

УДК 502.3:621.311.23

ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОБЪЕКТАМИ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Маслеева О.В., Воеводин А.Г., Пачурин Г.В.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: PachurinGV@mail.ru.

В процессе эксплуатации объектов малой энергетики происходит физическое (шум, вибрация, электромагнитное и тепловое излучение) и химическое загрязнение окружающей природной среды. Тепловое загрязнение характеризуется увеличением температуры выше естественного уровня. Сброс тепла в окружающую среду приводит к техногенному изменению температурного режима компонентов геосфер: атмосферы, гидросферы и верхних слоев литосферы. Техногенные изменения температурного режима могут ухудшать условия жизни и работы людей, а также усиливать коррозию материалов и повреждение тепло- и газопроводов, канализации и т.п. В работе проведена оценка количественных показателей теплового воздействия мини-ТЭЦ с газопоршневыми, работающими на природном газе и биотопливе, газотурбинными, работающими на природном газе, и дизельными двигателями. Показано, что уровень теплового загрязнения главным образом зависит от вида двигателя – наименьшим тепловым загрязнением обладают дизельные, а наибольшим газопоршневые установки. Последствия теплового загрязнения строительства мини-ТЭЦ можно оценить как очень слабое для здоровья населения и окружающей среды.

Ключевые слова: энергетика, тепловое загрязнение окружающей среды, биогаз, природный газ, газопоршневые установки, дизельные установки, газотурбинные установки

THERMAL POLLUTION OF THE ENVIRONMENT OF SMALL ENERGY OBJECTS

Masleeva O.V., Voevodin A.G., Pachurin G.V.

Nizhny Novgorod State Technical University RE Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: PachurinGV@mail.ru

In the process of operation of objects of small energy is physical (noise, vibration, electromagnetic and thermal radiation) and chemical pollution of environmental natural environment. Thermal pollution is characterized by temperature increase above natural levels. Discharge of heat into the environment leads to technological change in the temperature regime of the components of geospheres: the atmosphere, hydrosphere and upper layers of the lithosphere. Man-caused changes of a temperature mode can worsen the conditions of life and work of people, and also to strengthen the corrosion of materials and damage to heat – and gas pipelines, Sewerage, etc. To assess the quantitative indicators of thermal influence of mini-CHP gas engine running on natural gas and biofuels, gas-turbine working on natural gas, and diesel engines. It is shown that the level of thermal pollution mainly depends on the type of the engine – lowest thermal pollution have diesel, and limited gas-piston units. The effects of thermal pollution of the construction of mini-CHP can be assessed as very weak public health and the environment.

Keywords: energy, thermal pollution, biogas, natural gas, gas generator sets, diesel engines, gas turbines

Эксплуатация объектов энергетики оказывает физическое (шум, вибрация, электромагнитное и тепловое излучение) и химическое загрязнение окружающей природной среды [2-4, 7]. Тепловое загрязнение характеризуется увеличением температуры выше естественного уровня.

Согласно Российскому статистическому ежегоднику в 2011 г. в России добыча составила: уголь 335 млн. т, нефти 512 млн. т, природного и попутного газа 671 млрд. м³. Крупнейшим потребителем органического топлива являются тепловые электрические станции. В России в 2011 г. было произведено электроэнергии 1054,8 млрд. кВт·ч. С учетом того, что современные теплоэнергетические станции имеют КПД не выше 40%, то неизбежные потери тепла при выработке электроэнергии составят до 60%. Этим теплом «обогревается» атмосфера и гидросфера. Кроме того, следует учесть, что значительная часть выработанной электроэнергии, в конечном счете, вновь преобразуется в тепло в электронагревательных и технологических установках, осветитель-

ных приборах и также рассеивается в окружающей среду.

Сброс тепла в окружающую среду приводит к техногенному изменению температурного режима компонентов геосфер: атмосферы, гидросферы и верхних слоев литосферы.

По оценкам ученых, тепло антропогенного происхождения в настоящее время еще неизмеримо мало по сравнению с теплом, поступающим от Солнца и из земных недр, и составляет примерно 0,005% этого количества, и таким образом не может существенно сказаться на тепловом балансе Земли.

Однако мощные источники антропогенных выбросов тепла при условии их высокой концентрации на небольших территориях могут оказывать заметное влияние на тепловой режим этих территорий, пространств, акваторий. Температура воздуха зимой в крупных городах обычно на несколько градусов выше, чем поблизости расположенных небольших населенных пунктах. Также заметно изменяется тепловой режим рек и озер при сбросе в них сточных нагретых вод тепловых электростанций.

