

УДК 621.77

Таймаров М.А. – доктор технических наук, профессорE-mail: Taimarovma@yandex.ru**Казанский Государственный Энергетический университет**

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

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессорE-mail: Sadykov_r_a@mail.ru**Лавирко Ю.В.** – кандидат технических наук, доцентE-mail: lav.YU55@gmail.com**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

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

Зависимость КПД и тепловых потоков в топках от направления крутки воздуха в горелках

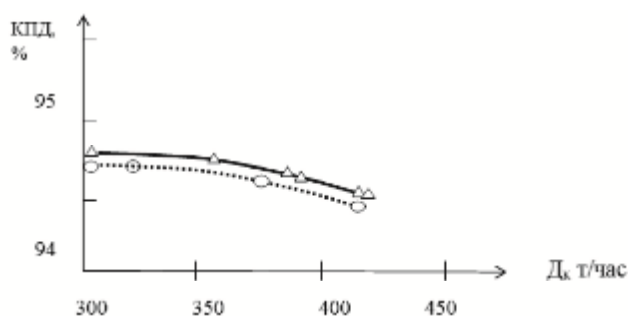
Аннотация

В работе экспериментально получено, что эффект от снижения температуры уходящих газов не так велик, как при изменении крутки воздуха в горелках. В экспериментах преимущественно менялись крутки воздуха в горелках 1-4 нижнего первого яруса. Малые значения углов закручивания воздуха на уровне первого яруса горелок способствовали повышению количества теплоты передаваемой в пароперегревателе. В целом повышение КПД при изменении крутки воздуха объясняется тем, что при изменении крутки происходит изменение конфигурации факела и перераспределение тепловосприятости по поверхностям нагрева в сторону большей доли подводимой теплоты в пароперегреватель.

Ключевые слова: котел, температура, топка, горелка, избыток воздуха, крутка, факел, тепловые потоки.

В данной работе приведены результаты экспериментов по исследованию влияния крутки воздуха в горелках на работу топок котлов. Эксперименты проведены Нижнекамской ТЭЦ (НкТЭЦ) по методике изложенной в [1, 2].

На рис. 1 представлены значения КПД котла №6 ТГМ-84Б НкТЭЦ в зависимости от нагрузки при нормальной и измененной при испытаниях крутке воздуха в горелках с единичной тепловой мощностью 50,2 МВт.



△ – значения при измененной при испытаниях крутке воздуха: 10 лев./5 лев./45 прав./5 прав./45 прав./45 лев. Коэффициенты избытка воздуха при нагрузках 300, 355, 380, 420 т/ч соответственно 1,095, 1,045, 1,042, 1,047. Температура уходящих газов соответственно 113, 117, 128, 130 °С.

○ – значения при крутке воздуха по режимной карте: 45 прав./45 прав./30 лев./45 лев./45 прав./45 лев. Коэффициенты избытка воздуха при нагрузках 300, 320, 380, 410 т/ч соответственно 1,06, 1,06, 1,055, 1,05. Температура уходящих газов соответственно 120, 123, 131, 133 °С.

Рис. 1. КПД в зависимости от паропроизводительности D_k при различных крутках воздуха в горелках для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ

Наличие крутки факела по номерам горелок 1-6, считая от нижнего 1-го яруса. Общая запись круток воздуха в горелка идет в последовательности: гор. № 1/гор. № 2/гор. № 3 /гор. № 4 /гор. № 5 /гор. № 6 (например, крутка обозначена 45 прав. = 45° вправо по часовой стрелке, 10 лев.= 10° влево против часовой стрелки и т.д.)

Приведенные на рис. 1 зависимости КПД от паропроизводительности D_k при различных крутках воздуха в горелках для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ показывают, что при измененной крутке имеет место некоторое повышение КПД. В целом повышение КПД при изменении крутки объясняется тем, что при изменении крутки происходит изменение конфигурации факела и перераспределение тепловосприятости по поверхностям нагрева в сторону большей доли подводимой теплоты в пароперегревателе.

Значения КПД на графике рис. 1 получены как средние по результатам 2-х полученных значений. Высокие значения КПД при малой нагрузке и нормальной крутке получены для условий наименьших коэффициентов избытка воздуха. При больших нагрузках и измененной крутке имели место повышенные избытки воздуха. Конструкция горелок котла № 11 ТГМ-84Б НкТЭЦ позволяет изменять направление крутки воздуха в горелках, как по часовой стрелке, так и против часовой стрелки в довольно широких пределах.

