

УДК 502.3:621.311.23

ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ МИНИ-ТЭЦ

Маслеева О.В., Пачурин Г.В., Солнцев Е.Б., Петров А.А.

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

Достоинствами мини-ТЭЦ являются низкая стоимость вырабатываемой электроэнергии, тепла и холода, возможность быстрого строительства, быстрая окупаемость, низкий расход топлива, длительный ресурс эксплуатации оборудования, экологическая безопасность. Для внедрения мероприятий по энергосбережению и экологической безопасности предусматривается использование мини-ТЭЦ с различными видами двигателей. Основными двигателями для мини-ТЭЦ являются газопоршневые и газотурбинные двигатели, использующие в качестве топлива природный газ. Для негазифицированных районов в качестве источника электроэнергии возможно применение мини-ТЭЦ с дизельными двигателями (при использовании дизельного топлива). Источниками шума на мини-ТЭЦ являются двигатели, насосы, компрессоры, устье дымовой трубы, приточно-вытяжная вентиляция, механические вибрации. В работе приведены результаты исследований шумового загрязнения окружающей среды мини-ТЭЦ мощностью 4 МВт с газопоршневыми, газотурбинными и дизельными двигателями мощностью 1 МВт. Установлено, что минимальный радиус санитарно-защитной зоны для обеспечения ночных норм по шуму для жилой территории будет 100 м. Следовательно, шум, создаваемый электростанцией, состоящей из 4 газопоршневых, газотурбинных или дизельных двигателей мощностью 1 МВт, будет соответствовать допустимым значениям на границе санитарной зоны.

Ключевые слова: шум, источники шума, энергетика, электростанции, дизельные двигатели, газопоршневые двигатели, газотурбинные двигатели, мини-ТЭЦ

NOISE POLLUTION OF THE ENVIRONMENT CHP

Masleeva O.V., Pachurin G.V., Solntsev E.B., Petrov A.

*FGBOU VPO «Nizhny Novgorod State Technical University R.E. Alekseev», Nizhny Novgorod,
e-mail: PachurinGV@mail.ru*

The advantages of CHP are: low cost of generated electricity, heat and cold, the ability to quickly build, fast return on investment, low fuel consumption, long service life of equipment, environmental safety. For the introduction of energy efficiency measures and environmental security is provided using CHP with various types of engines. The main drivers for CHP are gas-fired and gas-turbine engines that use natural gas as fuel. For non-gasified areas as a source of electrical power is possible to use a mini-CHP with diesel engines (based on diesel fuel). The sources of noise in the CHP are motors, pumps, compressors, the mouth of the chimney, a forced-air ventilation, mechanical vibration. The paper presents the results of studies of noise pollution-generation plant with a capacity of 4 MW 4 gas piston, gas turbine and diesel engine capacity of 1 MW. It is established that the minimum radius of the sanitary protection zone for the night noise standards for residential areas will be 100 m. Therefore, the noise generated by power plants, consisting of 4 piston, gas turbine or diesel engine capacity of 1 MW will meet the allowed values at the border of the sanitary zone.

Keywords: noise, noise sources, power generation, power plants, diesel engines, gas-fired engines, gas turbine engines, CHP

Объекты энергетики по степени влияния 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.

Воздействие мини-ТЭЦ на окружающую природную среду возможно следующими путями [2]:

- потребление природных ресурсов (органическое топливо, вода, воздух);
- загрязнение атмосферы продуктами сгорания топлива;
- физическое воздействие (шум, вибрация, электромагнитное излучение, тепловое загрязнение);
- загрязнение почвы образующимися отходами;

- отчуждение территорий для строительства мини-ТЭЦ, подъездных дорог;
- изменение ландшафта.

Таким образом, при эксплуатации мини-ТЭЦ происходит не только загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания топлива и тепловыми излучениями, но и акустическое загрязнение 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 данной работе приведены результаты исследований шумового загрязнения окружающей среды мини-ТЭЦ мощностью 4 МВт с 4 газопоршневыми, газотурбин-

ными и дизельными двигателями мощностью 1 МВт. Основными двигателями для мини-ТЭЦ являются газопоршневые и газотурбинные двигатели, использующие в качестве топлива природный газ. Для негазифицированных районов в качестве источника электроэнергии возможно применение мини-ТЭЦ с дизельными двигателями (при использовании дизельного топлива).

Источниками шума мини-ТЭЦ

Источниками шума на мини-ТЭЦ являются двигатели, насосы, компрессоры, устье дымовой трубы, приточно-вытяжная вентиляция, механические вибрации [5].

Двигатели создают шум, который вызывается механическими вибрациями, работой систем охлаждения и выхлопов.

