Министерство образования Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

На правах рукописи



**ЯНОВ Сергей Романович**

**04201056616**

02.06.2010

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ**

**ПАРОВЫХ КОТЛОВ**05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика  
05.14.14 - Тепловые электрические станции,  
их энергетические системы и агрегаты  
диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Красноярск — 2010

Научный руководитель д-р техн. наук Бойко Е.А.

**Введение**

1. **Опыт эксплуатации пылеугольных паровых котлов при про­блемах шлакования и загрязнения поверхностей нагрева и ме­тоды их очистки**
   1. Анализ причин повреждения котельных агрегатов в процессе экс­плуатации
   2. Влияние шлакования и загрязнения поверхностей нагрева на надеж­ность работы котельных агрегатов
   3. Существующие методы борьбы со шлакованием и загрязнением по­верхностей нагрева
   4. Описание объектов исследований
      1. Описание котла П-67 (Пп-2650-255) Березовской ГРЭС
      2. Описание котла П-57 (Пп-1650-255) Рефтинской ГРЭС
      3. Описание котла ПК-39 (Пп-950-255) Рефтинской ГРЭС
      4. Описание котла ПК-3 8 Назаровской ГРЭС
   5. Основные характеристики и экспертная оценка шлакующих и за­грязняющих свойств углей
   6. Постановка цели и задач исследования
2. **Разработка методики исследования процессов шлакования и за­грязнения поверхностей нагрева пылеугольных котельных аг­регатов**
   1. Разработка методики и алгоритма определения интенсивности шла­кования и загрязнения поверхностей нагрева паровых котлов в ре­жиме реального времени
   2. Формирование исходных данных, необходимых для определения интенсивности загрязнения полурадиационных и конвективных по­верхностей нагрева
   3. Методика проведения комплексных испытаний, измерений и обра­ботки опытных данных
   4. Результаты применения усовершенствованной методики и алгорит­ма оценки тепловой эффективности на объектах исследований
   5. Выводы
3. **Экспериментально-расчетные исследования интенсивности шлакования и загрязнения поверхностей нагрева пылеуголь­ных паровых котлов**
   1. Исследование зависимости тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева от температуры газов
   2. Влияние температуры газов и температуры рабочей среды (темпера­тура стенки) на интенсивность загрязнения полурадиационных и конвективных поверхностей нагрева
   3. Влияние температуры и скорости газов на интенсивность загрязне­ния полурадиационных и конвективных поверхностей нагрева
   4. Влияние конструктивных характеристик поверхностей нагрева и

7

7

9

20

36

36

40

1. 43

46

58

1. 59

62

65

69

72

73

73

75

77

82

средств очистки на динамику шлакования и загрязнения поверхно­стей нагрева -

* 1. Влияние качества угля на коэффициент тепловой эффективности ^ поверхности нагрева
  2. Оценка погрешности результатов экспериментальных исследований 92
  3. [Выводы 93](#bookmark21)

1. **Разработка рекомендаций и мероприятий для обеспечения и по- ^**

**вышения тепловой эффективности поверхностей нагрева**

* 1. Использование результатов исследований тепловой эффективности ^

поверхностей нагрева в практике решения проектных задач

* 1. Разработка алгоритмического и технологического обеспечения для

технической диагностики процессов шлакования и загрязнения по- ^

лурадиационных и конвективных поверхностей нагрева в режиме реального времени

* 1. Разработка алгоритма прогнозирования периодичности проведения ^

обдувки полурадиационных поверхностей нагрева

* 1. Практическое применение методического, алгоритмического и про­граммного обеспечения для оценки эффективности очистки полура- 108 диационных и конвективных поверхностей нагрева котла П-67
  2. Практическое применение методического, алгоритмического и про­граммного обеспечения для оценки эффективности очистки конвек- 109 тивных поверхностей нагрева котла ПК-38
  3. [Выводы 112](#bookmark38)

Основные результаты и выводы 114

[Список использованных источников 117](#bookmark39)

Приложение 1 125

Приложение 2 127

Приложение 3 133

Приложение 4 135

**Выводы**

1. Практическое использование результатов экспериментально­расчетных исследований по определению коэффициента тепловой эффективно­сти конвективных и полурадиационных поверхностей нагрева позволяет полу­чать рациональные проектные решения, подбирая наиболее оптимальное рас­положение проектируемой поверхности, как по газовому, так и по пароводяно­му тракту в зависимости от проектно обоснованной величины коэффициента тепловой эффективности. Так например, при проектировании конвективных поверхностей нагрева котла, сжигающего березовский уголь, значение \\f = 0,5 можно обеспечить поддержанием средней температуры газов « 640°С и темпе­ратуры пара « 450°С или достижением альтернативной комбинации - темпера­туры газов « 735°С и температуры пара « 300°С. Кроме того, при фиксирован­ном значении температуры газов можно обеспечить требуемое значение \р пу­тем изменения площади живого сечения для прохода газов (числа поперечных рядов Zj пакета). Например, на котле ПК-39 при сжигании экибастузского угля для конвективных поверхностей нагрева изменение скорости газов с 7 до 8 м/с влечет за собой изменение величины \|/ на 4-7 %. В этой связи, при проектиро­вании паровых котлов рекомендуется площадь поверхности нагрева определять на номинальную паропроизводительность, а оценку работы регулирующих ор­ганов на частичных нагрузках котла выполнять с учетом найденой зависимости vj/ от скорости газов.
2. Внедрение алгоритмического и программного обеспечения интегриро- ваного в АСУ ТП котла П-67 Березовской ГРЭС для текущей оценки интенсив­ности шлакования и загрязнения поверхностей нагрева позволило скорректиро­вать работу средств очистки полурадиационных поверхностей нагрева и сокра­тить затраты на обдувку на ~ 800000 руб/год на два котла. Применение алго­ритмического и программного обеспечения для текущей оценки интенсивности шлакования и загрязнения поверхностей нагрева на котле ПК-38 Назаровской ГРЭС подтвердило возможность сокращения периодичности проведения дро­беочистки с 6 до 4 раз в сутки с обеспечением требуемой надежной работы кот­ла. Сокращения числа циклов включения дробеочистки привело к снижению годовых затрат на закупку дроби с 621 до 463 тыс. руб., а так же к снижению затрат тепла на 482,2 Гкал/год.
3. На основе экспериментально-расчетных исследований динамики из­менения коэффициента тепловой эффективности полурадиационных поврехно- стей нагрева котла П-67 Березовской ГРЭС выявлены негативные факторы влияния скорости газов на интенсивность загрязнения и шлакования полура­диационных поверхностей нагрева.

Разработаны методика прогноза процесса шлакования и алгоритм применений средств очистки полурадиационных и конвективных поверхностей нагрева от наружных отложений в режиме реального времени при различных режимах работы котла, основанные на анализе данных оперативного контроля показателей тепловой эффективности до и после использования обдувочных аппаратов, что позволяет повысить надежность и экономичность эксплуатации котла, а также эффективность применяемых средств очистки. Основной задачей данного алгоритма является определение скорости b изменения коэффициента тепловой эффективности рассматриваемой поверхности нагрева после проведе­ния очистки. Величина скорости определяется в зависимости от режимных па­раметров, таких как: температура газов, температура рабочей среды и скорость газов. В свою очередь данные параметры регистрируются алгоритмом прогно­зирования после проведения очистки заданной поверхности нагрева