

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЧИСТКИ ТОПОЧНЫХ ЭКРАНОВ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Жуков К.Ю.<sup>1</sup>, Поцепня К.Н.<sup>2</sup>, Левченко А.А.<sup>3</sup>

Email: Zhukov663@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Жуков Кирилл Юрьевич – инженер-проектировщик,  
ООО «Таёжный Кислород»;

<sup>2</sup>Поцепня Кирилл Николаевич - ведущий специалист научно-технического обеспечения;

<sup>3</sup>Левченко Анастасия Андреевна – инженер-проектировщик,  
ГК «Техполимер»,  
г. Красноярск

**Аннотация:** получены регрессионные зависимости локального коэффициента теплопроводности золошлаковых отложений, образующихся на топочных экранах котельных агрегатов, в зависимости от температуры и химического состава. Установлены закономерности изменения коэффициентов тепловой эффективности топочных экранов котлов при сжигании шлакующих топлив в условиях водяной очистки. Разработаны методы эффективной очистки топочных экранов водяными обдувочными аппаратами. Приведены результаты измерения торцевым термозондом специальной конструкции падающих тепловых потоков на всех котлах.

**Ключевые слова:** топочные экраны, обдувочные аппараты, тепловая эффективность, водоохлаждаемые тепломеры, теплосъемный элемент, коэффициент теплопроводности, падающий тепловой поток.

## PERFECTION OF THE METHOD OF CLEANING THE ELECTRIC SCREENS OF BOILER UNITS

Zhukov K.Yu.<sup>1</sup>, Potsepnya K.N.<sup>2</sup>, Levchenko A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Zhukov Kirill Yurievich – Engineer,  
LLC «TAEZHNY KISLOROD»;

<sup>2</sup>Potsepnya Kirill Nikolaevich – Senior Specialist of Scientific and Technical Support;

<sup>3</sup>Levchenko Anastasiya Andreevna – Engineer,  
TEKHPOLIMER GROUP OF COMPANIES,  
KRASNOYARSK

**Abstract:** regression dependences of the local thermal conductivity of ash and slag deposits formed on the furnace screens of boiler units depending on temperature and chemical composition are obtained. The regularities of changes in the thermal efficiency coefficients of the boiler flue screens when burning slagging fuels under conditions of water purification are established. Methods have been developed for the effective cleaning of furnace screens with water blowers. The results of measurement by an end thermal probe of a special design of the incident heat fluxes on all boilers are given.

**Keywords:** furnace screens, blowers, thermal efficiency, water-cooled heat meters, heat removal element, thermal conductivity coefficient, incident heat flux.

УДК 697.326.8

Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. исходит из сохранения доминирующей роли тепловых электрических станций (ТЭС). Использование низкосортных твердых топлив при их сжигании в паровых котлах ТЭС сопряжено с высокой склонностью золы к загрязнению поверхности нагрева [1]. Золотые натрубные отложения приводят к снижению эффективности работы котлов ТЭС, в связи с чем необходимо проводить исследование экологических характеристик тепловой электростанции [2], эффективности различных способов очистки поверхностей нагрева котельных агрегатов [3-6].

Эффективность очистки топочных экранов водяными обдувочными аппаратами оценивалась по изменению локальных коэффициентов тепловой эффективности ( $\psi_{л}$ ), определяемых как отношение величины воспринятого теплового потока ( $q_{в}$ ) к величине падающего теплового потока ( $q_{п}$ ) в той же точке. Суммарная эффективность очистки оценивалась по изменению температуры газов в поворотной камере до и после очистки (на котле БКЗ-500 также на уровне нижнего обреза ширм) [7]. Анализ работы котлоагрегатов

рассмотрен авторами в работах [8-12]. Вопросам моделирования и расчету течений в топках паровых котлов посвящены работы [19-21].

Целью данного исследования являлось определение эффективности очистки топочных экранов водяными обдувочными аппаратами. Исследование проводилось на котельных агрегатах БКЗ-500, БКЗ-420.

