

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА В ТОПКЕ КОТЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРОВОЙ НАГРУЗКИ

М.А. ТАЙМАРОВ, Ю.В. ЛАВИРКО, Е.Э. БЕЛЯЕВА

Казанский государственный энергетический университет
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

В статье проанализировано влияние глубины и высоты расположения ярусов горелок на увеличение неравномерности теплового обогрева боковых экранов, а также определено, что при максимальном увеличении паровой нагрузки котла имеется резерв для увеличения плотности падающих на экранные поверхности тепловых потоков.

Ключевые слова: топка, паровая нагрузка котла, теплообмен, неравномерность теплового обогрева.

В данной статье приводятся экспериментальные результаты по величинам падающих лучистых потоков от факела на экраны топки при различных нагрузках котлов. Эксперименты выполнены на Набережно-Челнинской ТЭЦ (НчТЭЦ) и Нижнекамской ТЭЦ (НкТЭЦ) по методике, описанной в работах [1, 2].

Количество лючков по конкретным станционным номерам котлов ТГМ-84Б может различаться. Нумерация горелок 1-го яруса по конкретным станционным номерам котлов ТГМ-84Б и направления крутки воздуха в горелках также могут различаться.

При постоянной крутке воздуха в горелках исследование падающих от факела тепловых потоков по сечениям топок котлов №1, 5, 7, 9 ТГМ-84Б НчТЭЦ проведено при паровых нагрузках 263...315 т/час. На рис. 1, 2 показаны результаты измерений падающих на экраны тепловых потоков в сечениях 1 и 2. Как видно из рис. 1, 2 при измерениях в сечении 1 (по глубине топки) через лючки левого бокового экрана, расположенные на расстоянии 0,3 м от заднего экрана, значения падающих потоков теплового излучения от факела в среднем выше в 1,7...1,9 раза, по сравнению с измеренными через лючки левого бокового экрана в сечении 2. Такие же результаты были получены по температурам на уровне горелок.

Необходимо отметить, что плотность излучения (по глубине) от факела выравнивается по высоте топки котла, что является очень нежелательным фактором для оптимального протекания радиационного теплообмена в топке. На уровне горелок падающее на экраны тепловое излучение факела $q_{\text{гор}}$ должно превосходить излучение на выходе из топки (отм. 22,3 м) в среднем в 2...2,5 раза.

Поэтому для достижения рациональных условий протекания радиационного теплообмена необходимо изменить крутку факела, сместив ядро факела ближе к поду котлов на 1...2 м.

Из рассмотрения данных рис. 1 в сечении 1 наиболее низкие значения падающих тепловых потоков имеет котел №1. В сечении 2 (см. рис. 2) наиболее низкие значения падающих тепловых потоков имеет котел №9. На рис. 1 и 2 проследить обобщенную для всех котлов зависимость изменения величины падающих от факела на экраны тепловых потоков, измеренных в сечениях 1 и 2 на одной отметке высоты h , от изменения паровой нагрузки не удастся, так как по глубине топки каждый котел характеризуется различной длиной факела.

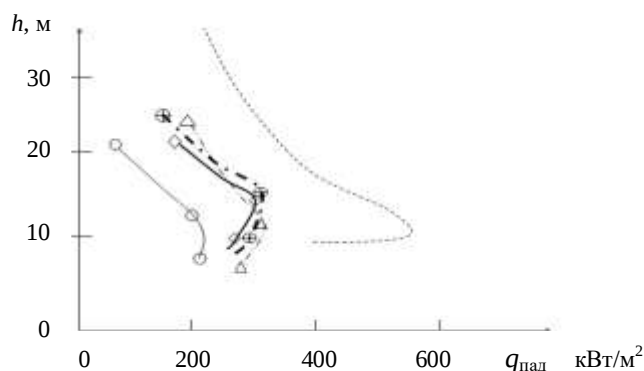


Рис. 1. Падающие потоки излучения по высоте h топок котлов ТГМ-84Б НЧТЭЦ по данным за 19-20.09.06 при номинальной нагрузке 300 т/час. Измерение в сечении 1 (по глубине топки) через лючки 1-а, 5 левого экрана. Лючки расположены на расстоянии 0,3 м от заднего экрана. Отметка высоты центра холодной воронки 2,0 м, топливо – газ с $Q_n^p = 8032,16$ ккал/м³

