P. 2–11.
- 2 Zabetta, E. Role and Challenges of CFB in a Changing Energy Market [Text] / E. Zabetta, J. Kovacs, T. Eriksson // Proc. of the 12th Int. Conf. on CFB, May 23-26, 2017, Krakow, Poland, pp 77-83.
- 3 Рябов, Г. А. Использование технологии сжигания твердых топлив в циркулирующем кипящем слое в мире и в России [Текст / Рябов Г. А., Антоненко Е. В., Крутицкий И. В., Фоломеев О. М., Беляев А.В. //Электрические станции- 2018, № 3, стр. 11-17.
- 4 Yue, G. The Formation of the CFB Design Theory and its Practice in China [Text] / Y. Guangx// Proc. of the 22nd Int. Conf. on FBC, June 14-17, 2015.-Finland,Turku, 2015. - pp.12 – 22.
- 5 Nuortimo, K. Развитие технологии ЦКС для создания мощных энергоблоков [Текст]/ K. Nuortimo, T. Jantti, A. Khryasheva// Электрические станции- 2018, № 3, стр. 29-35.
- 6 Гао, Ц. Применение передовых технологий газоочистки, отвечающих экологическим требованиям Китая с ультранизкими выбросами вредных веществ : сб. докладов [Текст] / Ц. Гао, С.И. Чжан //3-ья Международная конференция «Использование твердых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла», Москва, 28-29 июня 2016. –М.: ОАО «ВТИ», 2016. – С. 123-131

7 Ryabov, G. The first year experience of once through CFB boiler operation of 330 MWe unit [Text] / G. Ryabov, D. Kuchmistrov, E Antonenko, I. Krutitskiy, O. Folomeev, D. Melnikov, A. Beliaev //Proc. of 23-rd Int. Conf. on FBC, Seoul, Korea, May 13-17, 2018 , pp. 359 - 368.