

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ГРЭС-2

И.В. Сорокин, А.Г. Коротких
Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5БМ51

В настоящее время электрическая станция – Томская ГРЭС-2 – обеспечивает электрической и тепловой энергией центральную и южную части г. Томска. Установленная электрическая мощность станции составляет 331 МВт, тепловая – 948 МВт.

На Томской ГРЭС-2 осуществляется раздельное сжигание твердого (каменный уголь марки Д Кузнецкого месторождения) и газообразного топлива (природный газ Нижневартовского месторождения) в топках паровых котлов. Мазут на электростанции используется в качестве растопочного топлива. Содержание элементов, фотография и дисперсная характеристика используемого на станции пылеугольного топлива и содержание газов в составе природного газа представлены в табл. 1–2 [1] и на рис. 1–2.

Табл. 1. Элементный состав каменного угля марки Д

Наименование элементов	Обозначение	Величина
Зола	$A^p, \%$	15,9
Влага	$W^p, \%$	11,5
Сера	$S^p, \%$	0,4
Углерод	$C^p, \%$	56,4
Кислород	$O^p, \%$	9,9
Азот	$N^p, \%$	1,9
Водород	$H^p, \%$	4,0

Табл. 2. Состав природного газа Нижневартовского месторождения

Наименование газов	Обозначение	величина
Метан	$CH_4, \%$	96,09
Этан	$C_2H_6, \%$	0,22
Пропан	$C_3H_8, \%$	1,4
Бутан	$C_4H_{10}, \%$	0,02
Пентан	$C_5H_{12}, \%$	0,7
Азот	$N_2, \%$	0,77
Углекислый	$CO_2, \%$	0,8

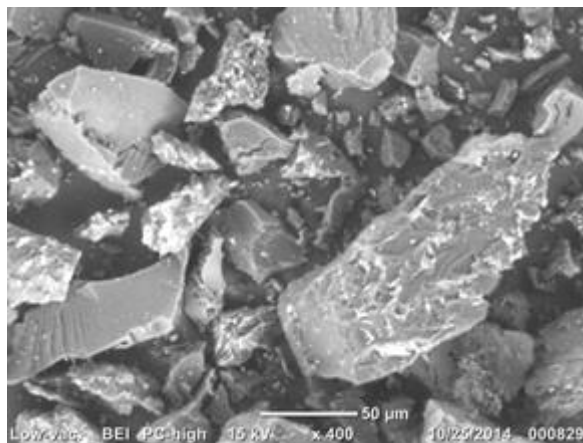


Рис. 1. Микрофотография электронного растрового микроскопа JCM-6000 порошка каменного угля

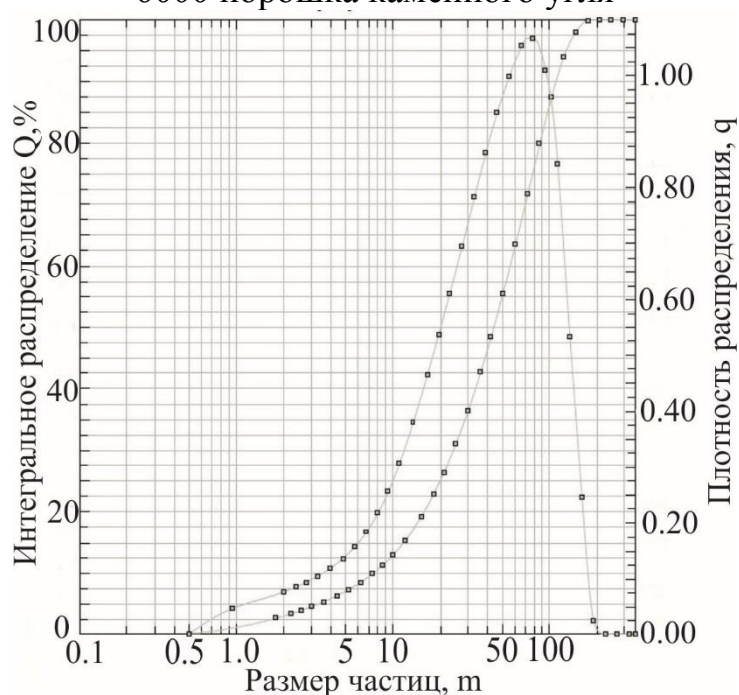


Рис. 2. Интегральное распределение и плотность распределения частиц порошка каменного угля (лазерный анализатор HELOS/BR)

Удельная и насыпная плотности используемого твердого топлива, измеренная пикнометрическим методом по 3–4 параллельным опытам, составляет 1927 ± 15 и 340 ± 6 кг/м³, соответственно.

Для оценки эффективности использования топлив определены значения низшей рабочей теплоты сгорания и удельного расхода топлива на производство единицы тепла.

