

УДК 504.5:662.6

**ВЛИЯНИЕ СЖИГАНИЯ УГЛЯ НА АТМОСФЕРУ****Б.С. Жапакова**

Представлены результаты опытного сжигания угля марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения, проведенного на котле БКЗ-220-100-4С ст.№19 ТЭЦ г. Бишкек. Сжигание необходимо для оценки возможности длительного замещения этим видом топлива проектного промпродукта того же месторождения. Использован отработанный ранее способ оценки влияния теплофизических свойств непроеKTного топлива на надежность, экономические и экологические показатели размещенного на ТЭЦ оборудования. Предложены мероприятия по совершенствованию условий приема, хранения, топливоподачи, пылеприготовления, сжигания, эвакуации продуктов сгорания с учетом снижения вредных веществ в атмосферу, которые необходимы в случае перевода ТЭЦ г. Бишкек на новый вид топлива.

*Ключевые слова:* коксовый отощенный уголь; летучая зола; дисперсные частички; вредные выбросы.

**КӨМҮРДҮН КҮЙҮШҮНҮН АТМОСФЕРАГА ТИЙГИЗГЕН ТААСИРИ****Б.С. Жапакова**

Макалада Бишкек Жылуулук электр борборунун №19 БКЗ-220-100-4С от казанында Караганды кенинен КО маркасындагы көмүрдү эксперименталдык түрдө жагуунун натыйжалары берилген. Көмүрдү жагуу бир эле кендин долбоордук өнөр жай продукциясына отундун бул түрүн узак мөөнөткө алмаштыруу мүмкүнчүлүгүн баалоо үчүн зарыл. ЖЭБге орнотулган жабдуулардын ишенимдүүлүгүнө, экономикалык жана экологиялык көрсөткүчтөрүнө конструкциядан тышкаркы отундун термофизикалык касиеттеринин таасирин баалоо үчүн мурда иштелип чыккан баалоо ыкмасы колдонулган. Бишкек ЖЭБин жаңы отундун түрүнө которууда зарыл болгон атмосферага зыяндуу заттардын азайышын эске алуу менен, күйүүчү заттарды кабыл алуу, сактоо, отун менен камсыздоо, майдалоо, күйүү, эвакуациялоо шарттарын жакшыртуу боюнча чаралар сунушталууда.

*Түйүндүү сөздөр:* кокс көмүрү; учкан күл; дисперстик бөлүкчөлөр; зыяндуу эмиссиялар.

**THE EFFECT OF COAL BURNING ON THE ATMOSPHERE****B.S. Zhapakova**

This article presents the results of experimental combustion of coal of the KO brand (coke-thinned) of the Karaganda deposit, carried out on the boiler of the BKZ-220-100-4C station No. 19 of the Bishkek CHP. Combustion is necessary to assess the possibility of long-term replacement of the project industrial product of the same field with this type of fuel. The previously developed method of assessing the influence of the thermophysical properties of non-project fuel on the reliability, economic and environmental indicators of the coal-using equipment placed at the CHP used. Measures are proposed to improve the conditions of reception, storage, fuel supply, dust preparation, combustion, evacuation of combustion products, taking into account the reduction of harmful substances into the atmosphere, which are necessary in the case of the transfer of the Bishkek CHP to a new type of fuel.

*Keywords:* coke thinned coal; fly ash; dispersed particles; harmful emissions.

**Введение.** Одной из основных причин образования смога над нашей столицей является ТЭЦ г. Бишкек. Важную роль в этом играет, какой вид топлива сжигается в котлах ТЭЦ города. После распада союзного государства резко повысились цены на газ и мазут, из-за чего ТЭЦ г. Бишкек стала нести значительные экономические потери. Для снижения сырьевых затрат был изменен топливный баланс с минимизацией газомазутопотребления и увеличения доли твердого топлива, в том числе

непроектного качества. Соответственно ухудшился процесс пылеугольного сжигания в котлах, не рассчитанных на использование непроектного топлива. Это, в свою очередь, повлияло на стремительное загрязнение атмосферного воздуха летучей золой, так как летучая зола – это мелкодисперсные частички недогоревших углей.

