

Некоторые вопросы энергетического обследования котельной

*В.А. Афанасьев, директор по научной работе, НИИР «Сириус»;
Н.Д. Денисов-Винский, начальник отдела энергетических обследований, ООО «Промтехэкспертиза», г. Москва*

Для того чтобы разработать перечень типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и провести их стоимостную оценку, необходимо иметь наиболее качественную и полную картину работы оборудования котельной, в частности работы котлоагрегатов. Энергетическое обследование котлоагрегатов в основном сводится к составлению теплового баланса и определения их КПД. Первая сложность, с которой может столкнуться энергоаудитор, это отсутствие счетчика природного газа на каждый котел и, вследствие, отсутствие данных по потреблению природного газа каждым котлоагрегатом. В такой ситуации составление теплового баланса котельного агрегата, при его параллельной работе с другими котлами становится затруднительным. Необходимо ответить на вопрос, как определить количество газа, потребленное каждым котлом при наличии только общего расходомера.

Основным документом, определяющим порядок эксплуатации котлоагрегата является режимная карта, которая составляется организацией, имеющей на то полномочия, после проведения режимно-наладочных испытаний. В соответствии с «Правилами технической эксплуатации тепловых энергоустановок» периодичность проведения таких испытаний для газовых котельных составляет три года. В таблице 1 в качестве примера представлена режимная карта парового котла ДКВр-6,5/13, установленного в одной из котельных, где проводилось энергетическое обследование.

В режимной карте котла приводятся значения основных параметров котлоагрегата для работы на различных уровнях мощности при максимальной эффективности. Для того чтобы определить КПД котлоагрегата при его работе на определенной мощности (т.е. с определенном расходом топлива) можно воспользоваться данными режимной карты. Для удобства следует найти функциональную зависимость между расходом топлива и КПД котлоагрегата (рис. 1). Если организован периодический (с периодом, например, 1 ч) учет потребляемого газа, то вопрос определения КПД котельного агрегата решен.

Приведенные рассуждения относятся к одному котлу. В котельной же устанавливается несколько котлоагрегатов (как минимум два). При наличии расходомера для каждого котла (что бывает очень и очень редко) вопрос решается, как и для одного котла. При наличии же одного общего расходомера задача определения КПД для каждого котельного агрегата может быть решена при применении данных давления газа перед горелками котельного агрегата.

Суть методики заключается в определении доли потребления природного газа каждым котлом за заданный промежуток времени согласно данным режимной карты и суточной ведомости котлов при их параллельной работе и последующем расчете количества природного газа, фактически потребленного каждым котлом за тот же промежуток времени.

По данным, приведенным в режимной карте котла, необходимо найти функциональную зависимость. Для котла ДКВр-6,5/13 она представлена на рис. 2 и описывается следующим уравнением:

$$G(p)=62,709 \cdot p^{0,5052},$$

В.А. Аванасьев, Н.Д. Денисов-Винский
Некоторые вопросы энергетического обследования котельной

где G – расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$; p – давление газа перед горелками, $\text{кгс}/\text{м}^2$.

Следующим шагом к определению доли потребления природного газа каждым котлом за заданный промежуток времени является вычисление среднего значения давления газа перед горелкой согласно суточным ведомостям работы котлов. Здесь следует ввести основное ограничение описываемой методики, которое заключается в том, что все приведенные выводы справедливы для котлов, у которых режимные карты в первом приближении совпадают.

В табл. 2 приведены данные из суточных ведомостей двух параллельно работающих котлов ДКВр-6,5/13. Среднее значение давления за указанный промежуток времени для первого котла составляет $73,9 \text{ кгс}/\text{м}^2$, для второго – $86,9 \text{ кгс}/\text{м}^2$. Согласно этим величинам и представленному выше уравнению можно найти средний удельный расход природного газа для каждого котла: $551,27 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для первого котла; $598,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для второго котла. На основании полученных данных можно определить долевое потребление природного газа первым и вторым котлом соответственно:

$$g_1 = 551,27 / (551,27 + 598,3) = 0,4795$$

$$g_2 = 598,3 / (551,27 + 598,3) = 0,5205$$

Таким образом, согласно вычислениям, первый котел потребил 47,95%, а второй – 52,05% общего объема природного газа, израсходованного котельной (по фактическим данным счетчика газа) за период времени, указанный в табл. 2. Для рассматриваемой котельной при работе двух котлов в параллельном режиме за 10 ч было потреблено 10114 м^3 природного газа, следовательно первый котел потребил за этот промежуток времени $4849,6 \text{ м}^3$ природного газа, а второй – $5264,3 \text{ м}^3$.

В результате, зная какое количество теплоты было получено при работе каждого котла за заданный промежуток времени (по данным приборов учета тепловой энергии), а также зная теплотворную способность природного газа, можно определить средний КПД каждого котла, соответствующий рассматриваемому промежутку времени. Также определить КПД можно воспользовавшись зависимостью указанной выше (рис. 2) на основании данных среднего расхода газа ($484,96$ и $526,43 \text{ м}^3/\text{ч}$ для первого и второго котла соответственно). Таким образом, для первого котла искомый КПД в рассматриваемый период равен 89,7%, а для второго котла – 90,5%.

