

УДК 502.3:621.311.23

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МИНИ-ТЭЦ С ГАЗОПОРШНЕВЫМИ И ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Филатов Д.А.

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

В работе дана экологическая оценка возможных последствий на окружающую среду, жизнь и здоровье населения. Показано, что при решении выбора источника энергии необходимо учитывать не только экономические, но и экологические последствия возможного влияния объектов энергетики при строительстве и эксплуатации. Комбинированное производство энергии двух видов на мини-ТЭЦ способствует гораздо более экологичному использованию топлива по сравнению с отдельной выработкой электроэнергии и тепловой энергии на котельных установках, но и повышению чистоты воздушного бассейна, улучшению общего экологического состояния окружающей среды. Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха. В работе рассмотрено воздействие мини-ТЭЦ с дизельными и газопоршневыми двигателями мощностью 1000 кВт на окружающую среду. Установлено что концентрация вредных веществ и шум, создаваемый электростанцией, состоящей из 4 газопоршневых двигателей мощностью 1000 кВт, будут ниже допустимого для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам.

Ключевые слова: энергетика, электростанции, дизельные двигатели, газопоршневые двигатели, мини-ТЭЦ, шум, вредные выбросы, территория жилых домов, окружающая среда

THE ACOUSTIC IMPACT OF THE MINI-CHP PLANTS WITH GAS AND DIESEL ENGINES ON THE ENVIRONMENT

Sosnina E.N., Masleeva O.V., Pachurin G.V., Filatov D.A.

ФГБОУ ВПО «Nizhny Novgorod state technical University, R.E. Alekseev»,
Nizhny Novgorod, e-mail: PachurinGV@mail.ru

In this work the environmental assessment of the possible effects on the environment, life and health. It is shown that the solution of the energy source of choice should take into account not only economic, but also environmental consequences of the possible impact of energy facilities during construction and operation. Cogeneration two types of mini-CHP contribute much more environmentally sound use of fuel compared to the separate generation of electricity and heat in boilers, but also improve the purity of the air basin, improve the overall health of the environment. Intense noise exposure on the human body adversely affects the course of the nerve processes, promotes the development of fatigue, changes in the cardiovascular system and cause noise pathology of many manifestations which leading clinical symptom is a slowly progressive hearing loss. In the paper we examine the impact of CHP with diesel engines and gazoporshneymi 1000 kW on the environment. Found that the concentration of harmful substances and noise generated by the power plant, consisting of four gas engines of 1000 kW, will be below normal for the area immediately adjacent to the homes.

Keywords: energy, power plants, diesel engines, gas engines, CHP, noise, emissions, land houses, environment

Экологический кризис биосферы – это кризис не природы, а человеческого общества. Среди главных проблем, обусловивших его возникновение, – объем антропогенного воздействия на природу в XX веке, приблизивший биосферу к пределу устойчивости; противоречия между сущностью человека и природой, его отчуждение от природы.

Многочисленное расширение ресурсной базы человечества потребовало и роста энергетических мощностей. Выявлена историческая тенденция, в соответствии с которой суммарное потребление энергии на Земле возрастает пропорционально квадрату численности населения. Повышение уровня благосостояния человека на Земле требует постоянного увеличения потребляемой энергии. В то же время резкое увеличение производства энергии за последнее

время стремительно ухудшает экологическую обстановку на Земле.

Предприятия энергетики воздействуют на четыре сферы:

- атмосферу: потребление кислорода, выброс газов и твердых частиц, полученных при горении, тепловое воздействие, электромагнитное воздействие, ионизация;
- литосферу: потребление ископаемых, отходы;
- гидросферу: загрязнение жидкими стоками, тепловое воздействие с охлаждающей водой;
- биосферу: нарушение биоценозов, миграции и вымирание животных и растений.

Развитие мировой и российской энергетики требует решения проблемы экологической оценки возможных последствий на окружающую среду, жизнь и здоровье населения. Объекты энергетики по степени вли-

яния на окружающую среду принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу. Поэтому при решении выбора источника энергии необходимо учитывать не только экономические, но и экологические последствия возможного влияния объектов энергетики при строительстве и эксплуатации.

