

# ПЕРЕВОД КОТЛА БКЗ-75 НА СЖИГАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ СХЕМЕ

В.Е. Голубев, Е.Б. Жуков, К.С. Афанасьев, Е.М. Пузырев

*Изложены результаты исследований характеристик воздухоразделительных решеток с колпачками диффузорного типа. Сделан вывод о том, что сочетание плавного входа потока в канале колпачка с диффузорным эффектом позволяет понизить сопротивление колпачка. Для устранения сильного износа колпачков с отверстиями при их коридорном расположении необходимо использовать колпачки с большим углом раскрытия.*

СКБ «ПроЭнергоМаш» в 2007 г. выполнен проект перевода типового котла БКЗ-75 для Селенгинского целлюлозно-картонного комбината - СЦКК, на совместное сжигание угля и кородревесных отходов (рис. 1). При проектировании было проведено численное моделирование и оптимизация, аэродинамической обстановки котла с целью совершенствования схемы НТВ сжигания и модификации котла (рис. 2), выполняемой по патенту №2132016 [1]. На данный момент проведены

режимно-наладочные и балансовые испытания и сейчас котел БКЗ-75-39-440ФБ ст. № 5 ТЭЦ СЦКК находится в эксплуатации.

Топочная камера реконструированного котла с целью создания низкотемпературного вихря оснащена системой нижнего дутья. Кроме того, на котле ст.№ 5 для обеспечения снижения влажности корьевых отходов была внедрена сушка топлива в шнеках-сушилках. Экономический эффект реконструкции составил до 4 млн.руб./мес.

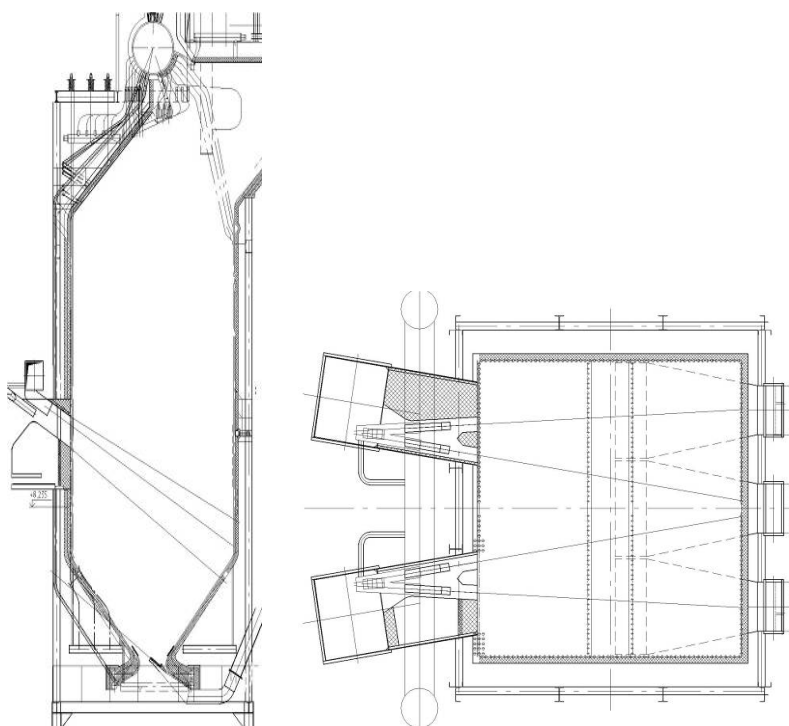


Рис. 1. Продольный и поперечный разрезы топочной камеры котла БКЗ-75 с указанием направления струй топливовоздушной смеси

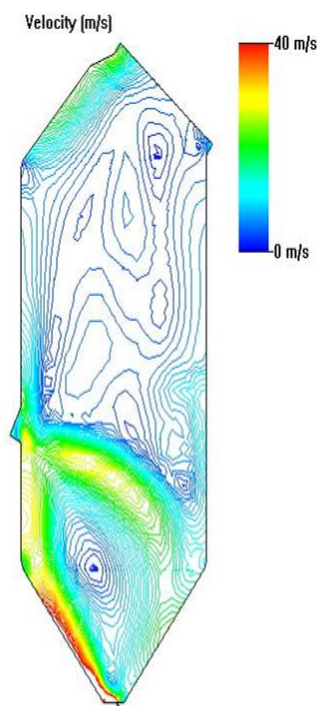


Рис. 2. Изолинии скоростей в топке котла БКЗ-75

Рассматриваемая ТЭЦ, как и большинство ТЭЦ и крупных энергетических установок, работает по пылеугольной технологии с факельным сжиганием. С другой стороны из-за наличия большого количества кородревесных отходов, рис. 3, в СЦКК имелась

*ПОЛУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2007*

большая заинтересованность в их утилизации по приемлемо простой схеме.

