

Литература

1. Беккер М.С. Куликов М.Ю., Егорычев Е.В. Физическая модель изнашивания инструмента из быстрорежущей стали // Вестник машиностроения. 1997. № 8. С.41-44.
2. Мокрицкий Б.Я. Структурно-динамические аспекты при оценке работоспособности металлорежущего инструмента // Изв. вузов. Машиностроение. 1990. № 11. С. 122.
3. Подураев В.Н. Закураев В.В. Разработка и реализация способа управления оптимальным режимом резания // Вестник машиностроения. 1996. № 11. С. 31-36.
4. Современные методы конструирования, контроля качества и прогнозирования работоспособности режущего инструмента / Ю.Г. Кабалдин, Б.Я. Мокрицкий, Н.А. Семашко, С.П. Тараев. – Владивосток: Изд-во ГУ, 1990. 122 с.
5. Мокрицкий Б.Я., Мокрицкая Е.Б. К вопросу об управлении работоспособностью металлорежущего инструмента // Вестник машиностроения. 1998. №12. С. 40-47.
6. Семашко Н.А., Мокрицкая Е.Б., Мокрицкий Б.Я., Филоненко С.Ф., Вахрушев О.М. Патент РФ № 2138038. Способ контроля физико-механических свойств изделий / Оpubл. 20.09.1999. Бюл. № 26.
7. Семашко Н.А., Мокрицкая Е.Б., Мокрицкий Б.Я., Филоненко С.Ф. Патент РФ № 2138039. Способ контроля свойств и диагностики разрушения изделия / Оpubл. 20.09.1999. Бюл. № 26.
8. Мокрицкая Е.Б., Семашко Н.А., Мокрицкий Б.Я., Вахрушев О.М. Патент РФ № 2140076. Способ акустического контроля трещиностойкости изделий / Оpubл. 9.07.1998, Бюл. №29.

Modelling of the coated tool material properties

Elena Borisovna Mokritskaya, PhD, Assistant Professor

Larisa Ivanovna Prudnikova, PhD, Assistant Professor

Scientists are now solving the problem of providing a metal-cutting performance of a wear-resistant coating. The paper suggests the ways to improve performance by modeling the properties of the material. This paper presents the methodology for assessment of the coated tool performance by acoustic emission.

Keywords – tool performance, tool materials, acoustic emission, modeling of the properties, computer program

УДК 674.81

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЕРЕВОДА КОТЕЛЬНОЙ НА АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

Екатерина Борисовна Истягина, канд. физ-мат. наук, доцент

Тел.: +7 391 291 2516

Сибирский Федеральный Университет

<http://www.sfu-kras.ru/>

Сергей Евгеньевич Молоков, магистр ИКИТ СФУ

Тел.: +7 923 312 2800, e-mail: mol_sergei@mail.ru

Сибирский федеральный университет

<http://www.sfu-kras.ru/>

Работа посвящена переводу котельной на альтернативное топливо. В расчетах применяются законы теплотехники, термодинамики и аналитические методы. Выявлена и обоснована необходимость модернизации оборудования для использования pelletного топлива.

Ключевые слова: Альтернативное топливо, котел, модернизация котла, экологически чистая энергия.

1. Введение

Переход на альтернативные виды топлива движется стремительно по всему миру. Ведь цены на невозобновляемые источники энергии растут, а их запасы уменьшаются. Для экономии энергетических ресурсов и решения экологических проблем необходимо внедрять производство твердого биотоплива. В настоящее время широкое распространение получило пеллетное биотопливо. Пеллеты – топливные гранулы, которые по своим характеристикам не уступают традиционному топливу, что обеспечивает довольно широкую область их применения. Наиболее распространенными являются древесные пеллеты. Они выглядят как маленькие цилиндры, диаметром 6 - 14 мм и длиной 0,5 см - 2 см. Сырьём для пеллет служат: опилки, стружка, горбыль, некачественная древесина, кора (лесопилки просто выбрасывают сырье), а также отходы сельского хозяйства (солома, копра льна и торф). Пеллеты экологически чистый материал, так как, в отличие от угольного топлива, выдают в атмосферу ровно столько CO_2 , сколько впитало дерево во время роста. Зола, образующаяся при сжигании пеллетных гранул составляет, как правило, до 1% по массе, причем ее можно использовать как удобрение [1].



Е.Б. Истягина

Всего в мире по статистике Faostat в 2013 году произведено около 21629 тыс. тонн топливных гранул, рост за год составил 9%. Интересно отметить, что производство древесных топливных гранул (пеллет) увеличилось более чем в 10 раз за последнее десятилетие, главным образом, благодаря увеличению спроса в секторе биотоплива в Европе. Так, например, по итогам 2002 году мировое производство древесных топливных гранул составило всего 2 миллиона тонн против 21,7 млн. тонн в 2013 году.

