

УДК 662.92

**Таймаров М.А.** – доктор технических наук, профессор.

E-mail: [Taimarovma@yandex.ru](mailto:Taimarovma@yandex.ru)

**Казанский Государственный Энергетический университет**

Адрес организации: 420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

**Лавирко Ю.В.** – кандидат технических наук, доцент.

E-mail: [lav.yu55@gmail.com](mailto:lav.yu55@gmail.com)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Лучистый поток от факела в котлах ТГМ-96 и ТГМЕ-464

#### Аннотация

В статье приведены результаты экспериментов по измерениям падающих лучистых потоков по высоте, ширине и глубине топок при различных нагрузках котлов. Измерения проводились с помощью радиометра полного изучения через лючки, расположенные на стенках котлов. Для экспериментов были взяты паровой энергетический котел ТГМ-96 (станционный № 16), работающий под разрежением, и паровой энергетический котел ТГМЕ-464 (станционный № 1), работающий под наддувом, Нижнекамской ТЭЦ-1 при сжигании природного газа Уренгойского месторождения.

Температура светящегося пламени измерялась при помощи пирометра ОППИР-017. Температура несветящегося пламени измерялась радиационным пирометром ТЕРА-50. Пристеночные значения температуры факела в топке были получены при помощи сдвоенной термопары. Значения по составу дымовых газов, паровой нагрузке и параметрам работы котлов получены с помощью штатных станционных приборов.

**Ключевые слова:** факел, лучистый поток, топка, интенсивность обогрева, паровая нагрузка, крутка воздуха.

Величины падающих от факела на тепловоспринимающие поверхности нагрева котлов тепловых потоков оказывают существенное влияние на эффективность сжигания топлива в котлах [1, 2]. В настоящей работе эксперименты по измерению режимных параметров работы котлов и падающих лучистых потоков проводились по методикам, отраженным в работах [3-9]. Погрешность измерения падающих лучистых потоков составляла  $\pm 4,2\%$ .

Для экспериментов были взяты паровой энергетический котел ТГМ-96 (станционный № 16), работающий под разрежением, и паровой энергетический котел паровой энергетический котел ТГМЕ-464 (станционный № 1) Нижнекамской ТЭЦ-1 при работе на природном газе Уренгойского месторождения. Котел ТГМ-96 с естественной циркуляцией и уравновешенной тягой укомплектован четырьмя газомазутными горелками [10-11].

Измерения падающих лучистых потоков проводились с помощью радиометра полного изучения через лючки, расположенные на стенках котлов. Температура светящегося пламени измерялась при помощи пирометра ОППИР-017. Температура несветящегося пламени измерялась радиационным пирометром ТЕРА-50 [17]. Пристеночные значения температуры факела в топке были получены при помощи сдвоенной термопары. Значения по составу дымовых газов, паровой нагрузке и параметрам работы котлов получены с помощью штатных станционных приборов.

На рис. 1 приведены значения падающих лучистых потоков по лючкам на развертке фронтальной, левой и правой боковых стенок котла ТГМ-96 в зависимости от высоты лючков по топке. При экспериментах поддерживалась температура уходящих газов после дымососа  $t_{\text{ух.г}}=130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , содержание кислорода в продуктах сгорания в конвективном пароперегревателе  $\text{O}_2^{\text{к.п.п}}=1,8\%$ . Расход природного газа  $V=37,2\text{ тыс.м}^3/\text{час}$ .

Как видно из рис. 1, падающий тепловой поток от факела у заднего экрана очень велик и составляет  $330,1\text{ кВт/м}^2$  на отметке 14,2 м и  $451\text{ кВт/м}^2$  на отметке 11,2 м. Значения по левой и правой стенкам, примыкающим к заднему экрану в среднем 1,5...2 раза выше, чем значения полученные по измерениям через лючки примыкающие к передней стенке. Имеет место сильный наброс факела на заднюю экранную стенку, что в

конечном итоге снижает стойкость внутренней обмуровки топки [14-21]. По сравнению с шести горелочным котлом ТГМ-84Б [3], работающим под разрежением, значения падающих от факела лучистых потоков в четырех горелочном котле ТГМ-96 в 2 раза выше. Это связано с тем что единичная тепловая мощность горелки котла ТГМ-96Б равна 89 МВт, а для котла ТГМ-84Б равна 50,2 МВт при фактически одних и тех же габаритных размерах топочной камеры.

