УДК 621.039.564.2 + 621.391.822.2

М. С. Степанова, И. С. Захаров
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Исследование шумового загрязнения от ТЭЦ в летний период

Проведено измерение шумов ТЭЦ разных мощностей. Получена зависимость уровня шумов ТЭЦ от их мощности в летний период. Проведен теоретический расчет корректировки шумов и сравнение с экспериментальными результатами.

ТЭЦ, шум, шумовое загрязнение

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) расположены обычно в городском массиве, а их энергетическое оборудование является источником значительного шума [1]. Особенно важно, что он может распространяться за пределы территории станции вне главного корпуса. Наибольший шум от ТЭЦ возникает в зимний сезон, и эти максимумы уже исследованы. Не менее важной проблемой является измерение шумов ТЭЦ в летний период, когда на улицах много взрослых и детей.

Целью исследования являлось изучение измерения шумов ТЭЦ разных мощностей, включая не только отечественные, но и зарубежные, в начале июня.

Задачи исследования: экспериментальное изучение шумов ТЭЦ и получение их параметров; изучение зависимости интенсивности шумов от мощности в летний период; теоретический расчет шумов и сравнение с экспериментальными результатами в летний период.

Объектами исследования были выбраны три электростанции в Санкт-Петербурге (Южная ТЭЦ, Юго-Западная ТЭЦ, Выборгская ТЭЦ) разных мощностей, располагающиеся в разных районах города. Для сравнения российских и европейских технологий была выбрана финская ТЭЦ Pursiala, располагающаяся в городе Миккели. Карта расположения ТЭЦ в Санкт-Петербурге показана на рис. 1.

Измерения проводились шумомером Center-322 с помощью программы SE322, предназначенной для загрузки данных из памяти прибора или сбора данных в реальном времени от шумомера, соединенного с ноутбуком [2]. Программа позволяет задавать частоту измерения, начиная от 1 измерения в 0.1 с, и в режиме реального времени отслеживать график уровня шума, выдавая среднее, максимальное и минимальное значения. На рис. 2 приведены диаграммы уровня шума по времени для Выборгской ТЭЦ в течение 2 мин.

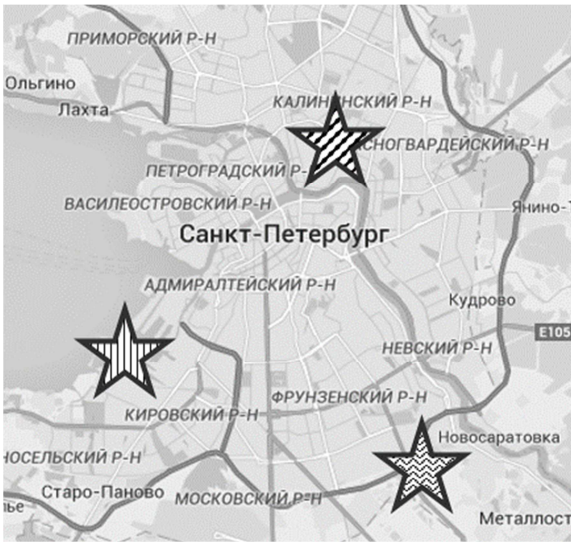

Рис. 1

Результаты измерений уровня шума, полученные на ТЭЦ. Измерения проводились на границе территорий промышленных предприятий в трех точках, расположенных вне звуковой тени. Результаты измерений – средний уровень шума в трех точках на границе каждого предприятия ТЭЦ – представлены на рис. 3. Полученные звуковые уровни незначительно изменяются от точки к точке и не нарушают санитарно-гигиенических требований. На рис. 4 представлена зависимость уровня шума от мощности ТЭЦ. Можно сделать вывод, что в летний период, когда ТЭЦ работают не на полную мощность эта зависимость неочевидна, т. е. тепло-

