

## **ОБОСНОВАНИЕ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ УГЛЕЙ И ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

М.А.Остапенко, М.П. Зборщик, А.Н.Нестеров  
Донецкий национальный технический университет

*Проведен анализ различных вариантов аппаратного оформления процессов термической переработки низкосортных высокозольных углей и органических отходов. Рассмотрена методика выбора аппаратного оформления, которая учитывает сырьевой, экологический, научно-технический, экономический, социальный и нормативно-правовой аспекты.*

При решении проблемы повышения эффективности использования ресурсного потенциала низкосортных высокозольных каменных и бурых углей и органических отходов необходимо учитывать основные требования, предъявляемые к аппаратному оформлению термических процессов, которые заключаются в следующем: возможность переработки рядового (необогащенного) угля разной степени метаморфизма и органических отходов с зольностью до 50-60%; возможность работы в маневренном режиме с сохранением высоких технических и экономических показателей; значительное сокращение выбросов вредных веществ в окружающую среду; высокая степень использования органической массы угля и отходов. Указанным требованиям в различной мере отвечают следующие аппараты :

- с низкотемпературным кипящим слоем (НКС);
- с высокотемпературным кипящим слоем (ВКС);
- с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС):
  - ЦКС с выносными циклонами:
    - а) «Лурги»(Германия);
    - б) «Пирофлоу»(Финляндия,США);
    - в) «Мультисолид»(США);
    - г) «Циркофлюид»(Германия);
  - ЦКС с жалюзийными пылеуловителями;
- с фонтанирующим слоем (ФС);
- с циркулирующим фонтанирующим слоем (ЦФС);
- с кипящим слоем под давлением (КСД);
- с циркулирующим кипящим слоем под давлением (ЦКСД).

Применение каждого из этих аппаратов в конкретных условиях требует специального обоснования с учетом сырьевого, экологического,

научно-технического, экономического, социального и нормативно - правового аспектов.

*Сырьевой аспект* предполагает, что при обосновании выбора аппаратного оформления для термической переработки углей и органических отходов необходимо учитывать их реакционную способность, зольность, содержание серы, состав органической и минеральной компонент.

*Экологический аспект* предъявляет следующие требования к аппаратному оформлению:

- содержание вредных газообразных выбросов ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , пыль) в атмосферу не должно превышать установленных нормативов во всем диапазоне рабочих нагрузок;
- возможность максимальной очистки и утилизации жидкостей, образующихся в процессе производства, с доведением вредных примесей до минимума, согласованным с региональными органами экологического надзора;
- наличие систем сбора, удаления и утилизации шлака и летучей золы после термического аппарата и систем газоочистки;
- утечки запаха в окружающую среду должны быть сведены к нормативному минимуму;
- уровень шума технологических установок не должен превышать нормативный или, по крайней мере, не превышать фоновые уровни шума в месте расположения объекта;
- технологические установки должны быть укомплектованы приборами и оборудованием для непрерывных и периодических измерений и регистрации содержания вредных примесей в газах, выбрасываемых в атмосферу.

*Научно-технический аспект* предполагает сравнение аппаратов по таким удельным и абсолютным показателям:

- производительность (массовая и тепловая) и диапазоны их изменения;
- термический КПД в рабочем диапазоне нагрузок, %;
- занимаемая площадь;
- численность обслуживающего персонала;
- уровень проработанности проекта (серийное производство, опытная серия, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа и др.);
- сложность конструкции;
- абсолютное и удельное количество дополнительного топлива (природный газ, мазут и др.) при номинальной нагрузке;
- необходимость использования дополнительного сырья для обеспечения высокой эффективности технологических процессов (кислород, азот, растворители и др.);

- наличие опыта промышленной эксплуатации аппаратов рассматриваемого типа.

*Экономический аспект* характеризует абсолютные и удельные затраты на реализацию проекта промышленного внедрения аппарата с учетом всех капитальных и эксплуатационных расходов, а также возможной прибыли от производства тепловой и электрической энергии и утилизации отходов технологического цикла. К сальдовым экономическим показателям относятся: годовой экономический эффект; уровень рентабельности проекта; срок окупаемости проекта.

*Социальный аспект* включает в себя совокупность показателей, которые имеют какую-либо социальную направленность. При этом принимаются во внимание социальные факторы, которые проявляются только при реализации конкретного проекта. Например, одним из таких социальных показателей является возможность выполнения проектной документации, изготовления части оборудования силами проектных организаций и машиностроительных заводов Украины, что обеспечит их заказами, приведет к увеличению дополнительных рабочих мест и изменению структуры производственного персонала, развитию инфраструктуры региональных населенных пунктов и улучшению жилищных и культурно-бытовых условий.

