

УДК 621.181.7: 662.642.2

Д.В.Костяев (5 курс, каф. РиПГС), С.М.Шестаков, д.т.н., проф.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОТЛА БЛОКА 500 МВт НА КАМЕННОМ УГЛЕ

Учёные всего мира считают, что хотя сжигание ископаемых видов топлива для получения энергии и сказывается отрицательно на состоянии окружающей среды, но в ближайшем будущем отказаться от нефти, угля и газа не удастся. Исходя из мировых запасов невозобновляемых топлив, можно сделать вывод, что уголь в ближайшие 200 лет будет являться основным топливом для ТЭС (разумеется, с повышением их экологических характеристик). Сейчас в России выработка электрической энергии на 62% производится на ТЭС, работающих на природном газе. Это значительно больше, чем в других промышленно развитых странах мира. К примеру, в энергетике США и Германии доля твёрдого топлива составляет 50...60%, а природный газ является резервным топливом [1].

В новой программе развития ТЭК до 2020 года заложено увеличение цен на газ больше чем 5 раз, а на уголь — почти в 2 раза. Соотношение газ/уголь составит 1,6, что примерно соответствует европейским ценам (стоимость природного газа в Европу более 0,17 USD/нм³). Это приведёт к росту тарифов на электроэнергию и тепло, особенно для электростанций, сжигающих природный газ. Специалисты «Газпрома», РАО «ЕЭС России» совместно с ИНЭИ РАН проанализировали состояние 82 тепловых электростанций, которые были запроектированы для работы на угле, а в настоящее время используют природный газ. Этот анализ показал, что 32 ТЭС могут быть переведены на уголь в период до 2003 года включительно. Конечно, перевод существующих ТЭС на сжигание угля перспективно, но многие блоки уже выработали ресурс, а стало быть, физически и морально устарели. Можно отметить, что средний КПД цикла ТЭС России составляет всего около 28 %. В перспективе планируется строительство новых современных блоков большой мощности (СКД) на твердом топливе с учетом достижений отечественной и мировой энергетике. В частности, показателен опыт строительства блоков СКД мощностью 500...900 МВт в Европе (Германии, Дании). Эти блоки работают на каменном угле, поставляемом морским транспортом из Южной Африки, Венесуэлы и других стран.

Целью данной работы является разработка конструкции котла блока 500 МВт на каменном угле. Котел имеет суперсверхкритические параметры (ССКП) первичного пара (давление 31,9 МПа, температура 600 °С) и два промперегрева 620/600 °С, что позволяет поднять КПД цикла до 47%. Такие высокие параметры пара дают существенную экономию топлива на кВтч производимой энергии и уменьшают валовый выброс вредных веществ в атмосферу. Паропроизводительность котла по первичному пару равна 1500 т/ч, по вторичному — 1304 т/ч и по третичному — 1132 т/ч.

В качестве основного топлива для проектируемого котла целесообразно использовать высококачественные каменные угли, например, Кузнецкого месторождения, марки ГР, ГМСШ или ГСШ со следующими характеристиками [2]: $W^r = 8,5 \%$, $A^d = 18,5 \%$, $S^r = 0,45\%$, $N^r = 2,01 \%$, $V^{daf} = 39,5 \%$, $Q_i^r = 23,5$ МДж. Они имеют малое содержание серы ($S^r < 1 \%$), умеренную зольность ($A^r < 20 \%$), большой выход летучих ($V^{daf} > 35 \%$) и высокую теплоту сгорания $Q_i^r = 23...26$ МДж/кг. Выбор высококачественного угля позволит снизить затраты на перевозку топлива и плату за выбросы вредных веществ. Существенным моментом является так же стоимость топлива на месте потребления. В связи с глобализацией мирового хозяйства, развитием международной торговли твердым топливом и предстоящим приемом

России во Всемирную торговую организацию цены в России на твердое топливо поднимутся до уровня мировых. Тогда на выбор марки топлива будет оказывать, прежде всего, место установки блока и близость его к водным артериям. При этом нельзя исключить вариант, что для повышения конкурентоспособности производимой электроэнергии будет целесообразно использовать высококачественные импортные угли.

Котельная часть блока будет включать в себя следующие основные элементы (рис. 1): систему приготовления топлива к сжиганию, котёл с топочной камерой и конвективными поверхностями нагрева (КПН), систему очистки дымовых газов ($De-NO_x$, золоулавливание $De-SO_x$), систему шлакозолоудаления, тяго-дутьевые машины, систему автоматического управления (САУ). По уровню выбросов вредных веществ в атмосферу блок должен соответствовать современным европейским стандартам: концентрация в уходящих газах NO_x — не более 200 мг/нм^3 , SO_x — не более 200 мг/нм^3 , золы — не более 50 мг/нм^3 .

Для таких котлов обычно применяют три основные компоновки: Т-образную, башенную или Эль-Пасо. В данном проекте принята Т-образная компоновка котла (рис. 2), которая позволяет уменьшить размеры конвективных газоходов. Для повышения надежности работы и экологических показателей котла принята низкотемпературная вихревая (НТВ) технология сжигания твердого топлива [3], разработанная на кафедре РиПГС. НТВ-технология позволяет сжигать топливо угрубленного помола в условиях многократной его циркуляции, интенсифицировать теплообмен в топке, снизить температурный уровень в ней и уменьшить шлакование, снизить эмиссию оксидов азота и увеличить эффект связывания оксидов серы с минеральной частью топлива. Так как конструкция НТВ-топки отработана на типоразмерах с глубиной 7...8 метров, то топку предлагается выполнить сдвоенной, с вертикальным разделительным двухсветным экраном. Для дополнительного снижения оксидов азота (примерно на 30%) целесообразно вводить выше уровня основных горелок около 10% тонкой пыли, организовывая таким образом «трёхступенчатое сжигание».