В качестве датчиков воспринятого теплового потока на котлах БКЗ-420 и БКЗ-500 использовались водоохлаждаемые тепломеры, которые устанавливались в существующие лючки топочной камеры на 100-150 часов. Показания тепломеров непрерывно фиксировались.

Котельный агрегат типа БКЗ-420-140 однобарабанный, вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией. Котел работает в режиме жидкого шлакоудаления, имеет топочную камеру полуоткрытого типа. Экраны фронтальной и задней стенки образуют пережим, который делит топку на камеры горения и охлаждения. Камера горения выполнена в виде двух сообщающихся восьмигранных предтопок и оборудована восемью блоками прямооточных пылеугольных горелок (по четыре в предтопке). Оси горелок направлены по касательной к воображаемой окружности диаметром 1000 мм. Трубы заднего экрана образуют в нижней части топки односкатный слабонаклонный под, в котором выполнены лотки для удаления шлака.

В период испытаний на котле сжигался назаровский бурый уголь. Схема установки аппарата ОВД и зона его действия представлена на рис. 1.

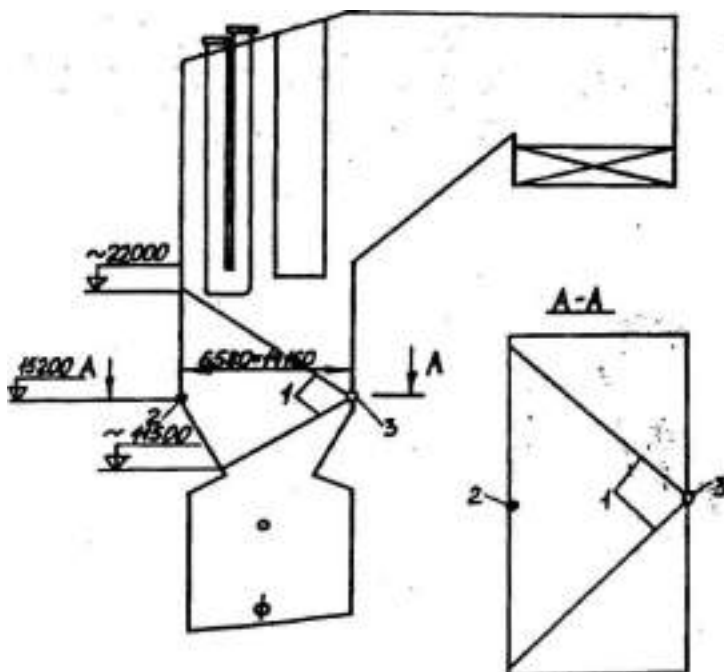


Рис. 1. Схема расположения обдувочного аппарата и тепломера: 1. Границы водяной струи. 2. Тепломер. 3. Аппарат водяной обдувки

Во время проведения испытаний на аппарате было установлено сопло диаметром 10 мм. В качестве обдувочного агента использовалась техническая вода давлением 0,5-0,8 МПа. Для определения эффективности водяной обдувки в наиболее теплонапряженной зоне был установлен водоохлаждаемый тепломер. Падающие тепловые потоки ( $q_n$ ) в месте установки тепломера находились во время проведения испытаний на уровне 175-185 кВт/м. Температура лобовой образующей чистого тепломера не превышала 400°C. Опыт длился 62 часа при работе котла с постоянной нагрузкой 410-430 т/ч.

График изменения локального коэффициента тепловой эффективности тепломера ( $\psi$ ) во времени показан на рис. 2-3. Как видно из рисунков, максимальный темп падения значений  $\psi$  достигает 0,12 ч<sup>-1</sup>. Водяная обдувка топочных экранов приводит к восстановлению  $\psi$  до прежних значений независимо от исходного уровня, что говорит о низкой прочности образующихся золовых отложений и эффективности очистки. Низкая прочность (и связь с

трубой) отложений подтверждается наличием эффекта саморасшлаковки, зафиксированном на тепломере, а также визуальными наблюдениями.

