

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 622.481.24(575.2-25)

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА
ПРИ СЖИГАНИИ НА ТЭЦ Г. БИШКЕК**

Гопка Анастасия Викторовна, магистрант, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, с.Новопокровка, ул. Логвиненко, дом-3, кв-3. Тел: 0703-89-71-45, e-mail: anastasiyayak96@gmail.com ORCID ID 0000-0002-0199-7418

Саньков Вячеслав Иванович, к.т.н., проф. кафедры Теплоэнергетика, КГТУ им. И. Раззакова (+996) 545183, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова 66, e-mail: sancovskaya@gmail.com

Аннотация. В данной статье ставится задача определения эффективности и экономичности использования местных видов топлива при сжигании их на ТЭЦ г. Бишкек. Исходя из характеристик используемого топлива произведен расчет теплового баланса для одного котельного агрегата БКЗ-160. Определены расход и стоимость используемого топлива за отопительный период.

Ключевые слова: Котёл, топливо, расход, температура, давление, энтальпия, потери теплоты, коэффициент полезного действия, нагрузка.

**EFFICIENCY OF USING VARIOUS TYPES OF FUEL WHEN BURNING AT A
THERMAL POWER STATION IN BISHKEK**

Gopka Anastasiya Viktorovna, graduate student, KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, v. Novopokrovka, st. Logvinenko, h-3, apt-3. Phone: 0703-89-71-45, e-mail: anastasiyayak96@gmail.com ORCID ID 0000-0002-0199-7418

Sankov Vyacheslav Ivanovich, Ph.D., professor, the department of "Thermal Engineering", KSTU them I. Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek city, st. Ch. Aitmatova 66, e-mail: sancovskaya@gmail.com

Abstract. This article aims to determine the efficiency and cost-effectiveness of using local types of fuel when burning them at a thermal power station in Bishkek. Based on the characteristics of the fuel used, the heat balance was calculated for one boiler unit. The consumption and cost of fuel used for the heating period are determined.

Keywords: Boiler, fuel, consumption, temperature, pressure, enthalpy, heat loss, efficiency, load.

В современном мире достаточно трудно представить себе жизнь без электрической и тепловой энергии. Человек зависим от энергии: бытовая техника, мобильные телефоны, освещение, отопление. Ежегодно потребность в электрической и тепловой энергии растет, в связи с этим необходимо увеличивать её производство. Поэтому очень важно бесперебойное поступление как электричества так и тепла потребителям.

Строительство ТЭЦ г. Бишкек начиналось с обеспечения станции котлами БКЗ-160, изготовленные Барнаульским котельным заводом, вертикально водотрубные с естественной циркуляцией, предназначенные для сжигания Карагандинского и Ташкумырского каменных углей, а так же природного газа и мазута [4].

Следует отметить, что все котельные агрегаты на ТЭЦ г. Бишкек были спроектированы на сжигание Карагандинского угля с обязательным использованием подсветочного топлива (газ, мазут). После распада СССР карагандинский каменный уголь перестал поступать на станцию. Закупочная цена газа и мазута с каждым годом увеличивается. В результате чего ТЭЦ г. Бишкек вынуждена оптимизировать структуру сжигания топлива, в следствии чего будет снижена себестоимость выработки тепло-и электроэнергии на ТЭЦ с учетом технологического производства.

Так же большую роль в выборе топлива сыграла модернизация ТЭЦ г. Бишкек. Были установлены котельные агрегаты типа НГ-710/13.8 в количестве двух единиц, которые спроектированы на сжигание Кара-Кечинского бурого угля.

В период с 2018 по 2019 гг. планируется произвести полный переход ТЭЦ г. Бишкек на использование углей местного месторождения. В связи с этим возникла необходимость произвести расчет и анализ качественных характеристик углей Кара-Кечинского и Ташкумырского месторождений при сжигании их на БКЗ-160.

Для произведения расчета приняты следующие исходные данные [2, стр. 3]:

Тип котла: БКЗ-160

Номинальный расход перегретого пара: $D_{\text{пн}}=160$ т/ч

Фактический расход перегретого пара: $D_{\text{пн}}=140$ т/ч

Номинальное давление перегретого пара: $P_{\text{пн}}=100$ кгс/см² = 9,81 Мпа

Номинальная температура перегретого пара: $t_{\text{пн}}=540^{\circ}\text{C}$

Номинальная температура питательной воды: $t_{\text{пв}}=215^{\circ}\text{C}$

Расчетные характеристики топлива представлены в таблице 1, в соответствии с данными анализов топливной лаборатории ТЭЦ г. Бишкек.