- — котел №1: паровая нагрузка 315 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,0 \%$, $t_{yx} = 111/114^\circ\text{C}$;
- ⊕ — котел №5: паровая нагрузка 300 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,1 \%$, $t_{yx} = 114^\circ\text{C}$;
- ◇ — котел №7: паровая нагрузка 263 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,4 \%$, $t_{yx} = 106^\circ\text{C}$;
- △ — котел №9: паровая нагрузка 310 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,1 \%$, $t_{yx} = 120^\circ\text{C}$;
- Данные Абрютин А.А. и др. для ядра факела в топке котла ТГМП-314 при сжигании мазута (см. статью «Особенности теплообмена в топке мощного мазутного котлоагрегата с подовой компоновкой горелок» // Электрические станции. 1981. №9. С. 27-30)

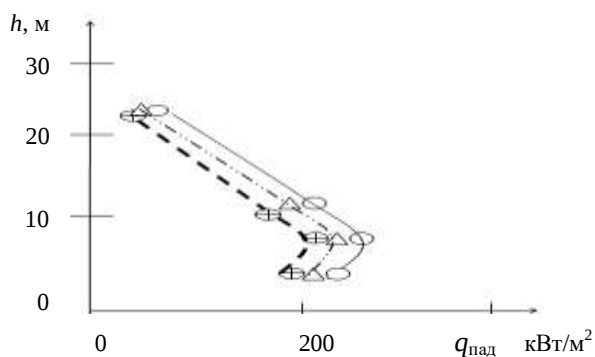


Рис.2. Падающие потоки излучения по высоте h топок котлов ТГМ-84Б НЧТЭЦ по данным за 19-20.09.06 при номинальной нагрузке 300 т/час. Измерение в сечении 2 (по глубине топки) через лючки 1-б, 6 левого экрана. Лючки расположены на расстоянии 0,3 м от фронтального экрана. Отметка высоты центра холодной воронки 2,0 м, топливо – газ с $Q_n^p = 8032,16$ ккал/м³

- — котел №1: паровая нагрузка 315 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,0 \%$, $t_{yx} = 111/114^\circ\text{C}$
- △ — котел №5: паровая нагрузка 300 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,1 \%$, $t_{yx} = 114^\circ\text{C}$
- ⊕ — котел №9: паровая нагрузка 310 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $O_2 = 1,1 \%$, $t_{yx} = 120^\circ\text{C}$

В целом плотности падающих потоков как в сечении 1, так и в сечении 2 очень невысоки по сравнению с результатами измерений падающих потоков в топках мощных паровых котлов, например по данным Абрютин А.А. и др. для ядра факела в топке котла ТГМП-314 (см. рис. 1).

По измерениям падающих тепловых потоков через лючки, расположенные в сечениях 1 и 2 на отметках высоты 6,6 и 11,2 м (рис. 3), видно, что с ростом паровой нагрузки D_K на 10 т/час в диапазоне от 263 до 340 т/ч падающий на экраны тепловой поток $q_{\text{пад}}$ увеличивается в среднем на 7 кВт/м^2 . Выявленная закономерность позволяет оценивать возможные допустимые пределы увеличения теплонапряженности топок исходя из желаемых значений паропроизводительности котла.

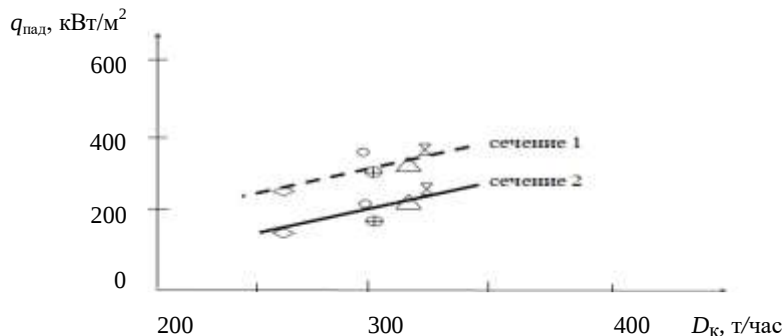


Рис. 3. Значения падающих потоков $q_{\text{пад}}$, кВт/м^2 , измеренных через лючок 12 на уровне горелок отм. 11,2 (сечение 1) и через лючок 4-а на отм. 6,6 м (сечение 2) правого экрана при пониженных паровых

нагрузках котлов ТГМ-84Б (расстояние между лючками по глубине топки равно 6,8 м:

- котел №10 НЧТЭЦ: нагрузка 290 т/ч, расход газа 26 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$. 24.12.07 в 13.50. $T_{yx} = 101/104^\circ\text{C}$. $\alpha=1,055/1,045$;
- ⊕ котел №5: паровая нагрузка 300 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $\text{O}_2 = 1,1\%$, $t_{yx}=114^\circ\text{C}$. НЧТЭЦ за 20.09.06. $t_{п.в}=201^\circ\text{C}$, $t_{yx.г}=114^\circ\text{C}$. Содержание кислорода в режимном сечении $\text{O}_2^{\text{реж}}=1,1\%$. 13 час 00 мин;
- ◇ котел №7: паровая нагрузка 263 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $\text{O}_2 = 1,4\%$, $t_{yx}=106^\circ\text{C}$. 20.09.06. НЧТЭЦ. 14 ч 00 мин. $T_{yx} = 106^\circ\text{C}$. $\text{O}_2 \text{ ух}=1,2\%$. $T_{х.в} = 26^\circ\text{C}$;
- △ котел №9: паровая нагрузка 310 т/ч, содержание кислорода в уходящих газах $\text{O}_2 = 1,1\%$, $t_{yx}=120^\circ\text{C}$. №9 НЧТЭЦ 20.09.06. $\alpha=1,05/1,045$. $\eta_{\text{обр}}^{\text{бр}}=95,12/95,08$;
- ⊗ котел №9: паровая нагрузка 340 т/ч, 29.06.06. НЧТЭЦ. 9 ч. 35 мин. $t_{yx.г}=144^\circ\text{C}$, $\text{O}_2 \text{ ух}=1,2\%$

Данные экспериментов для условий работы котлов ТГМ-84Б №№5, 7, 9,10 (см. рис. 3) при пониженных паровых нагрузках от 263 до 340 т/час показывают, что на увеличение тепловой разверки (неравномерности обогрева) экранных боковых труб на уровне горелок оказывает влияние не только глубина топки, но и высота отметки расположения ярусов горелок. Неравномерность обогрева сохраняется во всем исследованном диапазоне изменения паровых нагрузок D_K . Совместное влияние глубины и высоты топки на неравномерность обогрева экранных труб проявляется в том, что в сечении 1 на отметке 11,2 м падающий от факела на боковые экраны тепловой поток в 1,6 раза больше по сравнению с тепловым потоком, падающим от факела на боковые экраны на отметке 6,6 м в сечении 2.

Выводы

1. На увеличение неравномерности теплового обогрева боковых экранов котла ТГМ-84Б на уровне горелок оказывает влияние не только глубина топки, но и высота отметки расположения ярусов горелок. Неравномерность обогрева сохраняется во всем

исследованном диапазоне изменения паровых нагрузок D_K . Совместное влияние глубины и высоты топки на неравномерность обогрева экранных труб проявляется в том, что в сечении 1 на отметке 11,2 м падающий от факела на боковые экраны тепловой поток в 1,6 раза больше по сравнению с тепловым потоком, падающим от факела на боковые экраны на отметке 6,6 м в сечении 2.

2. Максимальные значения падающих тепловых потоков при паровой нагрузке 420 т/час не превышают величины 350 кВт/м^2 , в то время как допускаемые значения поверхностной плотности падающих от факела на экраны тепловых потоков составляют 550 кВт/м^2 . Это свидетельствует о наличии резерва для увеличения плотности падающих на экранные поверхности тепловых потоков, т.е. могут быть применены горелки с увеличенной суммарной тепловой мощностью до 10 %.

Summary

In the article analyzed the impact about the depth and height of the tiers of burners to increase the non-uniformity of thermal heating of the side screens, and also determined that while maximizing steam boiler load a reserve to increase the density incident on the screen surface heat fluxes.

Keywords: *furnace, steam boiler load, heat exchange, unevenness of thermal heating.*

Литература

1. Таймаров М.А. Практические занятия на ТЭЦ / Учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2003. 64 с.
2. Таймаров М.А., Сафин Р.Г. Исследование форсунки для сжигания мазута // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т.15, N 16. С.144-145.

Поступила в редакцию

16 июня 2015 г.

Таймаров Михаил Александрович – д-р техн. наук, профессор кафедры Котельные установки и парогенераторы (КУПГ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел: 8(905)3121629. E-mail: taimarov@yandex.ru.

Лавирко Юрий Васильевич – канд. техн. наук, доцент Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел: 8(965)6093803. E-mail: lav.yu55@gmail.com.