Поскольку проект ТЭЦ предусматривает организацию различных участков для приема угля, его хранения, транспортирования к мельницам котлов, пылеприготовления в мельницах, сжигания в котлах и эвакуации полученных после сжигания продуктов сгорания, каждый такой участок спроектирован по правилам использования конкретного вида угля. Поэтому изменение вида топлива однозначно требует проектной корректировки технологии с возможной реконструкцией отдельных элементов и устройств на всех перечисленных выше участках. Для оценки объёма, степени необходимого вмешательства в существующую технологию углеиспользования, при переводе ТЭЦ на новый вид топлива, предварительно проводится его опытное сжигание с анализом работы всего оборудования в новых условиях.

Процесс топливоиспользования на ТЭЦ г. Бишкек начинается с разгрузки-приемки и складирования угля на открытой площадке. Система приема включает железнодорожный и автотранспортный участки. Первый из них оснащен вагоноопрокидывателями. Система складирования имеет площадки для сбора топлива, а также подающие и заборные ленточные конвейеры с узлами пересыпки. Имеются также обводные конвейеры для прямой подачи топлива на котлы, помимо склада. Система подачи твердого топлива на котлы состоит из дробильных установок с предвключенными магнитными сепараторами для улавливания стальных включений, ленточных конвейеров, бункеров и питателей сырого угля, установленных перед мельничными установками котлов.

Система пылеприготовления, подачи пыли и воздуха в горелки котлов БКЗ-220-100-4с. Каждый из котлов оснащен тремя пылесистемами с прямым вдуванием пыли в горелки, каждая из которых включает бункер, питатель и молотковую мельницу [1]. Пылесистемы всех котлов имеют общие недостатки: отсутствие резервных мельниц с узлами вывода угольной пыли в топку (дополнительными горелками), которые необходимы при регулярном сжигании твердого топлива; отсутствие взрывных клапанов на пылепроводах и регуляции газов из газоходов в мельницы, необходимых при использовании углей с высоким выходом летучих веществ. Система пылесжигания котлов имеет экранированные топки с шестью встречно установленными на боковых стенах вихревыми горелками смесительного типа, дутьевые вентиляторы, вентиляторы горячего дутья, воздухопроводы. Система эвакуации газообразных продуктов сгорания имеет примыкающие к выходному окну топки газоходы с конвективными поверхностями нагрева, золоуловители (электрофилтры), дымососы.

Система отвода твердых продуктов сгорания имеет заполненные водой шнековые шлаковыводящие ванны, размещенные под холодной воронкой топочной камеры, золоприемники золоуловителей, золошлаковыводящие каналы. Работа систем пылесжигания и эвакуации продуктов сгорания осуществляется путем включения тяго-дутьевых установок, подачи в топку угольной пыли и воздуха, сжигания пыли с выделением теплоты, ее передачи экранам и конвективными поверхностями нагрева, отделения золы в золоуловителях и вывода очищенных продуктов сгорания через дымовые трубы в атмосферу. Шлак и золу из-под котлов через систему гидрозолоудаления выводят в золошлаковые отвалы [2–4].

При проведении опытного сжигания угля марки КО (кокосый отощенный) Карагандинского месторождения, была использована уже опробованная и отработанная на ТЭЦ г. Бишкек методика сжигания других непроектных углей с теплофизическими характеристиками, отличающимся от характеристик проектного топлива. Согласно этой методике, в период экспериментов на участках разгрузки, хранения, подачи в бункеры котла ст.№19 (выбранного в качестве опытного образца), производился отбор проб угля непроектного качества с определением теплоты сгорания  $Q_{\text{н}}^{\text{п}}$ , влажности на рабочую массу  $w^{\text{п}}$ , зольности на сухую массу  $A^{\text{с}}$ , содержание летучих веществ на горячую массу  $V^{\text{г}}$ .