Таблица 1.

Расчетные характеристики используемого топлива

№	Параметры топлива	Кара-Кече (ЗБ)	Ташкумыр (ДСШ)
1.	Рабочая масса топлива, %		
	W_t^r	20.5	17.5
	W^a	5.9	5.1
	A^r	19.4	21.9
	C^r	75.5	74.5
	H^r	4.2	4.8
	N^r	0.8	1.2
	O^r	18.4	17.6
	$S_k^r + S_{op}^r$	1.1	1.9
	Выход летучих веществ, V^r , %	43.0	37.4
2.	Коэффициент размоловоспособности, $K_{\text{ло}}$	1,7	1,3
3.	Низшая теплота сгорания, $Q_{\text{н}}^p$, МДж/кг; Ккал/кг	16,76 4000	17,59 4200
4.	Зольность на сухую массу, A^d , %	24,4	26,6
5.	Температура плавкости золы, $^{\circ}\text{C}$		
	t_1 (температура размягчения)	1150	1275
	t_2 (температура плавления)	1300	1335
	t_3 (температура жидкого состояния)	1315	1360
6.	Коэффициент избытка воздуха за ВП 1 ст, $\alpha_{\text{ух}}$	1,41	1,41
7.	Доля шлака, $\alpha_{\text{шл}}$	0,05	0,05

Исходя из характеристик используемого топлива был произведен расчет теплового баланса котельного агрегата на Кара-Кечинском и Ташкумырском углях. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Тепловой баланс котельного агрегата

№	Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула и обоснование	Результат и расчет	
					Кара-Кече	Ташкумыр
1	2	3	4	5	6	7
1.	Низшая теплота сгорания	Q^p_n	кДж/кг	Принимается из таблицы 1.	16760	17590
2.	Температура уходящих газов	t_{yx}	°С	Температура должна быть в пределах 110-180°С. В расчете принята =150°С.	150	150
3.	Теоретическая энтальпия газа и воздуха	I^o_g I^o_b	кДж/кг	Принимается по t_{yx}	1245 1056,5	1038,5 883
4.	Энтальпия уходящих газов	I_{yx}	кДж/кг	Определяется из теоретических энтальпий газа и воздуха [8,стр.29] $I_{yx} = I^o_g + (\alpha_{yx} - 1) * I^o_b$	$I_{yx} = 1245 + (1,41 - 1) * 1056,5 = 1678$	$I_{yx} = 1038,5 + (1,41 - 1) * 883 = 1400,53$
5.	Температура холодного воздуха	t_{xb}	°С	Принимается равной 30°С	30	30
6.	Энтальпия холодного воздуха	I_{xb}	кДж/кг	[8,стр.161]	210,6	176,1
7.	Потеря теплоты от химического недожога	q_3	%	Данная величина учитывается при сжигании газообразных топлив.	0	0
8.	Потеря теплоты от механического недожога	q_4	%		0,5	0,5
9.	Потеря тепла с уходящими газами	q_2	%	Зависит от выбранной температуры уходящих газов, коэффициента	$q_2 = \frac{(1678 - 1,41 * 210,6) * (100 - 0,5)}{16760} = 8,19$	$q_2 = \frac{(1400,53 - 1,41 * 176,1) * (100 - 0,5)}{17590} = 6,51$

				избытка воздуха и определяется по формуле [8, стр. 29] $q_2 = \frac{(I_{ух} - \alpha_{ух} * I_{хв}) * (100 - q_4)}{Q_{рн}}$		
10.	Потеря тепла в окружающую среду	q_5	%	Зависит от номинальной производительности котла. $q_5^H = (60/D_{ном})^{0.5} / \lg D_{ном}$ <p>В связи с износом основного и вспомогательного оборудования котельного цеха, агрегаты не могут работать на номинальной производительности пара, поэтому уточняем значение q_5 [3, стр. 27]: $q_5 = q_5^H * D_{ном} / D_{факт}$</p>	$q_5^H = (60/160)^{0.5} / \lg 160 = 0.27$ $q_5 = 0,27 * 160 / 140 = 0,31$	$q_5^H = (60/160)^{0.5} / \lg 160 = 0.27$ $q_5 = 0,27 * 160 / 140 = 0,31$
11.	Потеря тепла с физической теплотой шлака	q_6	%	Зависит от способа шлакоудаления и определяется по формуле [3, стр. 28] $q_6 = \frac{\alpha_{шл} * (Ct)_{шл} * Ar}{Q_{рн}}$ <p>При твердом шлакоудалении принимается $t_{шл} = 600^\circ\text{C}$, $(Ct)_{шл} = 560$ кДж/кг</p>	$q_6 = \frac{0,05 * 560 * 19,4}{16760} = 0,032$	$q_6 = \frac{0,05 * 560 * 21,9}{17590} = 0,034$
12.	Сумма тепловых потерь	$\sum q$	%	$\sum q = q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$	$\sum q = 8,19 + 0 + 0,5 + 0,31 + 0,032 = 9,032$	$\sum q = 6,51 + 0 + 0,5 + 0,31 + 0,034 = 7,954$
13.	Коэффициент полезного действия котельного агрегата (брутто)	$\eta_{ка}^{бр}$	%	Определяется как отношение полезно используемого тепла к располагаемому [3, стр. 26]:	$\eta_{ка}^{бр} = 100 - 9,032 = 90,96$	$\eta_{ка}^{бр} = 100 - 7,954 = 92,05$