После определения КПД котлов и составления теплового баланса котельной становится возможна оценка эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и, в дальнейшем, осуществление энергосберегающих мероприятий.

Табл. 1. Данные режимной карты (на примере котла ДКВр-6,5/13).

Таблица 2. Данные из суточных ведомостей двух параллельно работающих котлов ДКВр-6,5/13.

Рис. 1. Зависимость КПД котла ДКВр-6,5/13 от расхода природного газа согласно данным режимной карты ($y = -0,000060992x^2 + 0,06958x + 70,32$).

Рис. 2. Зависимость расхода природного газа от давления газа перед горелками согласно данным режимной карты котлоагрегата ($y = 62,709x^{0,5052}$).

В.А. Аванасьев, Н.Д. Денисов-Винский
Некоторые вопросы энергетического обследования котельной

Табл. 1. Данные режимной карты (на примере котла ДКВр-6,5/13).

Параметры	Паропроизводительность, %			
	66	87	106	138
Паропроизводительность, т/ч	4,3	5,7	6,9	9
Расход топлива, м ³ /ч	350	450	540	703
Давление пара в барабане, кгс/см ²	6-7			
Давление газа перед горелками, кгс/м ² :				
– левой	30	50	70	120
– правой	30	50	70	120
Давление воздуха перед горелками, кгс/м ² :				
– левой	6	10	14	24
– правой	6	10	14	24
Разряжение в топке, кгс/м ²	2-3			
Температура, °С:	100-102			
– питательная вода				
– дымовых газов за котлом	228	242	260	282
– то же за экономайзером	146	152	160	182
Содержание за котлом, %:				
– CO ₂	7	8,4	9	9,6
– O ₂	8,5	6,1	5	3,9
Коэффициент избытка воздуха за котлом	1,61	1,36	1,28	1,2
Содержание за экономайзером, %;				
– CO ₂	6,2	7,2	8	8,6
– O ₂	10,7	8,2	6,8	5,7
Коэффициент избытка воздуха за экономайзером	1,82	1,57	1,43	1,33
КПД «брутто» котлоагрегата, %	87,2	89,3	90,1	89,1
Удельный расход условного топлива на выработку единицы тепла, кг у.т./Гкал	163,83	159,83	158,68	159,08

Таблица 2. Данные из суточных ведомостей двух параллельно работающих котлов ДКВр-6,5/13.

Котел №1										
Время	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Давление газа перед горелками, кгс/м ²	60	70	75	87	67	74	87	87	76	56
Котел № 2										
Время	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Давление газа перед горелками, кгс/м ²	76	87	86	97	98	78	76	87	98	86

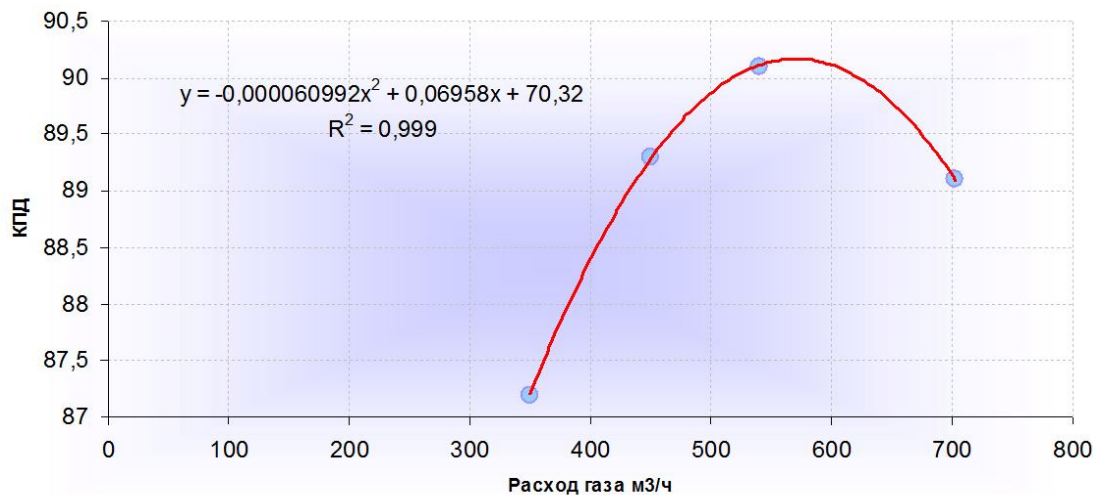


Рис. 1. Зависимость КПД котла ДКВр-6,5/13 от расхода природного газа согласно данным режимной карты ($y = -0,000060992x^2 + 0,06958x + 70,32$).



Рис. 2. Зависимость расхода природного газа от давления газа перед горелками согласно данным режимной карты котлоагрегата ($y = 62,709x^{0,5052}$).

Вопросы, замечания, предложения:
denisov.vinskiy@yandex.ru
www.denisov-vinskiy.ru