Для уменьшения шума применяют размещение установки в отдельно стоящем здании из монолитного бетона или бетонных блоков толщиной не менее 20 см. Для снижения уровня шума стены и потолок в помещении обиваются другим звукопоглощающим материалом. Для шумоизоляции входная дверь выполняется из звукопоглощающего материала. Для повышения звукоизоляции в работе системы охлаждения используются специальные вентиляционные решетки. Они снижают шумы, которые издает штатный вентилятор для отвода тепла, расположенный на валу двигателя. Для снижения шума от дизельного двигателя используется стандартный глушитель. Глушитель уменьшает шум системы выпуска за счет рассеяния энергии в камерах и на трубчатых перегородках. Выхлопные и вентиляционные трубы оборудуются звукоуловителями.

Шумы газотурбинных двигателей излучаются через воздухозаборный и выхлопной тракты, а также от корпуса агрегата [4]. Через воздухозаборный тракт в атмосферу излучается шум, который имеет аэродинамическую природу и обусловлен турбулентностью потока. В спектре шума всасывания ГТУ имеются тональные составляющие: основная частота вихревого шума для газотурбинных установок (50–160 Гц) пропорциональна числу оборотов в секунду, частоты сиренного шума равны произведению числа лопаток ротора на число оборотов в секунду (1000–5000 Гц). Шум, излучаемый выхлопным трактом ГТУ, вызван процессом горения, высокой скоростью прохождения газов через проточную часть турбины и турбулентностью газового потока. Максимальные уровни шума приходятся на высокие (4000–8000 Гц) и низкие (31–125 Гц) частоты.

Выхлопные газы после двигателя направляются для утилизации в теплообменник, который можно рассматривать как устройство, дополнительно снижающее шум.

Основные причины возникновения вибрации: механическая неуравновешенность роторов; несимметричная электромагнитная система; центровки валов турбин и генераторов нарушение из-за тепловой деформации, или из-за осадки фундамента или неправильной сборки, или при износе соединительной муфты между турбиной и генератором; неправильная шабровка подшипников; трещины в сварке фундаментной плиты и т.д. Вибрация может появиться и в случае тепловой неустойчивости ротора. Неуравновешенность ротора может возникнуть из-за неплотной опрессовки обмотки при слабой посадке бандажных или центрирующих колец. Несимметричность электромагнитных сил может возникнуть при наличии воздушного зазора или при появлении виткового замыкания в обмотке ротора.

Влияние шума на здоровье человека может быть различным – от простого раздражения до серьезных патологических заболеваний всех внутренних органов и систем. Прежде всего, страдает слух человека. Повышенный шумовой раздражитель также негативно влияет на нервную систему человека, сердечно-сосудистую систему, вызывает сильное раздражение. Повышенный шум может стать причиной бессонницы, быстрого утомления, агрессивности, влиять на репродуктивную функцию и способствовать серьезному расстройству психики. Зафиксированы функциональные изменения организма под влиянием шума: повышение кровяного давления, нарушение функции щитовидной железы и коры надпочечников, изменение активности мозга и центральной нервной системы.

Оценка шумового воздействия электростанции

Для оценки шумового воздействия электростанции, состоящей из 4 газопоршневых, газотурбинных и дизельных двигателей мощностью 1000 кВт, необходимо произвести расчет уровня звукового давления на территории, прилегающей к зданию. Электростанция размещена в здании, в котором стены выполнены из бетона толщиной 0,2 м. В здании имеется 2 ворот, размером 4×3 м. Исходные данные для расчета шума приведены в табл. 1. Установки находятся в шумозащитном кожухе и установлены глушители на воздухозаборных и выхлопных трактах.

Таблица 1

Исходные данные для расчета шума

Параметр	Тип двигателя		
	Газопоршневые	Газотурбинные	Дизельные
Мощность, кВт	1000	1000	1000
Количество, шт.	4	4	4
Уровень шума L_w , дБА	84	95	88
Размеры здания, м	30×12×6	24×12×10	30×12×6

Расчет шума выполняли в соответствии со СНиП 23.03.2003 «Защита от шума» [1, 3].

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

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

где L_w – октавный уровень звуковой мощности, дБА; χ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля; Φ – фактор направленности источника шума; Ω – пространственный угол излучения источника; 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:

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{cp}},$$

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

Эквивалентная площадь звукопоглощения:

$$A = \alpha_i \cdot S_i,$$

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

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

$$L = L_w - \lg B - 10 \lg K + \lg S - R,$$

где L_w – уровень звуковой мощности источника, дБА; B – акустическая постоянная помещения с источником (источниками) шума, м²; k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении; S – площадь ограждения, м²; R – изоляция воздушного шума ограждением, дБА.

Если ограждающая конструкция состоит из двух частей с различной звукоизоляцией ($R_1 > R_2$), R определяют по формуле

$$R = R_1 - 10 \lg \frac{S_1 + 10^{0,1(R_1 - R_2)} S_2}{1 + \frac{S_1}{S_2}},$$

где S_i – площадь i -й части, м²; R_i – изоляция воздушного шума i -й частью, дБ.