Уголь марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения имеет следующие качественные характеристики: зольность до 24 %, влажность до 12 %, выход летучих до 32 %, теплоту сгорания не ниже 5500 ккал/кг.

Испытание котла ст.№19 при сжигании нового для ТЭЦ вида топлива (угля марки КО) проводилось согласно принятой в Техэнерго методике. По результатам испытаний был определен расчетный расход топлива  $V_p$ :

$$\eta^{бр} V_p Q_n^p = D_{пп} (i_{пп} - i_{пв}), \quad (1)$$

где  $V_p$  – расчетный расход топлива, т/ч(кг/с);  $Q_n^p$  – теплота сгорания топлива ккал/кг, по анализам отборов с ПСУ;  $D_{пп}$  – расход пара по показаниям штатных приборов, т/ч(кг/с);  $i_{пп}$ ,  $i_{пв}$  – расчетные значения энтальпии перегретого пара и питательной воды, ккал/кг по показаниям штатных приборов температуры и давления;  $\eta^{бр}$  – расчетный КПД котла брутто, оцениваемый ТЭЦ г. Бишкек по стандартной методике, принятой для проектирования, наладке, эксплуатации [2–4].

В соответствии с приведенной методикой, КПД котла брутто оценивается следующим образом:

$$\eta^{бр} = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6, \quad (2)$$

где  $q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$  – потери теплоты котлом при сжигании нового вида топлива вместе с уходящими газами, химической и механической неполнотой сгорания, в окружающую среду и с физическим теплом шлака;  $q_2$  – оценивается по разности энтальпий уходящих газов и холодного воздуха; параметр  $q_3$  – по содержанию СО в уходящих газах;  $q_4$  – по содержанию горючих веществ в шлаке и золовом уносе; значения  $q_5, q_6$  были приняты согласно проектным характеристикам котла в соответствии с рекомендациями [2–4].

Производился отбор проб твердых частиц и газов, определение температуры, давления в топке и газоходах [2]. Газовый анализ осуществлялся с помощью приборов ГХП-3М и ТЕСТО-350. Данные анализа по  $O_2$ ,  $CO_2$ , СО используются ПТО ТЭЦ г. Бишкек при оценке тепловых потерь.

В таблице 1 приведена характеристика углей, которые используются на ТЭЦ г. Бишкек.

Из данных таблицы 1 видно, что завезенный для проведения опытного сжигания уголь марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения имел более высокую теплоту сгорания, нежели у проектных Таш-Кумырского отсева и Карагандинского промпродукта (примерно в 1,5 раза). Время эффективной работы существующих фильтров (период между очисткой от золы их рабочих поверхностей), исходя из результатов опытного сжигания и проведенной прогнозной оценки, при нагрузке 180–220 т/ч, не менее 1,5 месяцев. Это такие же показатели, как и при сжигании проектных углей. Забивание системы золошлакоудаления за период опытного сжигания угля марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения связано с уменьшенным содержанием золы и незначительным исключением из состава последней СаО [5–7].

В таблице 2 приведены основные показатели опытного угля марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения, предоставленного лаборатории ТЭЦ г. Бишкек.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что уголь марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения имеет более высокое значение теплоты сгорания, нежели проектное топливо. Увеличение теплоты сгорания влечет снижение расхода топлива. Этот показатель определяет соответствующее массовое снижение выбросов в атмосферу золы, оксидов серы и азота. А уменьшенное содержания в топливе породы и серы обуславливает дополнительное снижение выбросов золы и оксидов серы. Выбросы в атмосферы у угля марки КО (коксовый отощенный) Карагандинского месторождения примерно в два раза ниже, поэтому снижаются и регулярные эксплуатационные затраты на замену бил. При использовании существующих фильтров снижается массовый выход мелкодисперсной золы пропорционально уменьшению расхода топлива и снижению содержания в нем породы. Максимальное снижение выбросов в атмосферу достигается при переходе на низкоскоростные технологии ее улавливания. Содержание летучих веществ у угля марки КО находится на том же

