

Контроль степени загрязнения и качества очистки экономайзера при энергетическом обследовании котельной

Шомов Е. В., директор, Гудзюк В. Л., канд. техн. наук

ООО «ПромЭнергоАудит», Иваново

При энергетическом обследовании котельных, имеющих чугунные отдельно стоящие экономайзеры, предлагается степень их загрязнения или эффективность очистки оценивать по отношению эксплуатационного коэффициента теплопередачи, определенному по результатам измерений, и расчетного коэффициента теплопередачи чистого экономайзера, не бывшего в эксплуатации. Показана зависимость экономического эффекта в результате очистки экономайзера от отношения этих коэффициентов.

Ключевые слова: котельная, котлы, экономайзеры, очистка, оценка степени загрязнения, расчет, экономия топлива.

Численная оценка степени загрязнения экономайзера в отчетах по энергетическому обследованию котельных практически не встречается. Решение о необходимости его очистки с целью энергосбережения принимается на основании сравнения снижения затрат на топливо и затрат, необходимых на очистку. Через некоторое время после очистки экономайзера эффект от нее может исчезнуть. Оценка эффективности очистки проводится путем визуального осмотра и по значению снижения температуры уходящих газов. Однако температура уходящих газов и нагрев воды в экономайзере зависят от нагрузки котла, присосов воздуха, температуры газов перед экономайзером и др. Это существенно затрудняет объективную оценку целесообразности и эффективности затрат на мероприятия по очистке экономайзера. Нередки случаи, когда при переводе котельной с мазута на газ котлы в течение многих лет продолжают работать с неочищенными экономайзерами, поскольку потери от этого не определяют даже при энергетическом обследовании котельной. Нет и рекомендаций по способу их определения.

В данной статье предлагается определять степень загрязнения экономайзера расчетным методом без дополнительных затрат. За показатель изменения степени загрязнения экономайзера принимается безразмерный коэффициент μ , представляющий собой отношение эксплуатационного коэффициента теплопередачи $k_э$, определенного по данным измерений, и расчетного коэффициента теплопередачи чистого экономайзера k_p , не бывшего в эксплуатации:

$$\mu = \frac{k_э}{k_p} = Q_э [(\Delta t_p / Q_p) / \Delta t_э], \quad (1)$$

где $Q_э$ и Q_p — эксплуатационная максимальная тепловая нагрузка экономайзера, опреде-

ленная по данным измерений, и нагрузка, рассчитанная по паспортным данным (или по результатам теплового расчета) котла и экономайзера, Гкал/ч; Δt_p и $\Delta t_э$ — среднелогарифмические температурные напоры в экономайзере — расчетный (для нового, чистого экономайзера при номинальной нагрузке) и эксплуатационный, полученный в ходе эксплуатационных измерений, °С.

Тепловая нагрузка экономайзера рассчитывается по формуле

$$Q = G(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где G — расход воды через экономайзер, т/ч; $(t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})$ — нагрев воды в экономайзере, °С.

Значения исходного (до загрязнения экономайзера) коэффициента теплопередачи k_p и эксплуатационного $k_э$, т. е. на момент эксплуатационных измерений при обследовании экономайзера, определяются по уравнению теплопередачи

$$k = (Q/\Delta t)/F, \quad (3)$$

где F — площадь теплообмена экономайзера, м².

Значение коэффициента μ по мере загрязнения экономайзера может изменяться от 1 до 0. Для нового экономайзера $k_э = k_p \mu = 1$. Чем больше термическое сопротивление теплообменной поверхности в результате ее загрязнения, тем меньше эксплуатационный коэффициент теплопередачи $k_э$ и ниже коэффициент μ . Естественно, что данные $(Q, \Delta t)$ для расчета k должны быть получены при примерно одном и том же расходе топлива, чтобы исключить влияние конвективной составляющей коэффициента теплопередачи.

Поскольку при энергетическом обследовании промышленных и отопительных котельных оценка эффективности работы экономайзеров может быть актуальной, приведем

Таблица 1

№ и марка котла (год начала эксплуатации)	Марка экономайзера и площадь поверхности теплообмена, м ²	Расчет по паспортным данным	Расчет по данным режимной карты	Коэффициент μ соответствия эксплуатационного значения теплопередачи расчетному значению
		Расчетный коэффи- циент теплопередачи нового экономайзера k_p , ккал/(м ² · ч · °С)	Эксплуатационный коэффициент теплопередачи k_{ϕ} , ккал/(м ² · ч · °С)	
1. ДЕ-25-14	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	12,3	0,7
2. ДЕ-25-14	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	7,6	0,55
3. ДКВР-20 (1977)	ВТИ, 646	10	6,5	0,7
4. ДКВР-20 (1972)	ВТИ, 646	10	3,8	0,4
5. ДЕ-25-14	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	13	0,58
6. ДЕ-25-14 (1988)	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	8,7	0,58
8. ДЕ-25-14	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	5,5	0,4
9. ДЕ-25-14	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	8	0,6
10. ДЕ-25-14 (1999)	ЭБ1-808ИУЗ	13,8	10,2	0,6
11. ДКВР-10 (1964)	ЭБ1-808ИУЗ	13,3	1,9	0,1
12. ДЕ-10-14 (2005)	ЭП2-236	18,9	4,4	0,3

результаты одного из таких обследований. Котельная предприятия перед переводом на газ длительное время работала на мазуте. В котельной 11 котлов разной производительности с чугунными экономайзерами и различной продолжительностью эксплуатации. В табл. 1 приведены результаты расчета коэффициентов теплопередачи и коэффициента μ для каждого экономайзера. Практический смысл такого расчета в том, чтобы определить потери вследствие загрязнения экономайзера, эффект от его очистки или ущерб, если очистка не проводится.