Это существенно влияет на условия обитания водных организмов и на структуру экологических систем таких водоемов. Таким образом, влияние мощных антропогенных источников тепла на биосферу вполне ощутимо, хотя и имеет локальный характер.

Наиболее опасно тепловое загрязнение водоемов, т.к. водные обитатели неспособны регулировать температуру тела. Возможна тепловая гибель рыб, т.к. для каждого вида существует свой интервал температур, наиболее благоприятный для его выживания. При увеличении температуры воды происходит понижение концентрации кислорода. Возможно снижение репродуктивной функции организмов, например, форель способна выживать в теплой воде, но не способна размножаться. Происходит повышение чувствительности к болезням и снижается устойчивость экосистемы.

Прогретый грунт взаимодействует с растениями, животными и микробными сообществами, меняя параметры среды обитания.

Техногенные изменения температурного режима могут ухудшать условия жизни и работы людей. Возможно также усиление коррозии материалов и повреждение тепло- и газопроводов, канализации и т.п.

Материалы и методы исследования

Тепловыми источниками воздействия на окружающую среду в данной работе рассматриваются мини-ТЭЦ. При анализе источников воздействия учитывали их пространственное наземное положение [5].

По виду воздействия их можно классифицировать как, привносимые в окружающую среду. Тепловое излучение, которое через воду и атмосферный воздух воздействует на живые организмы, и зависит от месторасположения источника (низина, склон, берег водоема) и климатических факторов территории (давление, влажность, осадки, направление ветра).

Распределение тепла, выделившегося при сжигании топлива, на полезное тепло и на потери тепла, сопровождающие работу котла, называется тепловым балансом котельного агрегата.

Уравнение теплового баланса котельного агрегата включает в себя [6]:

1 – тепло, полезно использованное в котле на получение пара или горячей воды;

2 – потери тепла с дымовыми газами в окружающую среду. Эти потери определяются как разность эн-

тальпий продуктов сгорания, уходящих из котельного агрегата, и холодного воздуха, поступающего в агрегат;

3 – потери тепла от химической неполноты сгорания топлива. При сжигании твердых топлив показателем химической неполноты горения является присутствие в уходящих дымовых газах окиси углерода, а при сжигании газообразного топлива – окиси углерода и метана;

4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива. Потери тепла от механической неполноты горения состоят из потерь от провала несгоревших частиц топлива через колосники в зольник и уноса мелких частиц топлива в газоходы котла. Эти потери зависят от конструкции колосниковой решетки, силы тяги, размеров кусков топлива и их спекаемости;

5 – потери тепла в окружающую среду. Потери тепла нагретыми внешними поверхностями в окружающую среду зависят от типа и паропроизводительности котла, его конструкция, качества обмуровки и нагрузки котлоагрегата;

6 – потери с физическим теплом шлаков, удаляемых из топки. Эти потери учитывают только при сжигании твердых топлив, как в кусковом, так и в пылевидном состоянии. Они зависят от зольности топлива и системы шлакозолоудаления.

Исследования теплового загрязнения окружающей среды проводили для мини-ТЭЦ с газопоршневыми, работающими на природном газе и биотопливе, газотурбинными, работающими на природном газе, и дизельными двигателями. Диапазон мощностей двигателей от 10 до 1000 кВт.

Для оценки воздействия были определены количественные показатели теплового воздействия:

- интенсивность воздействия (удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт*год);
- периодичность воздействия во времени (непрерывное);
- продолжительность воздействия (год);
- пространственные границы воздействия (глобина, размеры и форма зоны воздействия).

Результаты исследования и их обсуждение

В расчетах использовались технические характеристики газопоршневых установок Caterpillar, работающих на природном газе и биотопливе. Технические характеристики газопоршневых установок Caterpillar, расчетное тепловое загрязнение приведены в табл. 1 – для биогаза, табл. 2 – для природного газа.

Таблица 1

Технические характеристики и тепловое загрязнение газопоршневых установок Caterpillar на биогазе

Модель установки	G3306 (DM8658)	G3406 (DM8660)	G3412 (DM8662)	G3512 (DM0762)	G3516 (DM0761)
Электрическая мощность установки (кВт)	64	103	163	770	1030
КПД	0,28	0,29	0,27	0,32	0,32
Расход топлива: биогаза (нм ³ /ч)	37,6	37,6	97,9	391	526
Тепловое загрязнение, ГДж/год	5217	4881	13773	51240	68932
Удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт·год	82	47	84	67	67
Среднее удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт·год	69				

В расчетах использовались формулы [6, 8]:
– коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{3,6 N_э}{G Q_n^p}, \quad (1)$$

где $N_э$ – электрическая мощность, кВт; G – расход топлива, $\text{нм}^3/\text{ч}$; Q_n^p – средняя теплота сгорания;

для биогаза, содержащего 60% метана, $Q_n^p = 22 \text{ МДж}/\text{м}^3$;
для природного газа для газопоршневых установок $Q_n^p = 33 \text{ МДж}/\text{м}^3$.
– тепловое загрязнение:

$$Q = Q_n^p G \tau (1 - \eta) 10^{-3}. \quad (2)$$

где τ – время эксплуатации агрегата на номинальной мощности, $\tau = 8760 \text{ ч}$.