На рис. 2 приведены результаты экспериментов по исследованию влияния изменения параметров крутки на КПД котла № 11 ТГМ-84Б НкТЭЦ. Как видно из графиков рис. 2, как и в случае экспериментов на котле ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ (рис. 1), крутка воздуха в горелках с параметрами 20 лев./20 лев./45 лев. /45 прав./40 прав./45 лев. является более предпочтительной для повышения КПД котла № 11 ТГМ-84Б по сравнению с круткой 45 прав./45 прав./45 прав./45 лев./40 прав./45 лев. Меньшие значения КПД при крутке 45 прав./45 прав./45 прав./45 лев./40 прав./45 лев. при нагрузках в области 380 т/час обуславливаются также повышенными значениями температуры уходящих газов 123 °С по сравнению с температурой уходящих газов в среднем 120 °С при крутке 20 лев./20 лев./45 лев./45 прав./40 прав./45 лев. Однако этот эффект от снижения температуры уходящих газов не так велик, как при изменении крутки воздуха в горелках. В экспериментах преимущественно менялись крутки воздуха в горелках 1-4 нижнего первого яруса. Малые значения углов закручивания воздуха на уровне 1-го яруса горелок способствовали повышению количества теплоты передаваемой в пароперегревателе.

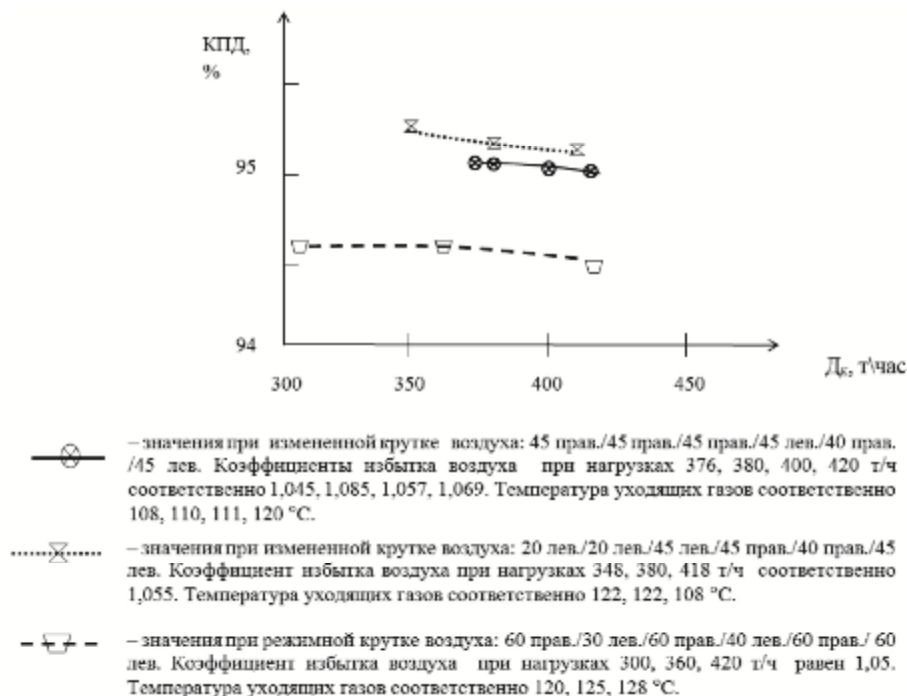


Рис. 2. КПД в зависимости от паропроизводительности D_k при различных крутках воздуха в горелках для котла ТГМ-84Б № 11 НкТЭЦ

Наличие крутки факела по номерам горелок 1-6, считая от нижнего 1-го яруса. Общая запись круток воздуха в горелка идет в последовательности: гор. № 1/ гор. № 2/ гор. № 3/гор. № 4/гор. № 5/гор. № 6 (например, крутка обозначена 45 прав. = 45° вправо по часовой стрелке, 20лев.= 20° влево против часовой стрелки и т.д.).

Большие углы крутки способствовали увеличению количества теплоты передаваемой экранным испарительным поверхностям, что приводило к генерации большого количества пара с высокой влажностью. Уменьшение крутки воздуха в горелках первого яруса в сочетании с малыми коэффициентами избытка воздуха давало заметное увеличение КПД котлов. Из теории котлостроения известно, что оптимальное распределения тепловосприятости между поверхностями нагрева по газоходу котлов осуществляется с учетом давления и температуры перегретого пара (табл. 1).