Комбинированное производство энергии двух видов на мини-ТЭЦ способствует не только гораздо более экологичному использованию топлива по сравнению с раздельной выработкой электроэнергии и тепловой энергии на котельных установках, но и повышению чистоты воздушного бассейна, улучшению общего экологического состояния окружающей среды.

Мини-ТЭЦ работает, как правило, в двух основных производственных режимах: получение электричества и тепла (когенерация) и получение электричества, тепла и холода (тригенерация).

Основными достоинствами мини-ТЭЦ являются малые потери при транспортировке тепловой и электрической энергии; автономность функционирования; повышение надежности теплоснабжения; более низкая себестоимость тепловой и электрической энергии, экологическая безопасность.

При эксплуатации мини-ТЭЦ происходит загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания топлива, тепловое и акустическое загрязнение окружающей среды [1].

Загрязнение атмосферного воздуха

Основное внимание уделяется выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. Отрицательное влияние загрязнения атмосферы выражается в ухудшении здоровья людей и животных, снижении урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных. Воздействию вредных веществ подвержены лесные угодья. Загрязнение атмосферы влияет также на коррозионные процессы строительных конструкций, ускорение износа зданий и оборудования.

При работе мини-ТЭЦ с газопоршневыми и газотурбинными двигателями на природном газе в атмосферу будут выбрасываться следующие вредные вещества: оксиды азота и оксид углерода. Для мини-ТЭЦ с дизельными двигателями: оксиды азота, оксид углерода, углеводороды, сажа, диоксид серы, формальдегид, 3,4 бенз(а)пирен [2].

Неблагоприятное действие на окружающую среду оказывают оксиды серы, разрушающие хлорофилл растений, повреждающие листья и хвою. Поступающий в атмосферу триоксид серы (SO₃), взаимодействуя с влагой воздуха, образует серную

кислоту. При неполном сгорании топлива продукты сгорания содержат токсичную окись углерода, углеводороды, в том числе сложные полициклические ароматические углеводороды (некоторые из них являются канцерогенными соединениями) и сажу. Оксид углерода (СО) изменяет состав крови (вытесняет молекулы O₂ в гемоглобине), приводит к нарушению нервной деятельности. При сжигании топлива могут образовываться оксиды азота. При окислении молекулярного азота кислородом воздуха образуется окись азота (NO). В дальнейшем окись азота частично окисляется до двуокиси (NO₂). Диоксид азота оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. В присутствии влаги NO₂ легко вступает во взаимодействие с кислородом воздуха, образуя азотную кислоту (HNO₃). Оксиды азота, поглощая естественную солнечную радиацию, снижают прозрачность атмосферы и способствуют образованию фотохимического смога.

Было проведено экологическое сравнение мини-ТЭЦ с газопоршневыми и дизельными двигателями, использующими различные виды топлива. Исходными данными для расчета являлись паспортные данные двигателей: концентрации загрязняющих веществ в выхлопных газах, объем сжигаемого топлива, которые были взяты из Каталога энергетического оборудования. Расчет для дизельных двигателей выполнялся в соответствии с «Методикой расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок» с учетом мощности двигателя, частоты вращения и расхода топлива.

Паспортные данные газопоршневых двигателей производства РУМО и дизельных двигателей производства Уральско-го дизель-моторного завода мощностью 1 МВт приведены в табл. 1.

Таблица 1
Паспортные данные газопоршневых и дизельных двигателей

Производитель двигателя	Модель двигателя	Мощность двигателя, кВт	Расход топлива
РУМО	8Г4Н22/28	1090	0,0869 н·м ³ /с
Уральский дизель-моторный завод	8ДМ-21С	1080	0,055 кг/с

Расчет количественных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу выполнен в соответствии с ОНД-86 «Методика рас-

чета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий», «Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы», «Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» в программном комплексе «Призма». Предельно допустимые концентрации приняты согласно ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Результаты расчета валовых выбросов загрязняющих веществ для газопоршневых

Таблица 2
Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год для типа двигателя	
	Газопоршневой 8Г4Н22/28	Дизельный 8ДМ-21С
СО	14,89	51,7
NO ₂	19,54	62,1
NO	0,229	10,1
СН	–	25,9
С	–	4,3
SO ₂	–	8,6
СН ₂ O	–	1,0
C ₂₀ H ₁₂	–	9,48·10 ⁻⁵

Проведенные исследования показали, что концентрации всех вредных веществ не превышают допустимые значения для мини-ТЭЦ с газопоршневыми и дизельными двигателями мощностью 1 МВт.