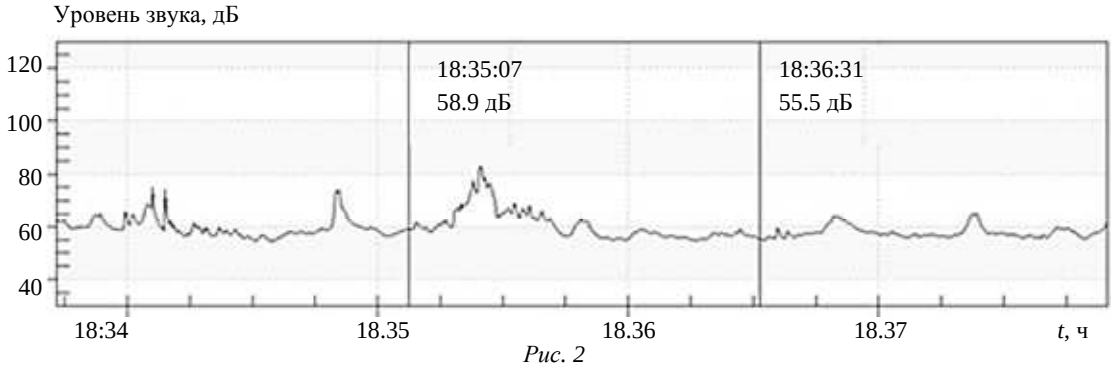

Рис. 2

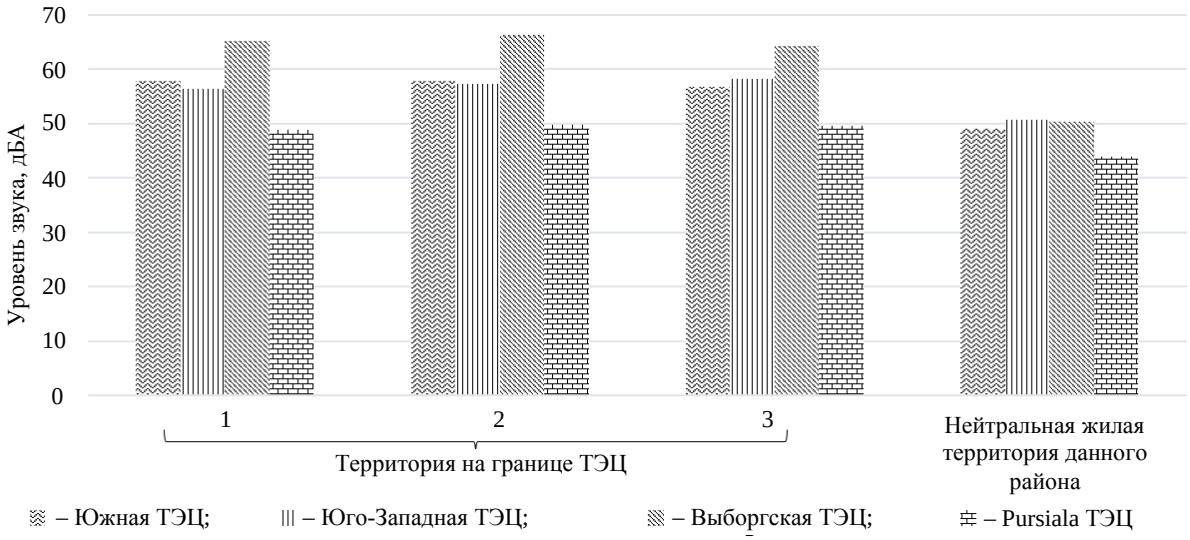

Рис. 3

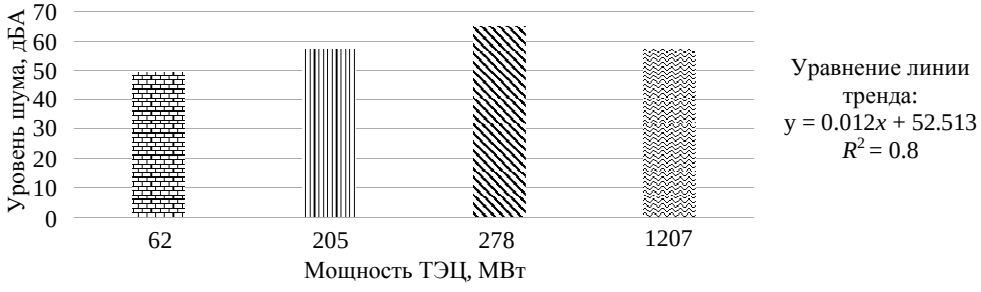

Рис. 4

вая мощность не зависит от энергетической и уровень звукового шума для каждой ТЭЦ стабилен и не зависит ни от одной из мощностей.