Использование биомассы при совместном сжигании с углем особенно актуальна и была принята за основу разработки данной технологии. Увеличение доли, вырабатывае-

мой на биомассе энергии, связано с все большей популярностью совместного сжигания биомасс с углем в существующих пылеугольных котлах. Применение в котлах даже небольшой доли биомасс приводит к их широкой утилизации без больших капитальных вложений в отличие от строительства специальных установок. При сжигании отходов

биомассы вовлекается в топливный баланс топливо, имеющее отрицательную стоимость в экономическом балансе предприятия, а также освобождаются полезные площади СЦКК, исключаются затрат на вывоз отходов и содержание полигона для их хранения (рис. 3).



Рис. 3. Накопление кородревесных отходов на предприятии

После адаптации моделей был проведен вариантный расчет по предлагаемым схемам реконструкции топочной камеры. Сравнительный анализ фактического состояния топки и вариантов возможной реконструкции выполнен по таким критериям, как наброс факела на экраны, аэродинамическая стабильность факела, выгорание топлива пристенные скорости газов, траектории движения частиц, рис. 4.

Большинство реконструкций по НТВ схемам сжигания в низкотемпературном вихре, предполагают существенные изменения в конфигурации топочных экранов. Например, различного рода пережимы, сложные разводки, заужение холодной воронки с перекрытием её скатов на определенную величину.

Любые манипуляции с экранными трубами вызывают множество проблем в части: обеспечения устойчивой циркуляции в испарительном контуре, реконструкции каркаса котла, затраты на демонтаж и изготовление.

Нами была поставлена задача при сохранении конфигурации существующих топочных экранов, путем совершенствования аэродинамической схемы подачи дутья, реализовать преимущества НТВ сжигания. К та-

ковым мы относим: аэродинамическое удержание частиц топлива до их полного выгорания, стабилизацию процесса за счет интенсификации тепло-массообменных процессов, равномерность теплосъема, расширение диапазона регулирования, понижение выбросов за счет полноты завершенности реакций при пониженной температуре. В ходе численного моделирования в пространство топочного объема был введен элемент, названный нами «трамплином», который обеспечивал аэродинамическую устойчивость вихря и пониженный провал топливных частиц в холодную воронку. Этот элемент отличает простота выполнения, он крепится прямо на существующий экран холодной воронки, при этом защищает сопла нижнего дутья и выполняет роль зажигательного пояса.

Конфигурация трамплина подобрана таким образом, чтобы обеспечивалось условие самоочистки его поверхности во время работы. Вторым элементом, в сочетании с которым планировалось обеспечить требуемые качества топочного объема, являются V-образные горелки. Они также монтируются в существующее разводки на фронтальной стене. Подача с фронта дутья в V-образные горелки

## ПЕРЕВОД КОТЛА БКЗ-75 НА СЖИГАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ СХЕМЕ

и встречно нижнего дутья приводит к формированию вихревой аэродинамики в топочном объеме. При этом горячий поток поднимается из холодной воронки вдоль фронтального экрана под фау-горелки и зажигает факел непосредственно у корня. За счет такой аэродинамики повышается надежность воспламенения и устойчивость топочного процесса, расширяется диапазон регулирования. Благодаря правильной их конфигурации и установке они полностью аэродинамически перекрывают фронтальный экран, обеспечивая стабильную циркуляцию потока частиц и газов. При этом область стока вихря смещена к заднему экрану, в ней при развороте потока происходит эффективная сепарация, способствующая многократной циркуляции топлива внутри топки.

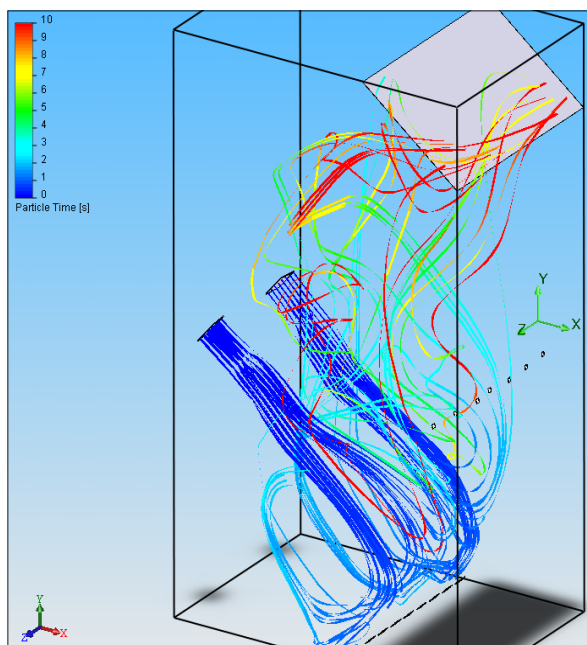


Рис. 4. Треки частиц 100 мкм (градиент окраски по времени пребывания)

Предложенная схема более эффективна и более устойчива, чем факельное пылеугольное сжигание. Объем реконструкции мал в сравнении с другими схемами. Вихревая топка встраивается в существующий топочный объем котла без дорогостоящей переделки или замены большей части топочных экранов, которая требуется при реконструкциях по другим схемам. При таком подходе удержание частиц топлива в вихревой топке до их глубокого выгорания обеспечивается за счет оптимизированной математическим моделированием аэродинамической обстановки.