Для расчета приняты следующие значения: $\Phi = 1$ (для источников с равномерным излучением), $\Omega = 2\pi$ рад (для источника шума, находящегося на полу), $k = 1,25$, $\alpha_{cp} = 0,15$, $R = 47$ дБА (для стены), $R = 22$ дБА (для металлических ворот), $R = 31,9$ дБА (для стены с воротами для газотурбинных двигателей), $R = 30,7$ дБА (для стены с воротами для газопоршневых и дизельных двигателей) [3].

Для расчета шума приняты следующие значения, которые сведены в табл. 2. Результаты расчета шума внутри здания и снаружи от 4-х источников для трех видов двигателей приведены в табл. 2.

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. 3.

Оценка санитарно-защитной зоны

Для оценки санитарно-защитной зоны в зависимости от электрической или тепловой мощности оборудования ТЭЦ пользуются полуэмпирической формулой [4]. Радиус санитарно-защитной зоны $r_{сз}$ для обеспечения ночных норм по шуму для жилой территории определяется в зависимости от электрической мощности для типовой ТЭС формулой:

$$r_{сз} = K_1 \cdot K_2 \cdot N^{1/2} \text{эл},$$

где $N_{эл}$ – установленная электрическая мощность однотипного оборудования, МВт; K_1 – коэффициент, учитывающий вид оборудования и особенности распространения шума от него ($K_1 = 35$ для ТЭЦ); K_2 – коэффициент, учитывающий режим работы ($K_2 = 1$ при работе на номинальной мощности).

Таблица 2

Параметры для расчета шума в помещении

Параметр	Тип двигателя		
	Газопоршневые	Газотурбинные	Дизельные
Расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м			
– r_1	10	8	10
– r_2	6	5	6
– r_3	6	5	6
– r_4	10	8	10
Коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля,			
– χ_1	1	1,25	1
– χ_2	1,6	2	1,6
– χ_3	1,6	2	1,6
– χ_4	1	1,25	1
Площадь поверхности всех стен S , м ²	504	720	504
Эквивалентная площадь звукопоглощения A	75,6	108	75,6
Акустическая постоянная помещения B , м ²	88,9	127,1	88,9
Величина шума внутри здания дБА	75,83	86,18	79,83
Площадь преграды (одной стены) S , м ²	180	240	180
Величина шума снаружи здания для стены без ворот, дБА	28,17	38,48	32,17
Величина шума снаружи здания для стены с воротами, дБА	44,47	53,58	48,87

Таблица 3

Допустимые уровни шума

Назначение территорий	Время суток, ч	Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
16 Территории, непосредственно прилегающие к жилым зданиям	7.00–23.00	55
	23.00–7.00	45

Если ТЭЦ несет одновременно тепловую N_T и электрическую $N_{эл}$ нагрузку, то в этом случае:

$$N = N_{эл} + \eta_{ст} \cdot N_T,$$

где $\eta_{ст}$ – к.п.д. станций.

Для рассматриваемых вариантов: $N_{эл} = 4$ МВт, $N_T = 5$ МВт, $N = 8$ МВт

$$r_{сз} = K_1 \cdot K_2 \cdot N_{эл}^{1/2} = 1 \cdot 35 \cdot 8^{1/2} = 99 \text{ м.}$$

Выводы

Расчеты показали, что минимальный радиус санитарно-защитной зоны для обеспечения ночных норм по шуму для жилой территории будет 100 м.

Таким образом, шум, создаваемый электростанцией, состоящей из 4 газопоршневых, газотурбинных или дизельных двигателей мощностью 1 МВт будет соответствовать допустимым значениям на границе санитарной зоны.

Списки литературы

1. 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.
2. Оценка воздействия мини ТЭЦ с различными видами двигателей на окружающую среду: монография / О.В. Маслеева, Т.И. Курагина, Г.В. Пачурин, Н.С. Конюхова // Качество жизни населения. – Пенза, 2012. – С. 96–110.

3. СНиП 23.03.2003 «Защита от шума».

4. Тупов В.Б. Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике – М., 2004. – 285 с.

5. Шубов И.Г. Шум и вибрация электрических машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.

References

1. Control of noise at work: Directory / E.Y. Yudin, L.A. Borisov, I.V. Gorenstein and others; E.d. Ed. E.Y. Yudin. M.: Mechanical Engineering, 1985. 400 p.
2. Masleeva O.V., Kuragina T.I., Pachurin G.V., Konyukhova N.S. Assessing the impact of co-generation plant with different types of engines on the environment / quality of life. Monograph. Penza: 2012. pp. 96–110.
3. SNIP 23.03.2003 «Protection against noise».
4. Tupov V.B. Reducing noise impact on the equipment in the energy sector. M., 2004. 285 p.
5. Shubov I.G. Noise and vibration of electrical machines. 2nd ed., Rev. and add. L. Energoatomizdat, 1986. 208 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 21.06.2013.