Графики распределения падающего теплового потока  $q_{пад}$  по глубине топки в зависимости от паропроизводительности  $D_k$  по измерениям через лючки №1,2,5,6 1-го и 2-го яруса левого бокового экрана для котла ТГМ-96Б №16 НкТЭЦ показаны на рис. 1-2. Как видно из рис. 1, распределения падающего теплового потока  $q_{пад}$  по глубине топки характеризуются очень сильной неравномерностью. Значения падающего теплового потока  $q_{пад}$ , полученные по измерениям через лючок №1 на первом ярусе (отметка 11,2 м) в среднем в 2 раза выше по сравнению со значениями  $q_{пад}$ , полученными при измерениях через лючок № 2 (ближний к фронту котла). Таким образом, имеет место очень сильная тепловая разверка в обогреве поверхностей боковых экранных труб.

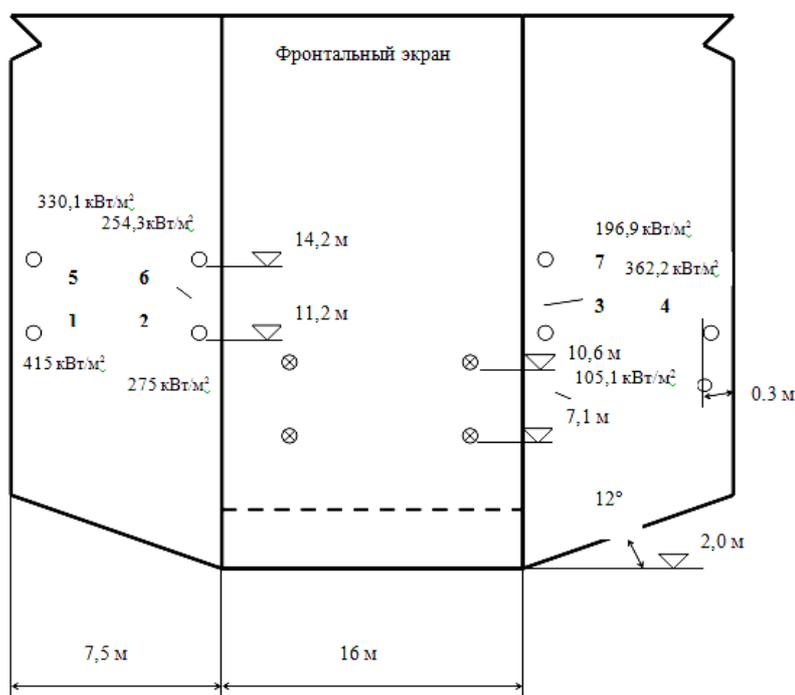


Рис. 1. Значения падающих на экранные поверхности лучистых потоков от факела  $q_{пад}$  (кВт/м<sup>2</sup>) по измерениям через лючки при экспериментах на НкТЭЦ-1 на котле ТГМ-96 № 16 при паропроизводительности  $D_k=450$  т/час:

- ⊗ – горелки;
- – лючки, жирный шрифт-номера лючков

Принятые конструктивные решения при проектировании топки котла ТГМ-96Б, заключающиеся в повороте оси факела горелок на 10° вверх к выходу топки не устранили проблемы неравномерного обогрева боковых экранов по глубине топки.