Высокая стабилизирующая способность вихревой структуры позволяет использовать даже низкосортные топлива, к которым относятся высоковлажные до 50% кородревесные отходы. Натурные испытания реконструированного котла подтверждают формирование вихревой аэродинамики, уменьшение неравномерности теплосъема и снижение эмиссии оксидов азота и угарного газа. На основании теплового расчета были приняты доли угля 80% и КДО 20% в подаваемом топливе. Впоследствии при эксплуатации агрегата доля КДО была увеличена до 40-60%, при этом стабильность работы котла не была нарушена. Следует отметить, что это необычно высокий показатель, т.к. по зарубежной практике специфические свойства биомасс в особенности их шлакующие и коррозионные свойства ограничивают долю утилизации отходов, она не превышает 10-15% и типично [2] составляет 5-10%.

Таблица 1  
Характеристики топлив подаваемых в смеси на котёл после реконструкции

| Вид топлива                                              | -       | Азейский уголь / корьевые отходы |
|----------------------------------------------------------|---------|----------------------------------|
| Низшая теплота сгорания топлива, ккал/кг                 | $Q_i^r$ | 3600/2420                        |
| Общая влага в рабочем состоянии топлива, %               | $W_I^r$ | 23,6/42                          |
| Зольность в рабочем состоянии топлива, %                 | $A^r$   | 17,50/9,7                        |
| Летучие вещества в сухом беззольном состоянии топлива, % | $V^d$   | 45,5 /81,4                       |
| Расчетный расход топлива (по обратному балансу), т/ч     | $B_p$   |                                  |
| Уголь                                                    |         | 9,8(60%)                         |
| Кора                                                     |         | 6,8(40%)                         |

Котел БКЗ 75-39-440ФБ ст.№5 при сжигании смеси азейского бурого угля и КДО работает надежно в диапазоне паровых нагрузок 50-75т/ч с параметрами перегретого пара, определяемыми режимом работы основного оборудования комбината. Характеристика топлив подаваемых в смеси на котел представлена в таблице 1.

При близкой номинальному значению паровой нагрузке котла КПД «брутто» составляет — 92%, что несколько ниже проектного значения 93%. Сопоставление расчетных и фактических характеристик котла БКЗ-75 представлено в таблице 2.

Таблица 2  
Расчетные и фактические характеристики  
котла БКЗ-75 после реконструкции

| № п/п | Наименование параметра                       | Расчет | Факт    | Ед. измер.         |
|-------|----------------------------------------------|--------|---------|--------------------|
| 1     | Паропроизводительность                       | 75     | 75      | т/ч                |
| 2     | Давление в барабане                          | 44     | 44      | кг/см <sup>2</sup> |
| 3     | Давление перегретого пара                    | 40     | 37-40   | кг/см <sup>2</sup> |
| 4     | Температура перегретого пара                 | 440    | 420-440 | °C                 |
| 5     | Температура питательной воды                 | 145    | 135     | °C                 |
| 6     | Избыток воздуха на выходе из топки           | 1,3    | 1,35    |                    |
| 7     | Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах | 1,39   | 1,5     |                    |
| 8     | Температура уходящих газов                   | 105    | 145     | °C                 |
| 9     | Температура горячего воздуха                 | 290    | 280-320 | °C                 |
| 10    | Потери с химическим недожогом                |        | 0,96    | %                  |
| 11    | Потери с механическим недожогом              |        | 0,62    | %                  |
| 12    | КПД котла                                    | 93     | 92      | %                  |

Пониженный КПД котла обусловлен, в первую очередь, повышенными присосами холодного воздуха в тракт конвективной шахты, которые составляют порядка 8,5%.

Суммарные потери тепла от химической и механической неполноты горения незначительные, и поэтому не оказывают заметного влияния на КПД котельного агрегата.

Выбросы оксидов азота с дымовыми газами, приведенные к нормативному содержанию кислорода O<sub>2</sub> (порядка 6%) при номинальной нагрузке котла составляют 250 мг/нм<sup>3</sup>. Содержание СО в уходящих газах составляет незначительную величину - 22-105 ppm. Шлакование поверхностей нагрева не наблюдается. Провал в холодную воронку недогоревшего топлива незначителен.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Математическое моделирование аэродинамической обстановки в НТВ топках энергетических котлов / В.Е. Голубев, К.С. Афанасьев, Е.М. Пузырев, Е.Б. Жуков // Приоритетные направления науки и техники, прорывные и критические технологии «Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики» (ЭЭТПЭ-2007): Мат. Всерос. научно-практ. конф. с междунар. участием. – Барнаул: Алтайский дом печати, 2007. – С. 113-114.

2. Co-utilization of Coal and Biomass/ Waste: Technology Status // Report / ETSU for the DTI.-TSR004.-Великобритания, июль, 1997.