Уровень шума на нейтральной жилой территории (НЖТР) примем за фоновый уровень шума в данной местности (таблица).

Расчет коррекции. После измерения эквивалентного шума необходимо провести коррекцию. Оценочный уровень, необходимый для оценки уровня по СанПину, – это сумма «измерение + + коррекция».

Для каждой ТЭЦ был определен оценочный уровень дневного шума ($L_{R_д}$), необходимый для санитарно-гигиенического нормирования в ТЭЦ. На жилых территориях, располагающихся в радиусе 940 м от Южной ТЭЦ:

$$L_{R_д} = L_{изм} + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5.$$

Выбрав коррекции равными соответственно ГОСТу [4]: $K_1 = -1$ дБ; $K_2 = -2$ дБ; $K_3 = 0$ дБ; $K_4 = 5$ дБ; $K_5 = 0$ дБ, где K_1 – коррекция на влияние фонового (остаточного) шума; K_2 – коррекция на влияние звукопоглощения помещения (при измерениях в помещениях); K_3 – коррекция на происхождение шума; K_4 – коррекция на импульсность или на тональность шума; K_5 – коррекция на время суток, получим:

Точка измерения	Среднее значение процесса в точке измерения, дБА	Среднее от измерений в разных точках измерений, дБА	Относительная погрешность, %	Максимальное значение, дБА	Минимальное значение, дБА	Рассчитанный оценочный уровень, дБА	
						дневной	ночной
	Южная ТЭЦ						
1	57.8	57.5 ± 0.3	0.5	72.2	54.3	59.5	67.5
2	57.9			61.5	54.6		
3	56.8			61.7	53.6		
НЖТР*	49.0	–	–	64.1	45.5	–	–
	Юго-Западная ТЭЦ						
1	56.5	57.4 ± 0.7	1.2	80.8	51.9	59.4	69.4
2	57.4			75.4	54.6		
3	58.2			78.3	55.3		
НЖТР*	50.7	–	–	58.3	47.1	–	–
	Выборгская ТЭЦ						
1	65.2	65.3 ± 0.9	1.4	88 .2	62.0	68.3	78.3
2	66.4			73.5	60.9		
3	64.3			83.1	54.5		
НЖТР*	50.4	–	–	67.7	48.1	–	–
	Pursiala ТЭЦ						
1	48.8	49.4 ± 0.04	0.1	61.4	46.1	46	55
2	49.8			53.3	46.3		
3	49.6			56.3	48.3		
НЖТР*	37.3	–	–	49.5	34.6	–	–

* НЖТР – нейтральная жилая территория данного района.

$$L_{R_д} = 114.0 - 1 - 2 + 0 + 5 + 0 = 66 \text{ дБ}.$$

Установленный санитарными нормами уровень дневного шума для разных частот варьируется в зависимости от частоты. Спектральные характеристики шума выбросов пара на объектах энергетики относятся к высокочастотному шуму с наличием максимумов в диапазоне октавных полос со среднегеометрическими частотами 1000…4000 Гц [3]. Санитарные нормы устанавливают значение дневного шума 50 дБ для 1000 Гц и 44 дБ для 4000 Гц [5]. Рассчитаем превышение шумового загрязнения установленного уровня [%]:

$$L = \frac{66-50}{50}100 = 32\ \%.$$

Для определения оценочного уровня ночного шума $\left(L_{R_н}\right)$ изменится коррекция K_5 = 10 соответственно ГОСТу [3], получим:

$$L_{R_н} = 64.0 - 1 - 2 + 0 + 5 + 10 = 76 \text{ дБ}.$$

Санитарные нормы устанавливают значение ночного шума 40 дБ для всех частот [5]. Рассчитаем превышение шумового загрязнения установленного уровня [%]:

$$L = \frac{76-40}{40}100 = 90\ \%.$$

Таким образом, в случае выброса пара установленный санитарными нормами уровень дневного шума в близлежащих жилых территориях Южной ТЭЦ будет превышен на 32 % и более, в зависимости от частоты, для ночного уровня превышение составит 90 %.

По аналогии были произведены расчеты для других ТЭЦ (таблица).

Для расчетов шумов ТЭЦ был получен радиус превышения шумовых норм (рис. 5).