Низшая теплота сгорания твердого топлива определяется формулой Менделеева [2]:

$$Q_H^{\text{уголь}^P} = 4,187 \cdot [81C^P + 246H^P - 26(O^P - S^P) - 6(W^P + 9H^P)], \quad (1)$$

где C, H, O, S, W – массовые доли компонентов топлива: углерода, водорода, кислорода, серы и влаги.

Объемная теплота сгорания газообразного топлива определяются суммой теплоты сгорания входящих в его состав различных газов с учетом их процентного содержания [2]:

$$Q_H^{p\text{газ}} = 0,04187 \cdot [Q_{CH_4} \cdot CH_4 + Q_{C_2H_6} \cdot C_2H_6 + \sum Q_{C_mH_n} \cdot C_mH_n], (2)$$

где CH_4 , C_2H_6 и т. д. – содержание горючих газов в топливе, об. %; Q_{CH_4} , $Q_{C_2H_6}$ и т. д. – объемная теплота сгорания соответствующих газов.

Таким образом, низшая теплотворная способность каменного угля марки Д Кузнецкого месторождения составляет $Q_H^{p\text{уголь}} = 21020 \text{ кДж/кг}$, а величина теплотворной способности природного газа Нижневартовского месторождения – $Q_H^{p\text{газ}} = 36883 \text{ кДж/м}^3$, или с учетом плотности природного газа – 49153 кДж/кг .

Удельный расход каменного угля и природного газа на производство 1 ГДж тепла равен:

для каменного угля:

$$B_{\text{уголь}} = \frac{1}{Q_H^{p\text{уголь}}} = \frac{1}{21,02 \cdot 10^{-3}} = 47,57 \text{ кг/ГДж};$$

для природного газа:

$$B_{\text{газ}} = \frac{1}{Q_H^{p\text{газ}}} = \frac{1}{49,15 \cdot 10^{-3}} = 20,35 \text{ кг/ГДж}.$$

Таким образом, использование природного газа на электростанции приводит к экономии удельного расхода топлива. Расход твердого топлива на производство 1 ГДж тепла в 2,3 раза больше, чем при использовании природного газа на станции.

При стоимости природного газа 2744 рубля за 1000 м^3 и каменного угля 1950 рублей за 1000 кг (на 2015 год) себестоимость единицы тепла, получаемой при сжигании топлива, составляет:

при сжигании каменного угля:

$$S_{\text{уголь}} = B_{\text{уголь}} \cdot C_{\text{уголь}} = \frac{47,57 \cdot 1950}{10^3} = 92,76 \text{ руб./ГДж};$$

при сжигании природного газа:

$$S_{\text{газ}} = B_{\text{газ}} \cdot C_{\text{газ}} = \frac{20,35 \cdot 2744}{10^3} = 55,84 \text{ руб./ГДж}.$$

Себестоимость производства 1 ГДж тепла при сжигании природного газа в 1,7 раза меньше, чем себестоимость 1 ГДж тепла при сжигании каменного угля.

Кроме того, использование твердого топлива на Томской ГРЭС-2 связано с дополнительными затратами на его приготовление для сжигания, а именно затратами на транспортировку, разгрузку, дробление топлива, работу системы пылеприготовления, а также транспортировку готовой пыли по сравнению с природным газом. Кроме того, дополнительные затраты связаны с очисткой дымовых газов от вредных веществ и сажи, а также транспортировкой золы и шлака до места сброса.

Для увеличения эффективности использования твердого топлива на Томской ГРЭС-2 предлагается использование газогенераторной установки [3], которая позволяет получать газообразные продукты неполного горения (в основном водород и окись углерода) для последующего синтеза с целью получения углеводородов (метан, пропан, бутан и т. д.), которые затем можно сжигать в топках парового котла. Образующийся в результате газификации диоксид углерода рекомендуется использовать повторно в газогенераторной установке в качестве окислителя углерода [4], а также в газотурбинной установке в качестве рабочего тела для дополнительной выработки электроэнергии, что позволит в целом увеличить эффективность работы тепловой электростанции и уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тепловой расчет котлов: (Нормативный метод). – СПб.: Изд. НПО ЦКТО, 1998. – 256 с.
2. Резников М.И., Липов Ю.М. Котельные установки электростанций: Учебник для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 288 с.
3. Siefert N.S., Chang B.Y., Litster S. Exergy and economic analysis of a CaO-looping gasifier for IGFC-CCS and IGCC-CCS // Applied Energy. – 2014. – Vol. 128. – P. 230–245.
4. Korotkikh A.G., Slyusarskiy K.V. Kinetic study of coals gasification into carbon dioxide atmosphere // MATEC Web of Conferences – EDP Sciences. – 2015. – Vol. 23. – P. 01020-1–6.

Научный руководитель: А.Г. Коротких, д.ф.-м.н., доцент каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.