Таблица 2

Технические характеристики и тепловое загрязнение газопоршневых установок Caterpillarna природном газе

Модель установки	G3406 (DM5447)	G3406 (DM5448)	G3412 (DM5449)	G3412C (DM5450)	508GEX2 (DM8729)	512GEX1 (DM5210)	516GEX6 (DM5668)
Электрическая мощность (кВт),	125	160	280	360	505	770	1030
КПД	0,35	0,32	0,352	0,34	0,35	0,35	0,35
Расход топлива, $\text{нм}^3/\text{ч}$	39	52	97	111	155	228	286
Тепловое загрязнение, ГДж/год	7328	10222	18226	21178	29125	42842	53740
Удельное тепловое загрязнение, ГДж/год	59	64	65	59	58	56	52
Среднее удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт·год	59						

В расчетах использовались технические характеристики дизельных установок Челябинского тракторного завода, Алтайского моторного завода и Уральского дизель-моторного завода, работающих на дизельном топливе. Технические характеристики дизельных установок и расчетное тепловое загрязнение приведены в табл. 3.

В расчетах использовались формулы [6, 8]:

– коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{3,6 \tau N}{Q_n^p G_c \cdot 10^3}. \quad (3)$$

где N – электрическая мощность, кВт; τ – время эксплуатации агрегата на номинальной мощности, $\tau = 8760 \text{ ч}$; G_c – расход топлива, $\text{т}/\text{г}$; Q_n^p – средняя теплота сгорания, для дизельного топлива $Q_n^p = 42 \text{ МДж}/\text{м}^3$.

– тепловое загрязнение:

$$Q = Q_n^p G_c (1 - \eta). \quad (4)$$

Таблица 3

Технические характеристики и тепловое загрязнение дизельных двигателей

Модель установки	B2Ч8,2/7,8	A-41-31	A-41-33	Д-440-33	У1Д6-С5	И2-С6	6ДМ-21С	8ДМ-21С
Электрическая мощность установки (кВт),	10,3	33	55	73	139,7	315	700	1080
КПД	0,33	0,39	0,39	0,39	0,49	0,38	0,48	0,47
Расход топлива, $\text{т}/\text{год}$	23,1	63,8	105,8	140,2	215,1	630,7	1089,0	1724,0
Тепловое загрязнение, ГДж/год	650	1635	2711	3592	4607	16426	23784	38376
Удельное тепловое загрязнение, ГДж/год	63	50	49	49	33	52	34	63
Среднее удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт·год	41							

В расчетах использовались технические характеристики газотурбинных двигателей производства Kawasaki Heavyindustries Ltd, работающих на при-

родном газе. Технические характеристики газотурбинных двигателей и расчетное тепловое загрязнение приведены в табл. 4.

Таблица 4

Технические характеристики и тепловое загрязнение газотурбинных двигателей производитель KawasakiHeavyindustriesLtd

Модель установки	S1A-02	S1T-02	S2A-01	S7A-01	M1A-01
Электрическая мощность установки (МВт),	0,2	0,4	0,6	0,65	1,1
КПД	0.21	0.21	0.21	0,21	0,21
Расход газа на 100% нагрузке, кг/ч	120	190	218	229	390
Тепловое загрязнение, ГДж/год	42676	67570	77528	81440	138696
Удельное тепловое загрязнение, ГДж/год	213	169	129	125	126
Среднее удельное тепловое загрязнение, ГДж/кВт·год	153				

В расчетах использовались формулы [6, 8]:

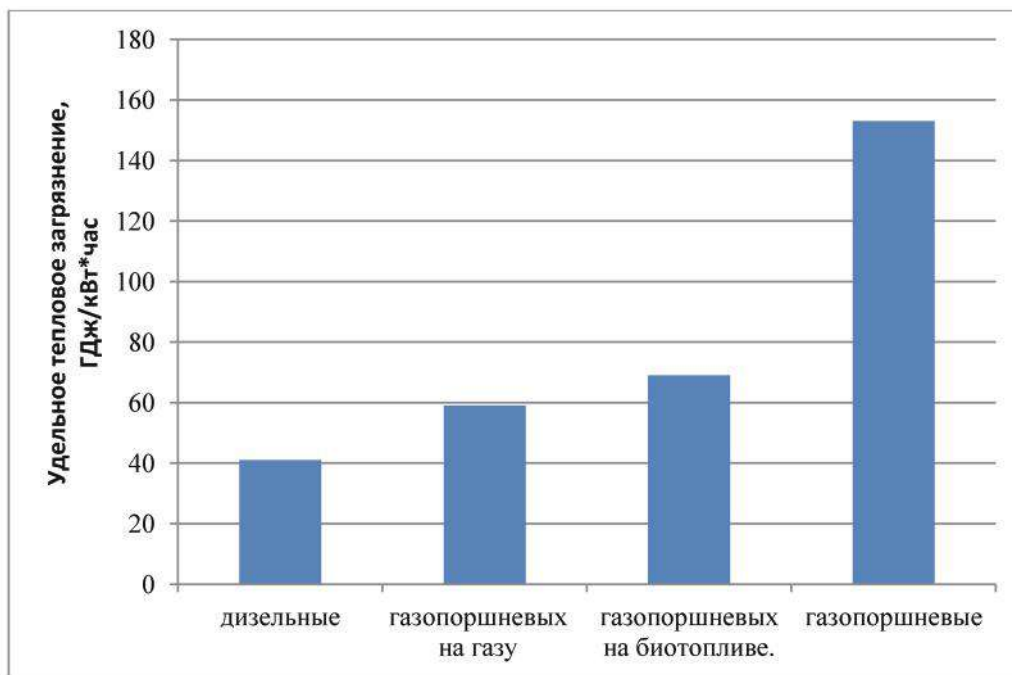
– тепловое загрязнение:

$$Q = \frac{Q_n^p G \tau (1 - \eta)}{1000 \rho_2}, \quad (5)$$

где τ – время эксплуатации агрегата на номинальной мощности, $\tau = 8760$ ч; G – расход топлива, $\text{нм}^3/\text{ч}$; Q_n^p – средняя теплота

сгорания, для природного газа газотурбинных установок $Q_n^p = 37 \text{ МДж}/\text{м}^3$; η – коэффициент полезного действия; ρ_2 – плотность газа, $\rho_2 = 0,72 \text{ кг}/\text{м}^3$.

На рисунке показаны средние значения удельного теплового загрязнения мини-ТЭЦ с газопоршневыми, работающими на природном газе и биотопливе, газотурбинными, работающими на природном газе, и дизельными двигателями.



Удельное тепловое загрязнение мини-ТЭЦ с различными двигателями

Выводы

Проведенные исследования показали:

– уровень теплового загрязнения главным образом зависит от типа двигателя и значения его КПД;

– наименьшим тепловым загрязнением обладают дизельные установки, имеющие более высокий КПД;

– наибольшим тепловым загрязнением обладают газотурбинные установки, имеющие более высокий объем дымовых газов и низкий КПД.

По масштабу экологического воздействия тепловое загрязнение можно оценить как точечное. Последствия теплового загрязнения строительства мини-ТЭЦ можно оценить как очень слабое для здоровья населения и окружающей среды [1].

Список литературы

1. Временная инструкция о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) и проектов строительства народнохозяйственных объектов и комплексов. – М., 1990.

2. Маслеева О.В. Исследование влияния мини-ТЭЦ на уровень загрязнения атмосферного воздуха // Труды нижегородского государственного технического университета №2(87) – Н. Новгород: НГТУ, 2011. С.176-182.

3. Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Солнцев Е.Б., Петров А.А. Шумовое загрязнение окружающей природной среды мини-ТЭЦ // Фундаментальные исследования, №8 (часть 2). 2013. С. 291-294.

4. Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Головкин Н.Н. Экологическая и экономическая оценка использования мини-ТЭЦ, работающих на природном и биогазе // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1. С. 86-92.

5. Пособие по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке технико-экономических обоснований (расчетов) инвестиций и проектов строительства народнохозяйственных объектов и комплексов. К Инструкции о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке материалов по выбору площадки (трассы), технико-экономических обоснований инвестиций и проектов строительства народнохозяйственных объектов и комплексов. – М., 1992.

6. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. – М.: Наука, 1977. – 344 с.

7. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Филатов Д.А. Экологическое воздействие мини-ТЭЦ с газопоршневыми и дизельными двигателями на окружающую среду // Фундаментальные исследования. 2013, № 6 (часть 1). С. 76-80.

8. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978. – 144 с.