				$\eta_{\text{ка}}^{\text{бр}} = 100 - \sum q$		
14.	Энтальпия перегретого пара	$I_{\text{пп}}$	кДж /кг	Определяется по давлению и температуре перегретого пара [7, стр. 113]	3476,4	3476,4
15.	Энтальпия питательной воды	$I_{\text{пв}}$	кДж /кг	Определяется по температуре питательной воды [7, стр. 113]	920,6	920,6
16.	Давление в барабане котельного агрегата	P_6	МПа	Определяется по формуле: $P_6 = P_{\text{пп}} + 0,1 * P_{\text{пп}}$	10,79	10,79
17.	Энтальпия воды на линии насыщения	I^*	кДж /кг	По давлению в барабане [7, стр. 112]	1442,8	1442,8
18.	Расход свежего пара	$D_{\text{пп}}$	кг/с		38,88	38,88
19.	Расход продувочной воды	$D_{\text{пр}}$	кг/с	$D_{\text{пр}} = D_{\text{пп}} * p * 0,01$ где p - непрерывная продувка котла принимается равной 3% от производительности пара.	$38,88 * 3 * 0,01 = 1,16$	$38,88 * 3 * 0,01 = 1,16$
20.	Полезно используемое тепло в К/А	$Q_{\text{ка}}$	кВт	Большая часть тепла, вносимого в котельный агрегат, воспринимается поверхностями нагрева и передается рабочему телу. За счет этого тепла производится подогрев воды, ее испарение и перегрев пара: [1, стр 32] $Q_{\text{ка}} = D_{\text{пп}} * (I_{\text{пп}} - I_{\text{пв}}) + D_{\text{пр}} * (I^* - I_{\text{пв}})$	$Q_{\text{ка}} = 38,88 * (3476,4 - 920,6) + 1,16 * (1442,8 - 920,6) = 99975,25 \text{ кВт}$	$Q_{\text{ка}} = 38,88 * (3476,4 - 920,6) + 1,16 * (1442,8 - 920,6) = 99975,25 \text{ кВт}$
21.	Полный расход топлива	B	кг/с	[3, стр. 29] $B = \frac{Q_{\text{ка}} * 100}{Q_{\text{рн}} * \eta_{\text{ка}}}$	$B = \frac{99975,25 * 100}{16760 * 90,96} = 6,56$	$B = \frac{99975,25 * 100}{17590 * 92,05} = 6,17$

22.	Расчетный расход топлива	B_p	кг/с	[3, стр. 29] $B_p = B \cdot (1 - q_4 / 100)$	$B_p = 6,56 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 6,52$	$B_p = 6,17 \cdot (1 - 0,5 / 100) = 6,13$
-----	--------------------------	-------	------	---	---	---

Данные, полученные в результате расчета теплового баланса котельного агрегата представлены в гистограмме 1.



Для сравнения экономичности работы котлоагрегата БКЗ-160 при сжигании Кара-Кечинского и Ташкумырского углей необходимо определить расход топлива за отопительный период при работе одного агрегата на фактической максимальной нагрузке.

$$Q_{от.п.} = Q_{ка} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 151 \cdot 10^{-6} = 99975,25 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 151 \cdot 10^{-6} = 1304317,1 \text{ ГДж/от.п}$$

где 151 - условное количество дней в течение отопительного периода при работе одного котельного агрегата на фактической максимальной нагрузке.

