

А.А. ФОМКИН, студент гр. ЭП-251 (КемГУ)
Научный руководитель К.Ю. УШАКОВ, к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ТОПЛИВА НА КОЛИЧЕСТВО ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ОТ ИСТОЧНИКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Экологическая проблема связанная с выбросом (парниковых и токсичных) газов в атмосферу от промышленной деятельности людей несмотря на всю деятельность мирового сообщества по снижению антропогенного воздействия остается актуальной и на сегодняшний день. Загрязнение окружающей среды приводит к росту различных заболеваний, способных оказать влияние на последующие поколения, а также изменению климата, определяющему направление экономического и социального развития общества. Особенно важно учитывать и контролировать количество выделяемых веществ в ведущих промышленных регионах (т. к. в них антропогенная нагрузка имеет повышенную концентрацию), одним из которых является Кемеровская область – Кузбасс. К основным источникам загрязнения можно отнести сектор теплоснабжения потребителей, в части источника тепловой энергии. Обеспечивая тепловой энергией потребителей в отопительный сезон, источники теплоты вносят значительный вклад в общие объёмы выбросов веществ в атмосферу. На территории области эксплуатируются восемь тепловых электростанций и свыше 1500 ведомственных и коммунальных котельных различной мощности. В Кемеровской области – Кузбассе основным топливом для выработки тепловой и электрической энергии выступает уголь, при этом потребности в топливе покрываются за счёт собственной сырьевой базы [1]. В малых населенных пунктах области, в частности, в пгт. Яшкино источником теплоты в системе теплоснабжения является районная котельная, при этом теплоснабжение является одним из ключевых факторов, влияющих на экологическое благополучие поселка. Снижение негативного воздействия на окружающую среду может быть достигнуто использованием в качестве топлива других источников энергии, которые содержат меньше углерода и других вредных компонентов, например природного газа. Этому может способствовать реализация программы газификации Кемеровской области – Кузбасса 2021-2025 и то, что на территории поселка имеется потребитель газа – завод КДВ-Яшкино. Программа газификации предполагает строительство газовой инфраструктуры и подведение газа в жилые дома и на предприятия, что решает потребность в сырье [2].

Целью данной работы является расчёт выбросов котельной №1 птг. Яшкино за отопительный сезон с определением потенциала их уменьшения за счёт смены топлива.

Основную нагрузку в отопительный период на Котельной №1 МУП «ЭнергоСервис» Яшкинского округа» несут два котла: ДКВР 20-13 и КЕ 25-14.

Основные характеристики данных котлов представлены на сайтах производителей [3, 4], в контексте представленной работы выделим следующие характеристики: потери тепла от механической неполноты сгорания – 5%; потери тепла от химической неполноты сгорания – 0,1%; тепловое напряжение зеркала горения – 1,57 МВт/м²; коэффициент рециркуляции – 0; доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле – 0,1.

Расчет количества загрязняющих веществ был произведен для отопительного сезона 2024-2025г. с 13.09.2024 по 15.05.2025, общей продолжительностью 245 дней. В качестве основного топлива для получения тепловой энергии используется каменный уголь марки ДР (длиннопламенный, рядовой) с шахты Листвяжная. Характеристики топлива были взяты с Таблицы 1 [5], наиболее важные для расчета характеристики топлива сведены в таблицу 1. Для такого типа топлива веществами выделяемыми при сжигании являются: углекислый газ (CO₂), оксид углерода (CO), оксид азота (NO₂), оксид серы (SO₂).

Таблица 1

Характеристики угля ДР

Низшая теплота сгорания (МДж/кг)	21
Коэффициент выбросов (т CO ₂ /ТДж)	91,9
Характеристика гранулометрического состава угля, R ₆ %	25
Содержание серы в топливе на рабочую массу, %	0,4

Если для расчетов выбросов CO₂ по методике количественного определения объема выбросов парниковых газов, утвержденной приказом Минприроды России от 27.05.2022 № 371 [6] используются значения коэффициентов выбросов, расход топлива должен быть определен в энергетическом эквиваленте (т у.т. или ТДж) по формуле:

$$FC_{j,y} = FC'_{j,y} \cdot NCV_{j,y} \cdot 10^{-3},$$

где $FC_{j,y}$ – расход топлива j в энергетическом эквиваленте за период y , ТДж; $FC'_{j,y}$ – расход топлива j в натуральном выражении за период y , т или тыс. м³; $NCV_{j,y}$ – низшая теплота сгорания топлива j за период y , МДж/кг, МДж/м³.

Расчет количества топлива используемого за период отопительного сезона представлен в таблице 2.

Таблица 2

Расчет количества топлива

Среднесуточная температура, °С	Необходимое количество топлива, т/сут	Количество дней за отопительный сезон, дней	Общее количество угля $FC'_{j,y}$, т/период	Расход топлива в энергетическом эквиваленте $FC_{j,y}$, ТДж
$t > 0$	45	96	4320	90,72
$0 \geq t > -10$	55	93	5115	107,415
$-10 \geq t > -20$	85	52	4420	92,82
$-20 \geq t > -30$	110	4	440	9,24
$-30 \geq t > -40$	120	0	0	0
Всего			14295	300,195

При наличии фактических данных о потерях тепла вследствие механической неполноты сгорания твердого топлива, установленной на основе инструментальных измерений содержания горючих в продуктах сгорания топлива (шлак и зола), расчет коэффициента окисления $OF_{j,y}$ выполняется по формуле:

$$OF_{j,y} = \frac{(100 - q_4)}{100},$$

где $OF_{j,y}$ – коэффициент окисления твердого топлива j , доля; q_4 – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %;

Значение коэффициента окисления представлено в таблице 3.