Таблица 1

Распределение теплоты между поверхностями нагрева котлов

Давление перегретого пара, МПа	Температура перегретого пара, °С	Температура питательной воды, °С	Распределение теплоты между поверхностями нагрева котла, %		
			парообразующие	пароперегревательные	экономайзерные
4	440	145	62	19	19
10	540	215	49	30	21
14	570	230	39	36	25
14	570/570	230	32	46	22
25,5	565/570	260	-	58	42

Из табл. 1 видно, что с ростом давления и температуры перегретого пара повышают температуру питательной воды и снижают количество передаваемой теплоты в испарительных экранных поверхностях и повышают количество передаваемой теплоты в пароперегревателе. Поэтому в барабанных котлах среднего давления обычно экономайзер выполняют кипящего типа, т. е. таким, в котором питательная вода не только подогревается до насыщения, но и частично превращается в пар. В барабанных котлах высокого давления (14 МПа и выше) доля теплоты, используемая на парообразование, в значительной мере снижается (табл. 1), и теплоты, передаваемой в топочной камере, становится достаточно для образования требуемого количества пара, в связи с чем экономайзер выполняют некипящего типа. Прямоточные котлы также имеют некипящие экономайзеры, из которых вода переходит в парообразующие трубы через распределительный коллектор. Подача в коллектор не воды, а пароводяной смеси вызвала бы резко неравномерное ее распределение по параллельным трубам. В барабанных котлах среднего давления для покрытия недостающей парообразующей поверхности нагрева иногда применяют конвективные парообразующие поверхности нагрева – конвективные пучки.

Оптимальные значения кратностей циркуляции приведены в табл. 2. Конвективной парообразующей поверхностью нагрева в прямоточных котлах является переходная зона, вынесенная в конвективный газоход.

Таблица 2

Средние значения кратностей циркуляции в котлах

Тип парогенератора	Давление P , кг/см ²	Производительность D , т/час	Кратность циркуляции K
Парогенераторы сверхвысокого давления	140-185	200-650	8-5
Парогенераторы высокого давления	80-140	80-250	14-6
Парогенераторы среднего давления:			
а) однобарабанные, в том числе секционные;	35-80	40-200	30-20
б) двухбарабанные;	15-35	30-200	65-45
в) трех- и четырех-барабанные	13-35	30-200	55-35

Вынесенная переходная зона по конструкции представляет змеевиковый экономайзер. Ее располагают между пароперегревателем и экономайзером.

В переходной зоне заканчивается парообразование и пар доводится до слабого перегрева (на 10-20°C). Парообразующие поверхности при давлении выше 14 МПа для котлов всех систем почти исключительно располагают в топочной камере в виде топочных экранов, воспринимающих лучистую теплоту. В связи с изложенным, при экспериментах на котлах ТГМ-84Б очень важно оценить теплонпряженность топочного пространства для диагностирования эффективности сжигания топлива и для повышения КПД топки.

Изменение направления и углов крутки воздуха в горелках вызывает перераспределение падающих на экраны тепловых потоков от факела, что вызывает изменение кратности циркуляции и влияет на работу пароперегревателя. На рис. 3-5 приведены результаты измерений падающих от факела лучистых потоков через лючки № 1, 4, 6, 11 (в сечении 2 на отметках 6,6 м и 11,2 м левого и правого экрана) для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ. В большинстве случаев при экспериментах менялось направление и величина крутки воздуха в горелках 1-го яруса.

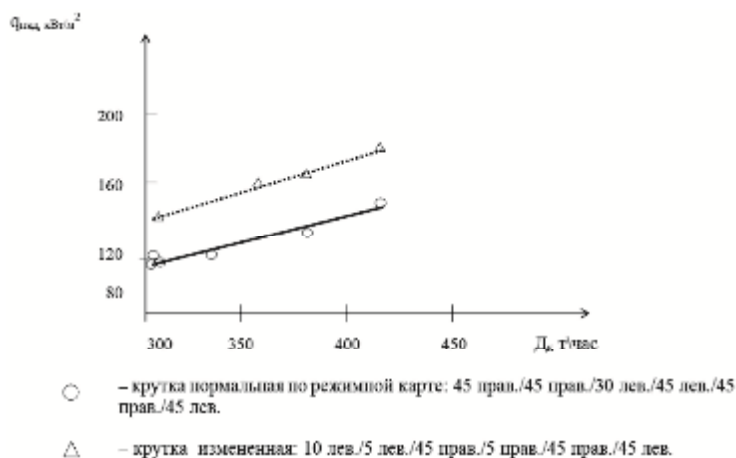


Рис. 3. Зависимость падающего на левый экран теплового потока $q_{\text{пад}}$ ($\text{кВт}/\text{м}^2$) от направления крутки и паропроизводительности D_k по измерениям через лючок № 1 (ближний к фронтальному экрану в сечении 2) на отметке 6,6 м для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ

Как видно из рис. 3-5, численные значения падающего на экраны теплового потока $q_{\text{пад}}$ ($\text{кВт}/\text{м}^2$) по измерениям через лючки № 1, 4, 6 возрастают в среднем на 27...65 % при изменении крутки с нормальной по режимной карте: 45 прав./45 прав./30 лев./45 лев./45 прав./45 лев. на крутку: 10 лев./5 лев./45 прав./5 прав./45 прав./45 лев. для номинального значения паропроизводительности $D_k=380$ т/час. Исключение составляют падающие потоки по измерениям через лючок № 11 правого экрана на отметке 11,2 м.

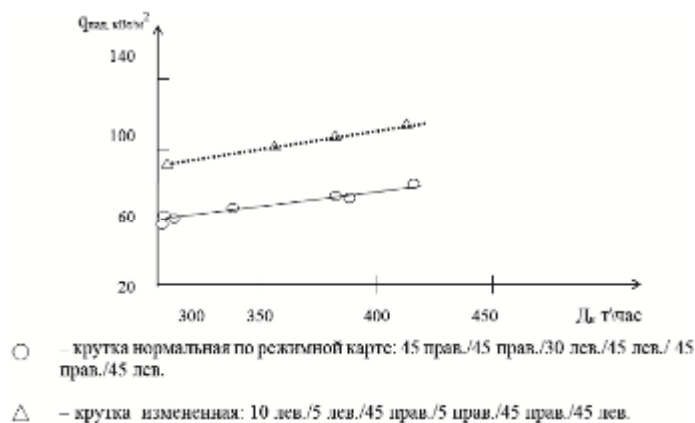


Рис. 4. Зависимость падающего на левый экран теплового потока $q_{\text{пад}}$ ($\text{кВт}/\text{м}^2$) от направления крутки и паропроизводительности D_k по измерениям через лючок № 6 (ближний к фронтальному экрану в сечении 2) на отметке 11,2 м для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ

По результатам измерений через лючок № 11 правого экрана на отметке 11,2 м измерение направления и величины крутки воздуха с нормальной по режимной карте: 45 прав./45 прав./30 лев./45 лев./45 прав./45 лев. на крутку: 10 лев./5 лев./45 прав./5 прав./45 прав./45 лев. сказывается на увеличении значения падающего от факела на экран теплового потока фактически очень мало.

Увеличение для нагрузки 380 т/час падающего от факела на экран теплового потока составляет около 16 % и уменьшается по мере снижения паропроизводительности D_k . Это можно объяснить тем, что для горелки № 3 первого яруса направление крутки изменилось на противоположное с увеличением угла крутки с 30° по режимной карте до 45° .

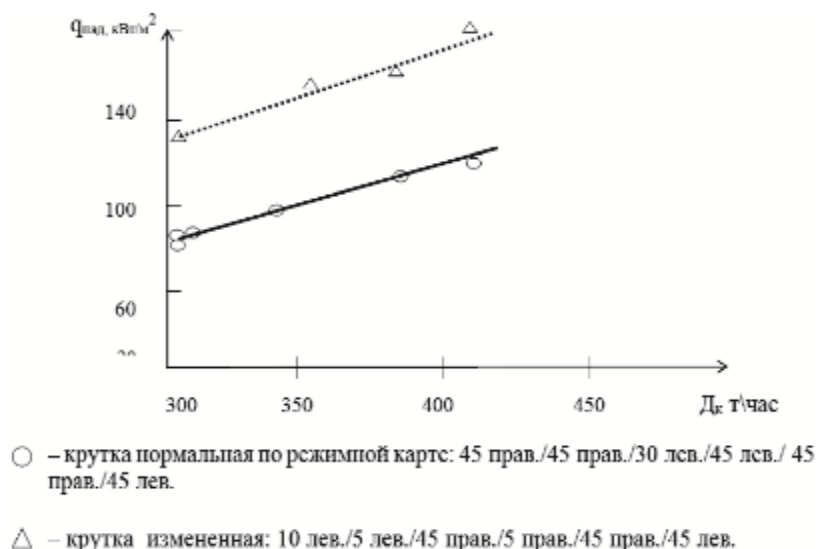


Рис. 5. Зависимость падающего на правый экран теплового потока $q_{пад}$ (кВт/м²) от направления крутки и паропроизводительности D_k по измерениям через лючок № 4 (ближний к фронтальному экрану в сечении 2) на отметке 6,6 м для котла ТГМ-84Б № 6 НкТЭЦ

