

возможность его использования на паровых котельных. В настоящее время когенерационный процесс нашел широкое применение в Республике Беларусь. За последние десять лет в республике введено более десятка когенерационных установок.

В большинстве случаев, в качестве когенерационных установок используются противодавленческие паровые турбогенераторы, устанавливаемые на паровых котельных под существующие тепловые нагрузки. В основном такими турбогенераторами являются блочные турбогенераторные установки (ТГУ) ОАО «КТЗ» (Калужский турбинный завод, Россия) единичной мощностью от 650 до 12 000 кВт. Для таких ТГУ характерна высокая удельная металлоемкость (порядка 20 кг/кВт), сложная система маслоснабжения, большое количество охлаждающей воды. Монтировать их требуется в отдельных пристройках. Для эксплуатации необходим специально подготовленный персонал.

ТГУ единичной мощностью менее 500 кВт, в основном предлагают производители Западных стран: Чехия, Германия и др. Стоимость такого турбогенератора достигает до 1000 евро за 1 кВт установленной мощности, без учета расходов на проектные, строительные, монтажные и пуско-наладочные работы. Поэтому для паровых котельных малых мощностей, складываются определенные трудности с переводом котельных небольшой мощности на комбинированную выработку тепло- и электроэнергии. Вместе с тем, в республике существует около сотни котельных, где имеется возможность установить ТГУ единичной мощностью от 70 до 500 кВт. Такие котельные имеют, как правило, круглогодичную технологическую нагрузку, а в зимний период добавляется и теплофикационная.

УДК 662.767.2

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ СЖИГАНИЕ БИОМАССЫ И ИСКОПАЕМЫХ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Мороз А.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор БОКУН И.А.

Достаточно эффективным направлением повышения эффективности использования биомассы и органических отходов является разработка каталитических процессов сжигания топлив. Каталитическое сжигание принципиально отличается от горения традиционными способами, так как топливо окисляется на поверхности твердых катализаторов без образования пламени.

Под воздействием катализаторов происходит изменение скорости химической реакции. Ускорение реакции в процессе гетерогенного катализа обычно определяют по выходу продукта в единицу времени, отнесенному к единице объема или массе катализатора.

Каталитическая реакция протекает обычно на поверхности твердого катализатора и обусловлена активацией молекул реагентов при взаимодействии с поверхностью. Поэтому для осуществления гетерогенного катализа должна быть адсорбция компонентов реакционной смеси из объемной фазы на поверхности катализатора.

Скорость гетерогенно-каталитических реакций относят к единице поверхности катализатора и называют удельной каталитической активностью; её размерность – моль·с⁻¹·м⁻². Если же активные центры поверхности однородны и равнодоступны молекулам реагирующих веществ, то скорость описывается формулой:

$$y = kSf(C_A, C_B, \dots),$$

где k – константа скорости отнесения к единице поверхности катализатора;

S – поверхность катализатора;
 f – функция концентрации C_A , C_B реагентов и продуктов реакции в объёмной фазе.

Константы скорости каталитических реакций зависят от температуры и описываются уравнением Аррениуса

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}},$$

где k_0 – предэкспоненциальный множитель;

E – энергия активации;

R – газовая постоянная;

T – температура.

Значения E определяются экспериментально из зависимости k от T .

Катализаторы гетерогенного катализа обладают высокой селективностью, т. е. отнесительной способностью ускорять одну из нескольких одновременно протекающих реакций. Часто на одном и том же катализаторе могут протекать одновременно несколько последовательных и параллельных реакций.

Так каталитическое окисление углеводородов может протекать последовательно – сначала до получения ценных кислородосодержащих соединений, затем до полного их окисления с образованием CO_2 и H_2O . Также может протекать и параллельное окисление исходного вещества непосредственно до CO_2 и H_2O без выхода промежуточных продуктов мягкого окисления в газовую фазу.

Сжигание растительной биомассы и органосодержащих твёрдых отходов в кипящем слое катализатора решает как экономическую, так и экологическую задачу.

Наибольшей эффективностью использования каталитического сжигания обладают каталитические генераторы тепла.

В таких каталитических генераторах теплоты сочетаются следующие принципы сжигания топлива: применение катализаторов полного окисления; использование кипящего слоя частиц катализатора; сжигание смесей топлива и воздуха, близких к стехиометрии; совмещение тепловыделения и теплоотвода в едином слое катализатора.