Радиус рассчитывается из уравнения

$$\log_{10} R = \frac{L_P + L + 10\log_{10}\Phi + 10\log_{10}\Omega - \frac{\beta R}{1000}}{15}, \quad (1)$$

где L_P – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ; R – расстояние от акустического центра источника до расчетной точки, м; Φ – фактор направленности (примем ТЭЦ как точечный источник, тогда в соответствии с [6] Φ = 1); β – коэффициент поглощения звука в воз-

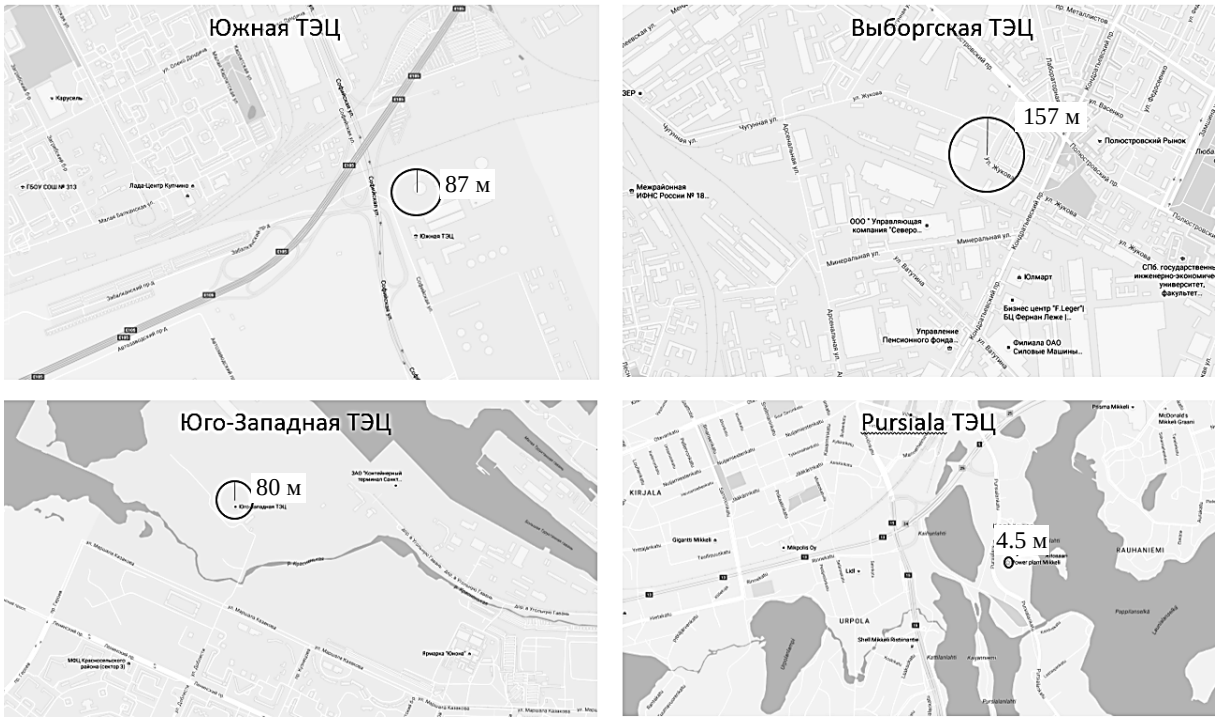

Рис. 5

духе, дБ/км, принимаемых в расчетах ожидаемого шума в зависимости от температуры, относительной влажности воздуха и среднегеометрической частоты (в соответствии с [6] выбираем $\beta = 1.5$); Ω – пространственный угол излучения (телесный) (для открытого пространства 4π):

$$R_{\text{Южной}} = 87 \text{ м};$$
$$R_{\text{Юго-Западной}} = 80 \text{ м};$$
$$R_{\text{Выборгской}} = 159 \text{ м};$$
$$R_{\text{Pursiala}} = 4.5 \text{ м}.$$

Для Выборгской ТЭЦ было зафиксировано нарушение уровня шума от работы ТЭЦ в штатном режиме в жилой зоне, поэтому преобразованием (1) был определен радиус окружности, внутри которой территории подвергаются шумовому загрязнению от Выборгской ТЭЦ.