Для горелок № 1 и № 2 уменьшение угла крутки составляло соответственно 35° и 40° , а для горелки № 3 наоборот увеличение угла крутки составило 15° и для горелки № 4 уменьшение угла крутки составило 40° , также как и для горелки № 2.

Список библиографических ссылок

1. Таймаров М.А. Совершенствование сжигания топлив в энерготехнологических агрегатах. – Казань: КГЭУ, 2010. – 136 с.
2. Таймаров М.А. Лабораторный практикум по курсам «Котельные установки и парогенераторы». – Казань: КГЭУ, 2004. – 108 с.
3. Блинов Е.А. Топливо и теория горения. Раздел подготовки и сжигания топлива: Учеб.-методич. комплекс (учебное пособие). – СПб.: Изд.-во СЗТУ, 2007. – 119 с.
4. Винтовкин А.А., Ладыгичев М.Т., Голдобин Ю.Н. Технологическое сжигание и использование топлива. – М.: Металлургия, 1998. – 286 с.
5. ГОСТ 29134-91 Горелки газовые промышленные. Методы испытаний. – 21 с.
6. Спейнер В.А., Горбенко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.
7. Винтовкин А.А. Современные газогорелочные устройства. – М.: Машиностроение, 2001. – 496 с.
8. Мурин Т.А. Теплотехнические измерения. – М.: Энергоиздат, 1990. – 554 с.

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

E-mail: Taimarovma@yandex.ru

Kazan State Power University

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

Sadykov R.A. – doctor of the technical sciences, professor

E-mail: Sadykov_r_a@mail.ru

Lavirko Yu.V. – candidate of the technical sciences, associate professor

E-mail: lav.YU55@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Dependence of efficiency and thermal streams in fire chambers from the direction of a twist of air in torches

Resume

Modes of operation of the boiler TGM-84B with the first tier of burners for small angles of twist peripheral air is preferable to increase the efficiency in comparison with modes at large angles of twist. Small angles of twist of air at the first tier of burners helped to raise the amount of heat transmitted to the superheater. Effect of the air excess factor for efficiency, compared the influence of a twist in the air of the first tier of burners, it affects less. Increasing the exhaust gas temperature of up to 10? C also has an effect in at least a reduction in efficiency, as compared with the increase of the . twist angle of from 20 to 45 Effect of changes in the angle of twist of the two air burners second layer affects the efficiency in the least, as the quantity of air at twisting half, compared with simultaneous twist air burners of the first tier. . In general, higher efficiency when changing the twist due to the fact that when the twist changes the configuration of the torch heat absorption and redistribution by heating surfaces toward a greater proportion of the heat input into the superheater.

Keywords: copper, temperature, fire chamber, torch, excess of air, twist, torch, thermal streams.

Reference list

1. Taymarov M.A. Improvement of burning of fuels in power technological units. Scientific publication. – Kazan: KGEU, 2010. – 136 p.
2. Taymarov M.A. A laboratory workshop on the courses «Boiler Installations and Steam Generators». – Kazan: KGEU, 2004. – 108 p.
3. E.A. Toplivo's pancakes and theory of burning. The section – preparation and burning of fuel: Studies. complex (educational to a posobiya). – SPb.: Prod. in SZTU, 207. – 119 p.
4. Vintovkin A.A., Ladygichev M.T., Goldobin Yu.N. Technological burning and use of fuel. – M.: Metallurgiya, 1998. – 286 p.
5. GOST of 29134-91 Torch the gas industrial. Test methods. – 21 p.
6. Speyner V.A., Gorbenko A.D. Increase of efficiency of use of gas and fuel oil in power stations. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 184 p.
7. Vintovkin A.A. Modern gas burner devices. – M.: Mashinostroeniye, 2001. – 496 p.
8. Murin T.A. Heattechnical measurements. – M.: Energoizdat, 1990. – 554 p.