Использование кипящего слоя катализатора позволяет оптимизировать основные параметры процессов сжигания топлива и передачи тепла рабочему телу.

Благодаря высоким значениям коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи от кипящего слоя к рабочему телу достигается высокая равномерность температур по всему объёму слоя, исключается опасность перегревов, уменьшаются теплообменные поверхности и рабочие объёмы аппаратов, обеспечивается поддержание стабильных режимов технологического процесса. Интенсивное перемешивание зернистого материала в кипящем слое позволяет вести непрерывную загрузку и выгрузку из него катализатора и продуктов сгорания топлива. Катализатор обеспечивает высокие скорости горения в кипящем слое при относительно низких температурах, а также даёт возможность достигать высоких теплонапряжений (до $4,19 \cdot 10^6$ – $4,19 \cdot 10^8$ кДж/м³ч) и тем самым снизить габариты, вес и металлоёмкость конструкции.

Кроме того, с помощью катализатора происходит полное сгорание топливовоздушных смесей при минимальном избытке воздуха, а это сокращает как потери тепла с уходящими газами, так и с химическим недожогом.

Катализаторы в процессе эксплуатации топочных устройств подвергаются химическому, термическому и механическому воздействиям. Под химическим воздействием подразумевается воздействие стехиометрической реакционной смеси топлива с воздухом. В этом случае сжигание топлива в гонке с кипящим слоем протекает при минимальном избытке воздуха и, соответственно, кислорода. Такое воздействие может при-

вести к восстановлению и фазовым превращениям активного компонента, а также к отложению продуктов сгорания на поверхности катализатора вследствие минимального избытка кислорода являющегося окислителем.

Термическое воздействие обусловлено продолжительной эксплуатацией катализатора в области температур 430–730 °С, а также возможным кратковременным перегревом отдельных частиц катализатора до 1000–1100 °С.

Механическое воздействие обусловлено эксплуатацией катализатора в режиме кипящего слоя. В этом случае с одной стороны возможно поверхностное истирание гранул катализатора, с другой – раскалывание и разрушение в результате соударений гранул как между собой, так и о поверхности теплообменных труб.

Эти факторы находятся в тесной связи, каждый из которых дополняет и усиливает воздействие других факторов. Таким образом, условия, возникающие в топке кипящего слоя, отрицательно влияют на катализатор и приводят к его дезактивации и разрушению.

В силу специфических условий, в которых находится катализатор в процессе сжигания топлива в кипящем слое, к катализаторам предъявляются особые требования: высокая каталитическая активность, достаточная для начала процесса (зажигания слоя) при возможно низкой температуре; стабильность активности при длительной (до 3–4 тыс. ч) эксплуатации в условиях минимального избытка воздуха и температуре до 700 °С; прочность к механическому истиранию в условиях работы в кипящем слое (износ не более 0,5 %/сут.); устойчивость к каталитическим ядам при сжигании неочищенных топлив (например, сернистых мазутов), промышленных отходов и сточных вод.

В настоящее время для опытных и опытно-промышленных установок с каталитическим сжиганием топлива в кипящем слое применяют окисные катализаторы на основе хромитов переходных металлов и некоторых индивидуальных окислов. Наиболее известны оксиды переходных металлов VII–VIII групп. Катализаторы готовят нанесением активного компонента на сферические (2–2,5 мм) и мелкосферические (0,4–1,0 мм) гранулы оксида алюминия.

Взаимодействие лёгких углеводородов с окисленной поверхностью шпинели (группа минералов подкласса сложных окислов – магнетиты, хромиты) при температуре до 500 °С приводит к восстановлению катализатора и образованию адсорбированных частиц, содержащих кислород.

УДК 621.3 П16

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕМОНТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Курс Е.А.

Научный руководитель – ЧЕРДЫНЦЕВА Л.Р.

Количественные характеристики эффективности мероприятий и работ, выполняемых при проведении того или иного вида ремонтов, позволяют оценивать уровень подготовки и качество организации работы обслуживающего персонала. Для оценки качества ремонтного обслуживания используют вероятностные, временные и стоимостные показатели.

Вероятность выполнения ремонтного обслуживания в заданное время определяется вероятностью того, что действительная продолжительность обслуживания не пре-