Таблица 1 – Характеристика углей

Топливо			
По назначению	Непроектное	Проектное	Опытное
Месторождение	Кара-Жыра	Караганда	Караганда
Марка угля	Д	К, промпродукт	КО
Теплота сгорания $Q_{н}^p$ , ккал/кг	4600–5000	3600–4000	5900–6050
Влажность на рабочую массу $W^p$ , %	11–13	8–11	5–6
Зольность на сухое состояние топлива, $A^c$	21,5	36–40	19–21
Содержание летучих веществ на горячую массу, $V^r$	47,5	28–30	27–30
Массовая доля общей серы, $S^p$	0,5	0,4	0,2
Коэффициент размоловоспособности	1,3	1,4	1,35
Зола			
По назначению	Не проектное	Проектное	Опытное
Месторождение	Кара-Жыра	Караганда	Караганда
Марка угля	Д	К, промпродукт	КО
Температура плавления золы, $T$ , °C	1275	1230	1280
CaO, %	3,0–3,5	3,0–3,5	0,3
O/K	<0,5	<0,5	<0,5
Продукты сгорания			
По назначению	Не проектное	Проектное	Опытное
Месторождение	Кара-Жыра	Караганда	Караганда
Марка угля	Д	К, промпродукт	КО
$\Pi^{sp}$ , %	89,0	89,0	87,5
$SO_x$ , мг/м <sup>3</sup>	>800	>800	>800
$NO_x$ , мг/м <sup>3</sup>	>800	>800	>800

Таблица 2 – Уголь марки КО Карагандинского месторождения

№ п/п	Показатель	Методы анализа	Обозначение и единица измерений показателей	Результаты анализа	Неопределенность метода
1	Массовая доля общей влаги в рабочем состоянии	ГОСТ27314-91	$W_{tr}$ , %	5,20	-----
2	Влага аналитической пробы	ГОСТ27314-91	$W^a$ , %	1,94	-----
3	Зольность на сухое состояние топлива	ГОСТ11022-95 ГОСТ27313-15	$A^d$ , %	18,46	±0,120
4	Выход летучих веществ	ГОСТ6382-01	$V^{daf}$ , %	27,19	±0,133
5	Низшая теплота сгорания рабочего топлива	ГОСТ147-2013	$Q_{ir}$ , кДж/кг Ккал/кг	25390 6060	±123 ±29
6	Массовая доля общей серы	ГОСТ8606-2015	$S_{ta}$ , %	0,52	±0,07

уровне, что и у проектного топлива. Это позволяет сохранять проектные решения, связанные с хранением и топливоподачей на котлы, а также избежать внедрения специальных мероприятий по взрывопожаробезопасности.

*Литература*

1. Приказ Государственного комитета промышленности Кыргызской Республики от 29 октября 2019 года № 01-7/429 «Об утверждении порядка и условий выбора твердого топлива для сжигания на ТЭЦ г. Бишкек».
2. *Трембовля В.И.* Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трембовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева. М.: Энергия, 1977. 296 с.
3. Тепловой расчет котлов. Нормативные методы. Изд. 3-е перераб. и доп. СПб.: НПО ЦКТИ-ВТИ, 1998. 260 с.
4. *Вербовецкий Э.Х.* Методические указания по проектированию топовых устройств энергетических котлов / Э.Х. Вербовецкий, Н.Г. Жмерик. СПб.: НПО ЦКТИ-ВТИ, 1996. 270 с.
5. Научно-технический отчет по работе: Опытное сжигание угля марки КО Карагандинского месторождения на котле БКЗ-220-100-4С ст.№19 ТЭЦ г. Бишкек, 2021.
6. Порядок и условия выбора твердого топлива для сжигания на ТЭЦ г. Бишкек (Методические указания к подготовке и проведению поставок топлива). 29.10.2019.
7. Отчет по опытному сжиганию угля месторождения Кара-Жыра. РК. ТОО НИЦ «Уголь». 20.08.2021.