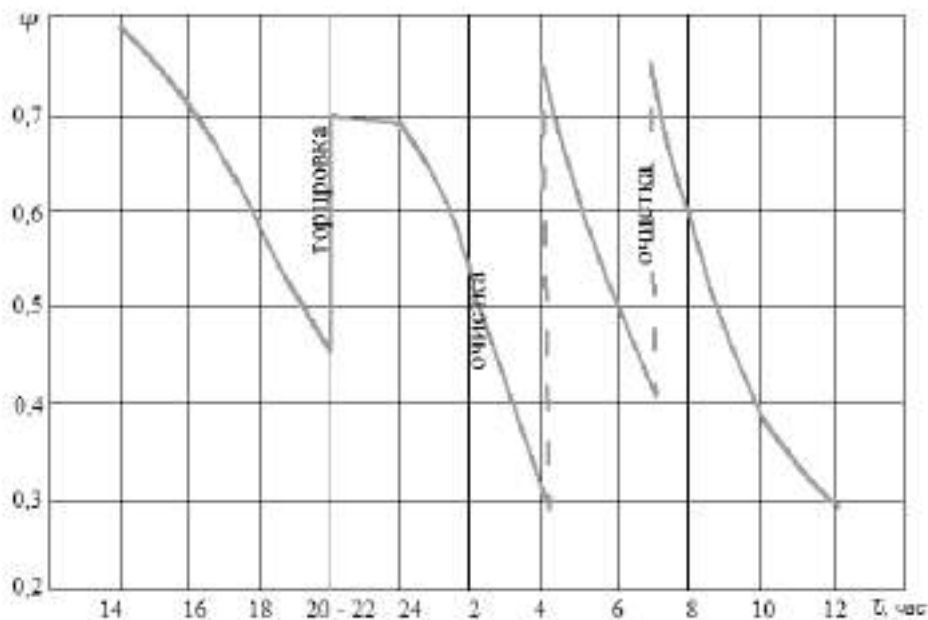


Рис. 2. Изменение локального коэффициента тепловой эффективности

Паровой котел БКЗ-500 предназначен для работы на ирша-бородинском и березовском углях при твердом шлакоудалении [2]. Котел однокорпусный с расположением поверхностей нагрева по П-образной компоновке. Топочная камера открытая, призматическая, сечением 11,3x10,3 м полностью экранирована цельносварными вертикальными панелями. В горизонтальном поворотном газоходе расположены конвективные пакеты пароперегревателя, а в нисходящем газоходе-водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель.

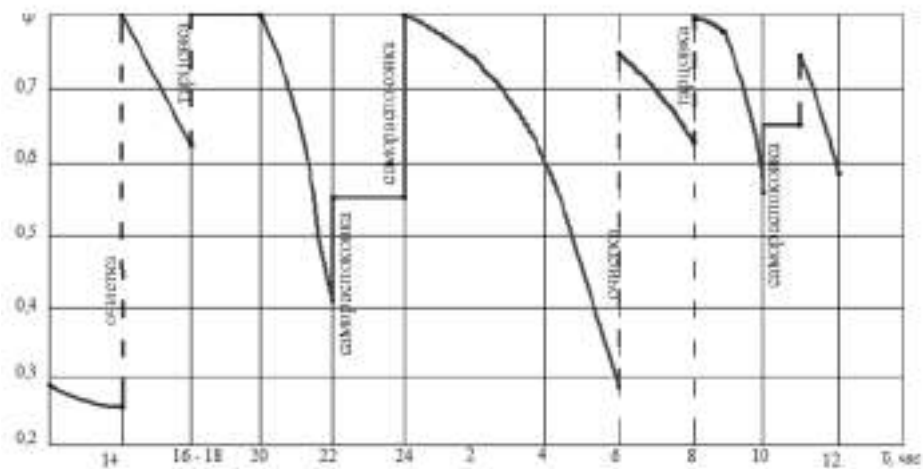


Рис. 3. Изменение локального коэффициента тепловой эффективности

Котел оборудован прямоугольными горелками, расположенными в каждом углу топки в три яруса. Система пылеприготовления прямого вдувания с мелющими вентиляторами и газовой сушкой топлива. Во время испытаний на котле сжигался ирша-бородинский уголь.