Общее количество выделяемого CO_2 от стационарного сжигания угля вычисляется по формуле:

$$E_{CO_2,y} = \sum_{j=1}^n (FC_{j,y} \cdot EF_{CO_2,j,y} \cdot OF_{j,y}),$$

где $E_{CO_2,y}$ – выбросы CO_2 от стационарного сжигания топлива за период y , т CO_2 ; $FC_{j,y}$ – расход топлива j за период y , тыс. м³, т, т у.т.; $EF_{CO_2,j,y}$ – коэффициент выбросов CO_2 от сжигания топлива j за период y , т CO_2 /ед.; $OF_{j,y}$ – коэффициент окисления топлива j , доля; j – вид топлива, используемого для сжигания; n – количество видов топлива, используемых за период y ;

Расчет объема выбросов CO_2 от сжигания топлива j за период у указан в таблице 4.

Было предположено, что при переходе на использование газа в качестве основного топлива выбросы углекислого газа значительно сократятся. При использовании одинакового объема топлива в энергетическом эквиваленте, равного 300,195 ТДж, был рассчитан объем выбросов, результаты представлены в таблице 4.

Таблица 3

Объемы выбросов CO_2 .

Характеристики, обозначения, расчет	Единицы измерения	Значения
Расход, $\text{FC}_{j,y}$	ТДж	300,195
Коэффициент выбросов от сжигания EFCO_{2j}	т CO_2 /ТДж	91,9
Коэффициент окисления твердого топлива, $\text{OF}_j = (100 - q_4 / 100)$	доля	0,95
Выбросы, т CO_2 $\text{Eco}_2 = \text{FC}_j \times \text{EFCO}_{2j} \times \text{OF}_j$	т CO_2	26 208,52

Таблица 4

Объемы выбросов от сжигания угля CO_2 от сжигания газа

Характеристики, обозначения, расчет	Единицы измерения	Значения
Расход, $\text{FC}_{j,y}$	ТДж	300,195
Коэффициент выбросов от сжигания EFCO_{2j}	т CO_2 /ТДж	54,4
Выбросы, т CO_2 $\text{Eco}_2 = \text{FC}_j \times \text{EFCO}_{2j} \times \text{OF}_j$	т CO_2	16330,6

Исходя из полученных данных уменьшение количества выбросов CO_2 может составить 37,7%. Также следует учесть более высокую теплоту сгорания природного газа и тот факт что КПД котлов на природном газе выше чем на твёрдом топливе (для ДКВР 92 и 85 %, соответственно [3]) поэтому количество потребляемого топлива будет ниже, следовательно выбросов углекислого газа будет еще меньше.

На основе работы можно сделать следующие выводы:

1. В ходе работы были проведены расчеты выбросов углекислого газа при использовании угля ДР котельной №1 птг. Яшкино, позволяющий сделать оценку ее вклада в изменение экологической обстановки поселка.

2. Определено потенциальное изменение количества выбросов при использовании газа вместо угля в качестве топлива, и выявлено, что при

таком переходе объемы выбросов сократились бы на 37,7%, что положительно бы сказалось на экологическое благосостояние населенного пункта.

Список литературы:

1. Кирсанов, Ю.И., Сливной, В.Н. Возобновляемые источники энергии в Кузбассе должны дополнять угольную генерацию / Ю.И. Кирсанов, В.Н. Сливной // Вестник Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачёва. – 2016. – Электронный ресурс. – URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Other/2016/ekoprom/egpp/pages/Articles/20.pdf> (дата обращения: 05.11.2025).
2. Кемеровская область – Кузбасс Электронный ресурс / ООО «Газпром газораспределение Томск», ООО «Кузбассоблгаз», ООО «СибГазификация», ООО «Сибгаз-Эксплуатация» – URL: <https://www.gazprommap.ru/kemerovskaya/> (дата обращения: 05.11.2025).
3. Паровые котлы ДКВр. Сайт. URL: <https://biyskiykotelnyuzavod.ru/catalog/parovye/kotly-dkvr> (дата обращения: 05.11.2025).
4. БИЙСКИЙ ЗАВОД ГЕНЕРАЦИЯ Сайт. URL: <https://bikzg.nt-rt.ru/price/product/527307?ysclid=mhlz4bbib612555119> (дата обращения: 05.11.2025).
5. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод) / под ред. Г.М. Каган – Изд. 3-е. – СПб, 1998. – 256с.
6. Правительство Российской Федерации. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 августа 2004 г. № 431 “Об утверждении Правил предоставления государственной социальной помощи на основе социального контракта” Электронный ресурс // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&backlink=1&nd=603211667&page=1&rdk=0#I0 (дата обращения: 05.11.2025).

Информация об авторах:

Фомкин Артём Андреевич, студент гр. ЭП-251, КемГУ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6, fomkin.1704@gmail.com

Ушаков Константин Юрьевич, к.т.н., доцент, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ushakovkju@kuzstu.ru