

Теоретические и практические вопросы создания малозумного энергетического объекта

В. Б. Тупов*

*Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Россия, 111250, Москва, Красноказарменная улица, д. 14
(Статья поступила 04.07.2017; Подписана в печать 12.09.2017)*

Штатная эксплуатация энергетических объектов (котельных, тепловых электрических станций, трансформаторных подстанций и других) является причиной превышения шумовых санитарных норм в окружающем районе. Актуальность проблемы обусловлена тем, что большинство энергетических объектов находятся в городах рядом с жилыми районами. Рассмотрены теоретические и практические вопросы создания малозумного энергетического объекта. Показано, что применение трехмерной математической модели энергетического объекта позволяет рассматривать влияние лимитирующих факторов на создание малозумного объекта, а именно: количества источников шума, шумовых характеристик источников, место расположения источников на территории объекта, режима работы оборудования, фактора направленности, от ориентации энергетического объекта по отношению к жилому району и других факторов. Для каждого типа энергетического объекта выделены группы источников шума и рассмотрены характерные меры по шумоглушению. Важным моментом по созданию малозумного энергетического объекта является комплексное применение мер по шумоглушению.

PACS: 43.50

УДК: 621.311.002.5:628.5:502.5

Ключевые слова: снижение шума, энергетический объект, моделирование, глушитель, акустический экран.

ВВЕДЕНИЕ

Штатная эксплуатация многих энергетических объектов, к которым относятся тепловые электрические станции, котельные, трансформаторные подстанции и др., является причиной превышения шумовых санитарных норм в окружающем районе [1–3].

Законы «Об охране атмосферного воздуха» и «Об охране окружающей природной среды» обязывают осуществлять мероприятия по снижению шума от источников до санитарных норм, которые устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для рабочих мест и территории жилой застройки (селитебной территории).

В нашей стране ширину санитарно-защитной зоны определяют в зависимости от класса предприятия или производства. Здесь всего пять классов объектов, расстояния санитарно-защитных зон (СЗЗ) для которых следующие: I-го класса — 2000 м; II-го класса — 1000 м; III-го класса — 500 м; IV-го класса — 300 м; V-го класса — 100 м.

Например, тепловые электростанции (ТЭС) с эквивалентной электрической мощностью 600 МВт и выше, использующие в качестве топлива уголь и мазут, относятся к предприятиям первого класса и должны иметь СЗЗ не менее 1000 м, работающие на газовом и газомазутном топливе — относятся к предприятиям второго класса и должны иметь СЗЗ не менее 500 м. Тепловые электроцентрали (ТЭЦ) и районные котельные тепловой мощностью 200 Гкал и выше, работающие на угольном и мазутном топливе, относятся ко второму

классу с СЗЗ не менее 500 м, работающие на газовом и мазутном топливе (последний — как резервный), относятся к предприятиям третьего класса с СЗЗ не менее 300 м.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что на границе указанных санитарно-защитных зон могут быть превышения санитарных норм по шуму для большинства указанных энергетических объектов. Следует отметить, что во многих случаях невозможно создать санитарно-защитную зону указанных размеров, энергетические объекты находятся в городах рядом с жилыми районами на гораздо более близких расстояниях, а проблема шумоглушения от них стоит гораздо острее. Кроме этого, даже если санитарные нормы на предписанных нормативными документами расстояниях выполняются, то по высоте над уровнем земли на указанном расстоянии санитарные нормы могут превышать. Например, проведенные нами измерения и акустические расчеты показывают, что на высоте 5 этажа на расстоянии 200 м от энергетического объекта уровень звука выше на 3–5 дБА, чем на уровне земли [4]. Поэтому принципиально следует решать указанные задачи как трехмерные, а не двухмерные. Ниже показаны особенности решения этой проблемы для энергетических объектов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ МАЛОЗУМНОГО ОБЪЕКТА

Во многом, создание малозумного объекта зависит от типов оборудования, его количества, его размещения на территории и в помещениях предприятия. Для энергетических объектов характерно большое количе-

*E-mail: Tupovvb@mail.ru

ство оборудования. Это паровые и газовые турбины, котлы, дутьевые вентиляторы, дымососы, различного типа насосы, оборудование по подготовки топлива (ГРП, углеробилки и др.), компрессоры, трансформаторы, градирни, системы местной вентиляции и др. [2]. Для каждого энергетического объекта характерно свое сочетание источников шума и их количества.