*Нормативно-правовой аспект* учитывает необходимость разработки и принятия дополнительных правовых актов, нормативных документов, регулирующих различные стороны реализации проекта, наличие поддержки на уровне государственной и региональной инвестиционной политики (льготное кредитование), возможность формирования новых организационно-производственных структур.

Анализ показал, что аппарат с низкотемпературным кипящим слоем (НКС) целесообразно использовать для термической переработки каменных, бурых углей и отходов углеобогащения с зольностью 20-60% при малой и средней тепловой мощности технологических установок. При этом возможны два варианта применения аппаратов НКС: как первая ступень двухступенчатой термической переработки углей (газификация + сжигание); локальное использование при производстве синтез-газа.

Аппараты с высокотемпературным кипящим слоем (ВКС) могут найти применение для термической переработки низкорекреационных и низкокалорийных каменных углей при малой тепловой мощности. Аппараты ВКС имеют неудовлетворительные экологические показатели (большие выбросы  $\text{NO}_x$ ) и малую степень использования органической массы угля (большие потери углерода в уносе), что ограничивает перспективы их использования.

Аппараты с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС) находят в настоящее время широкое распространение во многих странах Европы, Азии и Америки. Они могут быть применимы для термической

переработки высокозольных каменных и бурых углей различной степени метаморфизма с зольностью 20-60%, а также промышленных углеродосодержащих твердых отходов.

Установки с аппаратами ЦКС имеют высокие экологические показатели, что делает целесообразным их использование при средней и большой тепловой мощности. Аппараты ЦКС могут быть также использованы для воздушной и паровоздушной газификации углей, биомассы и других органических отходов.

Аппараты ЦКС типа "Лурги" и "Пирофлоу" в последние годы находят широкое распространение для сжигания твердых топлив разной степени метаморфизма (от бурых углей и лигнитов до антрацитов), а также отходов их углеобогащения при производительности 50-750 тонн пара в час.

Аппараты "Циркофлюид" целесообразно использовать для термической переработки бурых и каменных углей с зольностью до 40-45% при малой и средней мощности (до 350 тонн пара в час).

Аппараты типа "Мультисолид" имеют сложное аппаратурное оформление, высокую металлоемкость, требуют больших капитальных затрат, поэтому применение их в настоящее время в Украине не целесообразно.

Аппараты с фонтанирующим слоем (ФС) целесообразны как устройства малой мощности для дожигания коксозольного остатка после его вывода из зоны кипящего слоя аппаратов НКС, ЦКС, КСД, ЦКСД, а также для сжигания полукокса, образующегося при полукоксовании бурых углей.

Установки с аппаратами КСД и ЦКСД имеют сложное аппаратурное оформление, требуют больших капитальных затрат, а отдельные элементы конструкции и технологической схемы еще требуют доработки, что не позволяет планировать их использование в настоящее время. В тоже время эти аппараты имеют высокие технико-экономические и экологические показатели и поэтому являются достаточно перспективными в ближайшем будущем энергетики Украины, что диктует необходимость создания межрегиональной экспериментальной базы на уровне лабораторных и опытно-промышленных установок для испытания различных аппаратов для термической переработки бурого и низкосортных высокозольных каменных углей и твердых органических отходов.

При принятии решения о выборе аппаратурного оформления процессов термической переработки низкосортных высокозольных углей и органических отходов использовался подход, при котором качественные характеристики указанных аспектов оцениваются факторами приоритета  $\Phi_i$ , а степень соответствия различных вариантов аппаратурного

оформления качественным характеристикам этих аспектов - с помощью количественных коэффициентов  $K_i$ .

Количественные коэффициенты  $K_i$  оцениваются по единой шкале значений. Если в рассматриваемом варианте аппаратного оформления характеристики рассматриваемого аспекта удовлетворяются максимальным образом, то количественному коэффициенту присваивается значение +1, если не удовлетворяется вовсе, то - значение 0. Если характеристика в данном аппарате удовлетворяется частично, то величина коэффициента  $K_i$  принимается равной в диапазоне значений  $0 < K_i < 1$ .

Численные значения факторов приоритета  $\Phi_i$  и коэффициентов  $K_i$  принимались с учетом экспертных оценок специалистов ГХК «Александрияуголь» и ДонНТУ.

Результирующий критерий определялся по формуле

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n K_i * \Phi_i,$$

где  $n$  – общее количество качественных характеристик по всем аспектам.

Расчет показывает, что в современных экономических условиях Украины максимальный результирующий критерий имеет аппаратное оформление с циркулирующим кипящим слоем с выносными циклонами (“Лурги”), которое позволяет реализовать комбинированную технологию полукоксования и газификации бурого угля. Агрегат для полукоксования устанавливается на тракте возврата коксозольного остатка вместо выносного теплообменника кипящего слоя. При этом тепло коксозольного остатка используется для нагрева угля до температуры полукоксования  $500 - 550^{\circ}\text{C}$ .

Поступила в редакцию 13.05.04