Для котла ТГМ-84Б имеется такая же неравномерность обогрева экранных труб. При общей глубине топки котла ТГМ-84Б равной 6,0 м и ширине топки 14,0 м, боковые экранные трубы, примыкающие к заднему экрану обогреваются сильнее в среднем 60 %. Расстояние по глубине топки между люками, через которые проводились измерения равно 5,6 м. Принятое изначально конструктивное решение при проектировании топки котла ТГМ-84Б, заключающееся в повороте оси горелок 1-го нижнего яруса на 12° по направлению к оси топки котла не дали положительного результата в части устранения неравномерного обогрева экранных боковых труб.

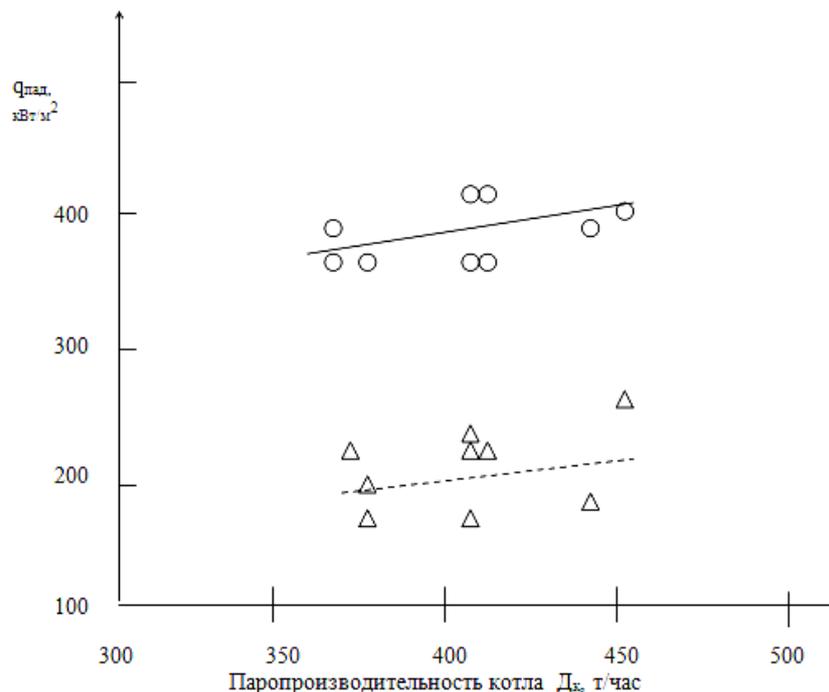


Рис. 2. Распределение падающего теплового потока  $q_{пад}$  по глубине топки в зависимости от паропроизводительности  $D_k$  по измерениям через лючки № 1,2 1-го яруса левого бокового экрана для котла ТГМ-96 №16 НкТЭЦ;

○ – лючек 1 первого яруса;

△ – лючек 2 первого яруса

Поэтому при модернизации котлов ТГМ-84Б [12-13] и ТГМ-96 путем замены физически изношенных и морально устаревших горелок конструкции ТКЗ на новые зарубежные горелки необходимо добиться выравнивания интенсивности обогрева боковых экранов путем формирования длины факела горелки не более 5,5 м при максимальном диаметре факела не более 4 м. При применении новых горелок нужно учесть, что для оптимальной работы топочного объема необходимо, чтобы при увеличении паровой нагрузки на 1 т/час падающие на экраны тепловые потоки от факела на уровне горелок увеличивались не менее чем на 0,5 кВт/м<sup>2</sup>.

Из рис. 3 видно, что значения падающих тепловых потоков от факела, измеренные через лючки 5 и 6 второго яруса, также различаются. Потоки, измеренные через лючок 5, находящийся ближе к заднему экрану в среднем в 1,5 раза выше чем, поток измеренный через лючок 6, находящийся ближе к переднему экрану. По абсолютной величине наибольшие значения падающих тепловых потоков от факела наблюдаются при измерениях через лючок 1 первого яруса.