Эмиссия парниковых газов

Наблюдаемое в настоящее время изменение климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры, начиная со второй половины прошлого века, большинство ученых связывают с накоплением в атмосфере «парниковых газов» – диоксида углерода, метана, хлорфторуглеродов, озона, оксидов азота и др. В связи со сжиганием человеком все большего количества ископаемого топлива: нефти, газа, угля концентрация CO₂ в атмосфере постоянно увеличивается.

В процессе сжигания органического топлива происходит также выброс парниковых газов, к которым в данном случае относятся CO₂, СН₄, N₂O.

Исходными данными для расчета выброса парниковых газов являлся объем сжигаемого топлива.

и дизельных двигателей мощностью 1 МВт приведены в табл. 2.

Расчеты максимальных приземных концентраций были выполнены для климатической зоны г. Н.Новгорода. Основные расчетные климатические характеристики, необходимые для расчетов приземных концентраций вредных веществ, приняты по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». В расчете рассмотрен вариант мини-ТЭЦ при высоте дымовой трубы 15 м, диаметр трубы – 0,325 м. Температура дымовых газов принималась 110 °С. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3
Максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ для мини-ТЭЦ в зависимости от высоты трубы

Загрязняющее вещество	Максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ, доли ПДК для типа двигателя	
	Газопоршневой 8Г4Н22/28	Дизельный 8ДМ-21С
СО	0,00506	0,0284
NO ₂	0,166	0,852
NO	0,00097	0,0692
С	–	0,231
SO ₂	–	0,0476
СН ₂ O	–	0,0816
C ₂₀ H ₁₂	–	0,026

Пересмотренные Руководящие принципы, разработанные МГЭИК, включают методологии расчета эмиссии парниковых газов при сжигании топлива, промышленных процессах, сельскохозяйственным почвам, изменению землепользования и лесному хозяйству, отходам. При расчете учитывается потенциал глобального потепления для каждого вещества.

Результаты расчета эмиссии парниковых газов для мини-ТЭЦ газопоршневых и дизельных двигателей мощностью 1 МВт приведены в табл. 4.

Мини-ТЭЦ с газопоршневыми и дизельными двигателями являются источниками выброса парниковых газов, что необходимо учитывать при экологической оценке воздействия на окружающую среду.

Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха.

Таблица 4
 Расчет эмиссии парниковых газов для мини-ТЭЦ для газопоршневыми и дизельными двигателями

Парниковый газ	Эмиссия парниковых газов, т/год для типа двигателя	
	Газопоршневой 8Г4Н22/28	Дизельный 8ДМ-21С
CO ₂	5045	5477
N ₂ O	0,009	0,045
CH ₄	0,46	0,15
Эмиссия парниковых газов в пересчете на CO ₂ экв	5057	5494

Также было рассмотрено воздействие мини-ТЭЦ с дизельными и газопоршневыми двигателями мощностью 1000 кВт на окружающую среду.

Двигатель является сложным источником акустического излучения, мощность которого определяется потоками звуковой энергии от нескольких различных источников. Источниками шума являются узлы и агрегаты двигателя, а также газодинамические процессы, происходящие в системах и топливной аппаратуре [3]. По укрупненной классификации источники шума, производимого двигателем внутреннего сгорания, складываются из:

1) акустического излучения аэродинамического происхождения;

2) шума, вызываемого механическими колебаниями наружных поверхностей двигателя.