Для очистки поверхностей нагрева котла БКЗ-500 от наружных отложений проектом предусмотрена комплексная система очистки водой топочных экранов, паровая обдувка ширм и конвективного пароподогревателя, дробеочистка экономайзера и воздухоподогревателя.

Для очистки экранов топочной камеры в период монтажа котла было установлено 26 аппаратов паровой обдувки типа ОГР-У и 27 маловыдвижных аппаратов паровой обдувки типа ОМ-0,35. Дополнительно на отметке 22,5 м., были установлены 4 дальнобойных водяных обдувочных аппарата типа АВО (рис. 4).

Исследования эффективности работы средств очистки топочной камеры велились при работе котла в базовом режиме ( $D_K = 500$  т/ч) на ирша-бородинском и березовском углях. В качестве датчиков воспринятого теплового потока использовались водоохлаждаемые тепломеры, устанавливаемые в существующие лючки топочной камеры. Графики изменения локальных значений коэффициента тепловой эффективности ( $\psi$ ) в период сжигания ирша-бородинского угля представлены на рис. 5-6.

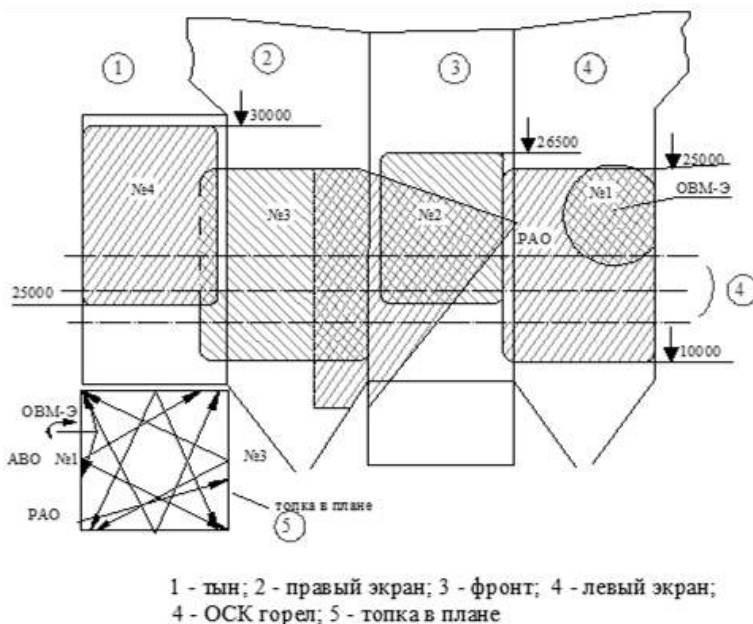


Рис. 4. Зоны очистки обдувочными аппаратами топки котла Е-500

Как видно из графиков, темп шлакования топочных экранов на порядок ниже, чем на котле БКЗ-420. Значения  $\psi$  стабилизируются на уровне 0,4-0,5 в среднем за 120-160 часов работы котла за исключением локальных очагов шлакования, возникающих при нарушениях режима работы котла. При этом на тепломерах образуется слой прочных железистых отложений толщиной 4-5 мм, не удаляемых водяной обдувкой.