Значения падающих тепловых потоков, полученные при измерениях через лючок 6 второго яруса, в среднем на 15 % выше по сравнению со значениями, полученными при измерениях через лючок 2 первого яруса (рис. 2). Значения падающих тепловых потоков, полученные при измерениях через лючок 5 второго яруса, в среднем на 14 % ниже по сравнению со значениями, полученными при измерениях через лючок 1 первого яруса (рис. 2). Зависимость падающих тепловых потоков от нагрузки для люков второго яруса сохраняется такой же, как и для первого яруса, а именно: при увеличении паровой нагрузки на 1 т/час падающие на экраны тепловые потоки от факела на уровне горелок увеличиваются в среднем не менее чем на 0,5 кВт/м<sup>2</sup>.

На рис. 4 приведены результаты измерений падающих на экранные поверхности лучистых потоков от факела  $q_{пад}$  (кВт/м<sup>2</sup>) при экспериментах на НкТЭЦ-1 на котле ТГМЕ-464 №1 в топке котла под наддувом.

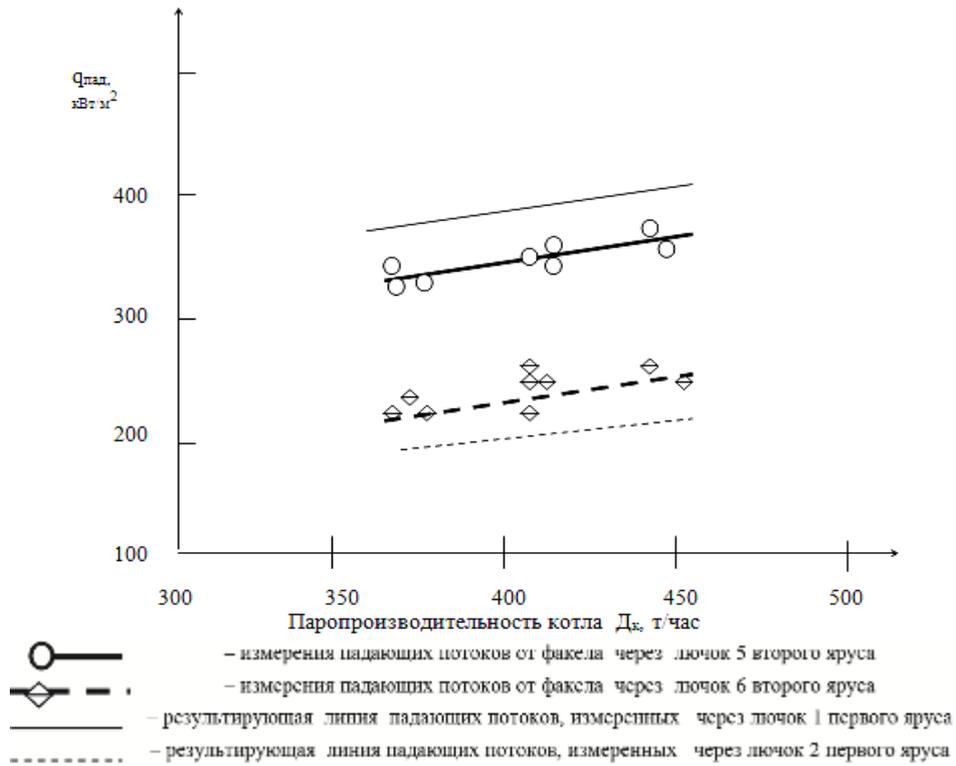


Рис. 3. Распределение падающего теплового потока  $q_{пад}$  по глубине топки в зависимости от паропроизводительности  $D_k$  по измерениям через лючки 5,6 2-го яруса левого бокового экрана для котла ТГМ-96 № 16 НкТЭЦ