Низшая теплота сгорания составляет $Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 20$ МДж/кг [2], что сопоставимо с низкой теплотой сгорания бурого угля 15 МДж/кг [3], каменного угля 32–37 МДж/кг и антрацита 34–36 МДж/кг. Поэтому пеллеты могут конкурировать с этими видами топлива. Преимущества пеллет перед другими видами топлива следующие:

-перед газом: высокая пожаро- и взрывоопасность газа, тяжелая и дорогая процедура согласования, подключения и получения лимитов;

-перед электричеством: высокая стоимость электроэнергии, практическая невозможность подключения нужной мощности;

-перед углем: сжигание угля нельзя автоматизировать, в дымовых газах очень большое содержание серы (до 100 раз больше) и оксидов азота, необходимость утилизировать шлак, достигающих 40% от массы угля, низкий КПД котлов;

-перед дровами: невозможность автоматизировать сжигание дров, нужно много площади для хранения, низкий КПД котлов;

-перед мазутом: высокая стоимость, практическая невозможность применения в малых котлах, необходимость разжижения в холодное время года, до 100 раз больше содержание серы в дымовых газах.

В этой связи, производство биотоплива и переход котельных на пеллетное топливо является актуальным. Поэтому было принято решение разработать технологический процесс перевода котельной на альтернативное и экологически чистое пеллетное топливо.

2. Содержание работы

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- определение тепловой нагрузки на отопление и горячее теплоснабжение поселка;



С.Е. Молоков

- определение расхода топлива;
- расчет вспомогательного оборудования котельной;
- экономическое обоснование предлагаемой замены.

Значения, необходимые для определения тепловой нагрузки условного поселка сведены в табл.1.

Таблица 1

Исходные данные для определения тепловой нагрузки поселка

№ п/п	Категория здания	Объемный показатель на 1000 чел. м ³	Число потребителей горячей воды на 1000 чел.	$t_{в.н}^{\circ}C$	$q_{в}Bm / м^3 \cdot K$	$q_{о}Bm / м^3 \cdot K$	P Час	q л/сутки
1	Жилые дома	47.63 · 10 ³	m жителей	20	-	0.302	10	100
2	Административные здания	700	5	16	0.093	0.44	5	25
3	Гостиницы	500	5	18	-	0.44	10	100
4	Кинотеатры	750	50	16	0.27	0.407	5	4
5	Столовая	1000	50	16	0.81	0.407	5	25
6	Детские сады	1250	50	20	0.12	0.395	5	25
7	Детские ясли	500	25	20	0.13	0.44	10	25
8	Школы	3000	200	20	0.08	0.383	2	7
9	Больницы	600	5	20	0.326	0.419	12	100
10	Бани	450	10	27	1.16	0.326	15	90
11	Температурный график 150/70.							

Исходными данными также для расчета являются: количество жителей поселка – 15000 человек; вид системы теплоснабжения – закрытая; продолжительность отопительного периода – 235 суток; самая низкая температура за пять дней, $t_{н.о} = -40^{\circ}C$; средняя, самого холодного месяца, $t_{н.о} = -40^{\circ}C$; средняя, за отопительный год, $t_{н.о} = -40^{\circ}C$; температура начала отопительного сезона, $t_{н.о} = +8^{\circ}C$;

На котельной работают три котла КВ-ТС-10 теплопроизводительностью 11,63 МВт, предназначены для получения горячей воды, расходуемой, главным образом на теплофикационные нужды.

Котел КВ-ТС (котел твердотопливный водогрейный, слоевой) предназначен для сжигания твердого топлива в слое за исключением высокозольных, высоковлажных бурых углей, отходов углеобогащения и углей с теплотой сгорания $Q_H < 12722$ КДж/кг, а также сланцев, торфа и других видов твердого топлива с содержанием серы $S_{кр} > 0.2 \cdot 10^{-3}\%$ кг/ккал.

Расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение определяется по всем категориям зданий отдельно, и затем находится суммарная тепловая нагрузка по каждому параметру [4], все значения сведены в табл. 2.

Таблица 2

Расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Тип здания	Объем здания по наружному обмеру V_n м ³	Число потребителей горячей воды m, чел.	Расход тепла на отопление Q_o , МВт	Расход тепла на вентиляцию Q_v , МВт	Расход тепла на горячее водоснабжение $Q_{вс}$, МВт
Жилые дома	714450	15000	13.81	0	8.73
Адм. здания	10500	75	0.277	0.046	0.021
Гостиницы	7500	75	0.204	0	0.44
Кинотеатры	11250	750	0.274	0.143	0.218
Столовая	15000	750	0.366	0.571	0.034
Дет.сад	18750	750	0.474	0.114	0.218

Ясли	7500	375	0.211	0.049	0.054
Школы	45000	3000	1.103	0.183	0.611
Больницы	9000	75	0.241	0.149	0.036
Бани	6750	150	0.156	0.454	0.052

Определим суммарный расход тепла на поселок, МВт [4]

$$\sum Q_{\text{пос}} = 17,114 + 1,711 + 10,02 = 28,845. \quad (1)$$

В результате расчета определена тепловая нагрузка проектируемого поселка, то есть расход тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Нагрузка составила 28.845 МВт.

Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании бурого угля [5].

Исходные данные

Топливо: Ирша-Бородинский уголь;

Состав топлива:

$W_p = 33\%$; $A_p = 6,0\%$; $S_k = 0,2\%$; $S_{op} = 0,2\%$; $C_p = 43,7\%$; $H_p = 3\%$; $N_p = 4,6\%$; $O_p = 13,5$;

Низшая теплота сгорания: $Q_H = 15,67$ МДж/кг.

Для всей котельной находим расход топлива, (г/с): .

$$B^P = \frac{N \cdot Q_{BK}}{\eta_{ка} \cdot Q_H^P}, \quad (2)$$

$$B^P = \frac{28.845}{0.809 \cdot 15,67} = 2.27, \quad (3)$$

где Q_H^P -низшая теплота сгорания 1 кг твердого топлива, МДж/кг; N - число котлоагрегатов, шт; $\eta_{ка}$,-коэффициент полезного действия котлоагрегата брутто (средний по данному типу котлов); Q_{BK} -полное количество полезно использованного тепла, МВт.

Расчет выбросов вредных веществ

Определяем массовый выброс летучей золы, г/с:

$$M_{тв} = 0,012 B^P \cdot \alpha_{ун} \left(A^P + q_4 \frac{Q_H^P}{32,680} \right) \cdot (1 - \eta_3), \quad (4)$$

$$M_{тв} = 0,012 \cdot 2,27 \cdot 0,25 \cdot \left(6 + 0,5 \frac{15,670}{32,680} \right) \cdot (1 - 0,8) = 0,0084, \quad (5)$$

Где $\alpha_{ун}$ – доля золы топлива уносимая газами;

η_3 – доля твердых частиц улавливаемых в золоуловителе;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива;

Определяем количество оксидов серы в пересчете на SO_2 , г/с:

$$M_{SO_2} = 0,02 B \cdot S^P (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (6)$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 2,27 \cdot 0,2 (1 - 0,2) \cdot (1 - 0) = 0,0072, \quad (7)$$

где η'_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых в газовом тракте котла за счет реакций протекающих в минеральной части топлив;

η''_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе. Она является функцией

приведенной сернистости топлива.

Определяем количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котельных установок, г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q^P \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 \quad (8)$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 2,27 \cdot 15,670 \cdot \left(1 - \frac{0,5}{100}\right) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,648 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,7 = 2,9 \cdot 10^{-7} \quad (9)$$

где ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность рециркуляции газов в зависимости от условий подачи их в топку, %;

ε_2 – коэффициент, характеризующий снижение выбросов оксидов азота, %;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота в качестве сжигаемого топлива, %;

β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, %;

β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, %.

Таблица 3

Выбросы вредных веществ для одного котельного агрегата

Вид выбросов	Единицы измерения, г/с
Массовый выброс летучей золы	0,084
Количество оксидов серы в пересчете на SO_2	0,072
Количество оксидов азота в пересчете на NO_2	$2,9 \cdot 10^{-7}$

Расчет расхода топлива, объема теоретического количества воздуха и продуктов сгорания, при сжигании пеллет.

Исходные данные: топливо пеллеты;

Состав топлива:

$W_p = 10\%$; $A_p = 0,8\%$; $S_{op} = 0,03\%$; $C_p = 46\%$; $H_p = 5,27\%$; $N_p = 0,6\%$; $O_p = 37,3$

Низшая теплота сгорания: $Q_H = 20$ МДж/кг.

Определяем расход топлива, (г/с):

$$B^P = \frac{N \cdot Q_{BK}^P}{\eta_{ка} \cdot Q_H^P}, \quad (10)$$

$$B^P = \frac{28,845}{0,809 \cdot 20} = 1,78, \quad (11)$$

где Q_H^P – низшая теплота сгорания 1 кг твердого топлива, МДж/кг; N – число котлоагрегатов, шт; $\eta_{ка}$ – коэффициент полезного действия котлоагрегата брутто; Q_{BK} – полное количество полезно использованного тепла, МДж.