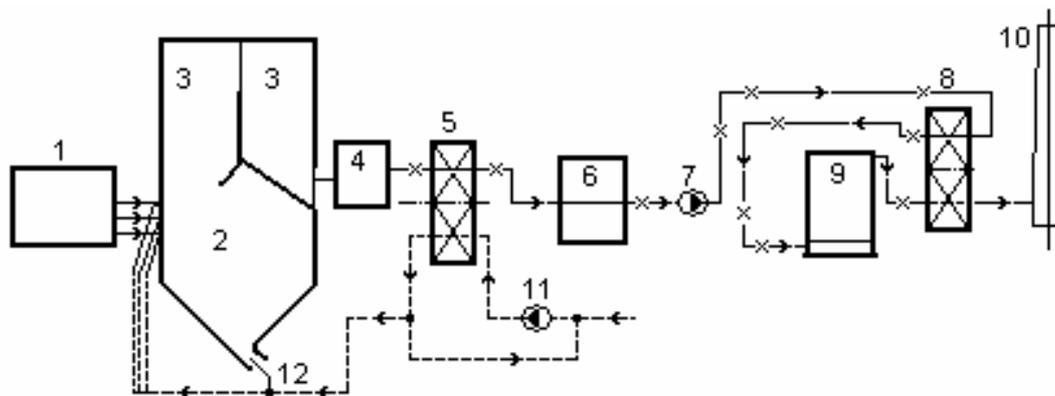


Рис. 1. Схема газо-воздушного тракта котла блока 500 МВт:

- 1 — система топливоприготовления; 2 — топка котла; 3 — конвективные поверхности нагрева;
- 4 — система $De-NO_x$; 5 — регенеративный воздухоподогреватель; 6 — электрофильтр;
- 7 — дымосос; 8 — газоподогреватель; 9 — система $De-SO_x$; 10 — дымовая труба (или градирня);
- 11 — дутьевой вентилятор; 12 — нижнее дутье

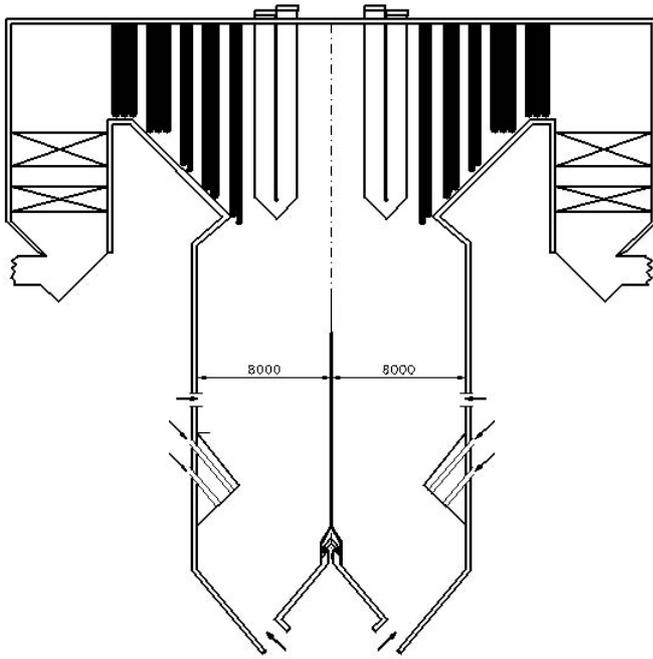


Рис. 2. Т-образная компоновка котла блока 500 МВт

Система приготовления топлива принята замкнутая, с прямым вдуванием и среднеходными мельницами.

Экраны топки и конвективных газоходов выполнены газоплотными; система навивки — комбинированная, из панелей Бенсона и Зульцера. За топкой расположены ШПП и КПП высокого, среднего и низкого давлений. За водяным экономайзером, в опускном газоходе установлена система нейтрализации оксидов азота, состоящая из 4-х ступеней аммиачной каталитической очистки (КПД очистки 80...85 %). После нее газы направляются в регенеративные вращающиеся воздухоподогреватели (РВП) типа Юнгстрем, а затем — в золоуловители — электрофилтры (КПД 99 %). Нужно ли будет ставить перед ними предвключенные циклоны грубой очистки, покажут последующие проработки. Охлажденные и очищенные от золы и оксидов азота газы

направляются в систему «мокрой» десульфуризации (КПД очистки 85...90 %). После системы De-SO_x газы имеют температуру 50...55⁰С, т.е. около «точки росы». Для исключения конденсации водяных паров в газоходах и дымовой трубе дымовые газы подогреваются до температуры примерно 80⁰С в газо-газовом подогревателе типа РВП.

Сочетание НТВ-технологии и систем очистки дымовых газов позволит повысить экологические характеристики блока до уровня лучших мировых образцов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шестаков С.М. Низкотемпературное сжигание твердых топлив как перспективное направление развития отечественной энергетики // Химия горения и взрыва, матер. науч. семинара СПб НЦ РАН, СПб, 24-25 мая 2001 г. СПб: РНЦ «Прикладная химия», 2001. С. 40-46.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. 256 с.
3. Шестаков С.М., Ахмедов Д.Б. Паровые котлы. Часть 3. Конструирование топочных камер: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. 56 с.