Шумы аэродинамического происхождения связаны с системой турбонаддува и непосредственно с всасыванием и выпуском. Причинами шума газодинамического (гидравлического) происхождения являются возмущения, проявляющиеся при движении газообразной и жидкой сред в проточных частях механизмов и трубопроводах, при обтекании тел и сгорании топлива. В окружающую среду шум передается в виде вибраций и колебаний наружных поверхностей двигателя, колебаний воздуха на впуске и выпуске.

Шум механического происхождения возникает вследствие неуравновешенности вращающихся частей механизмов и устройств, наличия сил инерции и моментов этих сил, соударении деталей в подвижных сочленениях кривошипно-шатунного механизма, в системе газораспределения и в элементах топливоподающей аппаратуры; резкое возрастание сил от действия газов на основные детали двигателя, возникающие при процессе сгорания.

Акустическое загрязнение мини-ТЭЦ
Дизельные мини-ТЭЦ

Для оценки шумового воздействия дизельной установкой мощностью 1000 кВт необходимо произвести расчет уровня звукового давления на территории, прилегающей к зданию.

Дизельная установка размещена в здании, имеющем размеры 10×16×5 м. Стены выполнены в один кирпич.

Согласно каталогу технических данных дизельные электроагрегаты номинальной мощностью 500–1000 кВт создают уровень звукового давления 102 дБА.

Расчет шума выполняли в соответствии со СНиП 23.03.2003 «Защита от шума» [4, 5]. Рассчитаем шум у стены здания.

Октавные уровни звукового давления L , дБ, в расчетных точках внутри здания при работе одного источника шума определяли по формуле:

$$L = L_w + 10 \lg \left(\frac{\chi \Phi}{\Omega r^2} + \frac{4}{k B} \right), \quad (1)$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности, дБ; χ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля; Φ – фактор направленности источника шума; Ω – пространственный угол излучения источника, рад; r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м; k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении; B – акустическая постоянная помещения, м².

Акустическая постоянная помещения:

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{cp}}, \quad (2)$$

где α_{cp} – средний коэффициент звукопоглощения; A – эквивалентная площадь звукопоглощения, м².

Эквивалентная площадь звукопоглощения:

$$A = \alpha_i \cdot S_i, \quad (3)$$

где α_i – коэффициент звукопоглощения i -й поверхности; S_i – площадь i -й поверхности, м².

Для расчета приняты следующие значения:

$$L_w = 102 \text{ дБА}, \chi = 2; \Phi = 1; \Omega = 2\pi \text{ рад}; \\ r = 4 \text{ м}; k = 1,25; \alpha_{cp} = 0,15; S = 260 \text{ м}^2; \\ A = 39 \text{ м}^2; B = 45,9 \text{ м}^2.$$

Величина шума внутри здания составляет: $L = 91,5 \text{ дБА}$.

Уровень звуковой мощности шума L^{np} , дБ, прошедшей через ограждение на территорию, рассчитывается по формуле:

$$L^{np} = L - \lg B_{ш} - 10 \lg K + \lg S - R, \quad (4)$$

где L_i – уровень звуковой мощности источника, дБА; $B_{ш}$ – акустическая постоянная помещения с источником (источниками) шума,

m^2 ; k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении; S – площадь ограждения, m^2 ; R – изоляция воздушного шума ограждением, дБА.

Для расчета шума, прошедшего через стену, приняты следующие значения:

$L_w = 91,5$ дБА, $B_w = 45,9$ m^2 , $k = 1,25$; $S = 80$ m^2 , $R = 54$ дБ уменьшение шума стеной в один кирпич.

В результате расчета получается, что величина шума с наружной стороны здания составляет $L_{np} = 36,8$ дБА.

Допустимые уровни шума на территории около домов согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» приведены в табл. 5.

Таблица 5
Допустимые уровни шума

Назначение территорий	Время суток, ч	Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям, домам отдыха, домам-интернатам для престарелых и инвалидов	7.00–23.00	55
	23.00–7.00	45

Таким образом, шум, создаваемый дизельной установкой, будет ниже допустимого для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам. Поэтому специальных мероприятий по снижению шума не требуется.