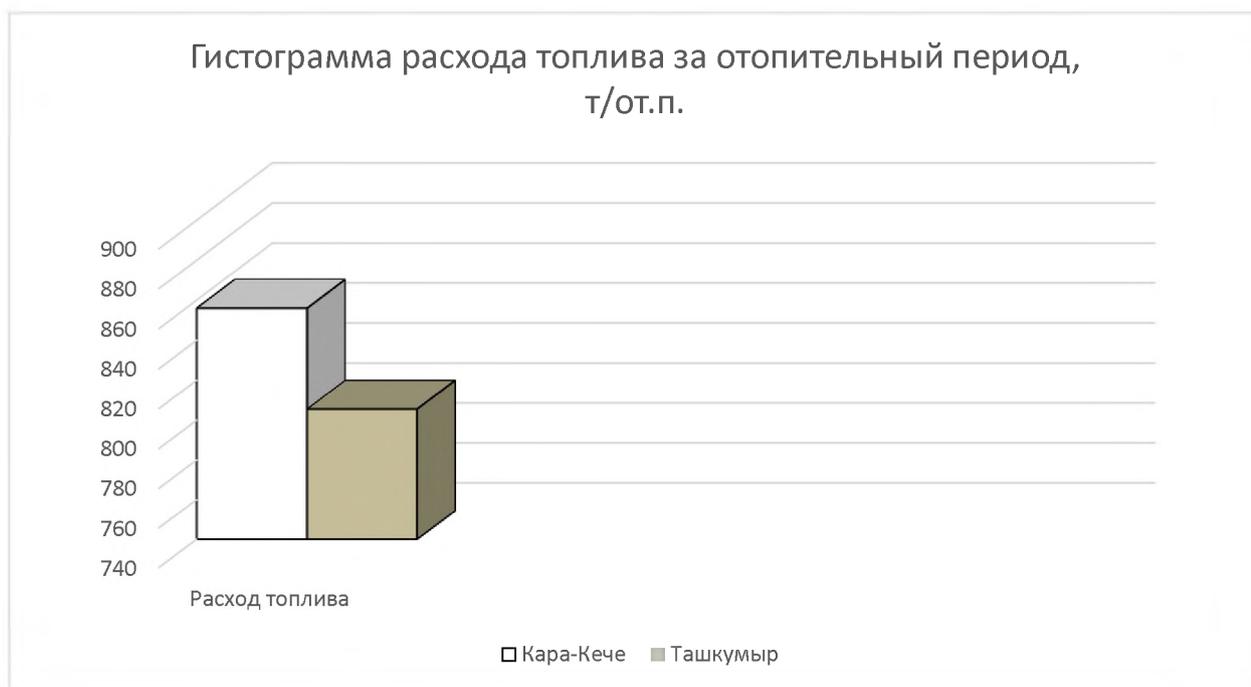
Расход топлива за отопительный период при работе агрегата на угле месторождения Кара-Кече и Ташкумыр:

$$B_{от.п.} = \frac{Q_{от.п.}}{Q_{рн} \cdot \eta_{ка}} \cdot 10^6$$

$$B_{от.п.} = \frac{1304317,1}{16760 \cdot 90,92} \cdot 10^6 = 855952,622 \text{ кг/год} = 855,9 \text{ т/от.п.};$$

$$B_{год} = \frac{1304317,1}{17590 \cdot 92,05} \cdot 10^6 = 805551,954 \text{ кг/год} = 805,5 \text{ т/от.п.};$$

Данные, полученные в результате расчета расхода топлива за отопительный период представлены в гистограмме 2.



В соответствии с расходом топлива за отопительный период затрачивается:

$$C = 855,9 * 3500 = 2 \text{ млн } 995 \text{ тыс } 650 \text{ сом}$$

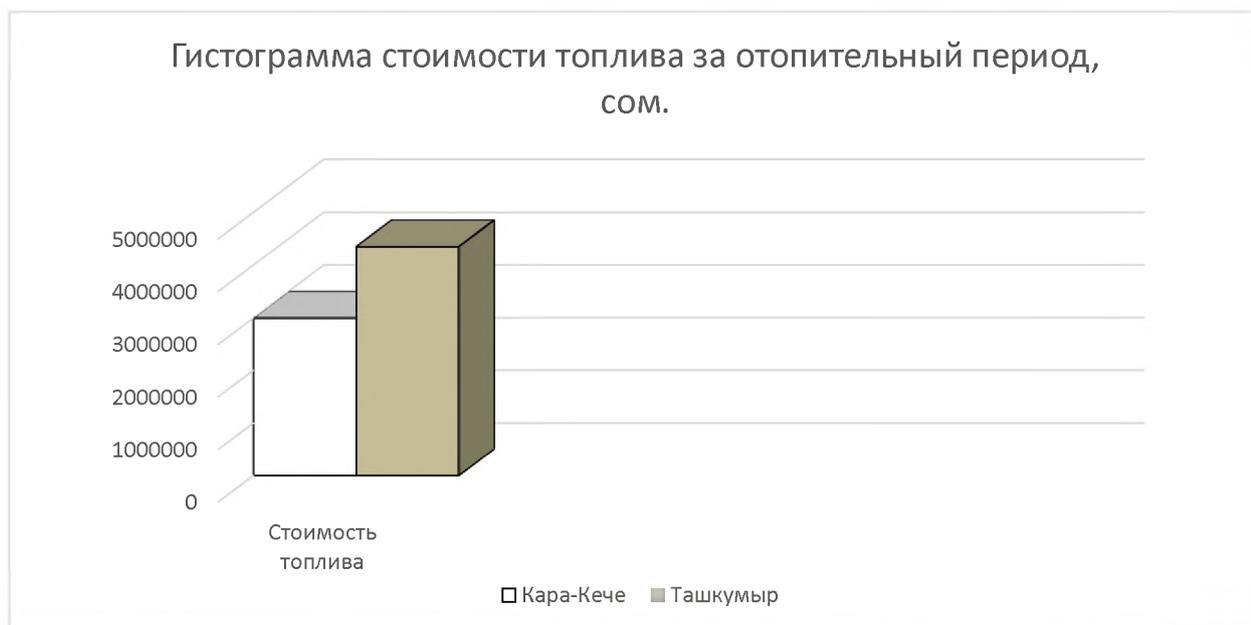
где 3500 – стоимость 1 тонны угля месторождения Кара-Кече.

$$C = 805,5 * 5400 = 4 \text{ млн } 349 \text{ тыс } 700 \text{ сом}$$

где 5400 – стоимость 1 тонны угля месторождения Ташкумыр.

Такая разница в стоимости объясняется транспортными расходами.

Данные, полученные в результате расчета стоимости топлива за отопительный период представлены в гистограмме 3.



Выводы: На современном этапе развития теплоэнергетики преобладающее количество тепловой энергии, направляемой на цели теплоснабжения и технологические нужды, вырабатывается паровыми котельными агрегатами. В условиях резкого роста цен на энергетическое топливо к проектированию и эксплуатации котлоагрегатов предъявляются

повышенные требования в части эффективности и надежности их работы. В связи с этим дальнейшее развитие источников теплоснабжения предусматривает обеспечение рационального использования топливно-энергетических ресурсов на работающих котлоагрегатах и надежность выработки тепловой энергии [5, стр. 5]

Из сравнительных расчетов следует, что:

1. При работе котла на Ташкумырском угле его КПД больше, чем на угле месторождения Кара-Кече.
2. Расход топлива за отопительный период у Ташкумырского угля меньше, чем у Кара-Кечинского. Это объясняется тем, что у первого низшая теплота сгорания сравнительно выше, поэтому для получения тепла понадобится затратить меньше топлива.
3. При выработке одного и того же количества тепла затраты на топливо будут выше при использовании Ташкумырского угля.

Список литературы

1. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы. (Учебное пособие). Красноярск 2005.-292с.:ил.
2. Инструкция по обслуживанию котельного оборудования на ТЭЦ г. Бишкек.
3. Липов Ю.М. и др. Л 61. Компонка и тепловой расчет парового котла: Учеб. пособие для вузов/ Ю.М. Липов, Ю.Ф. Самойлов, Т.В. Виленский.-М.: Энергоатомиздат, 1988.-208с.:ил.
4. [Определена компания для поставки импортного угля для ТЭЦ г. Бишкек.- Режим доступа: <http://kabar.kg/news/opredelena-kompaniia-dlia-postavki-importnogo-uglia-dlia-tetc-bishkeka/> \(дата обращения 10.12.2018\), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.](http://kabar.kg/news/opredelena-kompaniia-dlia-postavki-importnogo-uglia-dlia-tetc-bishkeka/)
5. [Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов. Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГТУ, 2002. – 135с.](#)
6. Резников М.И. Паровые котлы тепловых электростанций/ М.И. Резников, Ю.М. Липов. М.: Энергоиздат, 1981.
7. Ривкин С.Л., Александров А.А. Р 49. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М.: Энергия, 1980. – 424с., ил.
8. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Издание 3-е, переработанное и дополненное. Издательство НПО ЦКТИ, СПб, 1998. 256 с. с ил.