Расчет выбросов вредных веществ

Определяем массовый выброс летучей золы, г/с:

$$M_{me} = 0,012 B^P \cdot \alpha_{ун} \left(A^P + q_4 \frac{Q_H^P}{32,680} \right) \cdot (1 - \eta_3), \quad (12)$$

$$M_{mв} = 0,012 \cdot 1,78 \cdot 0,2 \cdot (0,8 + 0,05 \frac{20}{32,680}) \cdot (1 - 0,8) = 0,0007, \quad (13)$$

где $\alpha_{ун}$ – доля золы топлива уносимая газами;

η_3 – доля твердых частиц улавливаемых в золоуловителе;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива;

Массовый выброс оксидов серы SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2

Определяем количество оксидов серы в пересчете на SO_2 , г/с:

$$M_{SO_2} = 0,02B \cdot S^P (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \quad (14)$$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 1,78 \cdot 0,03(1 - 0,15) \cdot (1 - 0) = 0,0009, \quad (15)$$

где η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых в газовом тракте котла за счет реакций протекающих в минеральной части топлив;

η''_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе. Она является функцией приведенной сернистости топлива.

Определяем количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котельных установок, г/с:

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot K \cdot B \cdot Q^P \cdot (1 - \frac{q_4}{100}) \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2 \quad (16)$$

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 0,919 \cdot 1,78 \cdot 20 \cdot (1 - \frac{0,5}{100}) \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 0,46 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,99 = 2,9 \cdot 10^{-7} \quad (17)$$

где ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность рециркуляции газов в зависимости от условий подачи их в топку;

ε_2 - коэффициент, характеризующий снижение выбросов оксидов азота, %;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_1 - коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота в качестве сжигаемого топлива, %;

β_2 - коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, %;

β_3 - коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, %;

Экономический эффект рассчитан по методике [6]. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4

Экономический расчет предлагаемой реконструкции

Наименование величины	Уголь, млн.руб/год	Пеллеты, млн.руб/год	Разница, млн.руб/год
Плата за топливо, млн.руб/год	29,0	30,2	Повышение на 1,2
Плата за выбросы, млн.руб/год	0,088	0,078	Снижение на 0,01
Плата за э/э,(собственные нужды) млн.руб/год	6,77	5,41	Снижение на 1,36
Предотвращенный экологический ущерб, млн.руб/год	-	0,22	Снижение на 0,22

3. Заключение

По результатам расчета видно, что при переходе с бурого угля на альтернативный вид топлива (пеллеты), произошло снижение выбросов золы в 120 раз, оксида серы в 80 раз, оксида азота, без изменений, что уберегает окружающую среду. Экономия топлива составит 0,49 г/с для одного котлоагрегата, следовательно, природные ресурсы сохраняются. Расчет экономической эффективности применения альтернативного топлива показал снижение платы за выбросы вредных веществ. Еще одним значительным плюсом именно пеллетного топлива является удобство в «эксплуатации». Все вышеперечисленные факты позволяют сделать прогнозы, что популярность и распространение пеллет еще не достигли своего пика. Будущее топливного рынка – за биотопливом, и пеллетами в частности. Выгодно использовать пеллеты в западной части России, которая удалена от угольных разрезов.

Литература

1. Обзор рынка биотоплива: пеллеты. – [Электронный ресурс] URL: <http://eubp.ru/news-obzor-rynka-biotopliva-pellety-2.html> (дата обращения: 10.10.2015).
2. Твердое топливо и его классификация. – [Электронный ресурс] URL: <http://kotelnnoe-oborudovanie.kz/solid-fuel-classification.html> (дата обращения: 10.10.2015).
3. Расчетные характеристики топлив. – [Электронный ресурс] URL: <http://xn--80aaeisrudafe3a9e.xn--p1ai/calculated-characteristics-fuels.html> (дата обращения: 10.10.2015).
4. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): Учебное пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, Т.И. Охорзина. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. 96 с.
5. Указание по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – М: Энергия, 1976-144с.
6. Техничко-экономические показатели проектируемой котельной. Методические указания – Красноярск 1997.

Technological process of the boiler-room change-over to alternative fuel

Ekaterina Borisovna Istyagina, candidate physics and mathematics sciences, assistant professor, Siberian Federal University

Sergei Evgenevich Molokov, student of Siberian Federal University, Siberian Federal University

The paper is dedicated to the boiler-room change-over to the alternative fuel. The laws of heat engineering, thermodynamics and analytical methods are implemented. The necessity of equipment modernization for pellet fuel is shown and proved.

Keywords: alternative fuel, boiler-room, modernization of boiler, clean energy.

УДК 004.94:5022/504:005.59

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Валерий Васильевич Ничепорчук, к.т.н., старший научный сотрудник

Тел.: 8 391 290 74 53, e-mail: valera@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН

<http://www.icm.krasn.ru>