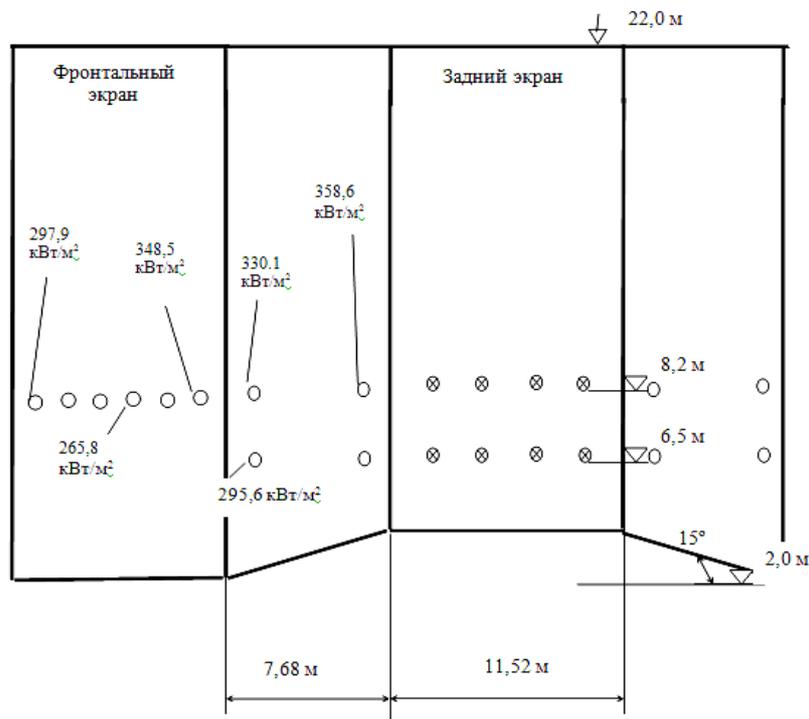


Рис. 4. Значения падающих на экранные поверхности лучистых потоков от факела  $q_{пад}$  (кВт/м<sup>2</sup>) по измерениям через лючки при экспериментах на НкТЭЦ-1 на котле ТГМЕ-464 № 1 при паропроизводительности  $D_k=411$  т/час:

⊗ – горелки; ○ – лючки

Сложность проведения экспериментов по измерению падающих от факела лучистых потоков является наличие защитного стекла в лючках, обеспечивающего герметичность топки. Градуировка радиометра в этой связи осуществлялась с применением такого стекла. Однако не на всех лючках измерение падающих потоков удалось провести. Это связано с тем, что стекла были покрыты пылевыми отложениями с внутренней стороны.

При экспериментах температура уходящих газов составляла  $t_{\text{ух.г}}=115$  °С, содержание кислорода в продуктах сгорания в конвективном пароперегревателе  $O_2^{\text{к.п.п}}=0,75$  %, Расход природного газа составлял  $V=32,85$  тыс.м<sup>3</sup>/час.

Сравнение данных рис. 4 с данными рис. 1 и с результатами, полученными для котла ТГМ-84Б [3], показывает, что падающие потоки рис. 4 распределены по экранным поверхностям более равномерно. Этому способствует число горелок 8 шт. с меньшей длиной факела, так как единичная тепловая мощность горелки котла ТГМЕ-464 равна 44,3 МВт, что в 2 раза меньше, чем у горелки на котле ТГМ-96. Кроме того горелки котла ТГМЕ-464, по сравнению с котлами ТГМ-84Б и ТГМ-96, имеют две крутки воздуха в двух взаимно противоположных направлениях: центральная крутка и периферийная крутка. Крутки расположены попарно чередуясь по высоте и ширине топки.

Положительный эффект от применения двух видов крутки воздуха в двух взаимно противоположных направлениях (центральная крутка и периферийная крутка) выравнивает падающие лучистые потоки от факела по объему топки.

### **Заключение**

1. Для повышения эффективности работы топок ТГМ-84Б и ТГМ-96Б необходимо добиться выравнивания интенсивности обогрева боковых экранов на длине факела горелки не более 5,5 м при максимальном диаметре факела не более 4 м.

2. При наборе нагрузки плавность регулирования топочного процесса должна быть такой, чтобы при увеличении паровой нагрузки на 1 т/час падающие на экраны тепловые потоки от факела на уровне горелок увеличивались не менее чем на 0,5 кВт/м<sup>2</sup>.

3. При модернизации топок необходимо предусмотреть в новых конструкциях горелок наличие крутки воздуха двух взаимно противоположных направлений в виде центральной и периферийной крутки.