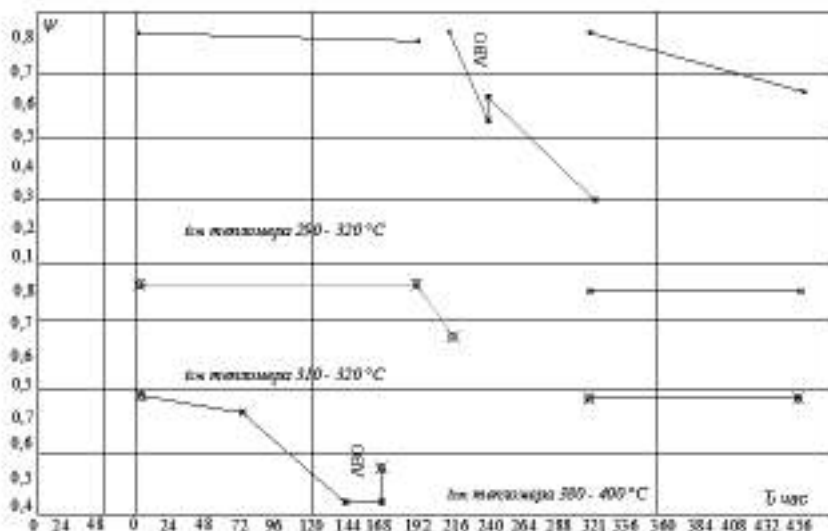


Рис. 5. Локальные коэффициенты тепловой эффективности экранов топочной камеры котла Е-500

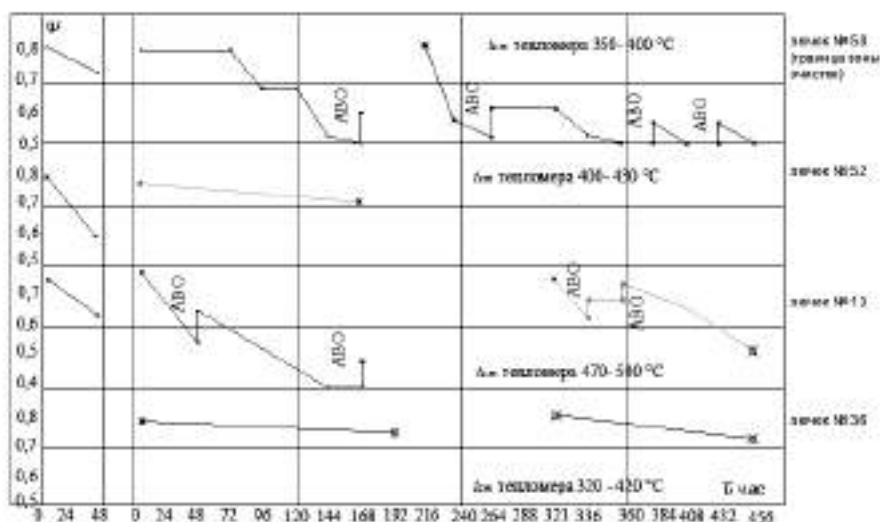


Рис. 6. Локальные коэффициенты тепловой эффективности экранов топочной камеры котла Е-500

### Выводы

Темп роста вторичных отложений, удаляемых водяной обдувкой, незначителен. Поэтому за один цикл работы водяных обдувочных аппаратов локальные значения  $\psi$  изменялись не более чем на 0,1. Показания жезловых термомпар, расположенных вблизи нижнего обреза ширм, снижались на 10-15 °С при общем уровне колебаний температуры в стационарном режиме около 20 °С. Включение паровых обдувочных аппаратов практически не оказывало влияния на величину локальных значений  $\psi$ .

### Список литературы / References

1. Бондарев А.И. Опыт сжигания назаровских углей в топках котлов ПК-38 Назаровской ГРЭС. Материалы научно-техн.совещания по повышению технического уровня сжигания канско-ачинских углей. Красноярск: ЦНТИ, 1963. С. 19-24.