Изменение тепловосприятия в экономайзере в результате загрязнения или очистки может быть определено по формуле

$$\begin{aligned} \Delta Q_{\text{эк}} &= Q_p - Q_{\text{э}} = k_p F \Delta t_p - k_{\text{э}} F \Delta t_{\text{э}} = \\ &= k_p F \Delta t_p (1 - \mu) = Q_p (1 - \mu). \end{aligned} \quad (4)$$

Чтобы исключить влияние температурного напора на оценку, изменение тепловосприятия чистого и загрязненного экономайзеров определяется при расчетном температурном перепаде чистого экономайзера, т. е. при $\Delta t_p = \Delta t_{\text{э}}$. Влияние $\Delta t_{\text{э}}$ учитывается при расчете $k_{\text{э}}$ по формуле (3).

Изменение расхода топлива на котел ΔB для компенсации сниженного в результате

загрязнения тепловосприятия экономайзера можно рассчитать по формуле

$$\Delta B = (\Delta Q_{\text{эк}} / Q_{\text{н}}^p) / \eta_{\phi} = \Delta Q_{\text{эк}} B_{\phi} / Q_{\text{к}}, \quad (5)$$

где B_{ϕ} — фактический расход топлива на котел, кг/ч или м³/ч; $Q_{\text{к}}$ — теплопроизводительность котла, ккал/ч; $\eta_{\phi} = (Q_{\text{к}} / Q_{\text{н}}^p) / B_{\phi}$ — КПД котла во время измерений; $Q_{\text{н}}^p$ — низшая рабочая теплота сгорания топлива, ккал/кг.

Зная изменение расхода топлива в результате изменения загрязнения экономайзера, легко определить ущерб от этого загрязнения в денежном выражении. В табл. 2 в качестве примера представлены результаты расчета эффекта очистки экономайзеров некоторых котлов, указанных в табл. 1. Вышеприведенные формулы получены на основе общеизвестных уравнений теплового баланса и теплопередачи, поэтому их применение не требует согласований.

Путем очистки экономайзера от наружных отложений, накопленных за несколько лет сжигания мазута, трудно рассчитывать на полный эффект до $\mu = 1$. При решении вопроса об экономической целесообразности затрат на очистку экономайзера и повышение ее экономической эффективности можно

Таблица 2

Год начала эксплуатации котла	Коэффициент изменения теплопередачи до очистки μ	Коэффициент изменения теплопередачи после очистки μ	Увеличение тепловосприятности экономайзера после очистки, Гкал/ч	Число часов работы котла в 2011 г., ч	Фактический расход топлива (по режимной карте) $V_f, \text{ м}^3/\text{ч}$	Экономия топлива за счет увеличения тепловосприятности экономайзера после очистки $\Delta B, \text{ м}^3/\text{год}$	Экономический эффект очистки экономайзера, тыс. руб/год
—	0,7	0,9	0,2252	1200	1600	32272,9	129
—	0,55	0,9	0,3942	2005	1470	82981,9	332
1977	0,7	0,85	0,1346	5150	1465	126934,9	508
1972	0,4	0,9	0,4486	1400	1465	12265,7	335
1985	0,58	0,9	0,3604	720	1480	83652,3	128
—	0,4	0,85	0,5068	3500	1600	32001,8	1135
—	0,65	0,9	0,2815	2400	1600	28300,0	432
1999	0,6	0,9	0,3379	790	1850	108114,3	165
2003	0,3	0,95	0,2604	1700	525	41148,2	186
Всего			2,724			805106,4	3350

принять коэффициент эксплуатационного изменения теплопередачи $\mu \approx 0,9$.

Особенность рассматриваемого способа контроля степени загрязнения экономайзера до и после очистки состоит в том, что для его применения нет необходимости в измерении состава уходящих газов газоанализатором, который в небольших промышленных котельных пока встречается нечасто.

В табл. 2 приведены результаты оценки снижения расхода топлива и затрат при очистке экономайзера до $\mu = 0,9$. Они показывают, что чем больше времени находится в эксплуатации экономайзер с низким коэффициентом μ , тем больше ущерб от загрязнения, который даже при $\mu = 0,7$ может существенно превысить затраты на очистку экономайзера.

Таким образом, по каждому котлу можно оценить эффект очистки экономайзера и, зная ее стоимость, найти срок окупаемости затрат на проведение очистки. Контроль по коэффициенту μ позволит определить, когда ущерб от его снижения превысит затраты на очистку. Выявив экономайзер, в результате загрязнения которого котел имеет наиболь-

ший перерасход топлива, можно организовать его очистку в первую очередь или, если есть возможность, меньше его использовать.

С помощью простой компьютерной программы и эксплуатационных данных расчет для определения коэффициента изменения теплопередачи μ и оценка эффекта очистки или ущерба от загрязнения экономайзера занимают несколько минут. Эти данные позволяют повысить информативность и эффективность энергетического обследования котельной, обоснованность энергосберегающих мер при эксплуатации чугунных экономайзеров.

Специалистами компании ООО «Пром-ЭнергоАудит» разработан специализированный программный комплекс, с помощью которого без дополнительных затрат можно определить коэффициент изменения теплопередачи μ . Данный комплекс поможет не только аудиторским компаниям при проведении энергоаудита достичь максимального результата, но и эксплуатационному персоналу на предприятии своевременно оценить степень загрязнения, что позволит сэкономить затраты на топливо.

info@ivpea.ru