Таким образом, значение шума от работы Выборгской ТЭЦ в штатном режиме нарушает установленный санитарными нормами уровень в радиусе 159 м. Как видно из рис. 5, в этом радиусе находится 4 жилых дома. Однако шумовому загрязнению подвергаются только два дома, обращенных своими фасадами к ТЭЦ, остальные дома находятся в их тени (звуковой) и шумовому загрязнению не подвергаются. Для Южной, Юго-Западной и финской ТЭЦ эти расстояния составляют 87 м, 80 м и 4.5 м соответственно. Жилые объекты у этих станций находятся на расстоянии более 800 м и для финской – более 400 м, поэтому шумовому воздействию от этих ТЭЦ селитебные территории не подвергаются.

При исследовании были получены результаты экспериментов, которые включали параметры шумов: максимум, минимум, среднее значение. При работе ТЭЦ в летний период максимум шума достигал 88 дБ, но выбросы такой мощности кратковременны и это не влияет на среднюю мощность звука. Значение минимумов меньше варьируются, чем значения максимумов. Был проведен расчет коррекций и определен оценочный уровень, которые показали, что все полученные результаты находятся в границах безопасного для человека звукового диапазона.

Для обоснования безопасности был рассчитан радиус превышения шумовых норм. Подтверждено, что защита расстоянием, т. е. отнесение таких крупных энергетических объектов, как ТЭЦ, является лучшим способом защиты, как в случае Южной, Юго-Западной и финской ТЭЦ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунков Д. В. Особенности снижения шума выброса пара на объектах энергетики. URL: http://studydoc.ru/doc/432669/osobennosti-snizheniya-shuma-vybrosa-para-na-obektah-e-nerge.

2. Измерители шума – Center 320/321/322/325. Руководство по эксплуатации. URL: http://optimum.perm.ru/files/price/77.pdf.

3. ГОСТ 23337–2014. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Изд-во стандартов, 2014.

4. Федорова В. Н., Фаустов Е. В. Медицинская и биологическая физика: курс лекций с задачами. URL: http://vmede.org/sait/?page=5&id=Medbiofizika_fedorov_2008&menu=Medbiofizika_fedorov_2008.

5. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.

6. Тупов В. Б. Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике. М.: Изд-во МЭИ(ТУ), 2004.

M. S. Stepanova, I. S. Zakharov
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

NOISE POLLUTION RESEARCH FROM CHP PLANTS IN SUMMER TIME

Noise measurement research of CHP Plants with different capacity. Experimental study of noise CHP and analyze their parameters, establishment of the intensity of the noise power in the summer, a theoretical calculation of the noise and comparison with the experimental results.

CHP Plant, noise, noise pollution

УДК 534.27

Я. Дурукан, А. И. Лутовинов, А. Н. Перегудов, М. М. Шевелько
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Оценка чувствительности твердотельного ультразвукового датчика угловой скорости

Рассмотрены основные факторы, определяющие чувствительность датчиков параметров движения, построенных на базе объемных акустических волн, распространяющихся ортогонально оси вращения звукопровода. Определены параметры элементов, входящих в акустический тракт и электронные цепи согласования, при которых чувствительность достигает наибольшего значения. Проведена оценка уровня выходного сигнала датчика, построенного на указанном принципе. Получена зависимость выходного напряжения от скорости вращения среды.

Акустические волны, датчик параметров движения, гироскоп, чувствительность, влияние вращения, скорость волны, поляризация акустической волны

В последние годы повышенный интерес, уделяемый изучению особенностей распространения акустических волн во вращающемся твердотельном звукопроводе, связан с попытками применить их для построения датчиков параметров движения, обладающих высокой вибро- и ударопрочностью и широким динамическим диапазоном измеряемой величины. В [1]–[3] показаны возможности построения датчиков, работа которых базируется на изменениях характеристик акустических волн. Одна из концепций основана на изменении поляризации сдвиговой волны, распространяющейся вдоль оси вращения среды [2], другая – на изменении скорости волн круговой поляризации [3]. В последних работах авторами была продемонстрирована возможность построения датчиков, в основе функционирования которых лежат изменения характеристик волн, распространяющихся перпендикулярно оси вращения звукопровода [4], [5]. Было показано, что в этом случае в среде могут распространяться волны эллиптических поляризаций. Это означает, что при излучении сдвиговых волн возникают продольные компоненты вектора смещения и наоборот. Причем