2. Будилов О.И., Заворин А.С. Опыт улучшения экологических характеристик тепловой электростанции / Под ред. А.С. Заворина. Томск: Красное знамя, 1994. 100 с.
3. Васильев В.В., Белов С.Ю., Майданик М.Н. Тепловая эффективность поверхностей нагрева котла П-67 блока 800 МВт Березовской ГРЭС-1 в условиях комплексной очистки // Электрические станции. 1993. № 10. С. 5-10.
4. Васильев В.В. Шлакование, загрязнение и очистка поверхностей нагрева котлов Е-500 и П-67. Материалы Всероссийской научно-практ. конф. «Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях». Красноярск: СибВТИ, 2000. С. 203-212.
5. Влияние минеральной части энергетических углей на работу кот-лоагрегатов / М.И. Вдовенко, В.С. Бадакер, Н.Б. Киселев, Л.В. Москаленко. Алма-Ата: Наука, 1990. 284 с.
6. Дик Э.П. Шлакующие свойства ирша-бородинского и Березовского углей Канско-Ачинского бассейна / Э.П. Дик, А.Н. Соболева // Теплоэнергетика, 2004. № 9. С. 34-39.
7. Емельянов Р.Т. Исследование теплофизических и прочностных свойств золовых отложений / Р.Т. Емельянов, Э.Г. Сурнин. Вестник Красноярского аграрного университета, 2012. Вып. 12. С. 154-159.
8. Заворин А.С. Состав и термические свойства минеральной части бурых углей (теплотехнический аспект). Новосибирск: Изд-во ИТ СО РАН, 1997. 187 с.
9. Иванников В.М. Анализ работы котлоагрегатов, установленных на Красноярской ТЭЦ-1. Материалы научно-техн. совещания по экономическому сжиганию бурых углей Канско-Ачинского бассейна. - Красноярск: Красноярский рабочий, 1967. С. 191-198.
10. Лебедев И.К. Особенности сжигания углей Канско-Ачинского бассейна в топках энергетических котельных агрегатов большой паропроизводительности: Автореферат дисс. докт. техн. наук. Томск: Зап.-Сиб. книжное изд-во, 1971. 43 с.
11. Лебедев В.В. Совершенствование аэродинамики топочного процесса при сжигании дробленки ирша-бородинского угля (на примере котла БКЗ-420-140-9 Усть-Илимской ТЭЦ): Автореферат дисс. канд. техн. наук. Томск: ТПИ, 1991. 16 с.
12. Освоение головных и опытно-промышленных котельных установок при сжигании углей сибирских месторождений / Л.И. Пугач, Ф.А. Серант, А.Н. Волобуев и др. // Электрические станции. 1995. № 11. С. 3-13.

## СОЗДАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА И ИЕРАРХИИ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

**Михайлов Д.Ю. Email: Mikhailov663@scientifictext.ru**

*Михайлов Дмитрий Юрьевич – аспирант,  
кафедра системы автоматического управления,  
Тульский государственный университет, г. Тула*

***Аннотация:** приводится краткий обзор обобщенных уровней математического моделирования, применяемых при исследовании динамики летательного аппарата. Приведены три уровня иерархии математических моделей. Показывается возможность использования для построения ММ сложной технической системы методов диакоптики. Рассматривается пример верхней макромоделю летательного аппарата, где в качестве основы используются обыкновенные дифференциальные уравнения. Представлена схема из пакета Simulink ПО Matlab, описывающая работу такой системы.*

***Ключевые слова:** компьютерное моделирование, макро моделирование, математическая модель, пакет Simulink.*

## CREATING THE INTERFACE AND HIERARCHY OF THE AIRCRAFT FLIGHT DYNAMICS MODEL

**Mikhailov D.Yu.**

*Mikhailov Dmitry Yurievich - Graduate Student,  
DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS,  
TULA STATE UNIVERSITY, TULA*

***Abstract:** a brief review of the generalized levels of mathematical modeling used in the study of aircraft dynamics is given. Three levels of hierarchy of mathematical models are given. The possibility*