### **Список библиографических ссылок**

1. Таймаров М.А. Практические занятия на ТЭЦ. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2003. – 64 с.
2. Мурин Г.А. Теплотехнические измерения. – М.: Энергоиздат, 1990. – 544 с.
3. Гордов А.Н. Основы температурных измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 304 с.
4. Таймаров М.А., Таймаров В.М. Горелочные устройства. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007. – 147 с.
5. Таймаров М.А. Котлы ТЭС и котельных. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. – 230 с.
6. Таймаров М.А., Симаков А.В. Результаты модернизации и испытаний по повышению тепловой мощности котла ТГМ-84Б. Вестник Казанского государственного технологического университета, 2011, Т. 14, № 2. – С. 336-338.
7. Таймаров М.А. Совершенствование сжигания топлив в энерготехнологических агрегатах. – Казань: КГЭУ, 2010. – 136 с.
8. Ахмедов Р.Б., Ахмедов Д.М., Асадуллаев А.Х. Влияние аэродинамического взаимодействия закрученных факелов на рабочие процессы в топках котлов. // Теплоэнергетика, 1981, № 4. – 226 с.

**Taymarov M.A.** – doctor of technical sciences, professor

E-mail: [Taimarovma@yandex.ru](mailto:Taimarovma@yandex.ru)

**Kazan State Energy University**

The organization address: 420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya st., 51

**Lavirko Y.V.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [lav.YU55@gmail.com](mailto:lav.YU55@gmail.com)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### **Radiant flux from the torch-fired boilers TGM-96 and 464-TGME**

#### **Resume**

It is got, that in heating of caldron of TGM-96 a falling thermal stream from a torch at a back screen is great enough and 330,1 makes kW/m<sup>2</sup> on a mark a 14,2 m and 451 kW/m<sup>2</sup> on a mark a 11,2 m. Values on left and right to the walls, joining to the back screen on the average 1,5. 2 time higher, than values are got on measuring through access covers joining to the front wall. Strong throw on of torch takes place on the back CRT wall, that reduces firmness of internal walling-up of heating in the end. For the caldron of TGME- 464 falling streams up-diffused on the CRT surfaces more evenly. It is assisted by the number of gas-rings 8 pcs. with less length of torch, because single thermal power of gas-ring of caldron of TGME-464 is equal to 44,3 MWt, that in 2 times less than, than at a gas-ring on the caldron of TGM-96. In addition gas-rings of caldron of TGME-464 as compared to the caldron of TGM-96, have two twist of air in two mutual opposite directions: central twist and peripheral twist. Twists are located by in pairs alternating on a height and width of heating. Values of streams at a front screen 330,1 kW/m<sup>2</sup>, at back 358,6 kW/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** the torch, radiant flux, firebox, the intensity of heating, steam load, the air twist.

#### **Reference list**

1. Taymarov M.A. Practical exercises on the CHP. – Kazan, KSEU Press, 2003. – 64 p.
2. Murin G.A. Thermal measurements. – M.: Energoizdat, 1990. – 544 p.
3. Gordov A.N. Fundamentals of temperature measurements. – M.: Energoatomizdat, 1992. – 304 p.
4. Taymarov M.A., Taymarov V.M. Burners. – Kazan: KSEU Press, 2007. – 147 p.
5. Taymarov M.A. TPP boilers and boiler. – Kazan: KSEU Press, 2010. – 230 p.
6. Taymarov M.A., Simakov A.V. The results of tests on the modernization and improvement of the thermal capacity of the boiler TGM-84B. Journal of Kazan State Technological University, 2011, T. 14, № 2. – P. 336-338.
7. Taymarov M.A. Improving the combustion of fuels in power technology units. – Kazan, KGEU, 2010. – 136 p.
8. Akhmedov R.B., Ahmedov D.M., Asadullayev A.H. Influence of aerodynamic interaction swirling flames on working processes in boiler furnaces // Teploenergetika, 1981, № 4. – 226 p.