В табл. 1 приведена классификация источников шума, характерных для наиболее широко распространенных энергетических объектов: тепловых электрических станций (ТЭС), для ТЭС с ГТУ, котельных, трансформаторных. Уровни звуковой мощности одного и того же вида оборудования зависят от его мощности и могут существенно отличаться и достигать 130–150 дБА. Наиболее интенсивный источник будет формировать территорию санитарно-защитной зоны. Для крупных объектов количество источников может достигать до сотен единиц. Шум от источников, располагаемых внутри помещений (турбины, котлы, насосы и др.), во многом будет определяться звукоизолирующими свойствами стен здания. Частотный спектр излучаемого шума от источников имеет широкий диапазон: от низкочастотного (компрессоры, углеразмольное оборудование) до высокочастотного (паровые выбросы). Места размещения источников на территории также влияют на то, как будут проходить изолинии и какую форму они будут иметь. Расположение источников шума на энергетическом объекте может быть на высоте от h_1 до h_2 над уровнем земли. На уровень шума влияют режимы работы оборудования [1–3], важен также фактор направленности [2], ориентация энергетического объекта по отношению к жилому району [3, 4]. Эти и ряд других факторов оказывают существенное влияние на уровни шума в окружающем районе и возможность создания малозумного объекта. Задача в общем виде является трехмерной.

Место размещения источников на территории также влияет на то, как будут проходить изолинии и какую форму они будут иметь. Близкое расположение источников приводит к тому, что поверхность с одинаковыми значениями будет стремиться к сфере.

За счет удаления источников шума от расчетных точек можно добиться уменьшения шума в них. Наиболее перспективным является использование для уменьшения шума, в первую очередь от наиболее интенсивных источников, экранирующих свойств зданий и других сооружений, а также глушителей, акустических экранов и других мероприятий.

В общем случае задача сводится к нахождению минимума объема, ограниченного поверхностью, на которой выполняются допустимые нормы при заданном количестве источников шума.

Оборудование (источники шума) располагается на территории предприятия в соответствии с определенными требованиями (пожарной безопасности, надежности работы и др.).

При этом для источников от первого до i -го координаты $x_1, y_1, z_1, \dots, x_i, y_i, z_i$ являются величинами,

фиксированными относительно друг друга. Например, размещение тягодутьевых машин относительно жестко связано с размещением основного оборудования и дымовой трубы. Для источников от $i + 1$ до n координаты не являются жестко взаимосвязанными.

Совокупность n источников создают в каждой из расчетных точек с координатами x, y, z уровень шума, определяемый по известному закону

$$f(x, y, z) = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i(x, y, z)} \right). \quad (1)$$

Зависимость снижения уровня шума от каждого источника до расчетной точки известна

$$L_i(x, y, z) = \varphi_i(x, y, z), \quad (2)$$

где i — номер источника.

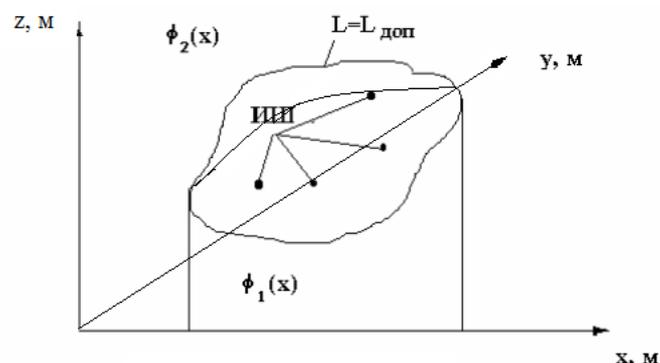


Рис. 1: К определению санитарно-защитной зоны: ИШ — источники шума

При этом поверхность с $L = L_{\text{доп}}$ (рис. 1) ограничивает объем равный

$$V = \int_{h_1}^{h_2} \int_a^b \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} f(x, y, z) dy dx dz. \quad (3)$$

Решением задачи является нахождение минимального объема, с учетом (1)–(3), ограниченного поверхностью $L = L_{\text{доп}}$

$$V \rightarrow V_{\text{min}}.$$

Задача может быть решена вариантным расчетом с помощью вычислительной техники при учете ограничения перемещения источников относительно друг друга. Расчет проводится для восьми среднегеометрических частот от 63 до 8000 Гц.

В табл. 1 приведены также основные способы снижения шума от энергетических объектов, которые позволяют обеспечить соблюдение санитарных норм, а именно: глушители, обеспечивающие малозумное дросселирование среды (паровые глушители, глушители ГРП) [5]; глушители для снижения шума в каналах

Таблица I: Классификация основных источников шума энергетических объектов и способы снижения шума от них

| № | Наименование | Основные источники | Основные способы снижения шума |
|---|------------------|--|--|
| 1 | ТЭС | Паровые выбросы Дутьевые вентиляторы; Дымососы Топливо подготовительное оборудование (ГРП или углеразмольное оборудование) Трансформаторы Градири Компрессорная Шум проникающий из котлотурбинного цеха | Комплекс мероприятий: Глушители, обеспечивающие малозумное дросселирование среды (паровые глушители, глушители ГРП) Глушители для снижения шума в каналах от дутьевых вентиляторов, дымососов, компрессоров Акустические экраны для снижения шума градири и трансформаторов Звукоизоляция корпусов тягодутьевых машин, углеразмольного оборудования, стен помещений Звукопоглощение стен здания |
| 2 | ТЭС с ГТУ | Воздухозаборы ГТУ Шум от среза трубы См. п.1 | Комплекс мероприятий: Использование глушителей на воздухозаборах и выхлопах ГТУ См. п.1 |
| 3 | Котельная | Шум от среза труб Шум от воздухозаборов дутьевых вентиляторов ГРП Шум, проникающий из здания котельной | Комплекс мероприятий: Глушители, обеспечивающие малозумное дросселирование среды (глушители ГРП) Глушители абсорбционного типа для снижения шума в каналах от дутьевых вентиляторов, дымососов или шума горения. Звукоизоляция корпусов тягодутьевых машин, стен помещений Звукопоглощение стен здания |
| 4 | Трансформаторная | Трансформаторы Переключатели | Акустические экраны для снижения шума трансформаторов и переключателей |