Газопоршневые мини-ТЭЦ

Для оценки шумового воздействия электростанции, состоящей из 4 газопоршневых двигателей мощностью 1000 кВт, необходимо произвести расчет уровня звукового давления на территории, прилегающей к зданию.

Электростанция размещена в здании, имеющем размеры 30×16×6 м. Стены выполнены в один кирпич.

Согласно каталогу технических данных электроагрегат номинальной мощностью 1000кВт создает уровень звукового давления 99 дБА.

Акустический расчет уровня звукового давления L , дБ, в помещении с несколькими источниками шума:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{10^{0,1L_{wi}} \cdot \chi_i \Phi_i}{\Omega \cdot r_i^2} + \frac{4}{kB} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{wi}} \right), \quad (5)$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности, дБ; χ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля; Φ – фактор на-

правленности источника шума; Ω – пространственный угол излучения источника, рад; r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м; k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении; B – акустическая постоянная помещения, m^2 .

Для расчета приняты следующие значения:

$L_w = 99$ дБА, $\chi = 2$; $\Phi = 1$; $\Omega = 2\pi$ рад; $r = 1$ м; $k = 1,25$; $\alpha_{cp} = 0,15$; $S = 1032$ m^2 ; $A = 154,8$ m^2 ; $B = 182,12$ m^2 .

Величина шума внутри здания составляет: $L = 98,86$ дБА.

Для расчета шума, прошедшего через стену, приняты следующие значения:

$L_w = 98,86$ дБА, $B_w = 182,12$ m^2 , $k = 1,25$; $S_{отр} = 180$ m^2 , $R = 54$ дБ уменьшение шума стеной в один кирпич.

В результате расчета получается, что величина шума с наружной стороны здания составляет $L_{np} = 43,9$ дБА.

Таким образом, шум, создаваемый электростанцией, состоящей из 4 газопоршневых двигателей мощностью 1000 кВт, будет ниже допустимого для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам. Поэтому специальных мероприятий по снижению шума не требуется.

Список литературы

1. Оценка воздействия мини ТЭЦ с различными видами двигателей на окружающую среду / Качество жизни населения: монография / О.В. Маслеева, Т.И. Курагина, Г.В. Пачурин, Н.С. Конюхова. – Пенза, 2012. – С. 96–110.
2. Маслеева О.В., Петров А.А., Пачурин Г.В. Экологическая оценка строительства мини-ТЭЦ в жилых районах // Экология и промышленность России. – 2010. – № 5. – С. 52–54.
3. Справочник по судовой акустике / под ред. Колесникова А.Е. – Л.: Судостроение, 1978. 504 с.
4. Борьба с шумом на производстве: справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
5. Боголепов И.И. Строительная акустика / И.И. Боголепов; СПбГПУ; под науч. ред. В.Н. Козлова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 323 с.

References

1. Masleeva O.V., Kuragin T.I., Pachurin G.V., Konyukhova N.S. Assessing the impact of mini-cogeneration plants with different types of engines on the environment / quality of life: Monograph. Penza, 2012. pp. 96–110.
2. Masleeva O.V., AA Petrov, GV Pachurin Environmental assessment of construction of mini-CHP in residential / Ecology and Industry of Russia. 2010, no. 5. pp. 52–54.
3. Handbook of marine acoustics / Ed. Kolesnikov, AE L.: Shipbuilding, 1978. 504 p.
4. Control of noise at work: Directory / EY Yudin, LA Borisov, IV Gorenstein, etc., Ed. Ed. EY Yudin. Mashinostroenie, 1985. 400 p.
5. Bogolepov, II Construction Acoustics / II Bogolepov, STU, a researcher. Ed. V. Kozlov. St. Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2006. 323 p.

Рецензенты:

Михаленко М.Г., д.т.н., профессор, декан ИФХФ, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ), г. Нижний Новгород;

Лоскутов А.Б., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электроснабжение и электроэнергетика» (ЭСиЭ), Волжская государственная академия водного транспорта (ВГАВТ), г. Нижний Новгород.

Работа поступила в редакцию 18.03.2012