от дымососов [6–9], дутьевых вентиляторов [7], компрессоров [7], ГТУ; акустические экраны для снижения шума градири и трансформаторов [11]; звукоизоляция корпусов тягодутьевых машин, углеразмольного оборудования, стен помещений; звукопоглощение стен зданий энергетических объектов. Комплексное применение мер по шумоглушению позволяет во многих случаях решить проблему создания малозумного энергетического объекта [11, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Трехмерная математическая модель наиболее полно представляет уровни шума от энергетических объектов, по сравнению с двухмерной моделью.

2. Приведенная классификация основных источников шума на ТЭС, ТЭС с ГТУ, котельной и трансформаторной показывает, что уровни звукового давления на расстоянии от этих энергетических объектов зависят от его типа, режима работы оборудования, фактора направленности, ориентация энергетического объекта по отношению к жилому району и ряда других факторов.

3. Комплексное применение мер по шумоглушению позволяет во многих случаях решить проблему создания малозумного энергетического объекта.

- [1] *Тупов В. Б.* Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду. М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
 [2] *Тупов В. Б.* Снижение шума от энергетического оборудования М.: Изд-во МЭИ, 2005.
 [3] *Тупов В. Б.* Снижение шума от объектов большой и малой энергетики V Всероссийская научно-практическая

- конференция с международным участием «Защита населения от повышенного шума и вибрации», 18–20 марта 2015. СПб., С. 57.
 [4] *Медведев В. Т., Тупов В. Б., Тараторин А. А., Тупов Б. В.* Электрические станции. 2014. № 3. С. 29.
 [5] *Тупов В. Б., Тараторин А. А.* Электрические станции.

2015. № 6, С. 32.
- [6] *Тупов В. Б.* Теплоэнергетика. 2013. № 8. С. 53.
- [7] *Тупов V. B., Тупов B. V.* Noise reduction from air intakes of compressors and blower fans, 45th International Congress on Noise Control Engineering, Hamburg, Germany, 21–24 August 2016. P. 1446.
- [8] *Тупов V. B., Тупов B. V., Rozanov D.* Influence of Aerodynamic Factors on Silencers of Exhaust Fans 45th International Congress on Noise Control Engineering. P. 1453.
- [9] *Тупов V.* «Absorptive Silencers of Forced-Draft Fans with Improved performance» 22th International Congress on Sound and Vibration, Florence, Italy, July 12–16, 2015.
- [10] *Тупов В. Б., Семин С. А., Тупов Б. В., Тараторин А. А., Розанов Д. Д. А.* Электрические станции. 2016. № 10. С. 48.
- [11] *Тупов В. Б., Семин С. А., Тараторин А. А., Тупов Б. В.* Промышленная энергетика. 2015. № 5. С. 61.
- [12] *Тупов В. Б., Семин С. А., Тупов Б. В., Евсеев С. Н., Кандыбин В. П.* Сталь. 2016. № 10. С. 88.

Theoretical and practical problems of creation low noise power facilities

V. B. Tupov

*Department of Heat Power Stations, Institute of Thermal and Nuclear Power Plants, National Research University "Moscow Power Engineering Institute". Moscow 111250, Russia
E-mail: Tupovvb@mail.ru*

The permanent operation of power facilities (boilers, thermal power plants, transformer substations and other) is the cause of the excess noise of sanitary norms in the surrounding area. The most energy facilities are located in areas close to residential areas. The theoretical and practical aspects of the creation of a low-noise power facility are discussed. It is shown that the creation of a mathematical model of the energy facility allows us to consider the effect of the limiting factors in the creation of low noise object: the number of noise sources, the noise characteristics of the sources, source location, operation modes of equipment, index of direction, the orientation of the energy facility in relation to the residential area and the other factors. The location of noise sources at a height above the ground level has a significant impact on noise levels in the surrounding area and the possibility of creation of low noise object. For each type of power facilities were marked groups of noise sources and the typical noise reduction measures were shown. Here are considered well-known and original activities to reduce noise. The important point for the creation of a low-noise power facility is a complex application of noise reduction measures.

PACS: 43.50

Keywords: noise reduction, power facility, modeling, silencer, acoustic barrier.

Received 2017.

Сведения об авторе

Тупов Владимир Борисович — доктор техн наук, профессор, профессор; e-mail: Tupovvb@mail.ru.
